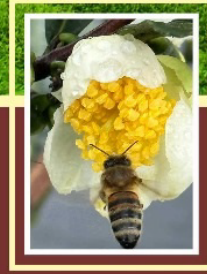


# A'dan Z'ye ÇAY



Editör: Prof. Dr. Keziban YAZICI

# A'DAN Z'YE ÇAY

## **Editör**

Prof. Dr. Keziban YAZICI

## **Yazarlar**

Prof. Dr. Ali Rıza SAKLI

Prof. Dr. Ayten NAMLI

Prof. Dr. Aziz KARAKAYA

Prof. Dr. Hülya KILIÇ

Prof. Dr. Keziban YAZICI

Prof. Dr. Muharrem ÖZCAN

Prof. Dr. Yoriyuki NAKAMURA

Doç. Dr. Arzu ÇELİK OĞUZ

Dr. Atilla POLAT

Dr. Fatma ÖZSEMERÇİ

Dr. Seher TANYOLAÇ

Dr. Şaziye ILGAZ

Dr. Tülin KILIÇ

Öğr. Gör. Nergiz Dila ŞENOL ÖZDOĞAN

Öğr. Gör. Songül YILDIZ

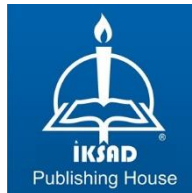
Öğr. Gör. Yasemin YAVUZ ABANOZ

Öğr. Gör. Yeşim ÖZTÜRK YILMAZ

Arş. Gör. Burcu GÖKSU KARAOĞLU

Ayhan HAZNEDAR

Heval DİLER



Copyright © 2024 by iksad publishing house  
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or  
transmitted in any form or by  
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical  
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of  
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses  
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social

Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2024©

**ISBN: 978-625-367-993-4**

Cover Design: Keziban YAZICI

December / 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

## **İÇİNDEKİLER**

**ÖNSÖZ**.....1

### **BÖLÜM 1**

#### **ÇAYIN ANAVATANI, SİSTEMATİĞİ VE TARİHİ GELİŞİMİ**

Prof. Dr. Ali Rıza SAKLI

Öğr. Gör. Yasemin YAVUZ ABANOZ.....3

### **BÖLÜM 2**

#### **ÇAYIN ÜRETİM, TÜKETİM VE TİCARETİ**

Dr. Atilla POLAT

Öğr. Gör. Yasemin YAVUZ ABANOZ.....77

### **BÖLÜM 3**

#### **ÇAY BİTKİSİNİN MORFOLOJİK VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Prof. Dr. Keziban YAZICI

Ayhan HAZNEDAR

Arş. Gör. Burcu GÖKSU KARAOĞLU.....133

### **BÖLÜM 4**

#### **ÇAYIN EKOLOJİK İSTEKLERİ**

Prof. Dr. Muharrem ÖZCAN

Öğr. Gör. Songül YILDIZ

Arş. Gör. Burcu GÖKSU KARAOĞLU.....159

### **BÖLÜM 5**

#### **ÇAYDA FİDAN ÜRETİMİ, BAHÇE TESİSİ VE KÜLTÜREL UYGULAMALAR**

Prof. Dr. Keziban YAZICI

Ayhan HAZNEDAR

Prof. Dr. Yoruiki NAKAMURA.....187



## **BÖLÜM 6**

### **ÇAY TARIMI YAPILAN TOPRAKLARIN YAPISI VE GÜBRELEME**

Prof. Dr. Ayten NAMLI

Öğr. Gör. Nergiz Dila ŞENOL ÖZDOĞAN.....231

## **BÖLÜM 7**

### **ÇAYIN HASTALIKLARI VE MÜCADELE YÖNTEMLERİ**

Prof. Dr. Aziz KARAKAYA

Doç. Dr. Arzu ÇELİK OĞUZ

Öğr. Gör. Yeşim ÖZTÜRK YILMAZ.....327

## **BÖLÜM 8**

### **ÇAY ZARARLILARI VE MÜCADELE YÖNTEMLERİ**

Dr. Fatma ÖZSEMERÇİ

Heval DİLER

Dr. Seher TANYOLAÇ

Dr. Tülin KILIÇ.....357

## **BÖLÜM 9**

### **ÇAY BAHÇELERİNDE GÖRÜLEN YABANCI OTLAR ve MÜCADELE YÖNTEMLERİ**

Öğr. Gör. Yeşim ÖZTÜRK YILMAZ.....409

## **BÖLÜM 10**

### **ÇAY ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ**

Dr. Şaziye ILGAZ.....465

## **BÖLÜM 11**

### **ÇAYIN BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Dr. Atilla POLAT.....625

## **BÖLÜM 12**

### **ÇAYIN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ**

Prof. Dr. Hülya KILIÇ

Dr. Şaziye ILGAZ.....725

## **BÖLÜM 13**

### **ÇAY TARIMINDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR**

Prof. Dr. Keziban YAZICI.....767



## ÖNSÖZ

Çay, kendine özgü yetiştiriciliği, işleme teknolojileri ve pazarlaması ile diğer tarımsal ürünlerden farklı, kendi içerisinde ayrı bir sektör oluşturmuş, herkesin hayatına giren oldukça cazip tarımsal bir ürünümdür. Yalın ayaklılar diyarı olarak bilinen Doğu Karadeniz Bölgemize ekonomik, sosyal ve kültürel anlamda değer katan çay, “yeşil altın” olarak taçlandırılmış, her bir fabrikanın bacasından yayılan çay kokusu tüm Türkiye’ye yayılmış, her evin sofrasında ince belli bardağa dönüşmüştür.

Çay tarımınının 100. yılını kutladığımız bu günlerde 100. yıla özel bir çay kitabı yazmak için yola çıktığımızda, çaya emek vermiş bu kitabın yazarlarında da aynı heyecanı görmek çok güzeldi. Böylece çay kitabı serüvenimiz başlamış oldu. Yazarken heyecanımız daha da arttı. Umarız bu heyecanımızı siz değerli okurlara da aktarabiliriz. Çünkü çay tarımını ilerilere götürmek için heyecan duyan, çay için heyecanla çarpan kalplere ihtiyacımız vardır. Bu heyecanla yapılacak çalışmalar, yetiştiği bölge ve insanı ile özdeşleşen, sosyal, ekonomik ve kültürel anlamda hayatımıza girmiş olan çay tarımını daha nice 100 yıllara taşıyabilecektir.

Bu sorumlukla hazırlanmış çay kitabımız, başlığından da anlaşılacağı üzere çayın yetiştirilmesinden tüketimine kadar tüm süreçleri her yönü ile ele alınmış, çay yetiştiriciliği ve endüstrisinin otantik ve kapsamlı bir resmi çizilerek, titizlikle hazırlanmıştır. Kitap mantıksal bir planlama ile başlayıp, çayın bahçeden ince belli bardağa girene kadarki tüm süreçlerini içermektedir. Çay üretimi her yönü ile ayrıntılı olarak ele alınan kitapta ayrıca, dünya, ülke ve bölgesel değerlendirmeler, kültürel uygulamalar ve araştırmalara da yer verilmiştir. Bu kitabın yazarları, kitapta ayrıntılı olarak anlatılan konu ve gelişmelerde etkin rol oynamış araştırmacılarıdır. Büyük bir istek ve titizlikle bu kitaba emek, çaya gönül vermiş A'dan Z'ye Çay Kitabı'nın değerli yazarlarına teşekkür ediyorum. Çayın 100 yıl önce bölgemizde yetiştirilmesi için rapor sunan Rahmetli Ali Rıza Erten ve çay tarımını bölgede yaygınlaştırmak üzere Rize'ye gelerek çayın yetiştirilmesini sağlayan Rahmetli Zihni Derin Hocalarımızı ve mesai arkadaşlarını da rahmetle anıyorum.

Bu değerli kitabı bilim dünyası, öğrencilerimiz, üreticilerimiz ve okurlarımızla paylaşmaktan onur duyuyorum

Editör  
Prof. Dr. Keziban YAZICI





## BÖLÜM 1

### ÇAYIN ANAVATANI, SİSTEMATİĞİ VE TARİHİ GELİŞİMİ

Prof. Dr. Ali Rıza SAKLI<sup>1</sup>  
Öğr. Gör. Yasemin YAVUZ ABANOZ<sup>2,3</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14290597>

---

<sup>1</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, Rize, Türkiye. [aliriza.sakli@erdogan.edu.tr](mailto:aliriza.sakli@erdogan.edu.tr), Orcid ID: 0000-0002-7681-9253

<sup>2</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rektörlük, Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü, Rize, Türkiye. [yasemin.yavuzabanoz@erdogan.edu.tr](mailto:yasemin.yavuzabanoz@erdogan.edu.tr), Orcid ID: 0000-0002-0093-3535

<sup>3</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rektörlük, Çay ve Çay Ürünleri Uygulama Araştırma Merkezi, Rize, Türkiye. [yasemin.yavuzabanoz@erdogan.edu.tr](mailto:yasemin.yavuzabanoz@erdogan.edu.tr), Orcid ID: 0000-0002-0093-3535



## 1.1. ÇAYIN ANAVATANI

“Çayın gerçek kökleri zamanın sisleri arasında örtülüdür ve ancak uzak bir geçmişte Doğu Himalaya bölgesinde bir zamanlar konuşulan ancak şimdi sessiz olan dillerde anlatılabilir.”

**George Van Driem**

Çay bitkisinin (*Camellia sinensis*) yetiştiriciliğinin ilk olarak Çin’de başladığı genel olarak kabul edilse de kökenine ilişkin ayrıntılar günümüzde tartışılmaktadır (Li ve diğerleri, 2023). 1916 yılında Hollandalı botanikçi Combertus Pieter Cohen Stuart Doğu Himalaya bölgesini çayın beşiği olarak tanımlamış ve çay için *Camellia theifera* tür adını kullanmıştır. Bu botanikçi aynı zamanda çayın anavatanının ‘Hindiçin ve Burma’nın iç kesimleri, Çin’in sınır bölgeleri, Tibet dağları, Güney Yunnan ve Yukarı Hindiçin’in olduğunu belirtmiştir. Modern araştırmalar sadece çayın değil büyük olasılıkla pirinç, muz, turunçgillerin de kökeninin bu geniş alan olduğunu göstermektedir. Himalayalar’ın güneyinde ve doğusunda yer alan bu yemyeşil topraklar, Doğu Himalaya koridoru olarak bilinmektedir. Ancak çayın anavatanının asıl merkezi, Doğu Himalaya koridorunun orta noktasından biraz daha doğuda yer almaktadır (Van Driem, 2019). Çayın anavatanının kapsadığı bölge Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çayın anavatanı (Van Driem, 2019)

Çayın anavatanı, günümüzdeki Çin'in yalnızca bir kısmını kapsamaktadır. Tarih boyunca, Çinliler, bugün bildiğimiz büyük toprakların sadece küçük bir bölümünü kontrol etmişlerdir. Bu durum, çayın tanıdığımız içecek haline geldiği 7. yüzyıldan 13. yüzyıla kadar olan Tang ve Song hanedanları döneminde özellikle belirgindir. Uzak geçmişin kültürlerine ve halklarına "Çinli" etiketini uygularken anakronizme karşı dikkatli olunması elbette önemlidir; ancak yine de Çin'in tarihsel dönemlerde, bugün dünya çapında çay olarak bildiğimiz içeceğin doğuşuna önyak olduğu gerçeği inkâr edilemez. Çayın ilkel kökenleri, eski Çin kültürünü oluşturan çevrenin ötesinde bir geçmişe sahiptir. Çayın anavatanı, modern siyasi sınırlara meydan okuyan ve Nepal'in merkezinden Butan, Assam, Kuzeydoğu Hindistan, Yukarı Burma, Güneydoğu Tibet, Güneybatı Çin, Kuzey Tayland, Laos ve Tonkin'e kadar uzanan bir bölge olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2). Bu yemyeşil, dağlık ve etnolinguistik açıdan karmaşık bölge, çayın doğal olarak yetiştiği ve çay kültürünün ilk geliştiği yerdir (Van Driem, 2019).



Şekil 2. Çayın anavatanı (Zihnioğlu, 1960)

Günümüzde Myanmar sınırları içerisinde yer alan İravadi nehrinin, çay türleri için birincil menşe merkezi olabileceği tahmin edilmektedir. Çeşitli çay türlerinin daha sonra Assam-Myanmar-Yunnan bölgesine ve güneydoğu

doğrultusunda Doğu Çin'e yayıldığı düşünülmektedir. Assam-Myanmar-Yunnan bölgesinin çayın ikincil merkezi olduğu ve buradan güney yönünde daha fazla yayılma olayının gerçekleştiği öngörülmektedir (Wambulwa, Meegahakumbura, Kamunya ve Wachira, 2021). Daha sonra içecek olarak tüketilmeye başlanmasıyla çay, ticaret ve denizciliğin etkisiyle dünya genelinde yayılmıştır (Şekil 4) (Zhang ve diğerleri, 2023).

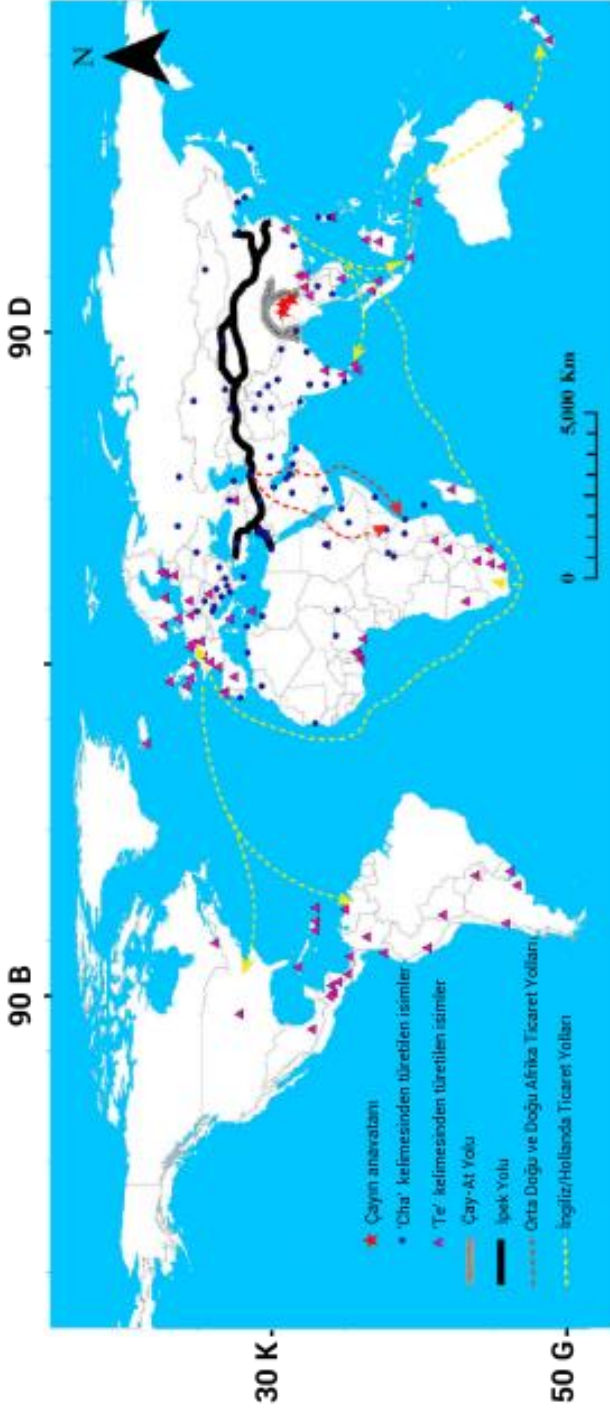
En eski çay bitkileri, insan müdahalesi olmadan yüzlerce yıl boyunca doğal olarak yetişmiştir. Bu bitkilerin genetik çeşitliliği, çay bitkilerinin kökeni, yayılması ve sınıflandırılması açısından büyük bir öneme sahiptir. Antik çay bitkileri çoğunlukla Yunnan-Guizhou Platosu'na dağılmıştır (Lu ve diğerleri, 2021).

Yunnan eyaletinde bulunan 'Jingxiu' adı verilen en büyük Çin antik çay ağacının çapının 184 cm olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). 1982 yılında yapılan gövde çevre ölçümleri, ağacın yaşının kabaca 3000 yıldan fazla olduğunu göstermektedir. Bu yaş tahmini, 2019 yılında gerçekleştirilen karbon tarihlendirme yönteminden elde edilen sonuçlarla da desteklenmiştir (Chen ve diğerleri, 2019).



**Şekil 3.** Jingxiu çay ağacı ("The Ancient Tea", 2024)





**Şekil 4:** Çay bitkisinin ve çay içme kültürünün menşee merkezinden (Assam-Myanmar-Yunnan Bölgesi) başlayarak dünyadaki yayılma yollarının dilsel ve tarihsel çıkarımı (Wambulwa ve diğerleri, 2021)

## 1.2. ÇAYIN SİSTEMATIĞI

Birçok ülkede yetiştirilen çay bitkisinin her biri kendi karakterine sahip farklı türleri bulunmaktadır. Bu çeşitlilik nedeniyle türlerin birbirinden ayrılabilmesi ve sınıflandırılabilmesi önemlidir. Sınıflandırma, biyolojik anlamda, bitkilerin bir sınıflar hiyerarşisine göre sıralanması olarak tanımlanır (Wachira, Kamunya, Karori, Chalo ve Maritim, 2013).

İsviçreli ünlü botanikçi Gaspard Bauhin 1623 yılında çayın da içerisinde yer aldığı binlerce türü sınıflandırmıştır. Çay bitkisinin taksonomik sınıflandırmasına yönelik bu ilk girişim, Hollandalı tüccar Jan Huygen van Linschoten'in çalışmasına dayanmaktadır. Bununla birlikte, Bauhin yanlışlıkla çayı Umbelliferae altında bir rezene türü olarak sınıflandırmıştır. 1665 yılında Hollandalı gezgin Johan Nieuhof, yaprak şeklinden hareketle çayın bir tür sumak olduğu fikrini ortaya atmıştır. Nieuhof, Çin'de kendisinin de gözlemlediği çay bitkilerinin ağaç ya da bitki değil, çalı olduğuna dikkat çekmiştir. Nieuhof, çayın sumığa olan yakın akrabalığı konusunda yanlış olmasına ve budanmamış çay çalılarının büyük ağaçlara dönüştüğüne dair bir gözlem yapma fırsatı bulamamış olmasına rağmen, en azından çay ağacını tek bir tür olarak ele almıştır. Hollandalı Botanikçi Willem ten Rhijne, Japon ve Çin çayının aynı bitkiden elde edildiğine dikkat çekmiştir. Ayrıca Rhijne çay bitkisinin anatomisini tanımlayarak çayın Çince ve Japonca isimlerini Theè ve T'chia olarak kaydetmiştir. Polonyalı doğa bilimci ve tüccar Jacobus Breyne 1678'de egzotik bitkileri içeren raporunun sinensium başlıklı bölümünde çay bitkisinin yayınlanmış ilk tasvirine yer vermiştir (Şekil 5). Breyne bu çay bitkisi çizimini Japonya'dan gönderilen gerçek çay örneğini ve Rhijne'nin eskizlerini referans alarak gerçekleştirmiştir. Breyne çay bitkisinin çiçekleriyle ilgili çıkarımlarının, numunede bulunan ve kendisine ulaştıklarında artık mükemmel durumda olmayan iki çay çiçeğine dayandığını belirtmiştir (Van Driem, 2019). Ayrıca John Ovington'un 1699 yılında Çayın Doğası ve Nitelikleri Üzerine Bir Deneme Adlı eserinde John Coakley Lettsom ise 1772 yılında yayımladığı belgede çay bitkisinin çizimine yer vermiştir (Şekil 6 ve Şekil 7).



**Şekil 5.** Jacobus Breyne'in, gerçek çay bitkisi örneğine dayanan 1678 yılına ait çay bitkisi çizimi (Van Driem, 2019)



**Şekil 6.** John Ovington'un 1699 yılına ait Çayın Doğası ve Nitelikleri Üzerine Bir Deneme adlı eserinin iç kapak resmi (Van Driem, 2019)

Çaya ilişkin sonraki tanımlama çalışması, İsveçli Carl Linnaeus'un, Harderwijk Üniversitesinde bir tezi savunmak için 1735'te Hollanda'ya gelmesi ve sonraki üç yıl boyunca Birleşik Eyaletlerde Leiden Üniversitesindeki botanik bahçesini sık sık ziyaret etmesiyle ilişkilendirilmektedir. Bu süre sonunda Uppsala'ya dönen Linnaeus, 1753'te çaya *Thea sinensis* bilimsel adını verdiği *Species Plantarum*'u yayınlamıştır (Van Driem, 2019).



Şekil 7. Lettsom'un 1772 yılında çizdiği çay illüstrasyonu (Van Driem, 2019)

Çay ilk olarak Linnaeus tarafından *Thea sinensis* olarak adlandırılmıştır. Ekonomik öneminin keşfedilmesinin ardından Yukarı Assam, Burma ve Tibet sınırlarına bitişik ormanlardan elde edilen çaylar, Masters (1844) tarafından *Thea sinensis* (küçük yapraklı Çin bitkisi) ve *Thea assamica* (büyük yapraklı Assam bitkisi) olarak iki ayrı takson olarak tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır. Uzun bir süre boyunca *Thea* ve *Camellia* ayrı cinsler olarak kabul edilmiş ve hatta bazı yazarlar *Camellia*'yı *Thea* cinsi altında bir seksiyon olarak kabul etmişlerdir. Bununla birlikte, daha sonra 1887'de Carl Ernst Otto Kuntze, bu türü *Camellia* cinsine aktarmış ve günümüzde kabul edilen kombinasyon *Camellia sinensis* (Linnaeus) O. Kuntze olarak belirlenmiştir. J. W. Masters,

1844'te Assam'da bir bitkiye *Thea assamica* adını vermiştir. Daha sonra, Kitamura, 1950'de bu bitkiyi *Camellia sinensis*'in bir varyetesi olarak gruplandırmıştır.

*Camellia* cinsinin taksonomisi, türler arasındaki serbest melezleşme nedeniyle karmaşık hale gelmiştir ve bu da birçok tür melezinin oluşumuna yol açmıştır. Benzer şekilde, çoğu tür bilim adamlarının çalışması için günümüzde mevcut değildir. Genetik ilişkiler ve taksonomi bu nedenle tartışmalı olmaya devam etmiş ve son zamanlarda taksonomik ilişkilerin yeniden gözden geçirilmesini gerekli kılmıştır (Wachira ve diğerleri, 2013). Bu cins farklı zamanlarda, *Camellia*, *Guttiferales*, *Theales* ve hatta *Ternstroemiaceae* içine yerleştirilmiştir. *Theaceae*, 2001 yılından itibaren *Ericales* içinde ayrı bir aile olarak kabul edilmektedir (Hembree, Ranney, Jackson ve Weathington, 2019).

*Camellia* cinsinin kabul edilen taksonomik durumunda, Linnaeus tarafından yapılan orijinal sınıflandırmadan bu yana değişiklikler meydana gelmiştir. Sealy (1958), *Camellia* cinsinin 12 seksiyon ve 82 tür içeren ve 24 şüpheli türü içeren bir revizyonunu yayınlamıştır. Wight (1962), *Thea* ve *Camellia*'yı eşanlamlı olarak kabul etmiş ve *Camellia* adını tercih etmiştir. Bu nedenle, bugün çay, türe özgü farklılıklardan bağımsız olarak botanik olarak *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze olarak adlandırılmaktadır (Wachira ve diğerleri, 2013).

Chang ve Bartholomew (1984) ve Chang (1998), Çin'e özgü 238 türü, 18 seksiyon ve 4 alt cins halinde yeniden düzenleyerek *Camellia* cinsinin taksonomik revizyonunu tamamlamıştır. Daha yakın zamanlarda, Ming (2000) bu cinsin monografisini yayınlamış; bu çalışmada, alt cinslerin sayısını 2'ye, bölümleri 14'e ve türleri 119'a indirmiştir. Hem Ming hem de Chang'ın sistemleri bugün botanikçiler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Ming ve Bartholomew tarafından yapılan çalışmada ise tür sayısı yaklaşık 120'dir ve bunlardan 97'si Çin'e özgüdür. (Hembree ve diğerleri, 2019). Wachira ve diğerleri (2013) tarafından yapılan çalışmada bu cinsin tür ilişkilerine yer verilmiştir (Şekil 9).

*Camellia*, *Theaceae* familyasındaki en büyük ve ekonomik açıdan en önemli cinstir (Vijayan, Zhang ve Tsou, 2009). Çayın güncel taksonomik sınıflandırmasına ilişkin bilgiler Şekil 8'de verilmiştir.



|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>Üst Alem</b> | Eukaryota                               |
| <b>Alem</b>     | Viridiplantae (Yeşil bitkiler)          |
| <b>Şube</b>     | Streptophyta                            |
| <b>Sınıf</b>    | Magnoliopsida (Çift Çenekliler)         |
| <b>Takım</b>    | Ericales                                |
| <b>Familya</b>  | Theaceae                                |
| <b>Cins</b>     | <i>Camellia</i>                         |
| <b>Tür</b>      | <i>Camellia sinensis</i> (L.) O. Kuntze |
| <b>Varyete</b>  | Assam, Çin, Kamboçya                    |

**Şekil 8.** Çayın taksonomik sınıflandırılması (Mondal, 2014; National Center for Biotechnology [NCBI], 2024a)

Yaprak özelliklerine dayanılarak kültüre alınmış üç farklı çay varyetesi tanımlanmıştır (Das ve Ghosh, 2016; Li ve diğerleri, 2021; Wachira ve diğerleri, 2013). Bunlar;

1. Çin varyetesi, *Camellia sinensis* var. *sinensis* (L.) O. Kuntze
2. Assam olarak bilinen varyete için; J. W. Masters (1844) yılında *Thea assamica*, Hung T. Chang (1984) yılında *Camellia assamica* ismini kullanmıştır. Bu varyete için günümüzde kullanılan isim *Camellia sinensis* var. *assamica* (J. W. Masters) Kitamura olarak belirlenmiştir.
3. Kamboçya varyetesi olarak da bilinen güney formu için; Wight (1907) yılında *Camellia thea* var. *lasiocalyx*, (1962) yılında ise *Camellia assamica* subsp. *lasiocalyx* isimlendirmesini kullanmıştır. Das ve Ghosh'un (2016) çalışmasında belirlenen ve bu çeşit için günümüzde kullanılan isimlendirme *Camellia sinensis* var. *lasiocalyx* (G. Watt) A. P. Das & C. Ghosh olarak belirlenmiştir.

Çin varyetesi, küçük yapraklıdır ve büyük ölçüde Çin ve bazı Güneydoğu Asya ülkelerinde yetiştirilmektedir. Assam varyetesi ise büyük yapraklıdır ve Hindistan'da, Güney Çin hariç bazı sıcak ülkelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Tablo 1). Kamboçya varyetesinde ise yaprak büyüklüğü Assam ve Çin varyetelerine göre orta büyüklüktedir (Li ve diğerleri, 2021; Wachira ve diğerleri, 2013).

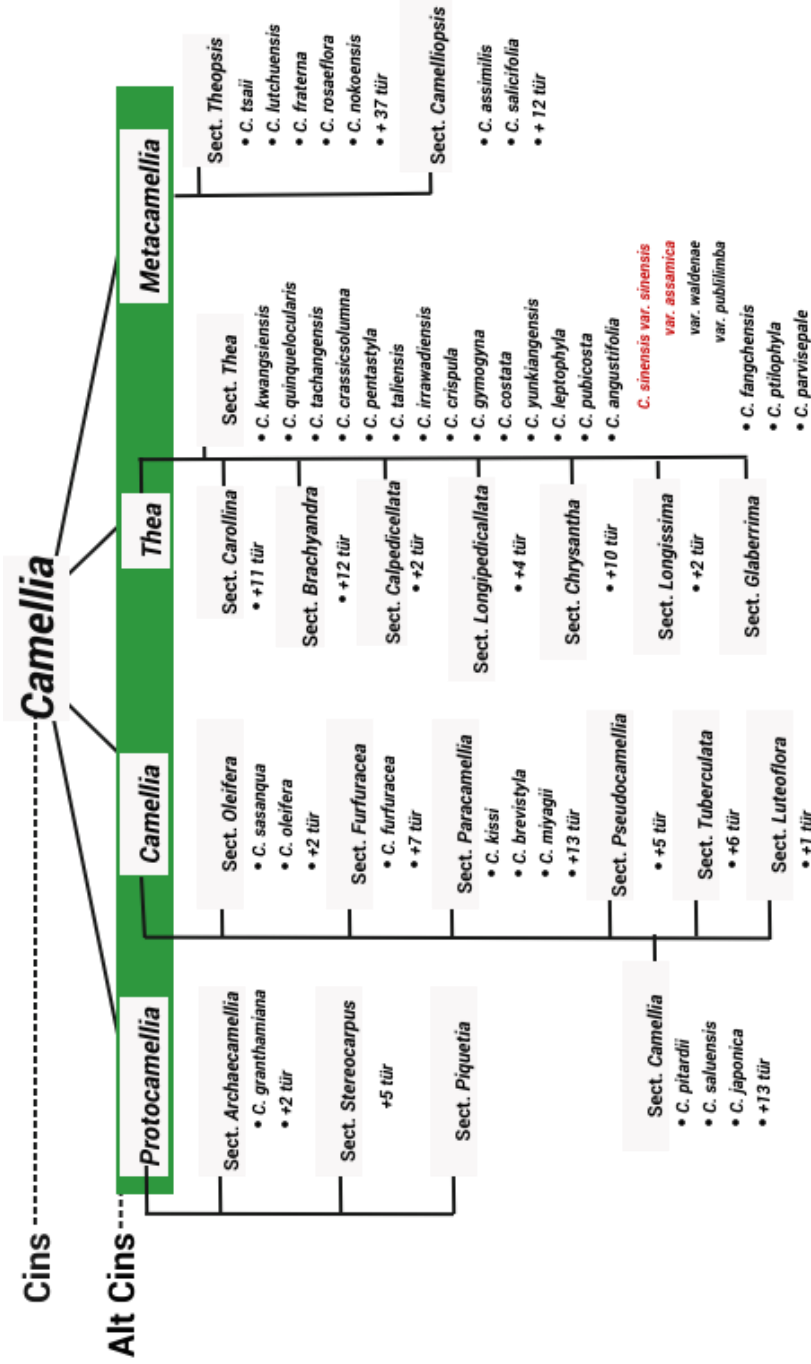
**Tablo 1:** *Camellia sinensis*'in iki varyetesini ayırt etmek için kullanılan özellikler (Wachira ve diğerleri, 2013)

| Varyete  | Büyüme Özellikleri                  | Yaprak Özellikleri   | Yaprak Duruşu |
|--|-------------------------------------|--|---------------|
| Çin varyetesi<br><i>Camellia sinensis</i> var. <i>sinensis</i><br>(L.) O. Kuntze       | Bodur, çalıya benzer, yavaş büyüyen | Küçük, gövdeye dik, dar, tırtıklı koyu yeşil renkli                | Erektofil     |
| Assam varyetesi<br><i>Camellia sinensis</i> var. <i>assamica</i><br>(Masters) Kitamura | Uzun, ağaç yapılı, çabuk büyüyen    | Büyük, yatay duruş, geniş, çoğunlukla tırtıksız, açık yeşil renkli | Planofil      |

Gerçekten de üç çay taksonu arasındaki aşırı melezleşmeler nedeniyle, arketip (orijinal) *C. sinensis*, *C. assamica* veya *C. assamica ssp. lasiocalyx*'in hala var olup olmadığı tartışmalıdır. Bununla birlikte, şu anda mevcut olan çok sayıda çay melezi, ana taksonlara morfolojik yakınlıklarına bağlı olarak hala Assam, Kamboçya veya Çin olarak adlandırılmaktadır. Genel olarak sadece üç taksonun çay yetiştiriciliğinde gen havuzuna katkıda bulunduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle, çay terimi genellikle yukarıdaki *Camellia* alt türleri ve bunların melezlerini dâhil etmek için kullanılmaktadır. Yakın zamanda tanımlanan çeşitlerin, *waldenae*, *dehungensis*, *publimba* ve alt türler olan *buisanensis*'in kültür çayına katkısı henüz bilinmemektedir (Wachira ve diğerleri, 2013).

Diğer çay olmayan *Camellia* cinsleri, bardağa giren içeceği üretmek için yaygın olarak kullanılmada, *C. taliensis*, *C. grandibractiata*, *C. kwangsiensis*, *C. gymnogyna*, *C. crassicolumna*, *C. tachangensis*, *C. ptilophyllia* gibi birkaç tür, Çin'in bazı bölgelerinde çay benzeri içeceklerin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu da yeterince kullanılmayan ek türlerden içecek üretimi için ekonomik potansiyelin olabileceğini göstermektedir (Wachira ve diğerleri, 2013).

*Camellia* cinsinin bir başka endüstriyel kullanımı yağ endüstrisinde. *Oleifera*, *Paracamellia*, *Camellia* ve *Furfuracea* seksiyonlarına ait çeşitli türlerin tohumları, Çin'de yemek pişirmek için yaygın olarak kullanılan yemeklik yağın çıkarılması için kullanılmaktadır. Günümüzde, *C. japonica*, *C. reticulata*, *C. sasanqua* ve altın kamelya adı verilen bir grup sarı çiçekli *Camellia* cinsine ait türler dünya çapında süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir (Vijayan ve diğerleri, 2009).



Şekil 9: *Camellia* Cinsi içindeki tür ilişkilerini gösteren özetlenmiş şematik diyagram (Wachira ve diğerleri, 2013)

Son olarak, yapraklarından çay yapılan çay bitkisi ve *Camellia* cinsindeki akrabaları, mersin ailesi Myrtaceae'ye ait tamamen ilgisiz iki antipodean türü ile karıştırılmamalıdır (Şekil 10). Aborijinler, Avustralya çay ağacı *Melaleuca alternifolia*'nın yapraklarını yaralara uygulamak için kullanmışlardır. *Melaleuca alternifolia*'nın yapraklarından elde edilen çay ağacı yağı, antiseptik özellikleri nedeniyle günümüzde kozmetikte kullanılmaktadır. Kaptan Cook, dünya çapındaki son yolculuğunda bu ağacın iddia edilen iyileştirici özelliklerini öğrenmiş ve çay ağacı adı, Cook'un mürettebatı tarafından yaprakların infüzyonunun içilmesi gerçeğinden türemiştir. İkinci bir antipodean türü olan *Leptospermum scoparium*, Yeni Zelanda çay ağacı, süpürge çay ağacı veya manuka mersin olarak adlandırılmaktadır. Ağaç aslen Güneydoğu Avustralya'ya özgüdür ve adını, hükümlülerin çay yerine yaprakların infüzyonunu içmeleri gerçeğinden almıştır. Bununla birlikte, bu bitkilerin hiçbirinin gerçek çay ile ilgisi yoktur (Van Driem, 2019).



**Şekil 10:** İsim benzerliği sebebiyle çay bitkisinin (*Camellia sinensis*) karıştırıldığı Avustralya çay ağacı (*Melaleuca alternifolia*) ve Yeni Zelanda çay ağacı (*Leptospermum scoparium*) (NCBI, 2024b, 2024c, 2024d)

Hindistan'da çay çeşitlerinin toplanması, 1823 yılında Robert Bruce tarafından Assam çayının keşfedilmesiyle başlamıştır. Daha sonra Burma, Çin, Kamboçya, Vietnam ve Japonya'dan da koleksiyonlar yapılmıştır. Bu koleksiyonlardan üstün özellikteki gen kaynakları seçilerek, yetiştirilmiştir. Çin tipi çay, Assam tipinin keşfinden önce Hindistan'a getirilmiş olmasına rağmen, diğer ülkelere ağırlıklı olarak Assam tipi çaylar gönderilmiştir (Paul, Wachira, Powell ve Waugh, 1997)

### 1.3. ÇAYIN TARİHİ GELİŞİMİ

#### 1.3.1. Çayın Çin'e Yayılışı

Hikâyeye göre, bir zamanlar eski bir Çin imparatoru dışarıda su kaynatıyordu. Bu sırada yakındaki bir çalının yaprakları yanlışlıkla tencereye düştü. İmparator, yaprakların çaya ait olduğunu fark etti ve çayın canlandırıcı ve sağlığa faydalı bir içecek olduğunu keşfetti (Onaolapo ve Onaolapo, 2019). Ancak bu olay, gerçek bir tarihsel olay değil, bir efsane olarak kabul edilmektedir. Bu efsanenin, Çin'in efsanevi imparatoru Shen Nong'un döneminde, MÖ 2737 ile 2698 yılları arasında yaşandığı düşünülmektedir. Shen Nong hakkında en eski yazılı kaynaklar, bu tarihlerden yaklaşık iki bin yıl sonrasına aittir. Büyük Tarihçi Sima Tan ve oğlu Sima Qian, MÖ 109 ile 91 yılları arasında Shen Nong'dan bahsedilen kayıtlar derlemiştir. Shen Nong, eski Çin'de sağlık ve akupunkturu icat eden beş önemli imparatorundan biridir. Ayrıca, Yandi olarak da bilinir ve tıpla ilgili önemli bir figürdür (Van Driem, 2019).

MÖ 3000'lerde, bugünkü Çin ulusunun atası olan eski Sinitik dil toplulukları, modern Çin devletinin topraklarının yalnızca küçük bir bölümünde yaşıyordu. Tarihsel olarak bilinen en eski Çin hanedanlığı, MÖ 1600 ile 1100 yılları arasında Sarı Nehir'in alt kısımlarında hüküm süren Shang hanedanlığıdır (Şekil 11). Shang'dan önce, MÖ 2100'den 1600'e kadar bir efsanevi hanedanlık olan Xia'nın var olduğu iddia edilmektedir. Ancak çayın kâşifi olarak bilinen Shen Nong'a ve diğer efsanevi liderlere ait tarihler, Xia hanedanlığından daha eskidir.

Yaygın inanışın aksine, Shen Nong'un yazarı olduğu Bitki ve Kök Klasiği adlı farmakopede çaydan bahsetmemiştir. Han hanedanlığı döneminde bile çay için bir Çin ideogramının mevcut olmadığı bilinmektedir. Çay anlamına gelen Çince karakterin (茶) geçmişinin çok eski olmadığı, İtalyan



kâşif Matteo Ricci tarafından gözlemlenmiştir. Aynı gözlem, daha sonra Batılı bilim insanları tarafından da yapılmıştır. 17. yüzyılda bu Batılı çay araştırmacıları, çay için kullanılan chá (茶) karakterinin eski Çin kaynaklarında yer almadığını belirtmişlerdir. Aslında, bu karakter ilk kez Lu Yu'nun (MS 733-804) yazdığı ünlü "Çay Klasığı"nda ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla, MS 8. yüzyıla kadar Çin dilinde çayı ifade eden bir karakterin olmadığı düşünülmektedir. Ancak başka bir çalışmada, 茶 ideogramının çay kelimesinin eşanlamlısı olarak kullanımının Çin tarihinde yaklaşık iki bin yıldır olduğu belirtilmektedir. (Van Driem, 2019; Zhang, Xu ve Liu, 2023).

|            |                 |
|------------|-----------------|
| Shang      | MÖ 1600-1046    |
| Zhou       | MÖ 1046- MÖ 256 |
| Han        | MÖ 206- MS 220  |
| Jin        | 265-420         |
| Tang       | 618-907         |
| Song       | 960-1279        |
| Kuzey Song | 960-1126        |
| Güney Song | 1127-1279       |
| Yuan       | 1271-1368       |
| Ming       | 1368-1644       |
| Qing       | 1644-1911       |

**Şekil 11:** Çin hanedanlıklarının zaman çizelgesi (Hinsch, 2016)

Tú 荼 ve chá 茶 karakterleri arasındaki yapısal benzerlikler kolayca görülebilmektedir. Tú karakteri, günümüzde kullanılsa da eski zamanlarda bir dizi acı şifalı bitkiden herhangi birini belirtmek için kullanılmıştır. İtalyan Matteo Ricci, 1610 yılında çay için kullanılan çince chá 茶 karakterinin eski olmadığını belirtmiştir. Bu karakter, çay içme alışkanlığının Tang hanedanlığının ortalarında popüler hale gelmeden önceki kaynaklarda yer almamaktadır.

Karakterin Lu Yu (733-804) veya onun arkadaşı Jiaoran (720-804) tarafından yaratıldığı kesin değildir çünkü Lu Yu'nun çay ile ilgili yazılarının orijinal metni kaybolmuştur. Hayatta kalan en eski baskı ise Ming dönemine (1368-1644) aittir. Ancak, taşlara kazınmış bazı yazıtlarda, tarihleri belirlememizi sağlayan kalıcı kayıtlar mevcuttur. 779 ve 798 yıllarında yazılan

taş tabletlerde tú 荼 ideogramı bulunmaktadır. Fakat 841 yılından sonra yazılan tabletlerde çay için chá 茶 ideogramı kullanılmıştır. Yani, çayın modern Çince karakteri olan chá 茶, Lu Yu'nun çay üzerine yazdığı eserden önce yazılı Çince'de yer almamıştır.

Çay Klasîği'ne göre, chá terimi aslında çay hasadının ilk sürgününü belirtmek için kullanılmıştır. Zamanla, chá karakteri Tang hanedanlığı döneminde eski karakterlerin yerini alarak, çay için kullanılan modern karakter haline gelmiştir. (Van Driem, 2019).

Sıradan bir içeceği olarak onu Çin'in en anlamlı kültürel simgelerinden biri haline getiren Lu Yu, çay içmeyi zarif bir uğraş olarak sunmuştur. Lu, çay hakkında her şeyi anlatan Çay Klasîği'ni (Chájīng) yazmanın yanı sıra, saray mensupları, edebiyatçılar, Budist rahipler ve diğer lezzet ustalarıyla bağlantılar kurmuş ve onları bu içeceğe saygı duymaya ikna etmiştir.

755 yılında kuzey Çin'in savaş alanı haline gelmesiyle Lu, bu bölgeden ayrılarak önce Nanjing'e sonra da Huzhou'ya yerleşmiştir. Güney kültürüyle olan bu beklenmedik temas, Lu'nun çaya bakışı üzerinde büyük bir etki bırakmıştır. Lu Yu, muhtemelen 760'lı yıllardan önce Çay Klasîği'ni yazmaya başlamış ve yıllar içinde eseri düzenlemeye devam etmiştir. Kitap, 780 yılında Jiaoran tarafından sağlanan mali destekle basılmıştır. Kitlesele baskı öncesi dönemlerde bir kitabı yaymanın zorluklarına rağmen, Lu, çay konusunda önde gelen bir uzman olarak tanınmıştır (Şekil 12) (Hinsch, 2016).

Çay Klasîği'nin basılmasından sonra imparator Dezong çaydan vergi almış ve 784'te Tang imparatoru çay ticaretini devlet tekeline almıştır (Sartor, 2007; Van Driem, 2019). Göçmenler gelişen çay endüstrisinde çalışmak için güney Çin'e yönelmişlerdir. Victor Mair ve Ehrling Hoh'un yazdığı gibi, bu içecek toprağın her köşesine ve toplumun her köşesine yayılmıştır (Farris, 2019).



**Şekil 12:** Hangzhou'daki çay müzesinin bahçesinde neşeli çay bilgisi Lu Yu'nun heykeli (Van Driem, 2019)

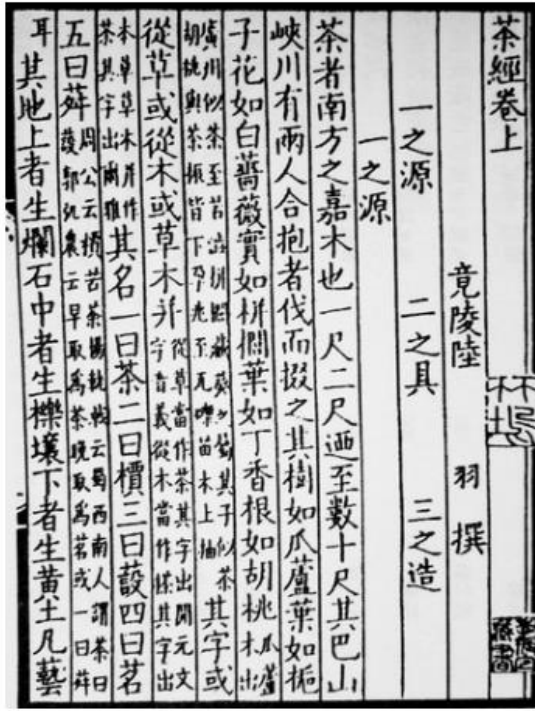
Çay Klasîği, çayın efsanevi kökenleri, çay yetiştiricinin zirai yönleri, çayın toplanması, buharda işlenmesi, kurutulması ve preslenmesi için kullanılan araç ve gereçler, çay yapraklarının uygun şekilde saklanması ve preslenmiş çay yapraklarının üretimi ile ilgili bilgileri içermektedir (Şekil 13). Ayrıca bu eserde, çay eşyaları, çay demleme ve içme prosedürleri detaylı olarak incelenmiştir. Çay Klasîği aynı zamanda çay çeşitlerini ve çayın yetiştirildiği

başlıca yerleri de tanımlamıştır. Bu eser aşağıda yer alan 10 bölümden oluşmaktadır (Van Driem, 2019):

1. Çay bitkisinin kökeni
2. Yaprakların taşınması ve toplanması için aletler
3. Çayın hasat edilmesi
4. Çayın hazırlanması için kullanılan yirmi dört kap
5. Çayın hazırlanışı
6. Çayın tadımı
7. Çayın tarihi anlatımları
8. Çay üretiminin başlıca alanları
9. Diğer mutfak eşyaları
10. Çay kapları çizimleri

Lu Yu'nun ünü ölümünden sonra artmış ve Tang hanedanlığı döneminde, çay tanrısı unvanıyla anılmıştır. Çeşitli alanlarda çalışmalarını olmasına rağmen esas olarak çay üzerine yaptığı çalışmalarla tanınmıştır (Hinsch, 2016).

Lu Yu, çayın hazırlanmasında kullanılan suyun kalitesine, saflığına ve tadına ilişkin incelemelerde de bulunmuştur. "Çay Demleme Suyu Raporu" Lu Yu'nun ölümünden sadece on yıl sonra, 814 yılında Zhang Youxin tarafından yazılmıştır. Tang hanedanlığı döneminde, uzun süre korumak amacıyla çay yaprakları buharda işlenip sıkıştırılarak çay kalıplarına dönüştürülmüştür. Bu yöntem, çayın saklanmasını kolaylaştırmış ve uzun süre taze kalmasını sağlamıştır. Bu dönemde kalıp çaydan bir parça kırılarak toz haline getirilmiş ve çay tozu sıcak suyla demlenmiştir. Günümüzle kıyaslandığında, bu prosedürün matcha veya toz yeşil çayın geliştirilmesine öncülük ettiği açıkça anlaşılmaktadır. Çay kültürü, Tang döneminde Çin'de popülerlik kazanmış ve Kuzey Çin de dâhil olmak üzere geniş bir alana yayılmıştır. Tang dönemine kadar, en iyi çay, bugünkü Sichuan eyaletinin doğu yarısına karşılık gelen bir bölge olan Ba ve Shu krallıklarında üretilmiştir. Ancak Tang hanedanlığı döneminde çay üretiminin merkezi doğu ve güneydoğu kıyı eyaletlerine kaymıştır (Van Driem, 2019).



Şekil 13: Çay Klasığı “Chájīng” (Hinsch, 2016)

Tang hanedanlığı döneminde çay kültüründe çayı öğütme, elemek, işlemek, sunmak ve muhafaza etmek için kullanılan alet ve kaplara önem verilmiştir. Tang hanedanlığında çay, Lu tarafından tarif edildiği gibi hazırlanmaya devam etmiştir. Daha sonra çay, Çin sınırlarının ötesine Tibet, Türkistan, Moğolistan ve diğer bölgelere ihraç edilmeye başlanmıştır. Tang hanedanlığında Tibet’e çay ticareti, imparator Taizong’un (626-649) imparatorluğun sınırlarını stratejik olarak genişletmesinin ardından, Çin’in at talebini karşılamak amacıyla teşvik edilmiştir. Çinliler süvarilerine at tedarik etmek için Tibetliler ve Uygur Türkleri ile ticaret yapmışlardır (Van Driem, 2019).



**Şekil 14:** Song hanedanı ressamı Qian Xuan'ın (1235–1305) tasvir ettiği gibi, üç ayaklı bir toprak çaydanlığın yanında bir halının üzerinde oturmuş, çay içen Tang hanedanı şairi Lu Tong (Van Driem, 2019).

Çayın Tibet'e MS 7. yüzyıl gibi erken bir tarihte tanıtıldığı söylenmektedir. Bazı yazarlar, çayın Tibet'te ilk olarak, kral Songtsen Gampo'nun büyük torunu olan kral döneminde (MS 674-704) bilindiğini iddia etmektedir (Bertsch, 2009). Çay Tibet'te yetişmese de geleneksel olarak Tibet

toplumunda hem ritüel bir nesne hem de beslenme kaynağı olarak kullanılmıştır (Lu ve diğerleri, 2016).

İpek, porselen ve çayın, yaygın olarak İpek Yolu olarak adlandırılan ağı oluşturan çeşitli ulaşım yollarını izleyen kervanlarla ihraç edilen temel mallar olduğu varsayılmaktadır. Bununla birlikte, Tang hanedanlığına (MS 618-907) kadar İpek Yolu boyunca Tibet, Orta Asya veya Güney Asya'ya çay taşındığına dair hiçbir kayıt bulunmamıştır. Ancak Lu ve diğerlerinin (2016) yaptığı çalışmada Çin'in batısındaki Tibet'teki Changan ve Ngari'den elde edilen antik bitki kalıntılarından elde edilen fitolitler ve biyomoleküler bileşenler, İpek Yolu'nun Tibet Platosu boyunca uzanan bir kolunun MS 2-3 yüzyılda kurulmuş olabileceğini göstermiştir.

Sıkıştırılarak elde edilen kalıp çaylar Orta Asya, Tibet ve Moğolistan'da para birimi olarak kullanılmıştır. Bu çaylar, Yunnan Üniversitesi profesörleri Mu Jihong ve Chen Baoya'nın birlikte "Eski Çay Atı Yolu" adını verdikleri, Yunnan'dan başlayıp Sichuan üzerinden Tibet'e ve ötesine uzanan bir yol ağı boyunca taşınmıştır. Eski Çay Atı Yolu, Yunnan'ın çay üretim bölgelerini (eyaletin güneydoğusunda Pu'er ve Xishuangbanna ve Sichuan'ı) Çin'deki çay tüketen bölgelerle, özellikle de Tibet'le bağlayan ticaret yolları ağını ifade etmektedir. Ağ ilk olarak Tang hanedanlığı (618-907) döneminde ortaya çıkmış ve Qing'in sonlarında (1644-1911) ve yirminci yüzyılın ilk yarısında kullanım bakımından zirveye ulaşmıştır. Yaklaşık 6 aylık bir kervan yolculuğu olan çay yolu, sayısız nehir ve birçok yüksek dağ geçidinden (bazıları 5.000 m kadar yüksek) oluşmaktadır. Zorlu bir yol olan çay yolu, Xishuangbanna'nın yağmur ormanlarından Shangrila'nın yüksek rakımlı dağ ormanlarına ve çayırlarına kadar uzanan bir dizi farklı bölgeden geçmektedir. Kısacası, çay yolu, Çin'in topografik olarak en çeşitli bölgesine, flora ve fauna açısından zengin ve çok sayıda etnik gruba ev sahipliği yapmıştır. (Sigley, 2013). Çin yıllıklarında, Tang ve Song hanedanları döneminde Tibet ve Çin arasında önemli bir çay atı yolu aracılığıyla önemli bir çay ticaretinin var olduğuna rastlanılmıştır (Bertsch, 2009). Ancak ticareti yapılan bu çayın Çin'de tüketilen çaydan daha düşük kalitede olduğu ortaya çıkmıştır. Tang hükümeti, sınırları savaşı göçebe kabilelere karşı korumak, batı sınırlarını pasifize etmek, toprak kazanımlarını pekiştirmek ve ulusu birleştirmek için süvarilere ihtiyaç duymuştur. Buna karşılık günlük diyeti desteklemek için Tibet'te de çaya ihtiyaç duyulmuştur.

Çay, Tibet platosundaki monoton diyeti zenginleştirmek için birçok besinsel fayda sağlamıştır.

Çay, para tarihi üzerinde de kalıcı bir etki yapmıştır. Her şeyden önce, Tibetçe'de ja-sbag olarak bilinen sıkıştırılmış çaylar kendi başlarına para olarak kullanılmıştır. Geleneksel olarak kâğıt veya bambu yapraklarıyla paketlenen çaylar, taşıma kolaylığı için tasarlanmıştır. Çin hükümeti için en büyük gelirlerden birisi de çaydan alınan vergi olmuştur. Tang hanedanlığı döneminde çeşitli suistimaller ve isyanlar ile uygulanması zaman zaman kesintiye uğrasa da 782 yılında çay üretimine %10, 793 yılında çay ticaretine %10, 821 yılında çay ticaretine %15 vergi uygulanmıştır. Birçok çay bahçesi, öncelikle imparator ve saray mensupları için çay üreten imparatorluk hanesinin mülkü haline gelmiş, ancak özel çay bahçeleri de gelişmeye devam etmiştir. Daha sonra Tang hükümeti aniden çay üretimini kamulaştırmaya girişmiştir. 835 yılında, imparator Wenzong (827-840) yönetiminde bir Çay Tekeli Komisyonu kurulmuş ve özel sektöre ait çay bahçelerindeki tüm çaylıkların devlete nakledilmesini ve hazırlanan tüm özel çay stoklarının imha edilmesi emredilmiştir. Kamulaştırma önlemleri, kamulaştırmanın yürürlüğe girmesinden itibaren iki ay içinde yürürlükten kaldırılmıştır (Van Driem, 2019).

Tang hanedanlığından sonra Song hanedanlığı 960 yılında Zhao Kuangyin tarafından kurulmuştur. 973'ten sonra, çay üzerindeki devlet vergisi kademeli olarak azaltılmıştır. Bununla birlikte, 980'den 1059'a kadar, Song hükümeti, Sichuan çayının satışını mali olarak ya Sichuan içinde ya da sadece Tibet sınır kabilelerine ve güney ve güneybatıdaki Man ve Yi kabilelerine satmak ile sınırlamıştır. Çay ticaretinin zirve yaptığı dönemde, ortalama 60 kg çayla bir at satın alınabilmiştir. Song hükümeti süvarileri için yüz binlerce ata ihtiyaç duymuş ancak buna karşılık yeterli miktarda çay tedarik edilememiştir. Ardından at ve çay ticaretinde de dengesizlikler meydana gelmiştir. Çünkü çaylar yolculuğu iyi atlatırken, birçok at yolda ölmüş veya savaşa pek uygun olmayan bir durumda Çin'e ulaşmıştır (Van Driem, 2019).

Bozulan siyasi ilişkiler sonucunda Song hükümeti, bozkırda çobanlardan at satın almak zorunda kalmıştır. Bu ticaretin sonunda göçebelere genellikle en kötü çay gelirken Çin'e de genellikle savaşta işe yaramayacak kadar kötü atlar verilmiştir. Sichuan çayının kalitesinin düşmesinde jeopolitik durumun yanı sıra Song hükümetinin sürekli savaş ekonomisini beslemek için uyguladığı vergi politikası da etkili olmuştur. Hükümet daha sonra bir kez daha çayı



vergilendirmeyi denemiş ve 1070 yılında Sichuan'da ilk çay vergilendirme bürosu açılmıştır. Daha sonra 1074'te Çay ve At Ajansı kurulmuş ve Sichuan çayı ticaretine hükümet tekeli hâkim olmuştur. Çay ve At Ajansı'nın kurulmasından sonraki on yıl içinde, Sichuan'ın yerelleştirilmiş yüksek kaliteli çay endüstrisi, uzun mesafeli pazarlar için düşük kaliteli çay endüstrisine dönüştürülmüştür.

11. ve 12. yüzyıllarda, eğilim sıkıştırılmış çaydan uzaklaşıp gevşek yapraklı çaylara (sancha) ve toz çaya (mocha) yönelmiştir. Toplumun üst kademeleri, gevşek yapraklı çayın doğal tadını, sıkıştırılmış çayın değişmiş tadına tercih etmiştir. 1070'lerde ve 1080'lerde su değirmenleri tarafından öğütülen toz çay, Kuzey Song'un başkentinde popüler hale gelmiş ve çayı işlemek için taş silindirler kullanılmaya başlanmıştır.

Song çay kültürü sadece sonraki gelişmeleri şekillendirmekle kalmamış, aynı zamanda Japonya'daki çay kültürüne de derinden ilham vermiştir. Bu dönemde yaygınlaşan toz yeşil çay veya mocha Japonya'da matcha olarak korunmuş ve rafine edilmişken, bu uygulama Çin'de unutulmaya yüz tutmuştur. Bu nedenle, Hollandalı denizciler Doğu'ya geldiklerinde Çin'de toz çay içildiğini gözlemlemişlerdir. Bu dönemde Japonya'da toz çay o zamanlar elitler için çay hazırlamanın şekli haline gelmiştir (Van Driem, 2019).

1655'te Hollanda Doğu Hindistan Şirketi, Çin imparatoru Shunzhi'ye (1643-1661) bir elçi göndermiştir. Elçi Johan Nieuhof Çinliler ve Japonlar arasında çayın hazırlanma biçiminde büyük bir fark olduğunu belirtmiştir. Nieuhof'un ifadesine göre Japonlar yaprakları çok ince toz haline getirip küçük bir kâsede kaynar suyla karıştırmakta, daha sonra sıcakken içmektedirler. Öte yandan Çinliler, bir demet yaprağı sıcak suyla dolu küçük bir kâseye atmakta ve daha sonra yaprakların içeriği suya karıştıktan sonra ılık olarak içmektedirler (Van Driem, 2019).

1378'de, Ming hanedanının başlangıcında, Ye Ziqi (1327-1390), Otlar Kaydı'nda Jiangxi'den gelen toz çayın artık bulunmadığını ve insanların hepsinin yaprak çaya geçtiğini gözlemlemiştir. Song döneminde halka açık toplanma yerleri olarak çay evleri de çoğalmıştır. Bilim adamları, edebiyatçılar, keşişler ve rahiplerin katıldığı çay yarışmaları yapılmıştır. Çay yarışmaları (doucha), Tang döneminde ortaya çıkan ancak Song döneminde, özellikle imparator Huizong (1100-1127) döneminde yaygınlaşan bir uygulama olmuştur. Bu yarışmalarda, hangi çayın en iyi olduğunu değerlendirmek için

yaprakların görünümü, likörün rengi ve bulanıklığı, aroması ve tadı gibi kriterler dikkate alınmıştır. Song hanedanlığı döneminde çay türleri ve çay hazırlama yöntemleri hakkında ufuk açıcı öneme sahip incelemeler yazan çok sayıda çay bilgini var olmuştur. Song hanedanlığında çay üzerine ilk teknik inceleme, 1049'da büyük hattat Cai Xiang (1012-1067) tarafından yazılan Çay Kayıtları metni olmuştur. 1064'te başka bir şair olan Song Zian, Fukien'in çay bahçelerinin çeşitli yerlerini anlattığı Doğu Çayı Tadımı Üzerine Rapor başlıklı ünlü bir rapor yazmıştır. Bir diğer önemli kaynak olan Çay Ürünlerinin Temel Kaydı Huang Ru tarafından 1075 yılında yazılmıştır ve çay yapraklarının işlenmesindeki olası riskleri tartışmıştır. Her ne kadar Song çayı uygulamaları başlangıçta Japon çay görgü kurallarını doğrudan etkilemiş olsa da Japon çay seremonisinin klasik formundaki gelişim, büyük ölçüde Japonlara ait kültürel yeniliktir (Van Driem, 2019).

Hem Silla Krallığının hüküm sürdüğü Kore hem de Fujiwara no Nakamaro (706-764) gibi liderlerin siyasete hâkim olduğu Japonya, en son gelişmeler için Çin'i takip etmiştir. 700'lü yıllarda Japonya'dan düzenli olarak Çin'e seyahat gerçekleştirilmiş ve oradaki geleneklere aşina olunmuştur (Farris, 2019).

### 1.3.2. Çayın Japonya'ya ve Kore'ye Gelişi

Çayın ilk olarak Nara döneminde (710-784) Japonya'da içildiği ancak çay tohumlarının ilk olarak daha sonraki Heian döneminde (794-1185) Japonya'da ekildiği kabul edilmektedir. Her iki dönemde Çin'deki Tang hanedanlığı dönemine denk gelmektedir (Van Driem, 2019). Çayı Japonya'ya kimin tanıttığı tam olarak bilinmese de 750'den 778'e kadar olan yılları Tang Hanedanlığındaki iki keşişin, Çin'den Nara'ya çay tohumları taşıyan ilk kişiler olabileceğini tahmin edilmektedir. Bu kişiler Budist rahipler Saicho (767-822) ve Kukai olduğu düşünülmektedir (774-835) (Farris, 2019).

840'ta tamamlanan "Japonya Üzerine Notlar" eserinde kaydedildiği üzere, keşiş Eichü (743-816), 815 yılında Çin'den "dancha" adı verilen bir çeşit fermente çay getirmiştir. Eichu, Omi eyaletinde kendisini ziyaret eden imparator Saga'ya çay ikram etmiştir. Daha sonra İmparator Saga kendi şiirlerinde de çaydan sevgiyle bahsetmiş ve 816'da imparator, Kyoto çevresindeki Kinki bölgesinde çay bitkisinin yetiştirilmesine karar vermiştir. Çay bahçeleri kurulmuş ve imparatorluk sarayında hekimlerin kullanımı için

çay üretilmeye başlanmıştır. Çay tüketimi o zamanlar hala imparatorluk ve manastır ritüelleriyle sınırlı kalmış ve çay henüz halk arasında yaygın bir içecek haline gelmemiştir (Van Driem, 2019). 9. yüzyılın ikinci yarısında, Tang hanedanlığı döneminde Çin'in düşüşe geçmesiyle, Japonların Çin kültürüne olan hayranlığı azalmıştır. Tang döneminde Çin'deki Japon elçilikleri 894'te kapatılmış ve çok daha sonra Taira no Kiyomori (1118-1181) döneminde yeniden açılmıştır (Van Driem, 2019).

Myōan Eisai (Şekil 15), 1141 yılında bugünkü Okayama vilayetinde bulunan Kibitsu'da doğmuştur. Eisai Çin'den Japonya'ya çay fideleri getirmiş ve fideleri Hirado yakınlarındaki Fushun-en'e ve Hizen eyaletindeki Seburiyama'ya, Hakata'daki Shofuku Tapınağı'na, Kyoto'ya ve çevresine dikmiştir. Eisai'nin ikinci kez Çin ziyareti ile Japonya'ya toz yeşil çayı da tanıtılmıştır. Bu çayın imalatında, Japonya'da hala yaygın olarak kullanılan bir yöntem olan kavurma yerine yaprakların buharda pişirilmesiyle enzim inaktivasyonu sağlanmıştır (Van Driem, 2019).

Eisai iki cilt halinde yayımlanan Çayın Sağlığa Faydaları üzerine inceleme raporu yazmıştır. Eisai, çayı sadece meditasyon sırasında uyanık kalmak için bir uyarıcı olarak tasvir etmemiştir. Ayrıca çayın tüm vücutta uyumu teşvik eden bir tonik olduğunu iddia etmiş ve çay içmenin uzun ömürlülüğü desteklediğini ifade etmiştir. Daha sonra, Çin tıbbının ilkelerine göre çayın ömrü nasıl uzattığına dair açıklama yapmıştır. Vücuttaki beş hayati organın farklı tatlara sahip yiyecekler yiyerek uyumlu hale getirilmesi gerektiğini ve kalbe fayda sağlayan tadın acı olduğunu belirtmiştir. Özellikle, Japonların diyetinin acı tada sahip olan yiyeceklerde yetersiz olduğunu ve bu nedenle çayın bu tadı karşılamak için uygun olduğunu ifade etmiştir (Farris, 2019). Eisai'nin İncelemesi ayrıca çay yetiştiriciliği, üretimi ve hazırlanması konusunda da bilgiler vermektedir. Eisai Çin'e ikinci ziyaretinden sonra, şair ve keşiş Myōe'ye (1173-1232) üç çay tohumu vermiştir (Van Driem, 2019). Kyoto'nun kuzeyindeki tepelerde yer alan bir tapınağın kurucusu olan Myōe kısa süre sonra ülkedeki ilk marka olarak bilinecek olan çayı yetiştirmeye başlamıştır. Myōe, tapınağın bahçesine bu tohumları ekmiştir. Başlangıçta, Toganoo'dan gelen çay, en yüksek statüye sahip en orijinal ve otantik çay olarak görülmüş ve sadece bu bahçeden gelen çay, gerçek çay olarak belirlenmiştir. Güneşin etkilerinin az olduğu gölge bir bölgede yetişen Toganoo

çayı, tüm Japonya'daki en lezzetli çay olarak ünlenmiş ve ilk çay markasını temsil etmiştir (Farris, 2019).



**Şekil 15:** Keşiş Myöan Eisai (Van Driem, 2019)

Daha sonra Toganoo'nun çay üretiminde önemi azalmış ve Kyoto'nun sadece 10 km güneydoğusundaki Uji bahçeleri ilk sırayı almıştır.

Bu dönemde en iyi kalite de çay kullanılmasa halkın da çay içmek için bir araya gelebildiği sade çay toplantıları (unkyaku chakai) yapılmaya başlanmıştır. Bu sadeleşme ve ev ortamına geçiş, Japon ressam ve şair Naomi (1397-1471) ile sağlanmıştır.

Murata Juko (1422-1502), on yaşında bir çocukken Nara'daki Shomyo tapınağında görevli olarak hizmet etmeye başlamıştır. Birkaç yıl farklı

bölgelerde yaşadıkdan sonra Juko, çay hakkında bilgi edindiği ve Naomi ile tanıştığı, ikebana olarak bilinen Japon çiçek düzenleme sanatını incelediği ve aristokrat bir çay seremonisini gözlemlediği Kyoto'ya gelmiştir. Naomi, ithal Çin seramiklerinin kullanıldığı ve çay seremonisinin nazik bir ortamda yapıldığı tarzı savunmuştur. Juko ise Çin ve Japon güzelliğinin bir füzyonunu elde etmek için yerli Japon ve Çin unsurları arasındaki ilişkiyi çözmeye çalışmıştır. Bu çözülme günümüze kadar devam eden wabi-cha'nın başlangıcı olmuştur (Isao ve McClintock, 2023). Juko'nun ardından Japon çay kültüründe etkili bir isim olan Takeno Joo, çay seremonisini popüler hale getirerek çay seremonisinin çay salonundan çıkıldığında da devam edebileceğini ifade etmiştir. Japon çay seremonisi tarihindeki en etkili figür şüphesiz Sen no Rikyu olmuştur (1522-1591) (Şekil 16).



Şekil 16: Sen no Rikyu (Van Driem, 2019)

1540'lı yıllardan sonra kendisine Soeki adı verilmiş ve Joo'nun öğrencisi olmuştur. Daha sonra Japonya'yı bir ulus olarak birleştirecek olan Toyotomi Hideyoshi'nin (1537-1598) baş çay ustası olmuştur. Rikyu çay demleme sanatının yanı sıra çay sunumunun yapıldığı yerlerin mimarisine yönelik de değişiklikler yapmıştır. Rikyu'nun ölümünden sonra, yedi öğrencisi Rikyu'nun yedi bilgisi olarak tanınmış ve Japonya'nın başlıca çay öğretmenleri haline gelmiştir (Van Driem, 2019).

Japonya'da çayın 750'li yıllarda tanıtılmasından 1200'lerin sonuna kadar süren dönem, modern Japon yeşil çayının ön tarihini oluşturmaktadır. Bu dönemde çayın ilaç ve hediye olarak görülme geleneği günümüz modern kültüründe de yer almaktadır. Bu dönemde kullanılan basit tarım teknikleri bile, daha fazla ve daha iyi çay yetiştiren sonraki nesil çiftçilerin bilgeliğine katkıda bulunmuştur (Farris, 2019).

Bir efsaneye göre, Korece adı Ho Hwang'ok olan Ayodhyalı bir Hint prensesi, 48 yılında Kaya veya Karak krallığının efsanevi kurucusu Kral Suro ile evlenmek için Kore'ye geldiğinde Hindistan'dan çay tohumları getirmiştir. Bu efsane ilk olarak 13. yüzyıla ait bir metinde belgelenmiştir (Van Driem, 2019). Başka bir çalışmada çay kültürünün Çin'den Kore'ye yayıldığı ve MS 1145'te yayımlanan Samguksagi kayıtlarına göre çay içme geleneğinin en azından Kral Seondeok'un (632-647) saltanatındaki Silla hanedanlığı (MÖ 57-MS 935) döneminde mevcut olduğu belirtilmiştir (Lee ve Kwon, 2022). Gerçekte, çayın yetiştirilmesi, Kore yarımadasının sert iklimine çok daha sonra tanıtılmıştır. Çay bitkisi Kore'ye ilk olarak 828 yılında elçi Kim Taeryom tarafından tanıtılmış ve Silla hanedanının Hungdok'un emriyle, çay tohumları Chiri Dağına ekilmiştir. 840 yılında, meditasyon ustası Chinkam Sosa Ssanggye tapınağından Okch'on tapınağına çay nakletmiş ve daha sonra çay diğer manastırlarda da yetiştirilmeye başlanmıştır. Sonraki iki önemli Koreli çay bilgini Ch'oe Ch'iwon ve Ch'ungdam'dır (Van Driem, 2019). Kore'de iki tür yeşil çay üretilmiştir: Jiri Dağı'nın çevresindeki bölgede doğal olarak yetişen yerli tür ve Çin ve Japonya'dan gelen tür. Kore çayı esas olarak Gyeongsang Eyaleti, Jeolla Eyaleti ve Jeju Adası'nda üretilmektedir. Bu bölgeler arasında, güney Gyeongsang eyaletindeki Hadong'daki Mt. Jiri yakınlarındaki çay yetiştirme alanı ve güney Jeolla eyaletindeki Boseong en belirgin alanlar olarak bilinmektedir (Shim, Jeon, Kim ve Yoon, 2024).

Koryo hanedanlığı (918-1392) döneminde, bir içecek olarak çay, meditasyon yaparken uyanık kalmak için çay infüzyonunu bir uyarıcı olarak kullanan Zen rahipleri tarafından Kore'de popüler hale getirilmiştir. Kraliyet sarayında özel bir çay salonu bile yapılmıştır. Koreli bilgin Kyubo (1168- 1241) ünlü Çay Mısraları'nı yazmıştır. Hem Chong Yakyong (1762-1836) hem de Kim Chunghui (1786-1856) büyük çay bilginleri olarak hatırlanmaktadır. Çayla ilgili ilk büyük Kore metinleri, 1830'da yazılan Tashinjon Çayın Ruhunun Tarihçesi ve 1837'de yazılan Tongdasong Kore Çayı Üzerine Kaside olmuştur. Her iki metin de doğrudan Ming hanedanı Çin kaynaklarından ilham alan Ch'o-ui (1786-1866) tarafından yazılmıştır. Ch'o-ui, Kore'de çay seremonisini de popüler hale getirmiştir. 1969'da Kore çay endüstrisini canlandırmak için adımlar atılmış ve Güney Kyongsang, Güney Cholla ve Cheju Adasında ithal Japon yabukita çeşidiyle çay bahçeleri kurulmuştur. 1970'lerden ölümüne kadar, varsayılan adı Myong Won olan Kim Mihui (1920-1981), Kore çay kültürünün yeniden canlanmasını desteklemiş ve 1979'da Kore çay kültürü üzerine ilk konferansa ev sahipliği yapmıştır. Son yıllarda, çay seremonisi Kore'de yeniden canlanmıştır (Van Driem, 2019). Hanedanlık dönemindeki Kore zevkleri ve uygulamaları Çin çay kültürünün etkisi altında gelişmiştir, ancak 20. yüzyılın başından günümüze kadar Japon çay kültürü en büyük etkiye sahip olmuştur. Günümüzde bu üç Doğu Asya ülkesinin çay kültürleri Çin için cha-yi (çay sanatı), Japonya için sadō / chadō (chanoyu) ve Kore için cha-rye (çay görgü kuralları) olarak ayırt edilmektedir (Lee ve Kwon, 2022).

Portekizli denizciler ilk kez 1542'de Japonya'ya ayak basmışlardır. Ancak 1564'e kadar Avrupalı tüccarların ve denizcilerin çayın ne olduğunu tam olarak bilmediği açıktır. 1564'te Luis d'Almeida, Japonların ince öğütülmüş bir tozu porselen bir kaptaki karıştırdıklarını ve ardından çok sıcak suyla içtiklerini belirtmiştir. Alexandro Valignano, Japonların yemeklerden sonra hem yazın hem de kışın her zaman sıcak su içtiklerini ifade etmiştir. Bu dönemdeki mektuplar ve raporlardan çay, kahve ve kakao gibi sıcak içeceklerin Avrupa'da yeterince bilinmediği ortaya çıkmıştır. Portekizli denizcilerin raporlarının ardından Habsburg Kralı II. Philip 1584'te İspanya'ya ilk Japon elçiliğininin açılmasına izin vermiştir. Elçilik Alexandro Valignano, Otomo Sorin (Portekizliler tarafından Francisco veya Francesco adıyla bilinir) ve Omura

Sumitada (Portekizliler tarafından Bartholomeu adıyla bilinir) tarafından organize edilmiştir (Van Driem, 2019).

### 1.3.3. Batının Çayla Tanışması

Çin çay ticaretinden önce ipek, porselen ve Doğu'dan gelen diğer mallarla Batı'da ün kazanmıştı. Mallar Çin'den İpek Yolu aracılığıyla Bizans'a ve Venedik'e gidiyordu (Po, 2018). İpek Yolu ticareti, Han ve Tang hanedanlığı döneminde aktif olarak yapılmıştır. Ancak 16. yüzyılın sonlarından itibaren bu yolun ticarete kullanımını oldukça azalmıştır. Bu gerileme üzerinde sadece Avrupa deniz ticaretinin rekabetinin bir rol oynamadığı, aynı zamanda kara ticaretinin artan mutlak maliyetleri ve yeni risklerinin de etkili olduğu ileri sürülmüştür (Van Driem, 2019).

Çayla ilgili ilk rapor Venedik'e ulaştığında, Venedik müreffeh ve güçlü bir şehir olarak büyük bir filoya sahipti ve güzel sanatlar ve öğrenimin başlıca merkezi olarak gelişmişti. Ancak 15. yüzyılın sonlarından itibaren yaşanan olaylar ve savaşlar neticesinde Venedik'in ticaret üzerindeki gücü azalmıştır. İronik olarak, Venedik'in Asya ile ticaretinin gerilediği bu dönemde, 1559 yılında, çay ilk kez Venedik'in bir yayınında Cathay Çayı adıyla anılmıştır. Batı kaynağında çayın ismiyle ilk kez bahsedilmesi kaynağını açık denizler yoluyla gelen çaydan değil İpek Yolu yoluyla Venedik'in Adriyatik limanına gelen çaydan almaktadır. Sonraki yıllarda 1583'te Torino'da yazar Giovanni Botero, çayın sağlıklı etkilerine dikkat çekmiş ve sağlıklı özelliklerini Batı'nın içki içme alışkanlığıyla karşılaştırmıştır.

Portekizliler Japonya'ya gitmek için Afrika'nın çevresini dolaşmış ve Hint Okyanusu'nu geçmişlerdir. Uzak Doğu'daki en uzak ülke Japonya'ydı ve Japonya'ya ulaşan ilk Avrupalılar 1542 yılında Portekizliler olmuştur. Portekizce cha kelimesi doğrudan Japonca cha'dan alınmıştır. Çayın Japonca adı 1564 yılında Luis d'Almeida tarafından yazılan bu Floransa yayınında chà olarak değil, biraz daha İtalyan yazım şekli olan chià olarak kaydedilmiştir. Japonya'da Luis d'Almeida ve Luis Frois tarafından tarif edilen toz yeşil matchanın yanı sıra Gaspar da Cruz tarafından koyu renkli bir oolong çayın varlığından da bahsedilmiştir (Van Driem, 2019).

Daha sonra 1580'li yıllarda, Alexandro Valignano Japonya'nın çay, çay odaları ve çay kültürünü, 1585'te Luis Frois, bambu çırpma teli ile çırpılmış toz yeşil çay matchayı ve Japon çay seremonisini, 1589'da Giovanni Pietro Maffei,



Doğu Hint Adaları'nın tarihçesini ve Japon çayı hakkında bilgi içeren eserleri yayınlamışlardır. Bir Japon çay odasının ve çay bitkisinin ve hasadının kısa bir açıklaması daha sonra 1590'larda ve yine 1607'de Japonya'yı ziyaret eden bir İspanyol olan Bernardino de Avila Giron tarafından yazılmıştır.

1615'ten itibaren Hollanda'da çaya olan talep hızlı bir şekilde artmıştır. Amsterdam'dan gelen bir emre cevaben, Batavia'dan 5 Aralık 1629 tarihli bir mektup bu talebi kanıtlayıcı niteliktedir ve "Japonca cha veya Çince thee mevcut değil; gelecek yıla kadar bunu sağlayabilmeyi umuyoruz" denmektedir.

Avrupa'ya çay ilk olarak Japonya'dan getirilmiştir. Ricci, Japon çayının üstünlüğüne işaret etmiş ve Japon çaylarını Çin çayının on katı fiyata satılabildiğini ifade etmiştir. Japon çayı Batılılar tarafından sevilmmişti ancak daha uygun fiyatlı Çin çayına olan talep de hatırı satılır miktardaydı.

Joao Rodrigues, 1562 yılında doğmuş ve 1577'de, on beş yaşındayken Japonya'ya gelmiştir. Historia adlı kitabında Rodrigues, Japon çay evleri hakkında bilgi vermiştir. Ayrıca Historia'sının iki bölümünü çay bitkisinin tanımına, çayın çeşitli derecelerine, çayın fiyatlandırılmasına, çayın hazırlanmasına, çayın erdemlerine, Japon ve Çinlilerin çay hazırlama ve servis etme tarzları arasındaki farklara ayırmıştır (Van Driem, 2019).

Portekizliler, çay ticareti yapan ilk Avrupalılar olmuşlardır. Mallarını Lizbon'a götürmüş ve ardından Fransa, Hollanda ve diğer Baltık ülkelerine göndermişlerdir. Çay 1610'da Hollanda'ya ulaşmış ve Hollanda'dan Fransa'ya 1636'da gönderilmiştir. 1645'te, Hollandalılar ilk kez İngiltere'ye çay göndermeye başlamıştır (Sartor, 2007).

#### **1.3.4. Çayın Küreselleşmesinde Hollanda'nın Etkisi**

Doğu'da ticaret amaçlı ilk Hollandalı denizcilik şirketi 1595 yılında kurulmuştur. Mayıs 1598'de, iki Hollandalı şirketin sekiz gemisinden oluşan birleşik bir filo, Texel'den Çin'e doğru yola çıkmıştır. 1609'da Asya'daki Hollanda Doğu Hindistan Şirketi'nin yönetmek için merkezi Jakarta'da bulunan bir "Hint Adaları Konseyi" kurulmuştur. Jakarta, Asya'daki çay, baharat ve porselen ticaretinin Hollanda'daki merkezi haline gelmiştir (Van Driem, 2019). Hollandalı tüccarlar Çin'den getirdikleri yeşil çayı egzotik bir tıbbi içecek olarak pazarlamışlardır. Çay ilk dönemlerde pahalı olduğu için sadece zenginlerin satın alabildiği bir içecek olarak görülmüştü. Buna ilaveten çay zarif Çin porselenleriyle birlikte pazarlanmıştır (Sartor, 2007).

Hollandalı denizciler Hokkien'de çay anlamına gelen kelimeyi ilk kez 1604'te Amoy'da duymuşlardır. Japonca cha kelimesi 1596'da Van Linschoten tarafından daha önce bildirilmiş olsa da bunun yerine çay için Hollandaca thee 'tea' kelimesi haline gelmiştir (Van Driem, 2019).

1609'da Hirado'daki Hollanda çay fabrikası kurulur kurulmaz, 1610'da küçük miktarlarda çay yaprağı ve toprak kaplarda yeşil toz çay Bantam üzerinden Hollanda'ya getirilmiştir. Hollanda Doğu Hindistan Şirketi, 1609'da Japonya'nın Nagazaki kentindeki Hirado limanından çay satın alarak çay satın alan ilk şirket olmuştur (Liu, 2020).

Portekizliler tarafından çay hakkında yapılan tüm öncü çalışmalara ve raporlara rağmen, çayın Batı'da pazarlanabilirliği ile ilgili kararlar, Hollanda Doğu Hindistan Şirketi'nin yönetim kurulunun takdirine bırakılmıştır. 1611'den itibaren Çin yaprak çayı örnekleri de kısa süre sonra Japonya'dan gelen ilk yaprak ve toz çay örneklerini takip etmiştir.

Çay ticareti azar azar başlamış ve çay, Hollanda Doğu Hindistan Şirketi tarafından ticareti yapılan mallar dizisinde sadece bir egzotik emtia olarak yer almıştır. Takip eden yıllar içerisinde, ticaret artmış ve kısa sürede dünya ticaretinin ve küresel sermaye akışının önemli bir bölümünü oluşturmuştur. Çayın küreselleşmesi, bu yeni ürünün Hollanda Doğu Hindistan Şirketi tarafından Hollanda'ya tanıtılmasıyla başlamış ve varlıklı insanların merakını uyandırmıştır. Özellikle şairler, yazarlar, müzisyenler ve sanatçılar, Hollanda'da çayın popülerleşmesinde büyük bir etkiye sahip olmuşlardır.

1643 tarihli bir fatura, Çin gemilerinin Formosa'daki Taiyouan'daki Hollandalılara 1.400 pound (yaklaşık 635 kg) çay ve 7.675 çay bardağı teslim ettiğini ve daha sonra çayın Hollanda sömürge topluluğu tarafından hevesle tüketildiği Batavia'ya gönderildiğini göstermiştir.

Jacob de Bondt, 1592'de Leiden'de doğmuş ve daha sonra tıp okumuştur. 1627'de Jan Pieterszoon Coen komutasındaki Hollanda Doğu Hindistan Şirketi ile Batavia'ya gitmiştir. Çalışmaları ölümünden sonra 1642'de ve daha sonra 1658'de, Amerikan tropiklerinden yeni bulgular ve 1637 ile 1644 yılları arasında Hollanda Brezilya'sında araştırma yapan Amsterdamlı doktor Willem Piso'nun notlarıyla zenginleştirilmiş bir baskıda tekrar yayınlanmıştır. Jacob de Bondt ve Willem Piso birlikte tropikal tıbbın kurucuları olarak bilinmektedirler (Van Driem, 2019).

Jacob de Bondt mektuplarında çay bitkisinin morfolojik özelliklerinden, demleme şeklinden ve sağlık üzerine olumlu etkilerinden sıklıkla bahsetmiştir. Ardından 1652 yılında Hollandalı ünlü Doktor Nicolaes Tulp yazdığı tıbbi el kitabında yalnızca çayı içeren Herba Theé başlıklı bölüme yer vermiştir. 1658'de Amsterdamlı doktor Willem Piso, kendinden önceki çay hakkında yazılanlara ilave olarak, çayın yuvarlak siyah tohumlarından, lifli köklerinden ve bitkinin kaba anatomisinden bahsetmiştir. 1591'de Avignon'da doğan Alexandre de Rhodes, Uzak Doğu halklarının sağlığına en çok katkıda bulunan şeylerden birinin çay olduğunu, çayın işleme şekline, çayın kalitesini belirleyen kriterlerin yanısıra Çin'in geri kalanının yanı sıra Japonya, Tonkin ve diğer birçok diyarda günde en az üç kez (bazılarının günde on ya da on iki kez) tüketildiğini ifade etmiştir. 1667'de, China Illustrata Amsterdam'da Alman Athanasius Kircher tarafından yayımlanmıştır. Kircher bu kitabında çayın Çin'in bölgelerinde bol mahsul ve kar sağlamasına ve Tataristan'da da kullanılmasına rağmen, bazı illerde, özellikle Hocicheu şehri yakınlarındaki Kiangnun eyaletinde diğerlerinden çok daha üstün bir kalite olduğunu ve bu bitkiden yapılan içeceğin sadece Çin imparatorluğunda değil, aynı zamanda Hindistan, Tatar, Tibet, Moğolistan sakinleri tarafından da sıklıkla tüketildiğini belirtmiştir. Bu içeceğin Türklerin kahvesi ve Meksikalıların çikolatasıyla aynı etkiyi gösterdiğini ancak doğası gereği hem sıcak çikolatayı hem de kahveyi geride bıraktığını söylemiştir. Delft'in Hollandalı bakanı Philippus Baldaeus (1632-1672) Seylan'a gitmiş ve çayın nasıl saklanacağı, nemden nasıl uzak tutulacağı ve mümkün olduğunca az havaya maruz bırakılması konusunda tavsiyelerde bulunmuştur. Baldaeus Çin çayının Japonya'dan gelen çaydan çok daha ucuz olduğunu gözlemlemiştir. Çay, bu dönemde Hollanda'daki ayrıcalıklı kesim tarafından yaygın olarak tüketilmiş, ancak çayın çoğu Hollanda'dan Fransa ve İngiltere'ye karlı bir şekilde ihraç edilmiştir (Van Driem, 2019).

İspanyolca çay anlamına gelen cha kelimesi, yalnızca 1575'ten sonra ortaya çıkan Portekizce chá'dan alınmıştır. Ancak İspanyolca'da cha daha sonra té kelimesi ile değiştirilmiştir. Çay kelimesi için 1701 yılına kadar İtalyanca'da cià kullanılmaya devam etmiştir. Bununla birlikte, İtalyanlar Hollanda'dan elde ettikleri bir meta olan çayı içmeye başladıklarında, İtalyanca çay kelimesi tè olmuş ve İtalyanca'da çay o zamandan beri tè olarak

kullanılmıştır. Sadece Cipangu topraklarına ilk ulaşan Portekizliler, chá 'çay' kelimesini doğrudan Japonlardan almışlardır.

1656'da Fransa, Hollanda Doğu Hindistan Şirketi tarafından Avrupa'ya gönderilen çayın en büyük alıcısı olmuştur. Çay, Fransız aristokrasinin üyeleri tarafından tüketilmiş ve gümüş eşyalar ve porselenle ilişkilendirilmiştir. Batı'da çay o zamanlar henüz kitleler için bir içecek haline gelmemiştir (Van Driem, 2019).

### 1.3.5. İngilizler'in Çayla Buluşması

İngiltere, çay aramak için deniz ticaret yollarını kullanmaya başlayan son Avrupa ülkesi olmuştur. 1600'de I. Elizabeth, ticaret seferleri için John Company'yi kurmuştur. 1773'te John Şirketi, (İngilizlere ait) Hollanda Doğu Hindistan Şirketi ile birleşmiştir (Sartor, 2007).

İngilizler, Japonca çay anlamına gelen kelimeyi değil, İngilizcenin doğrudan Hollandaca thee'den ödünç aldığı Hokkien kelimesi tē'yi benimsemiştir.

İngiliz Doğu Hindistan Şirketi 1664'te yaklaşık 45 kg'lık ilk çay siparişini verdiğinde, çay Londra'da yeni bir eğilim haline gelmişti. İngilizler ilk fabrikalarını 1678'de Amoy'da kurmuş, ancak buradan 1681'de ayrılmak zorunda kalmışlardır. İngiliz Doğu Hindistan Şirketi 1711'de Kanton'da kendi ticaret merkezini kurmuş ve 1717'de Kanton'dan düzenli olarak çay göndermeye başlamıştır. Bu dönemlerde çaya olan talep oldukça artmıştı. Yine de İngilizler ya Batavia'dan ya da Hollandalı aracılardan elde edilen çayı Avrupa'ya düzenli olarak kendileri göndermeye başlamışlardı.

Bu nedenle çay hakkındaki haberler ve çay Britanya Adaları'na ilk olarak Hollandalılar ile yapılan ticaretten gelmiştir. İngilizce çay kelimesinin telaffuzu 1702 civarında değişmeye başladı ve geçişin 1748'de tamamlandığı görülmüştür.

Avrupa'ya Hollanda üzerinden ulaşan çayın büyük bir kısmının ticareti sadece Hollanda Doğu Hindistan Şirketi tarafından değil aynı zamanda özel şirketler tarafından yapılmıştır. Bu durum, İngiliz Doğu Hindistan Şirketinin 1685'te ciddi bir şekilde çay ithal etmeye başlamasından sonra bile uzun süre devam etmiştir. Ancak iyi yeşil çay İngiltere'ye 1715 yılında ithal edilebilmiştir. İngiliz Doğu Hindistan Şirketi'nin 1700 ve 1704 yılları arasında İngiltere'ye ithal ettiği 200.000 pound çay, bu dönemden önce kümülatif olarak

sevk edilen tüm çayı (150.000 pound) aşmıştır. İngiltere'de yıllık tüketim 1800'de 12.000 ton, 1831'de 17.000 ton, 1850'de 22.000 ton, 1870'te 49.000 tona ulaşmıştır (Van Driem, 2019).

Yedi yıl savaşlarından (1756-1763) sonraki dönemlerde İngiltere'de çay standart İngiliz kahvaltı içeceği olarak benimsenmiştir. Hatta bazıları için daha önemli besin biçimlerinin yerini de almıştır. Aslında çay, İngiliz toplumunu o kadar çok etkilemiştir ki İngiliz diyet normları bile değişmiştir. İki geleneksel ağır, büyük öğün (kahvaltı ve akşam yemeği) menülerine çay eklenmiş ve akşam yemeği iki tür öğleden sonra çayı servisine dönüşmüştür (Sartor, 2007).

Dördüncü İngiliz-Hollanda Savaşı (gerebatur 1780-1784), Avrupa'da çay fiyatlarının yükseldiği bir zamanda patlak vermiş ardından Hollanda çay ticareti durma noktasına gelmiştir. Bu savaş sırasında, Hollanda Doğu Hindistan Şirketi ticari değerini kaybetmeye başlamıştır.

1784'te, Amerikalılar da Kanton çay ticaretine girmişlerdir. 1784'te, Amerikan gemisi The Empress of China, New York'tan Kanton'a yola çıkmış Amerikalılar Kanton'a ilk adımlarını atmışlardır ve 1785'te New York'a gelen çayı satın almışlardır. 1789'da Amerika Birleşik Devletleri, kendi çay ticaretini Avrupa ithalatının üzerinde tutmak için korumacı bir önlem olarak çaya ithalat vergisi koymuş ve bu da Hollanda çay ticaretini daha da olumsuz etkilemiştir (Van Driem, 2019).

1784'te Londra'da Komütasyon Yasası ile çay üzerindeki vergi kaldırılmış ve İngiltere'deki çay tüketimi 1783'te 2.650 tondan 1785'te 6.800 tona çıkmıştır. Fiyatlar düşüğe çay tüketimi artmıştır.

1795'ten sonra yaşanan savaşlardan sonra Çin çay ticareti esasen İngiliz ve Amerikalıların eline geçmiş ve Hollanda Doğu Hindistan Şirketi 1799'da kapanmıştır.

1811 ve 1819 yılları arasında, İngiltere'nin Çin'den yaptığı ithalat 72 milyon sterlini aşmış 1810'da Çin'den gelen çay ticaretinden alınan vergiler hükümet gelirinin %10'unu oluşturmuştur (Van Driem, 2019).

Kanton çay ticareti 1784'ten 1860'a kadar zirvede kalmış ancak Java'da ve daha sonra Hindistan ve Seylan'da çay bahçelerinin kurulması, küresel çay ticaretini değiştirmiştir. Ancak bu değişim 19. yüzyılın ikinci yarısına kadar gerçekleşmemiştir.

### 1.3.6. Ruslar'ın Çayla Buluşması

Çay aynı zamanda Rusya, Çin ve Orta Asya'nın tarihinde ortak nokta olmuştur. 1727'de imzalanan bir antlaşmayla Rusya ve Çin arasındaki ticaret büyük bir sınır pazarı olan Kiachta'dan geçmiştir. Daha sonra, 19. yüzyılın başında, çay tüketimi Rusya'da yaygınlaşmış ve çay ticareti hareketlenmiştir. Bu ticaret kapsamında Rusya'ya dört çeşit çay gönderilmiştir; yeşil, sıkıştırılmış kalıp çay, tablet ve Bohea (bir çeşit siyah çay). Kafkasya ve Sibiry'a da sıkıştırılmış kalıp çay ve tablet çay, Türkistan'da yeşil çay, Avrupa Rusya'sında ise Bohea çayı popüler olmuştur. 19. yüzyılın ilk yarısında Çinli tüccarlar çayı uzun mesafeler boyunca taşımışlar ve Kiachta üzerinden ihracatını kontrol etmişlerdir. İki ülke arasındaki çay ticareti artmış ve Rusya, Çin'in en büyük çay ithalatçısı olmuştur. 1906-1916 yılları arasında dünyaya ihraç edilen tüm Çin çayının yarısından fazlasını Rusya ithal etmiştir. Afyon Savaşı'ndan (1840) önce, Kiachta ve Kanton, Çin dış ticareti için en önemli şehirler olmuştur. Deve veya öküz arabalarıyla Gobi çölü üzerinden Kiachta'ya taşınan çaya “kara çayı” veya “kervan çayı” ismi verilmiştir. Buna karşılık, “Kanton çayı” çoğunlukla İngiliz tüccarlar tarafından kontrol edilmiş ve gemiyle Londra'ya gönderilmiş ve burada Rusya da dâhil olmak üzere Avrupa'da yeniden dağıtılmıştır. Kara çayının kalitesinin Kanton çayından çok daha üstün olduğu kabul edilmiştir. Çünkü sıcak Hint Okyanusu üzerinden gelen çayın sıcak hava sebebiyle lezzetini kaybettiği düşünülmüştür. Ancak 1917 Bolşevik Devrimi'nden sonra bu büyük girişim neredeyse sona ermiştir (Lee, 2014).

Ruslar, çaylarını demlemek için bugün Rus semaveri olarak bilinen ekipmanı tercih etmiştir. 1900 yılına gelindiğinde ilk Trans-Sibirya demiryolları kurulmuş ve bu sayede çay, kitleler için daha ucuz ve erişilebilir hale gelebilmiştir. Ruslar çayı limon ilave ederek ve dişlerinin arasına bir miktar şeker koyarak içme alışkanlığı edinmişlerdir (Sartor, 2007).

### 1.3.7. Çayın Endonezya'ya Gelişi

1745'te Buitenzorg, genel vali Gustaaf Willem van Imhoff tarafından tepelerde bir kır evi olarak kurulmuş ve bu sömürge yerleşimi sonunda bir kasabaya dönüşmüştür. 1945'te Endonezya Cumhuriyeti'nin kurulmasından sonra buraya Sundanca Bogor adı verilmiştir. 1817'de Buitenzorg'daki ünlü botanik bahçesi kurulmuştur. 1823'te Buitenzorg'daki botanik bahçesinin

başkanı 1824'te von Siebold'dan çay tohumları ve çay fideleri sipariş etmiştir. İlk sağlam çay fidesi sevkiyatı 1826'da Java'ya ulaşmış ve von Siebold, sadece Java'daki çay plantasyonları için değil, aynı zamanda Hollanda'daki botanik bahçeleri için de birkaç yıl boyunca her yıl Japon çay tohumu teslim etmeye devam etmiştir. Çay tohumları, batı Java'da seçilen birkaç bölgede yüksek rakımlı arazilere ekilmiştir. Doğu Hint Adaları'ndaki bu yeni çay bahçeleri, Bandung'un kuzeyindeki TangkubanPrahu yanardağının yamaçlarında, Cisarupan'da, Garut'ta ve Bandung'un güneydoğusundaki Galunggung yanardağının eteklerinde, Bandung'un doğusundaki Jatinangor'da, Gunung yanardağının altındaki tepelerde, Gede Pangrango yanardağının eteklerinde Karawang'da ve Raung yanardağının gölgesinde kurulmuştur. Bu hükümet plantasyonlarına ek olarak, bu dönemde Carenang, Pekalongan, Tegal, Semarang, Japara, Surabaya, Banyumas, Bagelen ve Madiun'da özel çay bahçeleri kurulmuştur. Japonya'dan gelen çay tohumları 1826'da ekildikten sonra, Levien Jacobson'un girişimciliğiyle 1830'da ilk Java çay fabrikası kurulmuştur.

Java'da üretilen ilk iki sandık çay, Hollanda Doğu Hint Adaları genel valisi tarafından Avrupa'ya getirilmiştir. Bu çaylar Hollanda'da en az Çin çayları kadar beğenilmiştir. 1835'in sonunda, batı Java'da bir milyon çay bitkisi yetiştirilmiş ve 1839 ile 1844 yılları arasında Java'da yıllık ortalama 100.000 kg çay üretilmiştir.

1830'larda, du Bus de Gisignies özel plantasyonları savunurken, van den Bosch hükümet plantasyonlarını savunmuştur. 1835'ten sonra, özel plantasyonlar üretimi ve kaliteyi artırmış ve hükümet plantasyonları giderek verimsizleşmiştir. Çeşitli hükümet plantasyonlarının özelleştirilmesi 1862'de başlamış ve 1865'te tamamlanmıştır. Java'daki çay yetiştiricileri hem toprak hem de pazar payı için adadaki kahve yetiştiricileriyle rekabet etmek zorunda kalmıştır. Çay yetiştiricileri ayrıca pazardaki fazla çay nedeniyle Avrupa'daki düşük fiyatlarla da mücadele etmişlerdir. Britanya Hindistanı ve Seylan'da yeni ortaya çıkan rekabete rağmen, 1875'ten 1890'a kadar olan dönem Java çay endüstrisi için karlı yıllar olmuştur (Van Driem, 2019).

### 1.3.8. Çayın Hindistan'a Yayılışı

Doğu Hindistan'daki Assam'da doğal olarak yetişen çay bitkileri tespit edilene kadar çayın yalnızca Çin'de yetiştiğine inanılmıştır. Assam'da çayın

keşfedilmesiyle birlikte İngilizler çayı Çin'den değil Hindistan'da yetiştirerek temin etmeye başlamışlardır (Roy, 2013).

1817'de Katmandu'ya gelen İngiliz Edward Gardner, Katmandu vadisindeki bir saray bahçesinde yetiştiği söylenen bir çay bitkisini Kalküta'ya göndermiştir. Kalküta şehrindeki 300 dönümlük bir alanı kaplayan Kalküta Botanik Bahçesi'nin başına o dönemde Dr. Francis Buchanan getirilmiştir. 1834'te, Hindistan Hükümetinin serbest piyasa çay ticareti dönemini açmasından beş ay sonra, Hindistan genel valisi Lord William Bentinck, Hindistan'da çay üretmenin fizibilitesini araştırmak için Kalküta'dan üç İngiliz tüccar, İngiliz Doğu Hindistan Şirketi'nde çalışan yedi memur, iki Hintli ve Kalküta Botanik Bahçesi'nden Dr. Nathaniel Wallich'ten oluşan bir komite kurmuştur. 1834'teki ilk toplantılarından sonra komite sekreteri George James Gordon, kuzeydoğu Hindistan ve doğu Himalayalar'ın uygunsuz yaşam alanlarında başarılı olma olasılıklarının düşük olduğu hakkında olumsuz bir rapor yazmıştır (Van Driem, 2019). Bu arada Hindistan'da, yeni kurulan Çay Komitesi'nin haberi yayılırken Yüzbaşı Francis Jenkins hem de Teğmen Andrew Charlton komiteye başvurmuştur. Jenkins, çay bitkisinin bu dağlık ülkenin her yerinde bulunduğunu ve çay bitkisinin şüphesiz Hindistan'ın yerel bitkisi olduğunu bildirmiştir. Ardından Charlton, raporuyla birlikte Kalküta'ya çay tohumu göndermiş ve bu kez Danimarkalı botanikçi Wallich şunları yazmıştır: “Artık kesin bir şekilde, bunun sadece gerçek bir çay olduğunu değil, aynı zamanda Çin'deki çay ile aynı çayı olduğunu da biliyoruz.”

Java çayının Amsterdam pazarında satılmasından dört yıl sonra, Assam'ın ilk sevkıyatı 1839'da Londra'ya ulaşmıştır. Bu ilk parti çay, şirketlerin tadımcıları tarafından değerlendirilmiş ve yetersiz bulunmuştur.

1844'te, 798 sandık Assam çayından en az 289'unun satılamaz olduğu anlaşılmış ve Kalküta'da çok fazla çay israf edilmiştir. Assam çay endüstrisindeki başarısız girişimlerden sonra bazı çay bahçeleri terk edilmiştir. Bu sıkıntılı dönemde, James Hay Williamson, 1869'da Kalküta'daki Richard Manuel Blamey Magor ile Williamson Magor Group'u kurmak için bir araya gelmiştir. Bu şirket bugün hala çay holdingi olarak varlığını sürdürmektedir.

1829'dan sonra Darjeeling İngiliz hâkimiyetine geçmiştir. Bu bölgeye dikilmek üzere 1846'da Campbell hem yerli assamica hem de Çin'den ithal edilen sinensis varyetesine ait çay tohumları tedarik etmiştir (Van Driem, 2019).



1852'de, ticari çay bahçeleri haline gelecek olan ilk üç çay bahçesi kurulmuştur. Bu üç plantasyon Tukvar, Steinthal ve Alubari'dir. Yirmi yıl içinde bölgedeki çay bahçelerinin sayısı yüzü aşmış ve çay endüstrisi, çoğu Nepal kökenli göçmen işçiler olan yaklaşık 20.000 işçi istihdam etmiştir. Bu arada, yukarı Assam'ın daha doğusunda, çay bahçelerime yer açmak için 1840'lardan itibaren geniş toprak parçaları ormansızlaştırılmıştır. Assam'da ve (çok daha küçük miktarlarda) Darjeeling'de ve diğer dağlık bölgelerde üretilen çay, yalnızca Batı'ya ihraç edilmek üzere tasarlanmıştır (Lutgendorf, 2012).

1875 yılına geldiğinde, yaklaşık 12.000 ton Hint çayı Londra'ya gönderilmiştir. Sonraki yıllarda Çin'den bol miktarda çay ithalatı ve Hindistan'da artan verim sayesinde İngiltere'deki çay fiyatları düşmüştür.

1878'de kurulan Ilam Çay Fabrikası, 2002 yılına kadar faaliyette kalmıştır. 1887'de Londra'ya Çin'den 40.000 ton çay ihraç edilirken Hindistan 43.000 ton çay ihraç ederek Çin'i geride bırakmıştır.

Hintliler, siyah kakule, karanfil ve tarçın kullanarak çayla uyumlu doğal aromalardan oluşan bir içecek geliştirmiştir. Tamamen oksitlenmiş çayı tuzlu bir içeceğe dönüştürmenin bu uygun yolu, sonunda dünyaya tamamen yeni bir içecek kazandırmıştır (Van Driem, 2019).

### **1.3.8. Çayın Sri Lanka'ya Gelişi**

1824'te İngilizler tarafından Çin'den Seylan'a deneme amaçlı çay bitkisi getirilmiş ve fideler Kraliyet Botanik Bahçesi'ne dikilmiştir. 1839'da Doğu Hindistan Şirketi aracılığıyla ve sonraki yıllarda Hindistan'daki Assam ve Kalküta'dan Kraliyet Çay Bahçesine deneme amaçlı çay dikimleri yapılmıştır.

Sri Lanka'da ticari çay yetiştiriciliğinin öncüsü, 1852'de kahve plantasyonlarında çalışmak üzere Seylan'a gelen James Taylor olmuştur. 1869'da bir yaprak hastalığı adanın kahve plantasyonlarını yok etmiş ve arazi sahipleri alternatif ürünler aramaya başlamıştır. Taylor'un ilk ticari çay ekimini yaptığı 19 dönümlük Loolecondara Estate, Sri Lanka'da çay endüstrisinin gelecekteki gelişimi için bir model haline gelmiştir. Diğer yetiştiriciler de kısa sürede Taylor'ı izlemiş ve adanın çay plantasyon alanı 1875'te 400 hektardan 1900'de 120.000 hektara çıkmıştır. Kısa süre sonra Loolecondara'yı çevreleyen Hope, Rookwood ve Mooloya'nın doğusunda, Le Vallon ve Stellenberg'in güneyindeki plantasyonlar çay üretimine geçmeye başlamıştır. 1873'te, Sri Lanka'dan Birleşik Krallık'a 23 poundluk (yaklaşık 10 kg) çay ihraç edilmiştir.

Çay işleme teknolojisi, 1877'de ilk çay kurutma makinesinin ve 1880'de ilk çay kıvrırma makinesinin üretilmesinin ardından 1880'lerde hızla gelişmiştir.

Çay, 1870'lerin başında Sri Lanka'da başlıca tarımsal ürün haline gelmiştir. Sri Lanka'nın başlıca ürünü kahve olduğu için hiçbir yetiştirici 1870'lerden önce çaya fazla ilgi göstermemiştir (Tea Exporters Association, 2024; "Tea History", 2024)

### 1.3.9. Çayın Kenya'ya Gelişi

Kenya'da ilk çay yetiştiriciliği denemeleri 1903'te Limuru'da (Kiambu İlçesi) yapılmıştır. Bu çay fidelerinden bazıları büyük ağaçlara dönüşerek günümüzde Mabroukie çay bahçesinde tarihi bir nitelik kazanmıştır. Limuru ve Kericho'da birkaç çiftçi küçük çay bahçeleri kurmuş olsa da Kenya'da çayın ticari olarak yetiştiriciliğinin yapılmasına 1924'te başlanmış ve 1956 yılından sonra yaygınlaşmıştır. 1957 yılında ilk küçük çay fabrikası Ragati'de (Nyeri İlçesi) kurulmuş ve çokuluslu çay şirketleriyle yapılan bir yönetim anlaşmasıyla işletilmiştir (Tea Board of Kenya, 2023). Çay yetiştiriciliğini ticarileştirmek için etkili politikalar 1960'lı yılların başında uygulanmıştır. Öncelikle, yerel halkın çay gibi "özel ürünler" yetiştirmesini yasaklayan yasa yürürlükten kaldırılmıştır. İkinci olarak, yerel halkın çay yetiştirmesini teşvik etmek için bir Özel Ürünler Geliştirme Kurumu kurulmuştur. Yerel çay işleme tesisleri genellikle çok küçük bir çay alanına sahip olduğundan, çay yetiştirmede teknik yardıma, çay işlemede örgütsel yardıma ve üretilen çayı pazarlamak için kurumsal bir mekanizmaya ihtiyaç duymuşlardır. Bu ihtiyaçları karşılamak için, hükümet 1964 yılında Kenya Çay Geliştirme Kurumu'nu kurmuştur. Kenya çayının piyasaya sürülmesinden bu yana, özellikle kırsal alanlarda ekonomik büyümeye büyük katkı sağlarken, Kericho, Limuru ve Nandi Hills gibi bölgeler büyük çay plantasyonlarına dönüşmüştür (Asopa, 2009).

1800'lü yıllarda Çin'den Hindistan'a kadar çay yetiştiriciliğinin yapılması ve işlemenin gelişmesiyle birlikte siyah çay, Avrupa ve Amerika'da en önemli tarımsal ticaret ürünlerinden biri haline gelmiş ve yaşam tarzını etkilemiştir. Çay ticareti, Amerikan Devrimi ve Çin'in Qing Hanedanlığı ile Britanya İmparatorluğu arasındaki Birinci Afyon Savaşı'nda kelebek etkisi yoluyla güçlü bir rol oynamıştır (Zhang ve diğerleri, 2023).

### 1.3.10. Türkiye'de Çayın Tarihi

Türkiye'de fiili çay yetiştirilmesi Cumhuriyet döneminde başlamakla birlikte, çay yetiştirme çabaları Osmanlı Devleti zamanında başlamıştır. Osmanlı Arşivi'ndeki belgelerden anlaşıldığı kadarıyla; II. Abdülhamit Dönemi'nde Japonya'dan çay fidanı ve tohumu getirtilerek çay üretim denemelerine girişilmiştir. Öte yandan, Doğu Karadeniz'de kendiliğinden yetişen maviyemiş (yaban mersini) bitkisi de çay zannedilip yetiştirme denemeleri yapılmıştır.

1917 Ekim Devrimi sonrası, Çarlık Rusyası Doğu Karadeniz'den çekilince, 1878'de elimizden çıkmış olan; Batum, Kars ve Ardahan tekrar Osmanlı Devletine dâhil olmuştur. Osmanlı Devleti, Batum, Kars ve Ardahan'da zirai incelemeler yapmak üzere bir heyet görevlendirmiştir. 1918 yılında Batum'a giden heyette bulunan Prof. Ali Rıza Erten (Şekil 17), bir Rapor kaleme almış ve Batum ile Rize'nin yağış miktarlarını karşılaştırarak, Rize'de çay yetiştirilebileceğini ortaya koymuştur.

Rize'de verimli tarım yapma imkânları az olduğundan, gurbete giderek geçim sağlayan halk, Sarp Sınır Kapısı'nın kapanması sebebiyle büyük bir geçim sıkıntısıyla karşı karşıya kalmıştır. Bu sebeple asayiş bozulmuş ve eşkıyalık olayları baş göstermiştir. Rize'deki asayiş ve geçim durumunu görüşmek üzere 1920 yılında bakanlıklar arası bir toplantı düzenlenmiş, bu toplantıya Ziraat Umum Müdürü olarak katılan Zihni Derin, Prof. Erten'in Raporu'na istinaden Rize'de çay yetiştirilebileceğini ifade etmiştir.

Rize'de çay yetiştirilmesi çalışmalarını başlatan Zihni Derin, bir taraftan Batum'dan çay tohumu ve fidanları getirtilmesi için Rize Tarım Birimine talimat vermiş, diğer taraftan Rize Milletvekili Esad Bey (Özoğuz) ile 1924 tarihinde sonuçlanacak bir kanun çıkarılması çabasına girişmiştir. 1927 yılından itibaren Zihni Derin öğretmenlik mesleğine geçmiş ve çaycılık faaliyetlerine ara verilmiştir.

Tarım Bakanı Muhlis Erkmen, içinde Prof. Şevket Raşit Hatipoğlu'nun da bulunduğu bir heyetle 1935 yılında Samsun'dan Rize'ye bir gezi yapmıştır.



**Şekil 17:** Ali Rıza ERTEN (ÇAYKUR, 2024)

Tarım Bakanının talebiyle çay konusunu çalışan Prof. Hatipoğlu, 1936 yılında, ‘Türkiye’de Çay İktisadiyatı’ başlıklı güzel ve kapsamlı bir kitap kaleme almış ve Bakanlığa teslim etmiştir (Saklı, 2008, s.70-71). Bu yıllardan sonra başlayan çaycılık faaliyetleri, Prof. Hatipoğlu’nun yaptığı bu çalışmaya dayanarak ilerlemiştir.

1937 yılında Zinhi Derin Tarım Bakanlığı Başmüşavirliğine atanmış ve çay konusunda tekrar çalışmaya başlamıştır (Şekil 18). 1938 yılında Rize’de çay için kurulan Zirai Teşkilat’ın koordinatörlüğüne atanmış ve çayın halk tarafından benimsenmesi ve yerleşmesinde öncü rol oynamıştır (Saklı, 2008, s.112).

Başlangıçta küçük atölyelerde çay işlenirken, ürün miktarı artıp çay işleme fabrikasına ihtiyaç duyulunca, 1947 yılında Rize’de 60 ton/gün kapasiteli ilk çay fabrikası kurulmuştur (Şekil 19, Şekil 20). 1950 yılına kadar tek fabrika varken bu yıllardan sonra fabrika sayısı hızla artmış ve çaycılık Trabzon ve Artvin taraflarına doğru yayılmıştır.



Şekil 18: Zihni DERİN (ÇAYKUR, 2024)



Şekil 19: Rize Çay Fabrikası'nın inşaatı, adı daha sonra 'Zihni Derin' olarak değiştirilmiştir (Fatih Sultan Kar, 2014)



**Şekil 20:** İlk çay fabrikasının bulunduğu yer günümüzde, Çay İhtisas Üniversitesi olan Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Zihni Derin Yerleşkesidir.

### **1.3.10.1. Osmanlı Döneminde Çay Yetiştirme Denemeleri**

06.10.1894 tarihinde, Orman, Madenler ve Tarım Bakanı Selim Paşa, Sadrazamlığa hitaben yazdığı yazıda; çay bitkisinin besleyici ve iyileştirici özelliklerinden bahsederek çay tarımının yaygınlaştırılması gereğinden bahsetmiştir. Söz konusu yazıda, ülkenin çeşitli yerlerinde hazırlanan birer dekarlık deneme bahçelerinde denenmek üzere Japonya'dan yeterli tohum ve fidan sipariş edildiğinden bahsetmektedir. Aynı yazıda, Trabzon, Maraş ve İzmit'te doğal olarak yetişen ve bir tür çay olduğu düşünülen bitkiden (maviyemiş) de numune alınarak bahçelere ekileceği belirtilmektedir. Sadrazam Cevat Paşa, 19.10.1894 tarihinde, konuyu Padişah'a arz etmiş hem Japonya'dan getirilen çay tohum ve fidanlarının hem de ülkede kendiliğinden yetişen "bir tür çay" fidanlarının numune çiftlik ve bahçelere dikileceğini beyan ettikten sonra, Halkalı Ziraat Mektebi'nde meyvesiz ağaç fidanlığının oluşturulacağını ifade etmiştir.

Orman, Madenler ve Tarım Bakanı Selim Paşa tarafından yazılan 23.04.1895 tarihli bilgi yazısında; çay tohumunun nasıl ekileceği ve nasıl yetiştirileceğine dair kaleme alınan tarifnameden bahsedilmiştir (Şekil 21). Çay tarifnamesinin tam metni Osmanlı Arşivinde bulunmuştur (Safi, 2006).

Tarifnamede çay yetiştiriciliği ile ilgili bazı bilgilere yer verilmiş, tohumla ve çelikle bitki yetiştirilebileceği, çay bahçelerinin nasıl hazırlanacağı vb konularına değinilmiştir. Ancak çok önemli bir noktada temel bir hata yapılmıştır. Tarifname'nin ikinci paragrafında şöyle denilmiştir: “Çay için hafif ve orta derecede killi, verimli ve serin arazi tercih olunur. **Fazlasıyla rutubetli ve serin topraklar asla yaramaz.**”... Rutubetli iklimlerde çay yetişmeyeceği şeklindeki hatalı hükmün bir sonucu olarak çay yetişebilecek kuru iklime sahip iller de sıralanmıştır. Tarifname'nin 7. paragrafında, “Çay ağacı Osmanlı topraklarının pek çok yerinde yetiştirilebilir. **Çayın tabiatına uygun vilâyetlerimiz ise, Erzurum, Sivas, Ankara, Bursa, Aydın, Adana, Halep, Suriye vilâyetleriyle İstanbul civarlarıdır. Bu bitkinin buralarda yetiştirilmesi için çalışmalar yapılacaktır**” denilmiştir (Safi, 2006, s.45).

Hangi uzman tarafından yazıldığı belli olmayan ama Orman Madenler ve Tarım Bakanı tarafından üst makamlara takdim edildiğine göre, tarım uzmanlarınca kaleme alınmış olduğu tahmin edilen Tarifname başlıklı rapordaki hatalar, çayın o dönemde yetiştirilmesini önlemiştir. Çünkü çayın “fazlasıyla rutubetli ve serin topraklar”da yetişmeyeceği şeklindeki hatalı bilgiye uygun biçimde, kuru iklime sahip yerlerde denenmesi önerilmiştir. Tarifnamede “çayın tabiatına uygun vilâyetlerimiz” diye sayılan yerler arasında, şu anda çay yetişen Rize, Trabzon, Artvin ve Giresun illerine yer verilmediğinden Osmanlı Döneminde çay yetiştirme faaliyetleri başarılı olamamıştır.







### 1.3.10.1.1. Çay ve Maviyemiş

1879 yılına ait Trabzon Salnamesinde, yörede bir tür çay bitkisinin yetiştirildiğinden ve üretim miktarlarından bahsedilmekte; Hopa kazasında 20.000, Arhavi nahiyesinde 5.000 olmak üzere toplam 25.000 kıyye (32 ton) çay üretimi yapıldığı belirtilmektedir. Bazı yazarlar bu tarihi kayda istinaden, Osmanlı Döneminde Doğu Karadenizde çay yetişmekte olduğunu; bu çayın halk arasında “Moskof çayı” olarak adlandırıldığını ve Çin çayı olduğunu iddia etmişlerdir (Kuzucu, 2006). Bazı yazarlar da, Batum ve Ozurget Bölgelerinin Rusların ilk çay ürünlerini aldığı yerler olduğunu ifade ederek, buralarda yaşayan Osmanlı tebaasının, devletin mevcut sınırlarına göç ettikten sonra ihtiyaç duydukları çayı kendilerinin üretmiş olabileceğini değerlendirmiştir (Hunutlu, 2019).

Osmanlı Arşivi belgeleri incelendiğinde, 22.01.1879 tarihinde Trabzon Valiliğinden İçişleri Bakanlığına yazılan bir yazıda, Lazistan Sancağından Hopa ve Batum çevreleri ile Trabzon civarında olmak üzere, orman ve kırsal alanda yetişen ve boyu yarım metre kadar küçük olan bir çay bitkisinin yapraklarının yerel ahali tarafından toplanıp tüccara satılmakta olduğu bilgisine rastlanmaktadır. Orman müfettişlerinin bu üründen %20 oranında orman vergisi almak istedikleri, bu durumun halkta üzüntü ve kedere sebep olduğu ve yazıda bu verginin alınmamasının talep edildiği görülmektedir (Şurayi Devlet Maruzatı, 1879a).

Yazıda, Orman Vergisi alınmasının uygun olmayacağını göstermek için; ürünün çoğunun ormanda değil orman dışı kırsal arazide yetiştiği ve “hangisinin ormandan hangisinin kırsal alandan toplandığının tespit edilemeyeceğinden, orman vergisinden muaf tutulması” talep edilmiştir. Yöreyi bilenler, yazıda geçen bilgilerden bu bitkinin yörede likapa olarak adlandırılan maviyemiş (yaban mersini) olduğunu anlayacaklardır. Çünkü hem ormanlık alanda hem de orman dışında yaylalarda yetişen maviyemiş bitkisinin yapraklarından eskiden çay yapıldığı bazı yörelerde söylenti olarak vardır.

Konuyu Trabzon Vilayeti İçişleri Bakanlığına yazmış, İçişleri Bakanlığı durumu Sadrazamlığa iletmiş, Orman ve İçişleri Bakanlıklarından biri vergi alma diğeri almama yönünde iki farklı görüş ortaya koyduğundan, Sadrazamlık konuyu Şuray-i Devlet'e (Danıştay) yönlendirmiştir. Şuray-i Devlet, konuyu aydınlatmak için çeşitli yazışmalar yaptıktan sonra; “ürünün zararlı veya faydalı olup olmadığının tespit edilmemiş olması sebebiyle bu senelik orman

vergisinden ve öşürden muaf tutulmasına” karar verdiği tespit edilmiştir (Şuray-i Devlet Maruzatı, 1879b). Şuray-i Devlet kararı, önce sadrazamlığa, oradan da Padişah makamına gönderilmiştir.

Maviyemiş bitkisi ülkemizin pek çok yerinde doğal olarak yetişmekte olduğundan, Ağustos 1898’de yapılan yazışmalardan Tokat ormanlarından toplanıp çay yapıldığı ortaya çıkmıştır. Tokat’ta “çay çeşnisi veren” bir bitkinin yapraklarının çay şeklinde imal edilerek kullanıldığı, hatta her sene Samsun iskelesinden İstanbul’a ve sair illere gönderildiği anlaşılmaktadır. “Tokat çayı” diye adı geçen üründen bir miktarı Mekteb-i Tıbbiyeye gönderilmiş ve analiz edilmesi istenmiştir. Mekteb-i Tıbbiyenin analiz raporunda; çay gibi kavrulmuş ve bükülmüş olan ve görünüşte çay şekline konulmuş bulunan söz konusu maddenin çaydan başka bir bitkiden imal edildiği, çayda olması gereken kafein ve azot miktarlarının bu bitkide aynı oranda olmadığı tespit edilmiştir (Mekteb-i Tıbbiye, 1898).

### 1.3.10.1.2. Prof. Ali Rıza Erten’in Raporu

Çarlık Rusyası, 1917 Ekim Devrimi sonrası işgal ettiği bazı yerlerden çekilince, işgalden kurtulan Kars, Ardahan, Artvin, Rize ve Batum’da zirai incelemeler yapmak üzere bir heyet görevlendirilmiştir. 1918 yılında bu illere giden heyette bulunan Halkalı Yüksek Ziraat Mektebi Müderrislerinden (Prof.) Ali Rıza (Erten), "*Şimali Şarki Anadolu ve Kafkasya’da Tetkikatı Ziraiye*" adlı bir rapor kaleme almıştır.

1918’de Osmanlı Hükümeti tarafından görevlendirilen Erten’in Raporunda, Batum’da yapılmakta olan; çay, limon, mandalina, portakal ve bambu ziraatı hakkında bilgiler verilmekte, özellikle çay tarımı ile ilgili geniş bilgiler sunulmaktadır. Batum ve Rize’deki yağış miktarlarını da veren Rapor, yağış miktarlarının benzer olması sebebiyle Rize’de çay yetiştirilebileceğini ortaya koymuş olmaktadır (Saklı, 2008).

Erten’in raporunu, Ankara’da kurulan Cumhuriyet Dönemi Hükümetinde ziraattan da sorumlu olan İktisat Vekâletine verdiği anlaşılmaktadır (Tekeli, 1976). Rapor önce 1924 yılında İstanbul’da Sanayii Nefise Matbaasında basılıp yayımlanmış, 1925 yılında İktisat Vekâletince yeniden basılmıştır.

### **1.3.10.2. Cumhuriyet Döneminde Çay Yetiştirme Çalışmaları**

Temel besin kaynağı olarak Rize ve çevresinde yetiştirilen mısır, ailelerin ortalama 3-4 aylık ekme ihtiyacını ancak karşılayabilirdi. Bu sebeple çalışabilecek durumdaki erkeklerin gurbete gitmesi ve ailesine para göndermesi şarttı. 1917 Ekim devrimi sebebiyle Sarp Sınır Kapısı kapatılmış, kurulan Sovyetler Birliği kapalı bir ekonomi olduğundan daha önce Romanya'ya, Moskova'ya, Tiflis'e ve Batum'a giden gurbetçilerin yolu kapanmıştı.

Geçim sıkıntısının büyümesi sebebiyle Rize'de asayiş bozulmuş; eşkıyalık artmış ve düzen aşırı biçimde bozulmuştu. Rize'nin durumu Ankara'ya aktarıldığında, 1920 yılında Bakanlık temsilcilerinin katıldığı bir komisyonda durum görüşülmüştür. Komisyona İktisat Vekâleti adına Ziraat Umum Müdürü Zihni Derin katılmış, Rize yöresinde huzurun tekrar oluşması için halka geçim ve kazanç imkânları oluşturulması gerektiğini savunmuş ve konuyu araştırma görevini üzerine almıştır. Prof. Ali Rıza Erten'in raporunu da okuyan Zihni Derin, Rize'de ilk çay fidanlığının kurulması sürecini böylece başlatmıştır (Hatipoğlu, 1939, s.14-15).

#### **1.3.10.2.1. Rize'de İlk Çay Fidanlığının Kurulması**

İlk çay fidanlığının bugünkü Ziraat Çay Bahçesinin bulunduğu yerde (o zamanki adıyla Garal Dağı) kurulduğu kesindir. Ancak bunun hangi tarihte başladığı konusunda tam bir netlik yoktur. Prof. Şevket Raşit Hatipoğlu, Zihni Derin'in 1921-1922 yıllarında sıcak memleketler bitkileri yetiştirmek için Rize'de bir fidanlık kurma kararı aldığını yazmaktadır (Hatipoğlu, 1939). Asım Zihnioğlu ise Zihni Derin'in fidanlık kurma kararını derhal uygulamaya koymak için faaliyete başladığını belirtmektedir (Zihnioğlu, 1998).

1924 yılı başında, henüz Ziraat Umum Müdürü iken Rize'de ziraat memuru olan İbrahim'i Batum'a göndererek; çay, mandalina, limon ve portakal hakkında gerekli incelemeleri yapması ve fidanlık için gerekli tohum ve fidanları satın alarak Rize'ye getirmesi talimatını vermiştir (Kinez, 1966, s.4). Zihni Derin'in, Rize'deki ziraat teşkilatına çay ve narenciye fidanlığı kurmaları için talimat verdiği kayıtlarda yer almaktadır, ancak bunun hangi tarihte gerçekleştiği kesin olarak bilinmemektedir.



**Şekil 22:** Asım Zihnioğlu (Rize Ticaret Borsası, 2022)

Ziraat Genel Müdürlüğü'nden ayrıldıktan sonra, Ziraat Genel Müfettişi olarak Rize'de çay ve sıcak memleketler bitkilerini yetiştirmekle görevlendirilmiş ve 3 Nisan 1924'te Rize'ye gelmiştir. Rize'de kurulması için daha önce emir verdiği ancak henüz tesis edilmeye başlanan fidanlığı, arazi istimlak işlerini tamamlayarak doğrudan arazi düzeltme, toprak işleme ve fidanlık oluşturma işlemlerini yürüterek yeniden kurmuştur (Hatipoğlu, 1939, s.15).

Daha önce tarım memuru İbrahim'i Batum'a gönderen Zihni Derin, 1 Temmuz 1924'te bizzat Batum'a giderek incelemeler yapmış, tohum ve fidan alarak Rize'ye dönmüştür. Bu inceleme gezisi, 27 gün süren faydalı ve önemli bir faaliyet olmuştur. Batum'dan dönerken de çok sayıda fidan ve tohum getirmiştir (Hatipoğlu, 1939, s.15-16).

Zihni Derin Batum'dan dönerken sadece fidan ve tohum getirmemiş, Emil Vakur adlı, çay konusunda uzman bir bahçıvanı da Rize'ye getirmiştir. Dışişleri Bakanlığı Türk Diplomatik Arşivindeki belgelerde Emil Vakur'un getirilmesi için çok sayıda yazışmaya rastlanmaktadır.

Hürriyet Gazetesi tarafından 84 yaşında ve hasta yatağında iken Zihni Derin ile bir mülakat yapılmıştır. Mülakatta, Rize'deki fidanlığa dikilmek üzere, Batum'dan çay ve narenciye fidanları getirirken, Emil Vlakov (Vakur olmalı) isimli bir Rus bahçıvanı da çay bahçeleri tesis etmesi için beraberinde getirdiğini beyan etmiştir. Rus bahçıvanın çalışkanlığını unutamayan Derin; “Öylesine çalışkandı ki, Rize'ye geldiği ilk gece işe girişerek, sabaha kadar koskoca bir sahayı çay fidanları ile doldurdu” demiştir (Zihni Derin Mülakatı, 1964). İdealist ve çalışkan bir insanın bu davranışı, Emil Vakur'un çok özel bir insan olduğunu göstermektedir.

Fener'deki ilk çay fabrikasının müdürü Asım Zihnioğlu, “Bir Yeşilin Peşinde” adlı güzel hatıratında; Batum'dan döndükten sonra kurduğu fidanlığı getirdiği Rus bahçıvana bırakıp Ankara'ya döndüğünü ve 407 Sayılı Kanun'un çıkarılması için çalıştığını ifade etmektedir (Zihnioğlu, 1998). Ancak bu bilgi diğer bilgilerle uyusmamaktadır. Çünkü Hatipoğlu'nun ifade ettiği üzere 1 Temmuz 1924'te Batum'a gittiği ve 27 gün kaldığı bilgisi Emile Vacour ile ilgili yazışmaların sonuca vardığı tarihe denk gelmektedir. Hâlbuki 407 sayılı Kanun 6 Şubat'ta TBMM'den geçmişti.

### 1.3.10.2.2. 1924 Tarih ve 407 Sayılı Kanun'un Çıkarılması

Rize'nin içinde bulunduğu durumu düzeltmek için Zihni Derin'in de katkılarıyla Rize Mebusu Esad Bey (Özoğuz) bir kanun teklifi vermiştir. 21 Ocak 1924'te TBMM kürsüsüne çıkan Esad Bey, teklifi önceki meclise verdiğini ama seçimler sebebiyle gündeme alınamadığını ifade ettikten sonra;

“Bu defa Meclis-i Alinize yeniden takdim ettim; İktisat, İçişleri ve Mali Denge Komisyonlarına gitti, şimdi huzurunuzda geliyor. Bunu arz etmekten maksadım şimdiki teklifimle evvelki teklifim arasında hayli zaman geçmiştir. Bununla beraber teklifi esasî gayet mühimdir. İstilâya uğrayan, esasen işsiz, güçsüz kalan seçim bölgem halkı refah ve saadetine, geçimlerini temin etmeye yönelik olmakla beraber netice itibarıyla hazinenin de istifadesini muciptir. Bununla beraber fidan dikim zamanı da yaklaşmaktadır. Bunun için bu kanun teklifinin diğer maddelere tercihan ve acilen müzakeresini rica ediyorum” (TBMM Zabıt Ceridesi, 1924a, s.427) diyerek teklifinin öncelikli olarak gündeme alınmasını istemiştir.

İktisat Komisyonu Başkanı, (1950'de 3.Cumhurbaşkanı olacak) Mahmut Celal (Bayar) da söz alarak; "Reis Beyefendi; esasen İktisat Encümeni de bu temenniye iştirak etmektedir. Doğu vilâyetlerimizin iktisat ve zirai faaliyetiyle ilgilidir. Bendeniz de bunun acilen müzakeresini teklif ediyor ve Komisyon namına rica ediyorum" (TBMM Zabıt Ceridesi, 1924a, s.427) demiştir.

Başından itibaren Esad Bey'in kanun teklifine büyük bir destek veren Mahmut Celal, sonunda bazı önemli maddelerin kanundan çıkarılması sebebiyle red oyu vermiştir.

28 Ocak 1924 tarihli celsede Esad Bey'in kanun teklifi TBMM'de okunmuştur. Esad Bey kürsüye gelmiş, seçim bölgesi olarak Rize'yi coğrafi olarak anlattıktan sonra şöyle demiştir:

"Arazinin ancak dörtte biri tarıma müsaittir, dörtte üçlük kısmı tamamen dağlık, ormanlıktır. Tarıma uygun olan kısmı da sahil, dereler ve dik yamaçlardır. Onun için mahalli ürünler; mısır, kenevir gibi şeylerdir. Diğer meyveve taallük eden şeyler de limon, portakal, fındık gibi şeylerdir. Başlıca ürünü olan mısır, memleketin ancak altı aylık ihtiyacına kâfi gelebiliyor. Üst tarafı Romanya'dan, Samsun havalisinden geliyor. Geçim derdine düşen halk geçimini temin etmek için taşraya gitmek mecburiyetinde kalıyor. Gemicilik gibi, ziraat gibi şeylerle uğraşarak hariçten geçim sağlıyor. I. Dünya Savaşı'nın ortaya çıkması sebebiyle Romanya'ya, Rusya'ya gitmek imkânsız hale geldi. Halk geçim dersine düştü. Bu geçim meselesi sebebiyle memlekette hırsızlıklar, gasplar, gibi birtakım olaylar cereyan etti. Onun için bu açıdan birtakım tedbirler düşünmek lâzımdı (TBMM Zabıt Ceridesi, 1924a, s.427)."

Kanun teklifinin temel gerekçesi, geçim sıkıntısına düşen ve gurbete gitme imkânları da ortadan kalkan ve asayiş olayları artan Rize'yi bu durumdan kurtarmak olarak ortaya konulmuştur.

Esad Bey sözüne devamla, teklifinde Rize'de bolca bulunan kızılgağaçların kesilmesi ve yerlerine fındık, portakal, mandalina gibi, iklim ve hava şartları bakımından Rize ile aynı durumda olan Batum'da yetişen bitkilerin Rize'de yetiştirilmesinin amaçlandığını anlatmıştır. Kanun teklifinde 1 dekar arazinin kızılgağaçlarını kesip köklerini koparma ve yerine verilecek fidanları veya çay bitkisini dikenlere 10 lira ödül konulmuştur. Bu şekilde halkın Rize'de kalarak geçimini temin etmesi ve Rize'nin yeni ürünlerle

geçimini temin etmesi amaçlanmıştır. Esad Bey'in teklifinde yer alan dekar başı 10 lira ödeme, İktisat Komisyonu teklifinde aynen korunmuş iken Mali Denge Komisyonu'nun teklifinde kaldırılmak istenmiştir.

Esad Bey'in takdiminden sonra geniş görüşmeler olmuş, milletvekilleri görüş ve kanaatlerini ortaya koymuşlardır. Tabii arada cevap verilmesi gereken konular olduğunda bazen teklif sahibi Esad Bey (Özoğuz) bazen Rize Mebusu Ali Bey (Zırh) çıkıp izahatta bulunuyordu. Bazen de İktisat Komisyonu Başkanı Mahmut Celal Bey (İzmir) veya Komisyon Üyesi Mustafa Rahmi Bey (İzmir) görüş vererek destek kanun teklifine destek oluyordular.

Komisyonlarda ve 19, 21 ve 28 Ocak tarihlerinde genel kurulda kanun teklifi görüşülürken ortaya çıkmayan İktisat Vekili Hasan Bey (Saka) 4 Şubat 1924 günkü toplantıya gelmiş ve kanun teklifine önemli itirazlarda bulunmuştur:

“Efendim kanunun uygulanması için Bakanlığa ve Hükümete yöneltilen bir takım görevler vardır. Bu görevlerin yerine getirilmesi ve gerekli fidanlıkların yapılması büyük bir masrafı gerektirmektedir. Küçük bir mesele olduğunu düşünmeyiniz. Onun için bir madde lâzımdır, (işbu kanunun icrası için İktisat Vekâleti 1924 bütçesinin ziraat teşvikleri faslına iki yüz bin lira ilâve edilmiştir) diye bir madde kabul buyurmanız lâzımdır. (Yok sesleri) Bunu kabul buyurmayacak olursanız bunun uygulanmasına imkân yoktur (TBMM Zabıt Ceridesi, 1924b, s.585).”

Hasan Bey'in teklif ettiği madde ancak bir Bütçe Kanunu'na konulabilecek bir maddedir. Çünkü tahsisat sadece Bütçe'ye konulur diğer kanunlara konulmaz. Nitekim TBMM Reisi; “*Onu ayrıca teklif edersiniz. Bu kanunun içerisine giremez*” diyerek reddetmiştir. Bu teklif üzerine TBMM'de ilginç tartışmalar yaşanmıştır (TBMM Zabıt Ceridesi, 1924b, s.585-586):

Sıra Kanun Teklifi'nin 5.maddesine gelmiştir. Bu maddenin içeriğinde iki konu vardır. Biri ekilen araziden on yıl vergi alınmamasıdır. İkincisi ise bitki dikimi tamamlandıktan sonra dekar başı 10 lira ödül verilmesidir. Giresun milletvekili Tahir Bey uzun bir konuşma yaparak maddeye çeşitli itirazlarda bulunmuştur. 10 lira ödülün kaldırılması ya da 5 liraya düşürülmesi teklifleri gündeme gelince bunun üzerine Rize milletvekili Ekrem Bey ile Kütahya milletvekili Ragıp Bey, ayrı ayrı ödülün 5 lira olarak uygulanması önermelerini vermiştir.

İktisat Vekili Hasan Bey (Trabzon) söz alarak şöyle demiştir: “*Bu hükmü kaldırma teklifi hakkındaki bakış açımı söyleyeceğim. Bu madde bu teklifin ruhudur. Bu mecburiyeti icra ettirecek olan şeyler bir taraftan mükâfat, bir taraftan cezadır. Bu madde kaldırılır, diğer taraftan ceza keyfiyeti de ortadan kalkarsa bu teklifi gömmekten ibarettir*” (TBMM Zabıt Ceridesi, 1924b, s.594).

TBMM Reisi, hükmün kaldırılması maddenin tamamen kaldırılması demek değildir, teklifler sadece (on lira ödül içeren) ikinci fıkranın kaldırılmasını içermektedir, dedikten sonra verilen teklifleri oylamaya sundu ve on lira ödül hükmü tekliften çıkarılmış oldu. Ödül hükmü tamamen kaldırılınca, TBMM Reisi; “*son fıkranın kaldırılması kabul edilince mükâfatın beş liraya indirilmesi önergesinin hükmü kalmamıştır, yüksek oyunuza sunmayacağım*” dedi (TBMM Zabıt Ceridesi, 1924b, s.594). 4 Şubat'taki görüşmeler böylece tamamlanmıştır.

6 Şubat tarihli, 407 sayılı Kanun'un (Şekil 23) kabul edileceği birleşimde, Rize Milletvekili Ekrem Bey son bir gayretle ödül maddesini savunmaya çalışmıştır. Ancak bu madde tekrar reddedilmiştir. Kanun teklifinin TBMM'de oylamaya sunulmuştur. Genel Kurulda oylamaya katılan 154 milletvekili vardı. Bunlardan 139'u kabul, 15'i ret, ikisi de çekimser oy kullanmıştır. Kanun'un ödül maddesi ile birlikte çıkması için, Rize milletvekilleri ile birlikte büyük bir mücadele veren İktisat Komisyonu Başkanı ve İzmir Milletvekili, 1950'de Cumhurbaşkanı olacak Mahmut Celal Bey (Bayar) Kanuna ret oyu verenler arasındadır. İktisat Komisyonu üyesi ve Komisyon mazbatasını kaleme alan, çay konusuna büyük önem verdiği için görüşmeler arasında İstanbul'a giderek Halkalı Ziraat Mektebi'nde Prof. Ali Rıza Bey'le (Erten) görüşen ve Batum gezisi ile yazdığı Rapor hakkında kendisinden bilgi alan İzmir Milletvekili Rahmi Bey “çekimser” oy kullanmıştır. Ret ve çekimser oy vermelerinin sebebi, ödül hükmü çıkarılan kanunun artık yararlı olmayacağı ve Rize'ye yeterince katkı sunmayacağı endişesiyledir. Rize milletvekilleri, ödül maddesinin çıkarılmasından çok üzülseler de, ücretsiz fidan verilmesi ve teşkil edilecek bahçeden on yıl vergi alınmaması hükümleri hatırına olsa gerek, Kanun'a kabul oyu vermişlerdir.



**Rize vilâyetiyle Borçka kazasında fındık, portakal, limon, mandarina ve çay yetiştirilmesi hakkında kanun**

No.  
407

**BİRİNCİ MADDE** — Rize vilâyetiyle Artvin vilâyetinin Borçka kazası dahilinde mevcut arazideki çalılık ve kızıl ağaçların ziraat fen memurunun vereceği rapora nazaran kat ve kaliyle yerlerine arazinin istidadı tabiiyesine göre fındık, portakal, limon, mandarina ve çay ve emsali nafi fidanların garsına eshabı mecburdur.

**İKİNCİ MADDE** — Hükûmet, vilâyetin en müsait bir mahallinde bir çay ve mandarina fidanlığı tesis ve idaresini ameli bir mütehassısa tevdi eder.

**ÜÇÜNCÜ MADDE** — Gars olunacak fidanları Hükûmet meccanen ita eder.

**DÖRDÜNCÜ MADDE** — İşbu kanunun tarihi neşrinden itibaren altı ay zarfında Hükûmet tarafından icabeden tetkikatı fenniye bilicra garsiyat mntakaları tesbit ve eshabına tebliğ olunur. Bu ameliyenin ikmalini müteakıp eshabı tarlalarını ihzar ve nihayet üç sene zarfında garsiyatı ikmale mecburdur.

**BEŞİNCİ MADDE** — Miadında garsiyat yapılan araziden on sene müddetle arazi vergisi istifa olunmaz.

**ALTINCI MADDE** — İşbu kanun tarihi neşir ve ilânından itibaren meri-yülleradır.

**YEDİNCİ MADDE** — İşbu kanunun icrasına Dahiliye, Maliye ve İktisat ve-killeri memurdur.

29 cemaziyelâhir 1342 ve 6 şubat 1340

|  |   |  |
|--|---|--|
| <i>Meclis Heyeti Umumiyesince kabulü</i>   | : | <i>Doksan altıncı içtimam ikinci celsesinde</i>                            |
| <i>Cumhuriyet riyasetine tebliği</i>   | : | <i>7 . II . 1340 tarih ve 3/182 No. lu tezkere ile</i>                     |
| <i>Berayi neşir ve ilân kanununun Başvekâlete tebliğ edildiğini müş'ir Cumhuriyet Riyasetinden mevrut tezkerenin tarih ve numarası</i> | : | <i>12 . II . 1340 ve 6/146</i>   |
| <i>Müzakeratı ihtiva eden zabıt ceridelerinin cilt ve sayıya numaraları</i>  | : | <i>Cilt Sayfa</i><br><i>5 217,279:280,466:491,627:661,681:691, 696:697</i> |

**Şekil 23:** Rize vilayetiyle Borçka kazasında fındık, portakal, limon, mandarina ve çay yetiştirilmesi hakkında kanun (Resmi Gazete, 1924)

### 1.3.10.2.3. 1924-1928 Arası Zihni Derin'in Çabaları

1924 yılında çıkarılan 407 sayılı Kanun'dan sonra Zihni Derin'in Ankara'dan yönlendirme yaparak ve o zamanın koşullarında zor olduğu için ancak arada bir Rize'ye giderek çaycılık faaliyetlerini yönlendirmeye çalıştığı bilinmektedir.

Ancak 407 sayılı Kanun'un bedava portakal, mandalina, limon, çay ve fındık fidanı temin etme politikasında, çay gibi işlemeye ihtiyaç duyulmadan ürününün tüketilebilmesi sebebiyle, çay dışındaki bitkiler halk tarafından tercih edilmiştir.

Genel müdürlük görevinden alınan Zihni Derin Bakanlık Müşaviri olarak çay işiyle görevlendirilmiştir. Rize'ye gelen ve Batum'a giden Derin, oradan çay fidanı alıp Rize'ye fındık fidanı alıp Giresun'a aşılı mandalina fidanı alıp yine Rize'ye göndermesi için yetkilendirilmiştir.

Uzun yazışmalardan sonra, çay bahçeleri kurmak üzere Rize'de görevlendirilmesi izni alınan, Batum'daki çay bahçelerinde çalışan uzman bahçıvan Emile Vacour, Zihni Derin'in Batum gezisi sonrası onunla birlikte Rize'ye gelmiştir.

Zihni Derin ile mülakat yapan bir gazetede yanlış olarak Emil Vlakov ve Rus bahçıvan diye geçen şahsın, Dışişleri yazışmalarında isminin Emile Vacour olduğu görülmektedir. Ayrıca, isminin Fransız ismi olmasından şüphelenerek yaptığımız araştırmada, o dönemde Batum'da Fransız bahçıvanlar bulunduğu ve çay bahçelerinde çalıştıkları tespit edilmiştir. Hatta bugün dünyanın 2. büyük botanik bahçesi olarak nitelenen Batum Botanik Parkının ilk nüvesinin, 1881'de bir Fransız bahçıvan tarafından oluşturulduğu ifade edilmektedir ("Batumi Botanical Garden", 2024).

1927'de Zihni Derin'in Bakanlıktaki görevinin bitmesiyle birlikte öğretmenlik mesleğine geçtiği ve hayatına bu şekilde devam ettiği bilinmektedir. 1924-28 arası dönem, Rize'de tarımsal anlamda fiilen çay yetiştirildiği ama bunun ötesine geçilemediği bir dönem olmuştur. Çaycılık faaliyetlerinin neden durakladığını ve devletin kendi fidanlığının dışına neden çıkamadığını, sonraki dönemin başlamasında önemli bir rolü olan Prof. Şevket Raşit Hatipoğlu şöyle sıralamaktadır:

1. Yöre için yeni bir kültür bitkisi olan çaydan nasıl istifade edebileceğini anlayamayan halk, çaycılığa rağbet etmemiştir.

2. Halk mısır ektiği bahçesini çay gibi doğrudan gıda maddesi olarak kullanılmayan bir bitkiye tahsis etmek istememiştir.
3. Çay yetiştirme konusunda köylüye yeterince bilgi verilememiş, köylüye tam olarak ulaşılamamıştır.
4. Üretilen yaş çay yaprağının işlenmesi ve ekonomik değer haline getirilmesi ile uğraşılamamıştır.
5. Ayrıntılı bir plânla işe başlanmamıştır (Hatipoğlu, 1939).

Çaycılık faaliyetlerinin yörede yerleşmesi için yeni bazı çalışmalar yapmak ve bunlara önceki dönemin eksiklerini gidermekle başlanması gerektiği ortaya çıkmıştır.

### 1.3.10.3. 1938 Çaycılık Faaliyetlerinin Yeniden Başlaması

Rize'de ekonomik anlamda çaycılık faaliyetlerinin başlamasının ilk adımını 1935 yılındaki Başvekil İsmet Paşa'nın Rize ziyareti olmuştur. Paşa'nın Rize ziyaretinde konu edilen çayla ilgili kaydı şu şekildedir:

“Rize temiz, şirin bir kasabadır. Son zamanlarda portakal, mandalina yetiştirmekle biraz geçim bulmuşlar. Şimdi bir ümitleri de çaydadır. Ziraat İstasyon Müdür, çay için çok hevesli ve teşvikçidir. ... Rize'de fasulye, balmumu, narenciye, fındık, ceviz, çay kıymetli mevzular sayılıyor. Çay fabrikası istiyorlar. Fakat bugün elde bir fabrikayı idare edecek mahsul yoktur. Sonra asıl mesele, bugün bir dönüm portakalın çaydan daha çok para getireceği söylendi. Hal böyle ise çay meselesi daha muğlak demektir. Fakat çay kültürünü ilerletebilirsek bizim için değeri fazla olur” (Öztürk, 2016, s.47-48).

İsmet Paşa çaycılık faaliyetlerinin başlatılması için tam kanaat getirmiş gibi değildi. Hem çaycılık faaliyetinin portakaldan daha az getirisi olacağı bilgisi hem de yeterli mahsul olmaması onu ihtiyatlı ifadeler kullanmaya itmişti. Ancak aynı yıl Tarım Bakanı Muhlis Erkmen'in bir heyetle Samsun'dan Rize'ye bir inceleme gezisi yapması ve bu gezide Zirai Ekonomi Profesörü Şevket Raşit Hatipoğlu'nun bulunması Rize ve çay için tam bir talih olmuştur. Nitekim Prof. Hatipoğlu gezinin hemen ardından çayla ilgili çalışmalarını hemen başlatıyor ve bir yıl içinde çalışmasını tamamlayıp Tarım Bakanlığına sunmuştur.

Çayı hem bir tarım bitkisi olarak ele alan Hatipoğlu, bunun ötesine geçerek çayın işlenmesi, pazarlanması, ithalat-ihracat dengeleri vb. konularında

ayrıntılı çalışmalara yer vermiştir. Ayrıca, çay tarımının, çay fidanının büyümesi 4-5 yıl aldığından hemen gelir getirmemesi sebebiyle halka her yıl kredi verilmesini içeren beş yıllık bir program önerisi getirmiştir. Nitekim Tarım Bakanlığı Hatipoğlu'nun çalışmasına dayalı olduğu açık olan bir beş senelik program hazırlayarak çaycılık faaliyetlerini destekleme kararı almıştır.

Ne var ki, 1938'de etkili biçimde çay tarımını yaygınlaştırma çabalarına girişilmiş olmakla birlikte, 1939'da başlayan II. Dünya Savaşı, faaliyetlerin aksamasına yol açmıştır. Savaşla birlikte gıda krizinin baş göstermesi, yörede halkın alışmış olduğu ve ekmeğini yapıp yediği mısırın fiyatı aşırı biçimde arttığından, beş yıllık programla halka verilen kredi desteğinin bir anlamı kalmamıştı.

Çaycılık faaliyetlerinin durma noktasına geldiği bir noktada, 1940 yılı sonbaharında, Zihni Derin'e bir bilgi ulaştı. Samsun'daki Gelemen çiftliğinde mısır bulunmaktaydı. Zihni Derin derhal harekete geçerek Ankara ile temas kurmuş ve Gelemen çiftliğindeki mısırın kendisine tahsis edilmesi halinde çaycılık faaliyetlerini başarıyla sürdürebileceğini yetkililere bildirmiştir. Tarım Bakanlığı'nı ve Ankara'daki yetkilileri ikna eden Zihni Derin, "bir dönüm çaylık yapana bir çuval mısır verme" politikası ile çay bahçelerinin yöreye yayılmasını sağlamıştır. Bir çuval yani 100 kg mısır, savaş sebebiyle kıtlık ve açlık çeken yöre insanı için en etkili motivasyon aracı olmuştur. Çaycılık faaliyetleri Rize merkezde başladıktan sonra, sırasıyla; Derepaşarı, İyidere, Gündoğdu ve Çayeli'nin sahil kesimlerine yayılmıştır. 1939 yılında 2130 dekar çaylık alan tesis edilmişken, 1942 yılında bu rakam 14.000 dekara çıkmıştır (Saklı, 2008, s.86-87).

Böylece çaycılık faaliyetleri halka yayılmaya başlamış ve giderek yeni çay bahçeleri kurularak çay tarım alanları genişlemiştir.

### **1.3.10.3.1. 1947 İlk Çay Fabrikasının Faaliyete Geçmesi**

Yaş çay üretimi yavaş yavaş gelişirken, ilk kurulan çay bahçelerinde elde edilen ürünler, tesis edilen atölyelerde işlenerek siyah çaya dönüştürülmekteydi. 1938'de 30 kg kuru çay elde edilerek çay işlenmeye başlanmış, 1942'de üretilen kuru çay 7000 kg'a çıkmıştır. Tablo 2'de 1938-1942 yılları arasındaki yaş çay ve kuru çay üretimi rakamlarına yer verilmiştir.

**Tablo 2:** 1938-42 yılları çay üretimi (Zihnioğlu, 1998)

| Yıl  | Yaş Çay Yaprağı<br>(kg) | Kuru Siyah Çay<br>(kg) |
|------|-------------------------|------------------------|
| 1938 |                         | 30                     |
| 1939 | 815                     | 181                    |
| 1940 | 855                     | 191                    |
| 1941 | 2.700                   | 600                    |
| 1942 | 32.916                  | 7.001                  |

Giderek artan yaş çay üretimi, atölyelerden daha büyük bir çay işleme tesisinin gerektirmiş ve ilk çay fabrikası için çalışmalar başlatılmıştır. Aslında çay fabrikası kurma çalışmaları 1940 yılında başlatılmıştır. Ziraat Bakanı Muhlis Erkmén, ilk çay fabrikasının kuruluş çalışmalarını başlatan kişidir. Ziraat Bakanı sıfatıyla Başbakanlık Yüksek Makamına yazdığı 13.02.1940 tarihli yazıyla, çay fabrikası kurmak için H. A. Brassert CO. Limited Şirketi ile görüştüklerini ve iki uzmana ihtiyaç duyduklarını ifade etmiştir.

Söz konusu uzmanlar kurulacak çay fabrikasının; kuruluş yeri seçimi, sahip olması gereken teçhizatın türü, mevcut yaş çayın elverişliliği, yaş çayın toplanması, dağıtımı, nitelikli işgücü ve sair ihtiyaçların temini gibi konularda tavsiyelerde bulunmak ve gerekli şartnamelerin hazırlanması, maliyetlerin çıkarılması, piyasanın tetkiki ve değerlendirilmesi ve buna dayalı satış tahminleri ve nihayet projenin rantabilitesini tespit edeceklerdir. Yazının ikinci sayfasında; “Çay ziraatının en önemli bir kısmı olan fabrikasyon işi de bir an evvel başarıldığı takdirde, ancak o zaman nefis ve hakiki çay piyasaya çıkarılmış olacaktır” denilmektedir (T. C. Zirat Vekâleti, 1940).

Hemen belirtmek gerekir ki, çay gibi o zamanlar Türkiye'nin tamamen yabancı olduğu bir konuda, benzeri bir fabrikaya da sahip olunmadığı bir durumda, yabancı uzman desteği de alınmakla birlikte ilk fabrikayı kurmak hiç de kolay olmamıştır. 1940'tan başlayarak birçok yılı kapsayan yazışmalar, incelemeler ve değerlendirmeler sonucu 21 Temmuz 1946'da temeli atılan fabrika, 1947 yılında tamamlanarak hizmete açılabilmiştir.

Kurulacak fabrikanın işleyişi ve yönetimi için uzman yetiştirmek üzere, Zihni Derin'in çalışma arkadaşı Asım Zihnioğlu, 1943 yılı Aralık ayında Hindistan'a incelemeler yapmak ve uzmanlaşmak üzere gönderilmiştir. 1947 yılında ilk fabrika Rize Fener Mahallesinde (bugünkü Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Zihni Derin Yerleşkesi (Şekil 20)) kurulmuştur (Özyurt, 1987).

Asım Zihnioğlu Fener'de kurulan ilk çay fabrikasının müdürü olmuştur (Şekil 22).

### **1.3.10.3.2 1950'li Yıllardaki Hızlı Gelişmeler**

1950'li yıllara gelindiğinde, yerli çay üretimi önemli oranda gelişmiş olmakla birlikte, iç tüketimi karşılamak için çay ithal etmeye devam edilmektedir. Bu sebeple Rize yanında Trabzon'un bazı ilçelerinde de çay tarımının geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

1951 yılında çıkarılan 5748 sayılı ek bir kanunla, Trabzon ilinin elverişli mıntıklarından, 35 bin dekarlık arazinin daha çaya tahsis edilmesi öngörülmüştür. 1955 yılında çıkarılan 6133 sayılı üçüncü kanunla 70 bin, 1956 yılında çıkarılan 6754 sayılı kanunla da 100 bin dekarlık arazi çaya ayrılarak, toplam çaylık arazinin 235 bin dekara ulaşması sağlanmıştır. Bu son kanunla, çay ziraatı, Giresun ve Ordu'nun bazı bölümlerine de yayılmıştır (Kinez, 1966).

İkinci yaş çay işleme fabrikası 1951 yılında Rize'nin Pazar ilçesi Kirazlık mevkiinde kurulmuştur. İlk fabrikanın kuruluş çalışmaları 1940-47 arasında 7 yıl sürmüşken, ikinci yaş çay işleme fabrikasının kurulması çok daha kolay olmuştur. Bunun sebebi ilk fabrikadan elde edilen deneyimdir. Bundan sonra, gelişen ihtiyaçlara göre; 1955'ten itibaren giderek artan sayıda olmak üzere 1959 yılına kadar 12 çay işleme ve Ankara'da da bir paketleme fabrikası kurulmuştur. 1963 yılında işletmeye açılan çay işleme fabrikası sayısı 19'a ulaşmıştır (Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü [ÇAYKUR], 2003).

Ülkemizde çay üretim ve tüketim dengesi ancak 1963 yılında sağlanmış ve iç tüketim ihtiyacı yerli üretimle karşılanır noktaya gelinmiştir. 1965 yılında 59.620 ton yaş çay yaprağı alınmış, 1966 yılında ise bu rakam 101.097 tona çıkmıştır. Bir yıl içerisinde üreticiden alınan yaş çay miktarındaki bu büyük artış, yaş çay yaprağı alım normunun 2,5 yapraktan 3,5 yaprağa çıkarılmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır (Keskin, 1989, s.76).

### **1.3.10.3.4. 1964'te 40.Yıl Kutlama Etkinliği**

Çayın Rize'nin fakirliğini ortadan kaldıran bir ürün olarak kıymeti çok fazladır. Daha önce gurbete gidip çalışarak geçimini ancak sağlayabilen Rize halkı, kendi arazisinde gelir elde etme imkânına kavuşmuştur. Devlet, çay sayesinde yörenin makûs talihini tersine çevirmiş; yörenin kalkınması çay sayesinde mümkün olmuştur.

Rize köylüsünün çay sayesinde geçinme imkânı bulmuş olması sebebiyle, ilde her yıl “çay bayramı” adı altında kutlama yapma geleneği oluşmuştur. Bu kutlamalar Rize Valiliği ve çaydan sorumlu kurumlar tarafından ortaklaşa düzenlenmektedir ve halkın katılımı da ziyadesiyle fazla olmaktadır.

1964 yılı geldiğinde, 1924 yılınca çıkarılan 407 sayılı Kanun başlangıç kabul edilerek 40.yıl kutlamalarının genişçe yapılması düşünülmüştür. 23 Ağustos 1964'te yapılması planlanan tören için Ankara'dan hükümet yetkililerinin yanı sıra onur konuğu olarak Zihni Derin ve Asım Zihnioğlu da davet edilmiştir.

Hükümet adına Çalışma Bakanı Bülent Ecevit'in katıldığı 40.yıl Çay Bayramı Kutlamalarında halk meydanda büyük bir kalabalık oluşturmuş, yetkililerin gelmesi beklenmekteydi. Vali'nin resmi aracına Bakan Bülent Ecevit, Zihni Derin ve Vali binmiş, tören alanındaki kalabalığın arasına giren araç orada durmuştu. Bülent Ecevit ve Vali aracın sağ tarafından inerken, sol tarafta oturan Zihni Derin de solda inmiş, aracın arkasından dolanarak Bakan ve Vali'nin yanına gitmeye çalışmaktaydı. Beklenmedik şekilde aracı geri vitese atan sürücü, herhalde bir an önce kalabalığın içinden aracı çıkarmak için, geriş manevra yapmış ve Zihni Derin'e çarparak yere düşürmüştür. Derhal tıbbi müdahaleye alınan Zihni Derin'in kalçasında kırık olduğu tespit edilmiştir.

Tedavisi için uçakla Ankara'ya sevk edilen Zihni Derin bundan sonra tekrar eski haline dönemeyecekti. O dönemde kalça kırığının bugünkü gibi etkili bir tedavisi pek mümkün olamamaktaydı. 25 Ağustos 1965'te Ankara'daki evinde 85 yaşında vefat edene kadar, kazadan itibaren yaklaşık bir yıllık süreyi yatakta geçirmek zorunda kalmıştı.

Rize'yi değiştiren ve dönüştüren çaya verilen önem ve duyulan saygı sebebiyle her yıl yapılan çay bayramı kutlamaları, “çayın babası” Zihni Derin'in onur konuğu olduğu 40.yıl kutlamalarında kaza geçirmesi sebebiyle bu tarihten sonra yapılmamıştır. Bundan sonra nice yıldönümleri gelip geçmiş, sadece 2024 yılında Türk Çaycılığının 100.yılı için kutlamalar yapılmıştır. 100. yıl etkinlikleri kapsamında Çay İhtisas Üniversitesi olan Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi ev sahipliğinde Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü tarafından 21-23 Mayıs 2024 tarihleri arasında çayın başkenti Rize'de Ulusal Çay Kongresi düzenlenmiştir. Kongrede çay sektörünün zayıf yönlerini güçlendirecek, tehditleri fırsata dönüştürecek stratejilere yönelik; eğitim, çay tarımı, çay ıslahı,

çayda gıda ve işleme teknolojileri, kuru çay üretimi, pazarlama ve markalaşma, çaydan katma değere sahip alternatif ürünlerin geliştirilmesi, çay üretiminde enerji, makine, mekanizasyon ve altyapı geliştirme, çay turizmi, çay tarihi ve kültürüne yönelik konular kapsama alınmıştır.

24.08.1964 tarihli Akşam Gazetesi, Zihni Derin'in yaşadığı kazadan habersiz olarak, "Çay Bayramı Dün Başladı" diye haber yapmıştı. Üst başlıkta da "Rizeliler, çayı Türkiye'de ilk yetiştiren Zihni Derin'in Jübilesini yapıyorlar" şeklindeydi. Çayın Rize'ye yılda 180 milyon lira gelir getirdiğine vurgu yapılan haberde, çayın sosyal adalet getirdiğine de değinilmekteydi. "Aydın bir Rizeli çayın sosyal etkilerini şöyle anlattı" denildikten sonra, isim verilmeden Rizelinin sözlerine yer verilmiş: "Çaydan evvel buralarda ayakkabı giyen insanlar görülünce işte şehrin zengini denirdi. Bugün şehirli ile zengini ayırdedemezsiniz. Zira bir metrekaare arsanın altıbinlira olduğu tek ildir. Rize'de çok değil 30 yıl önce 30 kadar çarıkçı dükkânı vardı. Bugün çarık müzeli olmuştur. Çay Rize'de sosyal adaleti sağlamıştır. Zira çay geliri, çay ziraatının mahiyeti icabı birkaç şahsın olmayıp, hemen hemen herkes arasında eşite yakın paylaşılmaktadır ("Çay Bayramı Dün Başladı", 1964).

Çayın yöre halkının hayatını değiştirme ve dönüştürmede müthiş bir etki yarattığı yadsınamaz bir gerçektir. En büyük etkinin ilk on yıllar içerisinde meydana gelmesi doğaldır. Çünkü öncelikle geçinmek için gurbete gidip çalışmak durumunda olan halkın ailesinin yanında yaşam sürmesini mümkün hale getirmiştir ve bu büyük bir imkân oluşturmuştur. Bunun akabinde ortaya çıkan zenginlik; giyim kuşamda meydana gelen değişiklikler ve oluşan kazançtan herkesin payını alabilmesi, gerçekten çok değerli olmuştur.

#### **1.3.10.4. Türk Çaycılığının Kurumsal Gelişimi**

Türkiye'de çay üretimine geçişin kurumsal açıdan ele alınarak, hangi kurumsal süreçlerden geçildiğinin tespit edilmesi gereklidir. Bu bağlamda, devletin tekel durumunda olduğu 1985 öncesi ile devlet işletmeciliğinin özel sektörle bir arada yer aldığı 1985 sonrası, ayrı ayrı ele alınması gereken iki dönemi oluşturur.



### **1.3.10.4.1. Devlet Tekeli Dönemi (1924-1984)**

#### ***Kurumsal Yapıdan Yoksun Dönem (1924-1937)***

Daha önce belirtildiği gibi, Doğu Karadeniz'de çay yetiştirilmesine ilk teşebbüs eden kişi zamanın Ziraat Genel Müdürü Zihni Derin olmuştur. Ali Rıza Erten'in, -o tarihte henüz basılmamış- raporunu da dikkate alan Derin, 1921-1922 (1337-1338) yıllarında Rize'de çay, mandalina, limon ve portakal yetiştirilecek bir fidanlık kurulması talimatını vermiştir.

3 Nisan 1924'te Ziraat Genel Müfettişi sıfatı ile Rize'ye gönderilen, çay ve sıcak memleketler bitkileri yetiştirmekle görevlendirilmiş olan Derin, daha önce kurulması emrini verdiği ve tesisi henüz başlamış olan fidanlığı bizzat kurmuştur.

Bu dönemde çay için kurulmuş herhangi bir kurum veya teşkilat mevcut değildir. Ziraat Genel Müdürlüğü'nün taşra birimleri tarafından faaliyetler yapılmakta ve daha çok Zihni Derin'in verdiği talimatlar yerine getirilmektedir. Mevcut ziraat teşkilatından elemanlara bazen yurt dışı görevler de verilmekte, Batum'a gönderilerek çay konusunda bilgi edinmeleri de istenebilmektedir.

Rize'de kurulan fidanlıkta yetiştirilen çay fidanlarından, 1931-1938 arasında 701.750 fidan ve 1934-1938 arasında da 1552 kg tohum halka dağıtılmıştır. Buna göre Rize'de 1000 dekardan fazla çaylık kurulmuş olması gerekirken, 1939'a kadar sadece 20 dekar çaylık tesis edilmiştir.

Bu dönemde çay ziraatının başarıya ulaşamamasının nedenleri olarak, ayrıntılı bir plânla işe başlanmaması, konunun ekonomik boyutunun ortaya konulmamış olması ve çay için özel bir teşkilat kurulmamış olması gösterilebilmektedir.

#### ***İlk Çay Teşkilatı ve DZİK Dönemi (1938-1948)***

Çayla ilgili ilk ziraî teşkilat, 1938 yılında organize edilen Çay ve Fidanlıklar Müdürlüğüdür. Bu müdürlük tarafından, bölgede ve köylerde çalışacak aktif bir sistemin kurulması yolunda girişimlere başlanmış, Rize ve çevresindeki köyler altı bölgeye ayrılarak her bölgenin başına bir teknisyen getirilmiştir. Bunun sonucunda köylerde çay bahçesi kurma faaliyeti fiilen başlamıştır.

27.3.1940 tarih ve 3788 sayılı Çay Kanunu ile yaş çayı işleme ve paketleme yetkisi Devlet Ziraat İşletmeleri Kurumuna (DZİK) verilmiş, üretici

olmak için ruhsat alma mecburiyeti getirilmiş, tohum, fidan ve gübre gibi girdilerin parasız temini ve kredi verilmesi gibi hükümler yasada yer almıştır.

Ziraat İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan ve 1938 Ziraat Kongresi'ne sunulan; "Meyvecilik-Bağcılık-Sebzecilik-Çay Genel Raporu ve Beş Senelik Programı" ile çay konusunda yapılacaklar ayrıntıları ile gösterilmiştir. Rapora göre çay ziraatı, hem "arazisi dar ve geçim vasıtası mahdut" bir bölgenin ekonomik kalkınması, hem de dışarıya ödenen ve "ehemmiyetli bir yekûn tutan paranın memleket dâhilinde kalması" amacıyla başlatılmaktadır.

O tarihteki tüketimin karşılanabilmesi için 900 ton kuru çay üretmek gerektiği ve bunun için 3000-4500 hektarlık bir çaylık alanın oluşturulmasına ihtiyaç olduğu hesaplanmış ve programın gerekçesini oluşturan raporda gösterilmiştir. 900 ton çayı işlemek üzere üç ayrı yerde 300'er tonluk üç küçük fabrikanın kurulması gerekli görülmüştür.

Çaylık tesisi için, 10 yılda geri alınmak üzere faizsiz olarak 440.000 liranın çiftçilere borç verilmesi plânlanmıştır. İkinci beş yılda ise, ilk dört yılda yapılacak yardımın devamı olarak 190.000 lira, ayrıca yeni tesis edilecek 3000 hektar alan için de 1.350.000 lira borç verilmesi öngörülmüştür. Çaylık tesisinde, işlenmiş bahçeler için 10 lira, orman açmaları için ise 20 lira tesis masrafı verilmesi, yardımın ilk ürün alınana kadar ve alındıktan sonra da üç yıl daha devam etmesi düşünülmüştür.

Borcun ödenmesi, ilk beş yılı ödemesiz sonrası ise yükselen taksitler şeklinde olacaktır. Çayın Doğu Karadeniz'de yerleşmesini sağlayan, yapılacakları yıllar itibariyle ortaya koyan ve programa bağlayan bu çalışmalar olmuştur.

Rize'de daha önce tesis edilmiş olan bir fidanlık ile işe başlandığı halde, bu yasal zemin ve ciddi plânlama ile çay ziraatı ilk olarak Rize merkez, Derepazarı, İyidere, Gündoğdu ve Çayeli'nin sahil kesimlerine yayılmıştır. Uygulamanın ilk yılı olan 1939 yılında 2130 dekar çaylık alan tesis edilmiştir. 1939-42 arasında ise bu miktar 14.000 dekara çıkmıştır.

İlkel fırınlar vasıtasıyla 1938 yılında 30 kg, 1939 yılında 181 kg kuru çay üretilmiş, görevli kuruluş olan DZİK, 1941 yılında Rize merkezde bir küçük çaplı atölye kurarak üretime başlamıştır. 1947 yılında ilk fabrika Rize Fener Mahallesinde kurulana kadar, atölyelerin sayısı artırılarak üretime devam edilmiştir.

### ***Tekel Dönemi (1949-1973)***

7.6.1949 tarih 5433 sayılı kanun ile çay dağıtımı ve işletmesi DZİK'ten alınarak, İnhisarlar Umum Müdürlüğüne (Tekel Genel Müdürlüğü), bakanlık olarak da Gümrük ve Tekel Bakanlığına bağlanmıştır.

İkinci yaş çay işleme fabrikası 1951 yılında Pazar ilçesi Kirazlık mevkiinde kurulmuş, 1955'ten itibaren giderek artan sayıda olmak üzere 1959 yılında 12 çay işleme ve Ankara'da da bir paketleme fabrikası kurulmuştur. 1963 yılında işletmeye açılan çay işleme fabrikası sayısı 19'a ulaşmıştır.

Türkiye'de çay tüketimi alışkanlığı daha eskiye dayandığı için, çay üretimine başlandıktan sonra geçen 25 yılda, üretim tüketimi karşılayamamış ve çay ithal edilmek durumunda kalınmıştır. Üretim-tüketim dengesi 1963 yılında kurulmuş, bu tarihten sonra sektör artık arz fazlası yaratmaya başlamıştır.

1963 yılından itibaren arz fazlası oluşmakla birlikte, 1967'ye kadar üreticiden alınan yaş çay mevcut fabrikalarda işlenebilmekteydi. 1966 tarihinde yaş çay ürün alım normunun 2,5 yapraktan 3,5 yaprağa çıkarılması ile önemli bir yaş çay arz fazlası ortaya çıkmıştır. 1965 yılında 59.620 ton yaş çay alınmışken, ürün normunun değiştiği 1966 yılında bu rakam 101.097 tona çıkmıştır. Bu sebeple, 1967 yılından başlayarak kapasite yetersizliği sebebiyle işlenemeyen yaş çayların imhası yoluna gidilmiş ve 1981 tarihli alım kontenjanı uygulamasına kadar toplam 276.496 ton yaş çay imha edilmiştir.

Diğer taraftan, üreticiden alınan yaş çayı işlemek üzere gerekli fabrikaların kurulmayışının imhalara yol açtığı söylenebilir. Nitekim 1960 askeri darbesinden sonra, önceki hükümet tarafından ihale edilen üç çay fabrikasının, "oy avcılığı sebebiyle yaptırılmak istendikleri" gerekçesiyle, ihaleleri iptal edilmiştir. Ayrıca 1. Beş Yıllık Kalkınma Plânında, 1967 yılı sonuna kadar yaş çay üretiminin %7 artışla 50.000 tona ulaşacağı tahmin edilerek buna göre işleme kapasitesi plânlanmıştır. Hâlbuki %25 ürün artışı meydana gelmiş ve bu da işlenemeyen fazlalıkların ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Yaş çay ürününün tamamını işlemede yetersiz kalsa da 1973 yılında Çaykur'a devir esnasında, o yıl işletmeye açılan iki fabrika ile yaş çay işleme fabrikası sayısı 32'ye, paketleme fabrikası sayısı da 3'e ulaşmıştır.

### **Çaykur Dönemi (1973–1984)**

06.12.1971 tarih ve 1947 sayılı Çay Kurumu Kanunu çıkarılarak, tüzel kişiliği haiz, faaliyetlerinde özerk bir İktisadi Devlet Teşekkülü kurulmuştur. 01.03.1973 tarihinde Çay Kurumu Genel Müdürlüğü fiilen faaliyete geçmiş, daha önce 4233 ve 3788 sayılı kanunlarla Tekel'e verilen yetkiler Çay Kurumuna devredilmiştir.

Çaykur'dan önce çayın tarımından Tarım Bakanlığı, sanayi ve pazarlama faaliyetlerinden ise Tekel Genel Müdürlüğü ve bağlı olduğu bakanlık sorumlu idiler. Eşgüdüm sorunlarını ortadan kaldırmak ve “çay tarım ve sanayisini ekonomik ve sosyal yönden daha etkin hale getirmek amacıyla” çaydaki bütün faaliyetlerden Çay Kurumu sorumlu olmuştur. 1980'e kadar Tekel tarafından yürütülen paketli çay pazarlaması da bu tarihten itibaren Çaykur'a devredilmiştir.

Çaykur'un çay tarım ve sanayiinde tekel durumunda olduğu 1985 yılına kadarki dönemde, kurulan çay işleme fabrikası sayısı 45'e çıkmıştır. Çaykur'un faaliyete başladığı 1973 yılında yıllık kuru çay üretimi 42.839 ton iken, 1984 yılında 132.561 tona ulaşmıştır. Bu çayın paketlemesi, mevcut üç fabrikanın kapasitelerinin artırılması suretiyle yapılmıştır.

### **1.3.10.4.2. Çaykur ve Özel İşletmeler Dönemi (1984 Sonrası)**

04.12.1984 tarih ve 3092 sayılı Çay Kanunu ile çaydaki tekel kaldırılmış; çay tarımı, üretimi, işletmesi ve satışı serbest bırakılmıştır. Bu suretle özel sektörün çay fabrikası kurması ve işletmesinin önü açılmıştır.

1984'te çıkarılan 3092 sayılı Kanun, iki maddesi yürürlük ve yürütme olan 4 maddelik bir kanundur. Bu kanunun çıkarılmasından maksat sektörü düzenlemek ve kural koymaktan ziyade, kuralları hafifletmek ve sektörü serbestleştirmektir.

Bu dönemden sonra kontrolsüz bir şekilde özel sektör çay fabrikaları kurulmuş, böylece aşırı bir kapasite oluşmuş ve birçok fabrikanın kapanmasına giden bir yol açılmıştır. 2004'e kadar 312 çay fabrikası kurulmuş ve bunlardan 144'ü kapanmış iken, sonraki yıllarda kurulan fabrikalarla toplam sayının 400'e yaklaştığı söylenmektedir. 2023 yılında çay sektöründe üretim yapan 183 çay fabrikası bulunmaktadır. Üretilen yaş çayın %58'i özel sektör ve %42'si ÇAYKUR tarafından işlenmiştir (Rize Ticaret Borsası, 2024).

## KAYNAKÇA

- Asopa, V.N. (2009). *India's global tea trade reducing shares, declining competitiveness*. Erişim adresi: [www.somo.nl](http://www.somo.nl)
- Batumi Botanical Garden (2024, 10 Kasım). Erişim adresi: <https://www.enjoy-georgia.com/en/georgia/adjara/batumi-botanical-garden.html>
- Çay Bayramı Dün Başladı. (1964, 24 Ağustos). Akşam Gazetesi.
- Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü [ÇAYKUR]. (2004). 2003 Yılı İstatistik Bülteni, Rize.
- Chang, H.T. (1998). Genus *Camellia*. H.T. Chang ve S.X. Ren (Ed.). *Theaceae, Flora Republicae Popularis Sinicae*. Beijing, China: Sci. Press.
- Chang, H.T. ve Bartholomew, B. (1984). *Camellias*. Portland, Oregon: Timber Press.
- Chen, J., Shen, H., Sasa, K., Lan, H., Matsunaka, T., Matsumura, M., ... Jiang, S. (2019). Radiocarbon dating of Chinese Ancient Tea Trees. *Radiocarbon*, 61. 1-8. doi:10.1017/RDC.2019.117.
- Das, A.P. ve Ghosh, C. (2016). *Camellia sinensis* var. *lasiocalyx* (G. Watt) A.P. Das & C. Ghosh - new combination name for the Cambod variety of tea. *Pleione*, 10(1): 167-168. Erişim adresi: <https://pleione.ehsst.org>
- Farris, W. W. (2019). The prehistory of Japan's tea industry, 750–1300. In *A Bowl for a Coin: A Commodity History of Japanese Tea* (s. 7–33). University of Hawai'i Press. doi:10.2307/j.ctv75d61p.6
- Hatipoğlu, Ş. R. (1939). *Türkiye'de Çay İktisadiyatı*. Ankara: T.C.Ziraat Vekâleti Yayını.
- Hembree, W. G., Ranney, T. G., Jackson, B. E. ve Weathington, M. (2019). Cytogenetics, ploidy, and genome sizes of *camellia* and related genera. *HortScience* *horts*, 54(7), 1124-1142. doi:10.21273/HORTSCI13923-19
- Hinsch, B. (2016). *The rise of tea culture in China: the invention of the individual*. Rowman & Littlefield Publishers.
- Hunutlu, Ü. (2019, Ekim). Türkçenin Çayla İlgili Söz Varlığı. XI. Uluslararası Dünya Dili Türkçe Sempozyumu, s.2117, Samsun.
- Isao, K. ve McClintock, M. J. (2023). Appendix 1: Historical Sources. In *Japanese Tea Culture: The Heart and Form of Chanoyu* (s. 193–214).

- Japan Publishing Industry Foundation for Culture.  
doi:10.2307/jj.2840648.11
- Kar, F. S. (2014). *Rize Çay Fabrikası'nın İnşaatı*.
- Keskin, A. S. (1989). *Türkiye'de Çay Politikası* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kinez, M. (1966). *Çay Ziraatı*. İstanbul: Ziraat Vekâleti Yayını.
- Kuzucu, K. (2006, Kasım). Osmanlı Döneminde Çay Tarımı Faaliyetleri, 1. Rize Sempozyumu, s.111-116, Rize.
- Lee, C. (2014). From Kiachta to Vladivostok: Russian merchants and the tea trade. *Region*, 3, 2, 195-218. Erişim adresi: <https://www.jstor.org/stable/43737542>
- Lee, H.-C. ve Kwon, S.-H. (2022). The invention and promotion of cha-rye in Korea. *Asian Journal of Social Science*, 50,3, 171-177. doi: 10.1016/j.ajss.2022.06.004
- Li, L., Hu, Y., He, M., Zhang, B., Wu, W., Cai, P., Huo, D., ve Hong, Y. (2021). Comparative chloroplast genomes: insights into the evolution of the chloroplast genome of *Camellia sinensis* and the phylogeny of *Camellia*. *BMC genomics*, 22(1), 138. doi.org/10.1186/s12864-021-07427-2
- Li, M. M., Meegahakumbura, M. K., Wambulwa, M. C., Burgess, K. S., Möller, M., Shen, Z. F., Li, D. Z. ve Gao, L. M. (2023). Genetic analyses of ancient tea trees provide insights into the breeding history and dissemination of Chinese Assam tea (*Camellia sinensis* var. *assamica*). *Plant diversity*, 46(2), 229–237. doi:10.1016/j.pld.2023.06.002
- Liu, A.B. (2020). *Tea War: A History of Capitalism in China and India*. New Haven, United States of America: Yale Scholarship Online. doi:10.12987/yale/9780300243734.002.0003
- Lu, H., Zhang, J., Yang, Y., Yang, X., Xu, B., Yang, W., ... Wu, N. (2016). Earliest tea as evidence for one branch of the Silk Road across the Tibetan Plateau. *Scientific Reports*, 6. doi:10.1038/srep18955
- Lu, L., Chen, H., Wang, X., Zhao, Y., Yao, X., Xiong, B., Deng, Y. ve Zhao, D. (2021). Genome-level diversification of eight ancient tea populations in the Guizhou and Yunnan regions identifies candidate genes for core agronomic traits. *Horticulture research*, 8(1), 190. doi:10.1038/s41438-021-00617-9

- Lutgendorf, P. (2012). Making tea in India: chai, capitalism, culture. *Thesis Eleven*, 113(1), 11-31. doi: 10.1177/0725513612456896
- Masters, J.W. (1844). Nomenclature and classification of the tea plant. *J. Agric. and Hort. Soc. of India*, 3(2), 61.
- Mekteb-i Tıbbiye. (1898, 12 Eylül). Analiz Raporu. Y..PRK.BEO\_01207\_090490\_006-6. Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı, (BOA), Babi Ali Evrak Odası, R, Koyuncu ve N, Arıman (Çev.) (2013), s.46-50.
- Ming, T. (2000). *Monograph of the genus Camellia*. Kunming, China: Yunnan Sci. and Technol. Press.
- Mondal, T. K. (2014). *Breeding and biotechnology of tea and its wild species*. Delhi, India: Springer. doi:10.1007/978-81-322-1704-6
- National Center for Biotechnology [NCBI]. (2024a). Erişim adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=4442>
- National Center for Biotechnology [NCBI]. (2024b). Erişim adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/4442/>
- National Center for Biotechnology [NCBI]. (2024c). Erişim adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/164405/>
- National Center for Biotechnology [NCBI]. (2024d). Erişim adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/295139/>
- Onaolapo, A. Y. ve Onaolapo, O. J. (2019). Herbal beverages and brain function in health and disease. *Functional and Medicinal Beverages*, 313–349. doi:10.1016/b978-0-12-816397-9.00009-1
- Öztürk, S. (2016). *İsmet Paşa'nın Kürt Raporu*. İstanbul: Doğan Kitap Yayımları.
- Özyurt, H. (1987). *Çay Ekonomisi*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğü Yayını, No: 117.
- Paul, S., Wachira, F. N., Powell, W. ve Waugh, R. (1997). Diversity and genetic differentiation among populations of Indian and Kenyan tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) revealed by AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 94(2), 255-263. doi:10.1007/s001220050408
- Po, R. C. (2018). Tea, Porcelain, and Silk: Chinese Exports to the West in the Early Modern Period. *Oxford Research Encyclopedias*. doi:10.1093/acrefore/9780190277727.013.156
- Rize Ticaret Borsası. (2022). *Rize'de Elmas Çağ Asım Zihnioğlu*. Rize,

- Rize Ticaret Borsası. (2024). *2024 Türk çay sektörü güncel durum raporu*. Erişim adresi: <https://www.rtb.org.tr/tr/cay-sektoru-raporlari>
- Rize Vilayetiyle Borçka Kazasında Fındık, Portakal, Limon, Mandarina ve Çay Yetiştirilmesi Hakkında Kanun. (1924, 6 Şubat). Resmi Gazete (Sayı: 407). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr>
- Roy, A. (2013). An institution based insight into India's tea industry. *Academy of Taiwan Business Management Review*, 9,3, 20-24. Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:30060228>
- Safı, M. (2006). Osmanlı'da Çay Tarımı. *Tarih ve Düşünce Dergisi*, Şubat, 40-46. Belge: Başbakanlık Osmanlı Arşivi, İOM.2/1312.R.2.
- Saklı, A. R. (2008). *Türk Çayının Dünü ve Bugünü*. İstanbul, Türkiye: Kaknüs Yayınları.
- Sartor, V. (2007). All the tea in China: the political impact of tea. *American Journal of Chinese Studies*, 14,2, 185-188. Erişim adresi: <https://www.jstor.org/stable/44288857>
- Sealy, J.R. (1958). *A revision of the genus Camellia*. London: Royal Horticultural Society.
- Shim, D., Jeon, S.H., Kim, J.C. ve Yoon, D.-K. (2024). Comparative phylogenetic analysis of ancient korean tea "Hadong Cheon-Nyeon Cha (*Camellia sinensis* var. *sinensis*)" using complete chloroplast genome sequences. *Curr. Issues Mol. Biol.*, 46, 1091-1106. doi: 10.3390/cimb46020069
- Sigley, G. (2013). The ancient Tea Horse Road and the politics of cultural heritage in Southwest China: Regional Identity in the Context of a Rising China. T. Blumenfield ve H. Silverman (Ed.). *Cultural Heritage Politics in China*. USA: Springer. doi:10.1007/978-1-4614-6874-5\_12
- Şurayi Devlet Maruzatı. (1879a, 1-2, 3-8 Mayıs). Y..PRK.ŞD\_01830\_000040\_001. Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı Osmanlı Arşivi (BOA).
- Şurayi Devlet Maruzatı. (1879b, 22 Ocak). Kânûnîsânî 1294. Y..PRK.ŞD\_01830\_000040\_004, R. 10. Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı Osmanlı Arşivi (BOA).
- T. C. Başbakanlık Osmanlı Arşivi Daire Başkanlığı [BOA]. 1985. Japonya'dan getirilen çay tohumlarının yetiştirilmesine dair tarifname.



- T.C. Zirat Vekâleti, Ziraat İşleri Umum Müdürlüğü. (1960, 14 Şubat). 14.02.1940 tarih ve Ş.6, U.No. 5249, H.No.410 sayılı Başvekâlet Yüksek Makamına başlıklı yazısı, Belge No: BCA. 030.10/171.187.36.
- TBMM Zabıt Ceridesi. (1924a, 28 Ocak). C.5, İ.91.
- TBMM Zabıt Ceridesi. (1924b, 4 Şubat). C.5, İ.91.
- Tea Exporters Association. (2024). Global Beverage Market Outlook-2024. Colombo. Erişim adresi: <https://teasrilanka.org>
- Tea Board of Kenya. (2023). *History of Kenyan tea*. Erişim adresi: <https://www.teaboard.or.ke/kenya-tea/history-of-kenyan-tea>
- “Tea History”. (2024). Erişim adresi: <https://srilankaembassy.com.pl/tea-history/>
- Tekeli, S. T. (1976). *Çay Yetiştirme-İşleme-Pazarlama*. Ankara: Dönüm Yayınları.
- The Ancient Tea Trees of Yunnan - Stories About Tea (2024, 10 Kasım). Erişim Adresi:<https://www.storiesabouttea.com/the-ancient-tea-trees-of-yunnan/>
- Van Driem, G. L. (2019). *The tale of tea*. Leiden, The Netherlands: Brill. doi:10.1163/9789004393608
- Vijayan, K., Zhang, W.-J ve Tsou, C.-H. (2009). Molecular taxonomy of *Camellia* (Theaceae) inferred from nrITS sequences. *American Journal of Botany*, 96, 1348-60. doi:10.3732/ajb.0800205.
- Wachira, F., Kamunya, S., Karori, S., Chalo, M. ve Maritim, T. (2013). The tea plants: botanical aspects. *Tea in Health and Disease Prevention*, 3-17. doi:10.1016/B978-0-12-384937-3.00001-X.
- Wambulwa, M.C., Meegahakumbura, M.K., Kamunya, S. ve Wachira, F.N. (2021). From the wild to the cup: tracking footprints of the tea species in time and space. *Front. Nutr.* 8:706770. doi: 10.3389/fnut.2021.706770
- Wight, W. (1962). Tea classification revised. *Current Science*, 31, 298-299.
- Zhang, L., Xu, Y. ve Liu, Z. (2023). Tea: from historical documents to modern technology. *Molecules*, 2023, 28, 2992. doi:10.3390/molecules28072992
- Zhang, Z. B., Xiong, T., Chen, J. H., Ye, F., Cao, J. J., Chen, Y. R., Zhao, Z. W. ve Luo, T. (2023). Understanding the origin and evolution of tea (*Camellia sinensis* [L.]): Genomic advances in tea. *Journal of Molecular Evolution*, 91(2), 156–168. doi.10.1007/s00239-023-10099-z

Zihni Derin Mülakatı. (1964, 3 Eylül). Hürriyet, s.7.

Zihnioğlu, A. (1960). *Pratik Çay Ziraatı*. Ankara: Ziraat Vekâleti Mesleki Kitaplar Serisi: D-5, Gürsoy Basımevi.

Zihnioğlu, A. (1998). *Bir Yeşilin Peşinde*. Ankara: TÜBİTAK yayını.



## BÖLÜM 2

### ÇAYIN ÜRETİM, TÜKETİM VE TİCARETİ

Dr. Atilla POLAT<sup>1</sup>

Öğr. Gör. Yasemin YAVUZ ABANOZ<sup>2,3</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14290688>

---

<sup>1</sup> Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Rize, Türkiye. atillapolat@gmail.com, Orcid ID: 0000-0003-4184-064X

<sup>2</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rektörlük, Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü, Rize, Türkiye. yasemin.yavuzabanoz@erdogan.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0093-3535

<sup>3</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rektörlük, Çay ve Çay Ürünleri Uygulama Araştırma Merkezi, Rize, Türkiye. yasemin.yavuzabanoz@erdogan.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0093-3535



## GİRİŞ

Çay, dünya genelinde kültürel ve ekonomik öneme sahip bir içecektir. Kültürel açıdan çay, Çin, Japonya, Hindistan, Birleşik Krallık ve Türkiye gibi ülkelerde misafirperverliğin ve geleneğin simgesi olarak öne çıkmış ve her bir ülke sosyal bağları güçlendiren kendine özgü ritüel ve törenler geliştirmiştir. Ekonomik olarak çay, özellikle Çin, Hindistan, Sri Lanka ve Kenya gibi ülkelerde milyonlarca insana hayatlarını sürdürebilmeleri için önemli bir kaynak sağlamaktadır. Bu ülkelerde çay ihracatı, milli ekonomiye önemli bir katkı sağlamakta ve küresel piyasa koşulları, işgücü uygulamaları ile talep gibi faktörlerden etkilenmektedir (Mao, Sun, He, Chen ve Guo, 2024; Van der Wal, 2008). Küresel çay üretimi yılda 17 milyar ABD doları, çay ticareti ise 9,5 milyar ABD doları değerindedir. Küresel çay sektöründe 13 milyon kişi çalışmakta ve bunlardan dokuz milyonu gelişmekte olan ülkelerdeki küçük çiftliklere sahip olan çiftçilerdir. Bu çiftçiler, 2022 yılında dünya çayının %60'ını üretmiştir. (Bermúdez, Voora, Larrea ve Luna, 2024).

Çay, birçok kültürde önemli ritüellerin ve törenlerin merkezinde yer almaktadır. Örneğin, Japon çay törenleri disiplin ve estetiği vurgularken derin bir kültürel tarihi yansıtmaktadır. Türkiye, Çin ve Hindistan gibi ülkelerde ise çay, misafirperverliğin bir sembolü olarak karşımıza çıkmaktadır. Konuklara çay ikram etmek, sosyal bağları ve topluluk ilişkilerini güçlendiren bir saygı ve sıcaklık göstergesidir. Farklı bölgelerde, yerel gelenekleri ve tarihi yansıtan özel çay türleri ve hazırlama yöntemleri bulunmaktadır. Örneğin, Darjeeling, Assam veya Fujian'daki belirgin çay kültürü, yerel kimliklerle sıkı bir bağı temsil etmektedir. Çay, sıklıkla yerel mutfak uygulamalarıyla iç içe geçmektedir. Türkiye'de tatlılarla, Hindistan'da ise farklı yiyeceklerle birlikte çay içmek yaygındır. Geleneksel olarak çay, sağlık açısından yararlı bir içecek olarak görülmektedir. Ayrıca, özellikle yeşil çay ve beyaz çayın hazırlanması ve içilmesi sırasında farkındalık ve huzur hissini artıran meditatif bir etkisi vardır. Çayın, Budizm gibi çeşitli dini geleneklerde önemli bir yeri bulunmakta ve farkındalık, zarafet ve dinginliği vurgulayan manevi anlamlar taşımaktadır (Bohne 2021; Eto, Dey, Li, Mahujchariyawong ve Roy 2015; Shen, 2023; Zhou, 2011).

Ülkemizde ise çayın kültürel açıdan bulunduğu yer ve ekonomiye katkısı yadsınamaz. Kültürel açıdan, çay, Türkiye'deki sosyal yaşamın merkezinde önemli bir yer almaktadır. Misafirlere çay ikram etmek, Türk

misafirperverliğinin bir simgesi olarak kabul edilmektedir ve ev sahibinin sıcaklığını ve cömertliğini sembolize etmektedir. Çay ocakları ve çay bahçeleri ise, bireylerin bir araya gelerek sosyal etkileşimde bulunduğu mekânlar olarak öne çıkmaktadır. Çay içme eylemi düğün, nişan, cenaze gibi bazı tören ve kutlamalarda, aile, arkadaşlar ve komşular arasındaki sohbetlerin ve bağların güçlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Genellikle demlik ve çaydanlık kullanılarak demlenen ve ince belli bardak ile servis edilen çayın sunumu da Türk kültürünün önemli, ayrılmaz bir parçası olarak görülmektedir. Günlük yaşamda ise çay, özellikle sabah kahvaltısında ve akşam yemeklerinden sonra sıklıkla tüketilmektedir. Türkiye, dünya genelinde kişi başına en fazla çay tüketen ülkelerden biridir. Türkiye’de çay içmek, günlük yaşamın vazgeçilmez bir alışkanlığı haline gelmiştir. Son yıllarda Karadeniz bölgesi, özellikle Rize, çay kültürünü ve mirasını tanıtan yerel festivaller ve etkinlikler ile çayın kültürümüzdeki yerini güçlendiren faaliyetlerle öne çıkmaktadır (Erşahin, 2021; İstikbal, 2020).

Birçok ülkede çay tarımı önemli bir istihdam kaynağıdır. Milyonlarca insan, özellikle Hindistan, Çin, Kenya ve Sri Lanka gibi ülkelerde geçimini çay yetiştiriciliğinden, işlenmesinden ve satışından sağlamaktadır. Bu ülkelerde çay tarımının özellikle kırsal bölgelerde gelir düzeyi düşük insanların bütçelerine önemli katkısı olmaktadır. Diğer taraftan, çay yetiştiriciliği yalnızca çay çiftçilerine değil aynı zamanda küçük ölçekli üreticilere, aile işletmelerine, işleme ve dağıtımda çalışan işçilere de gelir sağlamaktadır. Çay, dünyada en fazla ticareti yapılan tarımsal ürünlerden biridir. Küresel çay pazarı önemli ölçüde büyümüştür ve özellikle sağlık bilincine sahip pazarlarda farklı çeşitlere (yeşil çay, siyah çay ve bitki çayları gibi) olan talep artmaktadır. Organik ve iyi tarım uygulamaları gibi özel çaylara olan artan talep, üreticiler için ekonomik büyüme ve artan fiyat potansiyeli sunmaktadır. Çay endüstrisi, genellikle yollar, işleme tesisleri ve ulaşım gibi altyapı yatırımlarını teşvik ederek çay üreten bölgelerde ekonomik kalkınmayı artırmaktadır. Bu bölgelerde yapılan yatırımlar, çayın pazarlara ulaşımını kolaylaştırmak amacıyla yollar, demiryolları ve limanlar inşa etmeyi içermektedir. Sri Lanka’daki Çay Hasat Festivali veya Çin’deki çay turları gibi çay bahçelerine yönelik programlar ve festivaller turistleri çekerek yerel ekonomilere katkıda bulunabilmektedir. Tadımlar ve törenler de dâhil olmak üzere çayla ilgili kültürel deneyimler, kültürel turizm fırsatlarını artırarak ziyaretçileri çayın etrafındaki miras ve

kültürel uygulamalara yönlendirmektedir (Chang ve Brattlof, 2015; Gunathilaka ve Tularam, 2016; Hicks, 2001; Islam, Ema, Chakrobortty, Jahan ve Hossain, 2021; Li, 2022).

Ülkemizde hem bölgesel hem de ulusal katkılarıyla çay önemli bir tarımsal değerdir. Türkiye, dünyanın önemli çay üreticilerinden biridir. Çay endüstrisi, ülkenin tarımına ve ekonomisine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Yerli markaların yanı sıra, uluslararası firmalar da Türkiye’de çay üretimi yapmaktadır. Çay tarımı, özellikle çay plantasyonlarının yaygın olduğu başta Rize olmak üzere Doğu Karadeniz Bölgesinin kırsal kesimlerinde binlerce ailenin geçimine katkıda bulunmaktadır. Türkiye, ürettiği çayı tüketmenin yanı sıra paketlenmiş çay ürünlerini ihraç ederek ekonomik fırsatlar yaratmakta ve döviz kazancı sağlamaktadır. Yerli çay markaları, yurtdışında Türk çayını tanıtmakta ve pazarlama faaliyetlerinde bulunmaktadır. Özellikle Orta Doğu ve Avrupa pazarları, Türkiye’nin çay ihracatında belirleyici bir rol oynamaktadır. Ülkemizde yavaş yavaş hareketlenmeye başlayan çay turizmi, ziyaretçilerin çay bahçelerini ve yerel çay üreticilerini keşfetmelerini sağlamakta ve çay tadım deneyimleri aracılığıyla hem kültürel etkinliklere hem de bölge ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Yapılan festivaller ve etkinlikler de benzer şekilde ekonomiye pozitif etki yapmaktadır. Çaydanlıklar, fincanlar ve diğer çay ekipmanlarının üretimi, çay kültürü ile bağlantılı olarak dinamik bir sektörü ekonomik olarak şekillendirmektedir. Kafeler, restoranlar ve çay bahçeleri, çayın tüketiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu sektör, turizmin de katkısıyla büyümekte, dinamik bir ekonomik pazar oluşturma potansiyeline katkı sunmaktadır (Güneroğlu, Kaya Şahin ve Kahveci, 2018; İnal, 2021; Mendi, 2018; ul Haq ve Boz, 2018).

## **2.1. ÇAY ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

### **2.1.1. Coğrafi Faktörler**

Çay bitkisi belirli bir sıcaklık aralığı ve düzenli yağışa sahip subtropikal ve tropikal iklimlerde yetişmektedir. Hindistan ve Sri Lanka’nın bazı bölgeleri gibi muson iklimine sahip alanlar, çay yetiştiriciliği için oldukça elverişlidir. Bu bölgelerdeki tipik iklim koşulları (yaklaşık 20-30°C) ve bol yağış (yılda yaklaşık 1000-2000 mm) çay yetiştiriciliğini daha da ideal hale getirmektedir. Yüksek rakımlı bölgelerdeki (örneğin Hindistan’daki Assam ve Darjeeling, Sri Lanka ve Çin’in bazı bölgeleri) çay bitkileri düşük sıcaklık sebebiyle daha



yavaş büyüme hızına sahiptir. Ayrıca yüksek rakımlar da genellikle çayda zengin aromanın öne çıkmasına katkıda bulunmaktadır. Örneğin, Hindistan'dan gelen Darjeeling çayı, 600 ila 2.000 metre arasındaki rakımlarda yetiştirilmektedir ve bu çay pazarda oldukça değerli bir yere sahiptir. Toprağın kalitesi ve türü çayın büyümesini ve lezzetini etkilemektedir. İyi drene edilmiş, organik madde açısından zengin asidik topraklar çay yetiştiriciliği için idealdir. Örneğin Assam (Hindistan) ve Nilgiri Tepeleri gibi bölgeler, üretilen çayın kalitesine katkıda bulunan verimli topraklarıyla bilinmektedir. Dağ yamaçları ve vadi tabanları gibi morfolojik yapılar, mikro iklimlerin oluşumunu destekleyerek çay üretimini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Çay tarımında kritik öneme sahip bölgeler, deniz seviyesinden yükseklikleri ve yönleri bakımından belirgin farklılıklar göstermektedir. Birçok çay üretim bölgesi, ürünün coğrafi kökenine göre adını ve itibarını koruyan coğrafi işaretler oluşturmuştur. Coğrafi işaretler benzersiz bölgesel çay türlerini tanıtarak pazarlama avantajı yaratabilmekte ve yerel ekonomileri geliştirebilmektedir (Ercisli, 2012; İrdem, 2022; Lou vd., 2014; Zhao vd., 2022).

### 2.1.2. Kültürel Faktörler

Farklı bölgelerde çay yetiştiriciliği ve işleme yöntemleriyle ilgili benzersiz kültürel uygulamalar bulunmaktadır. Örneğin, Çin çay kültürü zanaatkarlık yöntemlerine ve zanaatkarlığa güçlü bir vurgu yaparken, Hint çay üretimi genellikle seri üretim tekniklerine odaklanmaktadır. Bununla beraber yerel gelenekler ve görenekler de çay yetiştirme yöntemlerini ve işleme tekniklerini şekillendirmektedir. Örneğin, Japon çay seremonisi, titiz hazırlama ve sunumuyla dikkat çekmektedir; bu durum matcha ve yüksek kaliteli yeşil çayın üretimini de etkilemektedir. Birçok kültürde çay günlük yaşama ve sosyal ritüellerle bütünleşmiş haldedir. Örneğin, Türkiye'de çay üretimi toplumsal etkileşimi teşvik eden sosyal geleneklerle ilişkili olması sebebiyle fazla tüketilen bir üründür. Bu sebeple Türkiye'de yüksek hacimli üretim kapasiteli işletmeler öne çıkmaktadır. Kültürel zevkler, farklı bölgelerde tercih edilen çay türlerini etkilemektedir. Farklı kültürlerde çayın tüketim şekilleri, çeşitlerin seçimi ve hazırlama yöntemleri, çay üretimi üzerindeki etkilerini çeşitli boyutlarda göstermektedir. Bu durum, her bölgenin kendine özgü çay kültürünü ve geleneklerini oluşturmakta ve çayın global pazardaki yerini etkilemektedir. Örneğin, bazı kültürlerde siyah ve oolong çaylar yaygın olarak tercih edilirken,

diğerlerinde yeşil veya beyaz çayların tüketimi ön plandadır. Siyah çay Türkiye ve Britanya'da yaygın olarak tüketilirken, yeşil çay Doğu Asya kültürlerinde tercih edilmektedir. Bu farklılıklar özellikle ihracatçı ülkelerde neyin yetiştirilip pazarlanması gerektiği hususunda etkilidir. Geleneksel çaylara ilgi duyan ülkelerde (Hindistan ve Çin gibi), odak noktası miras üretim yöntemlerini sürdürmekken, Batı ülkelerinde el işçiliği öne çıkan çaylara ve egzotik karışımlara olan ilgi artmaktadır (Aykaç, Uzun ve Özçelikay, 2014; Tong, Toppinen ve Wang, 2021). Yerel ekonomiler ve planlamalar da üretim ölçeğini etkilemektedir. Kenya ve Hindistan gibi çayın önemli bir ihracat kalemi olduğu ülkelerde, karlılığın ön plana alınması yetiştirme ve işleme yöntemlerinde yenilikleri teşvik edebildiği gibi, engel durumlar da oluşturabilmektedir. Kültürel bağlam, çay üretimindeki işgücü uygulamalarını da etkilemektedir. Çayın kültürel açıdan önemli olduğu bölgelerde, kadınların çay tarımında ve üretimindeki rolü ön plana çıkmaktadır. Birçok bölgede, kadınlar hem yetiştirme hem de işlemede önemli rol almakta ve işgücü dinamiklerini ve topluluk yapılarını etkilemektedir. Bazı bölgeler mevsimlik göçmen işçilere bağımlı olabilirken, diğerlerinde yerel halk tarım ve üretim alanında daha fazla pay almaktadır. Çay etrafında şekillenen kültürel ritüeller ve törenler, çayın üretimini ve tüketimini derinden etkilemektedir. Örneğin, Japonya'da matcha çayına adanmış törenler, bu geleneklere hitap ederek belirli yetiştirme uygulamaları, üretim yöntemleri ve ticaret biçimlerini teşvik edebilmektedir. Bu tür ritüeller, çayın kültürel değerini artırırken, aynı zamanda üretim süreçlerini de şekillendirmektedir. Diğer taraftan Budist geleneklerinde çayın farkındalık ve meditasyonla ilişkisi, çayla ilgili festivaller ve törenler, üretim döngülerini ve geleneksel hasat yöntemlerini etkileyebilmektedir. (Artivira, 2024; Kinyua, 2016; Mwangi, 2014).

Ülkemizde de coğrafi ve kültürel faktörler çayın üretiminde bölge ve ülke dinamikleri açısından önemli etkiye sahiptir. Karadeniz bölgesi, çay yetiştiriciliği için ideal olan bol yağışlı, nemli ve ılıman bir subtropikal iklimte sahiptir. Özellikle Rize'de üretilen Türk çayı, coğrafi işaret planları kapsamında tanınmaya başlamıştır. Bu tanınma, Rize çayının benzersizliğini tanıtmak için önemlidir ve ekonomik avantajlar sağlamaktadır (Rize Ticaret Borsası, 2021). Kültürel bir sembol olarak Türkiye'de günlük yaşamın ve sosyal etkileşimin önemli bir parçası olan çay, bu etkisi ile çay üretimine olan yüksek talebi teşvik etmektedir. Türkiye'deki çay tarımı büyük şirketler veya

kooperatiflerden ziyade şahıslar ve aile içindeki işgücü ile sağlanmaktadır. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de kadınlar hem çayın yetiştirilmesinde hem de hasadında önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye'de fabrikasyon ölçekli geleneksel çay üretimi baskın olsa da, genç tüketiciler arasında bitkisel ve özel çaylara olan ilginin artması ile özellikle kalite odaklı, küçük kapasiteli üretime yönelik butik çay üretimi de artış göstermekte ve bölge halkı için daha yüksek ekonomik kazançlara imkân tanımaktadır (Aydınbaş ve Şimşek, 2024; Güneş, 2011; İstikbal, 2020).

### 2.1.3 Tüketici Talebi

Tüketici talebinin çay üretimi üzerindeki etkisi önemli ve çok yönlüdür. Talep çay yetiştiriciliğinden, işleme ve pazarlamaya kadar çay tedarik zincirinin çeşitli yönlerini etkilemektedir. Tüketici talebinin çay üretimini nasıl şekillendirdiği konusunda dikkate alınması gereken bazı önemli noktalara aşağıda değinilmiştir.

Talepteki artış, üreticilerin çay üretimini artırmasına sebep olmaktadır. Tüketicilerin çaya olan ilgisi ve tüketim düzeyleri, çiftçilerin ekim alanlarını genişletmelerine veya daha fazla iş gücü istihdam etmelerine yol açabilmektedir. Tüketici talepleri, çeşitli çay türleri ve formlarına olan ilgiyi artırma potansiyeline sahiptir (örneğin, yeşil çay, siyah çay, bitki çayları). Bu durum, üreticilerin çeşitliliği artırarak daha geniş bir ürün yelpazesi sunmalarına yol açmaktadır. Tüketici tercihleri geliştikçe, kaynağı belli, artistik, el emeği yüksek çaylar gibi özel ve birinci sınıf çaylara olan talep artmaktadır. Bu durum üreticileri ürünlerinde çeşitliliğe gitmeye ve miktardan ziyade kaliteye de odaklanmaya teşvik etmektedir. Ayrıca tüketiciler giderek daha farklı lezzet profilleri ve karışımları aramakta ve bu da aromalı çayların (örneğin meyve aromalı, bitkisel karışımlar) ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu durum, üreticileri pazar taleplerini karşılamak için yeni lezzetler ve karışımlar denemeye yöneltmektedir. Artan talep, üreticilerin kalite standartlarını yükseltme zorunluluğunu da doğurmaktadır. Tüketicilerin yüksek kaliteli ürün arayışı, çiftçilerin üretim tekniklerini ve ürünlerini geliştirmesini teşvik etmektedir (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2022a, 2024a; Kılıç, Gündüz, Eryılmaz ve Emir, 2014). Yüksek talep bazen çay fiyatlarında artışa neden olmaktadır. Fiyat artışı, üreticiler için kârlılığın artmasını sağlarken, bu durum aynı zamanda tüketici üzerinde de baskı

oluşturmaktadır. Eğer tüketici talebinde bir azalma meydana gelirse, fiyatlar düşebilir ve bu da üretim planlarını olumsuz etkileyebilir. Artan talep, üreticileri hem yerel hem de uluslararası pazar varlıklarını genişletmeye teşvik etmektedir. Sağlıklı yaşam eğilimleri ve organik ürünlere yönelik artan talep, çay üreticileri için yeni pazar fırsatları ortaya koymaktadır. Çiftçiler, bu talepleri karşılayabilmek amacıyla organik veya özel çay çeşitlerine yönelim göstermektedir. Hazır çay ürünlerinin popülaritesi, özellikle pratiklik odaklı genç tüketiciler arasında artış göstermektedir. Bu trend, çay üreticilerini işleme ve hazır çay ürünlerine yatırım yapmaya itmekte ve bu da farklı üretim ve pazarlama stratejileri gerektirmektedir. Tüketici tercihleri bireyselliğe doğru kaydıkça, tek kişilik paketleme, çay kapsülleri ve poşetlere olan talep de artmaktadır. Üreticiler, bu tüketicileri çekmek için paketleme stratejilerini değiştirmekte bu da yenilikçi paketleme ve formatlara yönelimi teşvik etmektedir (Çalmaşur, 2018; FAO, 2022b).

Tüketicilerin sürdürülebilir ve etik üretim yöntemlerine olan ilgisi, üreticileri daha çevre dostu uygulamaları benimsemeye teşvik etmektedir. Bu gelişme hem üretim süreçlerinin hem de tarımsal uygulamaların değişmesini sağlamaktadır. Tüketiciler çay üretimiyle ilgili çevresel ve etik sorunların giderek daha fazla farkına varmaktadır. Etik hususları gözeten firmalara ait çaylara olan talep artmaktadır. Bu da üreticilerin sürdürülebilir çiftçilik uygulamalarını, adil ticaret sertifikalarını ve çevre dostu ambalajları benimsemesine yol açmaktadır. Diğer taraftan tüketiciler çaylarının kökenleri konusunda daha fazla şeffaflık talep etmekte ve bu da üreticilerin tedarik zincirleri ve çiftçilik yöntemleri hakkında ayrıntılı bilgi sağlamasını gerekli kılmaktadır. Çayın antioksidan etkisi ve sağlıklı yaşama yönelik yapısında doğal olarak bulunan bileşenler sebebiyle sağlık yararına olan etkisi sayesinde çaya yönelik ilgi artmaktadır. Bu talep, belirli sağlık yararları (örneğin, detoks, sindirimi kolaylaştırma) için pazarlanan bitkisel çaylar, yeşil çaylar ve diğer çeşitlerin üretimini teşvik etmektedir. Bu durum, birçok üreticiyi organik tarım uygulamalarını benimsemeye yönlendirirken, aynı zamanda sağlık bilincine sahip tüketicilere hitap etmek amacıyla ilgili sertifikaları almaya da teşvik etmektedir. Böylece hem sürdürülebilir tarım yöntemleri desteklenmekte hem de tüketicilere daha sağlıklı seçenekler sunulmaktadır (TATA, 2020a; Tran ve Goto, 2019). Bazı çay türlerine (örneğin buzlu çaylar) olan talep mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. Buna göre de üreticiler, yetiştiricilik ve üretim

programlarını mevsimsel talebe göre şekillendirmektedir. Bununla beraber, farklı bölgelerin farklı çay tercihleri vardır ve bu da üretim kararlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Tüketici talebi Türkiye'deki çay üretimini de önemli ölçüde etkilemektedir ve özellikle iç talep üretim ölçeğini ve kalitesini şekillendirmektedir. Türkiye'deki tüketici talebi, yetiştiricilik uygulamaları, ürün inovasyonu, çay üretimi ve pazarlama stratejilerini etkileyen kritik bir itici güçtür. Siyah çay tüketici için geleneksel tercih olmaya devam etmekle birlikte artan sağlık bilinci, organik ürünlere olan ilgi, tüketmesi kolay ürünlerin trendi gibi faktörler Türk çayının nasıl üretileceğini ve pazarlanacağını yeniden şekillendirmektedir (Aytekin, 2023; Dubey, Janve, Ray ve Singhal, 2019; Tüylüoğlu, 2022).

## 2.2 DÜNYA ÇAY ÜRETİMİNDE ÖNEMLİ ÜLKELER

Dünyada çay üretiminde ilk sırada olan Asya kıtası küresel çay alanlarının %90'ından fazlasını oluşturmakta ve onu Afrika kıtası takip etmektedir (Peng vd., 2024). Dünyada son beş yılda yaş çay üretimi %10,1 artarak 2022 yılında 29.760.667 tona ulaşmıştır. Çay yetiştiriciliğinin yaklaşık 60 ülkede yapıldığı bilirse de günümüzde yoğun olarak 45 ülkede yapılmaktadır (Şekil 1). Çin 2022 yılında 14.542.600 ton yaş çay üretimi ile 1. sırada yer almış ve dünya yaş çay üretiminin %48,8'ini gerçekleştirmiştir. Çin'i sırasıyla Hindistan, Kenya, Sri Lanka, Türkiye ve Vietnam takip etmiştir (Tablo 1) (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database [FAOSTAT], 2024). Bu ülkeler dünya çay üretiminin %90'ını gerçekleştirmiştir.



Şekil 1: Dünyada çay yetiştiriciliğinin yapıldığı 45 ülke (FAOSTAT, 2024)

**Tablo 1:** Dünya yaş çay üretiminde önemli ülkeler (FAOSTAT, 2024)

| No | Ülke                          | Hasat Alanı (ha) | Verim (kg/ha) | Yaş Çay Üretim Miktarı (t) |
|----|-------------------------------|------------------|---------------|----------------------------|
| 1  | Çin                           | 3.404.392        | 4.272         | 14.542.600                 |
| 2  | Hindistan                     | 587.219          | 10.165        | 5.969.000                  |
| 3  | Kenya                         | 250.800          | 9.274         | 2.326.000                  |
| 4  | Sri Lanka                     | 267.187          | 5.240         | 1.400.000                  |
| 5  | Türkiye                       | 83.200           | 15.625        | 1.300.000                  |
| 6  | Vietnam                       | 112.204          | 9.953         | 1.116.746                  |
| 7  | Endonezya                     | 100.517          | 5.919         | 595.000                    |
| 8  | Bangladeş                     | 56.646           | 7.768         | 440.000                    |
| 9  | Arjantin                      | 34.681           | 10.187        | 355.144                    |
| 10 | Uganda                        | 35.191           | 9.264         | 326.000                    |
| 11 | Japonya                       | 36.900           | 8.239         | 304.000                    |
| 12 | Malavi                        | 16.989           | 12.220        | 207.600                    |
| 13 | Ruanda                        | 32.800           | 4.891         | 160.420                    |
| 14 | Birleşik Tanzanya Cumhuriyeti | 16.647           | 6.608         | 110.000                    |
| 15 | Tayland                       | 21.123           | 5.169         | 109.194                    |
| 16 | Nepal                         | 18.700           | 5.743         | 107.400                    |
| 17 | Myanmar                       | 92.166           | 1.072         | 98.766                     |
| 18 | İran                          | 16.512           | 5.661         | 93.479                     |
| 19 | Zimbabve                      | 4.352            | 14.477        | 63.000                     |
| 20 | Burundi                       | 8.203            | 6.144         | 50.400                     |

2022 yılında dünyadaki başlıca çay çeşitlerinin üretim miktarları Şekil 2'de gösterilmiştir. Dünya kuru çay üretimi (siyah, yeşil, instant ve diğer çeşitler) son on yılda yıllık ortalama %3,2 artış göstererek 2022'de 6,7 milyon tona ulaşmıştır. Küresel çay üretimindeki bu büyümenin temel nedeni, özellikle Çin'deki artan iç talep ve yükselen tüketici sağlığı bilincidir. Çin'deki çay üretimi, 2013 yılında 1,92 milyon tondan 2022'de 3,34 milyon tona çıkarak yıllık %5,9'luk bir artış göstermiştir. Bu süreç hem yerel tüketimin hem de uluslararası pazarın büyümesine katkıda bulunmuştur (FAO, 2024b).



Şekil 2: Dünyada siyah ve yeşil çay üretim miktarları (FAO, 2024b).

### 2.2.1. Çin

Çay, Çin'in geleneksel tarımsal ürünlerinden biri olduğu kadar, aynı zamanda önemli bir ihracat ürünüdür. Çin'de çay endüstrisinin gelişimi yalnızca kırsal ekonomiyi ve istihdamı yönlendirmekle kalmamış, aynı zamanda çay kültürünün miras alınmasını ve gelişimini de teşvik etmiştir (Liu, 2023). Küçük ölçekli çay bahçeleri Çin'deki çay yetiştiriciliği yapısının temel unsurlarından birisidir. Bugün, büyük ölçekli bahçelere sahip bazı şirketler olmasına rağmen, genel olarak, Çin çay bahçelerinin ortalama hane alanı 0,10-0,15 hm<sup>2</sup>'dir (Pu, 2020). Çay sektöründe 15 milyonu küçük çiftçi olmak üzere yaklaşık 80 milyon Çin vatandaşı çalışmakta ve 70.000'den fazla çay işletmesi faaliyet göstermektedir (Bermudez, Voora, Larrea ve Luna, 2024). Yoğun üretim alanlarından elde edilen çay geliri, çiftçilerin gelirinin %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır (Wu, Sun ve Yang, 2020).

Çin'deki çay bölgeleri, ekolojik koşullara, üretim geçmişine, çay bitkisi çeşidi ve çeşit dağılımına göre dört ana bölgeye (Güney, Güney-Batı, Güney Yangtze ve Kuzey Yangtze) ayrılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3: Çin'de çay yetiştiriciliğinin yapıldığı 4 bölge (Liu, 2023)



Şekil 4: Çin'de çay yetiştiriciliğinin yapıldığı eyaletler (Liu, 2023; Xiao, Huang, Zang ve Yang, 2018)

2022 yılında Çin'de 3.404.392 ha çay bahçesinden 14.542.600 ton yaş çay elde edilmiştir (FAOSTAT, 2024). Hasat edilen yaş çay yapraklarından yaklaşık 3,2 milyon ton kuru çay üretilmiştir. Çay, Çin'in güneyindeki 4 ana



bölgede yer alan 20 eyalette yetiştirilmektedir (Şekil 4). Üretilen çayın %58,3 yeşil, %15,2'si siyah, %13,4'ü pu-erh, %9,8'i oolong ve %3,4'ü diğer çaylardan oluşmaktadır ("China Tea Report: Production", 2023).

Çin'de çay, genellikle oksidasyon derecesine göre altı farklı çeşitte üretilmektedir: Bunlar, yeşil çay, siyah çay, oolong çayı, pu-erh çayı, beyaz çay ve sarı çaydır. Yeşil çay çoğunlukla Zhejiang, Jiangsu, Fujian, Anhui, Hunan, Yunnan eyaletlerinde, siyah çay çoğunlukla Fujian, Guangdong, Hunan, Yunnan, Sichuan eyaletlerinde, oolong çay çoğunlukla Fujian, Guangdong, Tayvan'da üretilmektedir. Pu-erh çoğunlukla Yunnan, Hunan, Sichuan beyaz çay ise çoğunlukla Fujian ve Yunnan eyaletlerinde üretilmektedir. Sarı çay ağırlıklı olarak Anhui, Hunan eyaletlerinde üretilmektedir (Liu, 2023).

### 2.2.2. Hindistan

Hindistan'ın 16 eyaletinde çay yetiştirilmekte olup Assam, Batı Bengal, Tamil Nadu ve Kerala olmak üzere dört eyalet, ülkenin toplam çay üretiminin yaklaşık %96'sını gerçekleştirmektedir. Hindistan'daki toplam çay alanının %78'i Kuzey Doğu Hindistan'da bulunmaktadır. (Soni, Katoch, Kumar, Ladohiya ve Verma, 2015).

Hindistan, dünyanın en büyük ikinci çay üreticisi ülkesidir. Hindistan'da 1.600'den fazla çay bahçesi ve 500.000'den fazla çay çiftçisi bulunmakta ve çay sektöründe 3 milyondan fazla insan istihdam edilmektedir.

2022 yılında Hindistan'da 587.219 ha çay bahçesinden 5.969.000 ton yaş çay elde edilmiştir (FAOSTAT, 2024). Hasat edilen yaş çay yapraklarından 1,3 milyon ton kuru çay üretimi gerçekleştirilmiştir. Hindistan'da çay yetiştiriciliğinin yapıldığı ana bölgeler Şekil 5'te gösterilmiştir. Üretilen çayların %98,5'i siyah çay (%89'u ctc, %9,5'i ortodoks) ve %1,5'i yeşil çaydan oluşmaktadır (Tea Board India, 2023). Darjeeling, Assam, Nilgiri, Kangra, Sikkim çayları tadı, aroması vb. özellikleri ile dünya çapında bilinen çaylardır (India Brand Equity Foundation, 2024).



Şekil 5: Hindistan'da çay yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgeler (Lagad vd., 2013)

### 2.2.3. Kenya

Kenya'da çay, yüksek rakımlı bölgelerde ve deniz seviyesinden 1500 metre ile 2700 metre arasındaki yüksek rakımlarda yetiştirilmektedir. Çay yetiştirilen yüksek rakımlı bölgeler Nakuru, Narok, Kericho, Bomet, Nyamira, Kisii, Kakamega, Bungoma, Vihiga, Nandi, Elgeyo Marakwet, Trans-Nzoia, Kiambu, Murang'a, Nyeri, Kirinyaga, Embu, Tharaka-Nithi ve Meru'yu içeren 19 bölgeye yayılmıştır (Şekil 6) (Tea Board of Kenya, 2023).

Ülkenin çay üretiminde kullandığı yapı hem küçük hem de büyük ölçekli plantasyon sistemlerinden oluşmaktadır. Çay endüstrisi yaklaşık 5 milyon insan için doğrudan veya dolaylı bir destek sağlamaktadır. Tahminen 650.000 çay yetiştiricisi çay ile geçimini sağlamaktadır. Kenya çayının %60'ını küçük çiftçilerden üretirken, %40'ı büyük arazilerden elde edilmektedir (Ngeno, 2023). Siyah çay, mor çay, yeşil çay, beyaz çay, oolong çay, sarı çay üretilen çay çeşitlerindedir Kenya'da üretilen çayın yaklaşık %95'i siyah çaydır. Geri kalan bölüm ise yeşil çay ve diğer özel çay türlerinden oluşmaktadır (Tea Board of Kenya, 2023).

2022 yılında Kenya'da 250.800 ha çay bahçesinden 2.326.000 ton yaş çay elde edilmiştir (FAOSTAT, 2024). Hasat edilen yaş çay yapıklarından 535 milyon kg kuru çay üretimi gerçekleştirilmiştir.

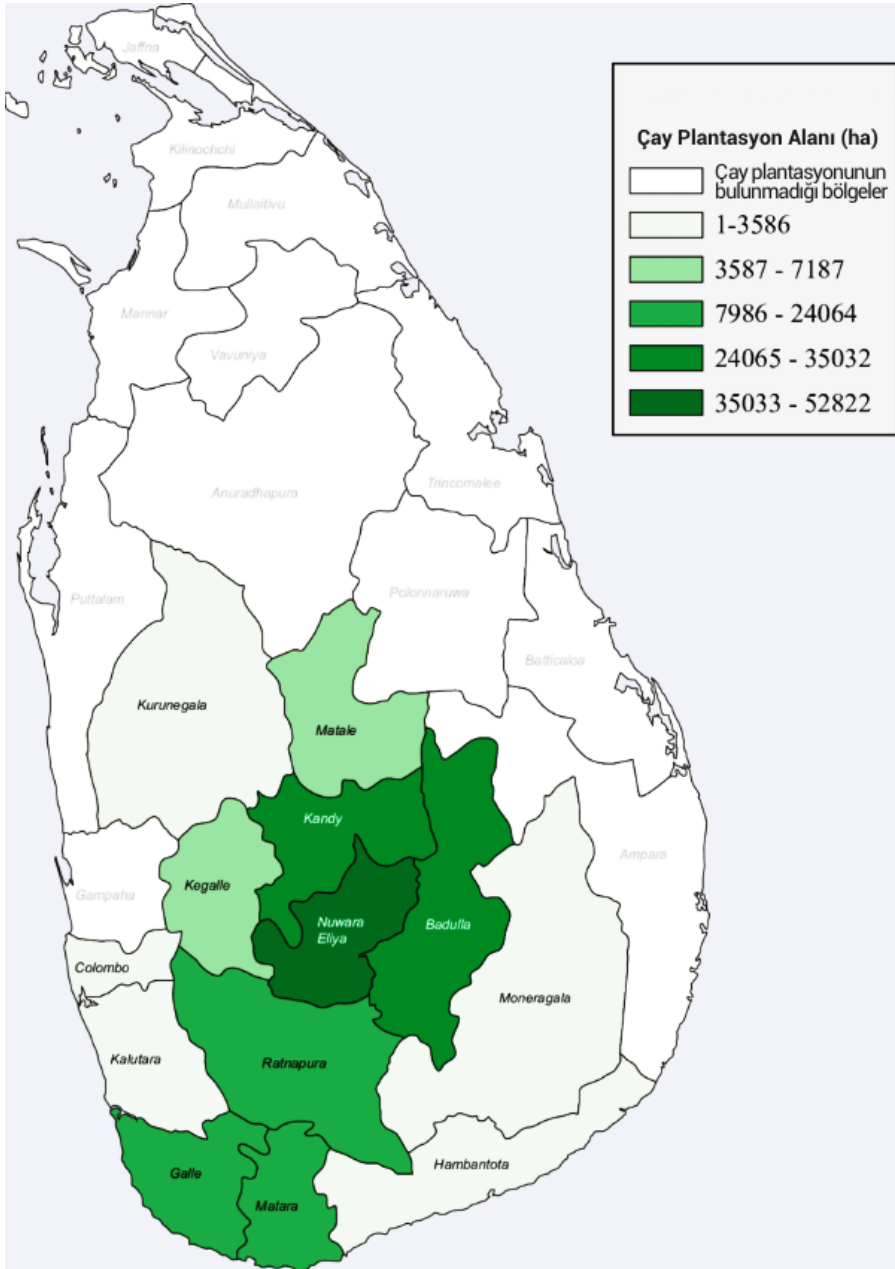


Şekil 6: Kenya'da çay yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgeler (Tea Board of Kenya, 2023)

#### 2.2.4. Sri Lanka

Sri Lanka'daki tarım arazilerinin %28'i çay yetiştiriciliğine ayrılmıştır. Ülkede rakıma göre gruplandırılmış üç ana çay yetiştirme bölgesi bulunmaktadır. Bu bölgeler; deniz seviyesinden 600 m'ye kadarki bölgeler (alçak), 600 m'den 1.200 m'ye kadar olan bölgeler (orta) ve 1.200 m'nin üzerindeki bölgeler (yüksek) olarak tanımlanmaktadır. Farklı bölgede yetiştirilen çayların tadı, aroması ve aroması, bu bölgelere özgü koşullardan etkilenmektedir. Sri Lanka'nın çay yetiştirilen bölgeleri, çoğunlukla adanın merkezi dağları ve güney eteklerindeki tepeler arasında kümelenmiştir (Şekil 7) (Sri Lanka Tea Board, 2022). Çay sektörü yaklaşık 1,5 milyon küçük çiftçiye gelir sağlamaktadır. Sri Lanka'da küçük çiftçilerin %84'ü bir dönümden az çay arazisine sahiptir (Esham, Wijeratne ve Rosairo, 2018).

Sri Lanka'da 2022 yılında 267.187 ha çay bahçesinden 1.400.000 ton yaş çay elde edilmiştir (FAOSTAT, 2024). Hasat edilen yaş çay yaprakları yaklaşık 946 adet çay fabrikasında işlenerek 251 milyon kg kuru çay üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu çayın %62'si alçak bölge, %22'si yüksek bölge ve %16'sı orta bölge çaylarıdır. (Sri Lanka Tea Board, 2022). Sri Lanka'da üretilen çayların %99,3'ü siyah çay (Ortodoks, etc) ve %0,7'si yeşil çaydır (Ministry of Industry and Entrepreneurship Development, 2022).

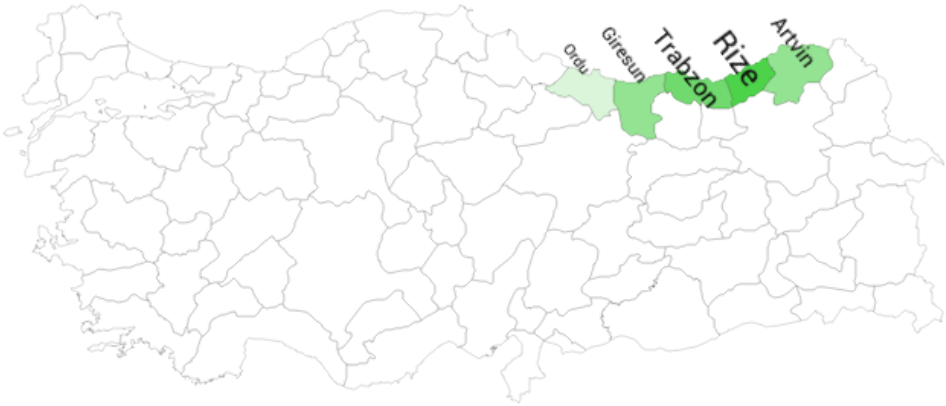


**Şekil 7:** Sri Lanka'da çay yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgeler (Esham, Wijeratne ve Rosairo, 2018)

### 2.2.5. Türkiye

Türkiye yaş çay üretimi bakımından dünyada 5. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2024). Ülke için önemli bir tarımsal ürün olan çay yetiştiriciliğinde Doğu Karadeniz Bölgesi önemli bir yere sahiptir. Gürcistan sınırından, Trabzon'un Araklı- Karadere sınırına kadar olan Karadeniz kıyı şeridi ve yer yer 30 km içerilere kadar giren ve yaklaşık 1000 m yüksekliklere kadar uzanan yamaçlar birinci sınıf çay bölgesi olarak tanımlanmıştır. Araklı Karadere'den başlayarak Ordu'nun Fatsa ilçesine kadar uzanan bölge ise ikinci sınıf çay bölgesi olarak tanımlanmıştır. Çay yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlar Şekil 8'de gösterilmiştir. Türkiye'de 205.118 üretici tarafından çay yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye'de çay tarımı çoğunlukla küçük aile işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır. Çay üreticilerinin yaklaşık %74'ü 5 da altında alana sahipken sadece %0,4'ü 20 da ve üzerinde alana sahiptir (Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü, 2019; Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü [TEPGE], 2023; Yazıcı, 2021).

Türkiye'de 2022 yılında 1.300.000 kg yaş çay 183 adet çay fabrikasında işlenerek 245.000 ton kuru çay elde edilmiştir ("Çay İstatistikleri", 2022; FAOSTAT, 2024). Üretilen yaş çayın %57,8'i özel sektör ve %42,2'si Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü [ÇAYKUR] tarafından işlenmiştir. Yaş çay üretiminin %64,6'sı Rize ilinde gerçekleştirilmiştir. Rize'yi sırasıyla Trabzon, Artvin, Giresun ve Ordu illeri takip etmiştir.



Şekil 8: Türkiye'de çay yetiştiriciliğinin yapıldığı iller (Yazıcı, 2021)

Türkiye’de üretilen çayın büyük çoğunluğu, ülke içinde tüketilmekte olan ve az bir miktarı ihraç edilen siyah çaydır. Türkiye’de üretilen çayın %98-99’u siyah çay ve %1-2’si yeşil çaydır (ÇAYKUR, 2017; TEPGE, 2023). Türkiye’de yeşil çay üretimi, siyah çaya kıyasla oldukça düşük düzeydedir. Tüketiciler arasında yeşil çaya olan ilgi günümüzde artmış olsa da toplam çay üretiminin çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır.

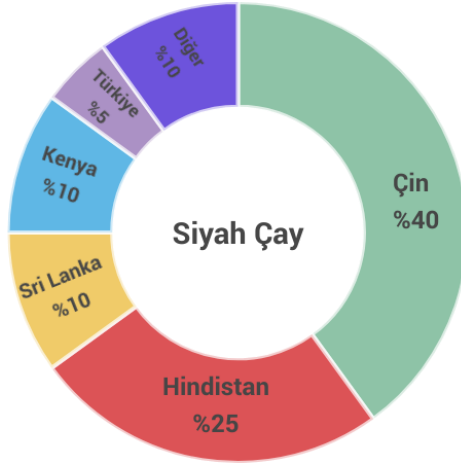
### **2.3. DÜNYADA FARKLI ÇAY ÇEŞİTLERİNİN ÜRETİM MİKTARLARI**

Dünyada 2022 yılında yaklaşık 6,7 milyon ton kuru çay üretimi gerçekleştirilmiştir. Yeşil, siyah ve oolong gibi farklı çay çeşitlerinin üretim miktarları; tüketici tercihlerinden, iklim koşullarından ve tarımsal uygulamalardan etkilenerek küresel ölçekte değişmektedir (Chang ve Brattlof 2015; Dufrene 2024; Eximperia, 2024; FAO 2022b, 2024b; Koca ve Bostancı 2014; “Tea Sector Report”, 2020).

#### **2.3.1 Siyah Çay**

Siyah çay, dünya çapında en yaygın olarak üretilen (%70-75) ve tüketilen çay çeşididir. Çin, Keemun ve Lapsang Souchong gibi siyah çay çeşitleri kaliteleriyle tanınmaktadır. Hindistan; Assam, Darjeeling ve Nilgiri gibi ünlü bölgeleri ile en büyük siyah çay üreticilerinden birisidir. Sri Lanka, genellikle ‘Seylan çayı’ olarak pazarlanan yüksek kaliteli siyah çayıyla ünlüdür. Kenya, Afrika’nın en büyük siyah çay üreticilerinden biridir ve yüksek hacimli üretimiyle bilinmektedir. Kenya siyah çayı genellikle karışımlarda kullanılmakta ve güçlü aroması ile bilinmektedir. Türkiye, Karadeniz kıyısındaki Rize ili başta olmak üzere Trabzon ve Artvin illeriyle siyah çay üretiminde önemli bir yere sahiptir. Siyah çayın diğer önemli üreticileri arasında küresel çay pazarına da katkıda bulunan Vietnam ve Endonezya gibi ülkeler yer almaktadır. Ülkelerin siyah çay üretimine göre payları Şekil 9’da gösterilmiştir.





Şekil 9: Çay üretici ülkelerin siyah çay üretim oranları

### 2.3.2 Yeşil Çay

Dünyada yeşil çay üretimi (%20-25) geleneksel olarak tüketimin daha fazla olduğu Çin ve Japonya'da yapılmaktadır. Çin, dünyanın en büyük yeşil çay üreticisi olup dünya üretiminin yaklaşık %45-50'sini oluşturmaktadır. Longjing (Dragon Well) ve Biluochun gibi çeşitli yüksek kaliteli yeşil çaylarıyla tanınmaktadır. Japonya, dünyanın yeşil çayının yaklaşık %25-30'unu üreten en büyük ikinci üreticidir. Japonyada üretilen; Sencha, Matcha ve Gyokuro gibi Japon yeşil çayları, lezzetleri ve sağlığa yararları nedeni önemli bir üne sahiptirler. Hindistan dünya yeşil çay üretiminin yaklaşık %10'unu karşılamakta ve özellikle Assam ve Darjeeling gibi bölgelerde yeşil çay üretimini artırmaktadır. Güney Kore, küresel pazarın yaklaşık %5'ini temsil eden bir üretime sahiptir. Jeongjak ve Ujeon gibi Kore yeşil çayları, benzersiz işleme yöntemleri ve lezzet profilleriyle ayırt edilmektedir. Yeşil çay üretimine katkıda bulunan diğer ülkeler arasında Tayvan (%5), Vietnam ve Güneydoğu Asya'daki birkaç ülke yer almaktadır. Yeşil çay pazarı, bu ülkelerdeki üretim stratejilerini etkileyebilecek sağlık ve zindelik ürünlerine yönelik artan küresel taleple birlikte gelişmeye devam etmektedir. Tüketici tercihleri değiştiğinde, yeşil çay üretiminin dinamikleri kalite ve sürdürülebilirliğe odaklanarak talebe uyum sağlamaya devam edecektir.

### 2.3.3 Oolong Çay

Dünyada oolong çayı üretiminin %2-3'ü ağırlıklı olarak Çin (özellikle Fujian ve Guangdong) ve Tayvan'da yapılmaktadır. Üretimi siyah ve yeşil çaylara göre daha az olsa da kendine özgü aroması ve işleme yöntemi sayesinde değer görmektedir. Çin, dünyanın toplam oolong çayı üretiminin yaklaşık %70-80'ini karşılayan en büyük oolong çayı üreticisidir. Çin'de oolong çayı üretimi için en önemli eyaletler Fujian (özellikle Wuyi Dağları ve Anxi) ve Guangdong'dur. Wuyi oolong ve Tieguanyin en ünlü oolong çeşitleri arasında yer almaktadır. Tayvan, küresel oolong çayı üretiminin yaklaşık %15-20'sine katkıda bulunan ikinci en büyük üreticidir. Tayvan'da oolong çayı üretimi için önemli bölgeler arasında Ali Shan, Sun Moon Lake ve Lishan yer almaktadır. Tayvan oolong çayları kaliteleri ve ayırt edici tatlarıyla bilinmektedir. Vietnam ve Hindistan gibi diğer ülkeler de oolong çayı üretmektedir ancak katkıları Çin ve Tayvan'a kıyasla nispeten düşüktür (%5'ten az). Oolong çayı, siyah ve yeşil çaylara kıyasla küresel çay pazarının daha küçük bir bölümünü oluşturmasına rağmen gün geçtikçe özel ve premium çaylara olan ilgi artmakta ve bu durum üretim stratejilerini potansiyel olarak etkilemektedir. Hem Çin hem de Tayvan, oolong çayıyla ilişkili zengin kültürel geleneklere sahiptir. Bu durum da iki ülkedeki yetiştirme uygulamalarını ve tüketici tercihlerini etkilemektedir (Dufrêne 2024).

## 2.4. DÜNYA ÇAY ÜRETİM VE TÜKETİMİNDE YENİ EĞİLİMLER

Çay tüketimiyle ilişkili sağlık yararları konusunda giderek artan bir farkındalık oluşmaktadır. Belirli faydalar (örneğin, detoks, uyku desteği ve sindirim kolaylığı) sağlamak üzere pazarlanan ürünler de giderek artan bir popüleriteye sahip olmaktadır. Artistik çaylar, genellikle el sanatları yöntemleriyle sınırlı sayıda üretilen çaylar olup bu çaylara yönelik artan bir ilgi oluşmaktadır. Bu eğilim, yeni deneyimlere daha açık olan genç tüketiciler arasında özellikle daha güçlüdür. Tüketiciler oolong, beyaz ve pu-erh gibi çeşitli çay türlerini araştırmaktadır. Belirli bölgelerden elde edilen yüksek kaliteli çaylar popülerlik kazanmaktadır (FAO 2022c; Suzuki ve diğerleri, 2016; Zhou ve Nuangjamnong 2023).

Doğaya ve çevreye karşı insanların duyarlılığı arttıkça, tüketicilerde sürdürülebilir ve çevre dostu uygulamalara yönelim oluşmaktadır. Birçok

tüketici pestisitlerden kaçınmak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını desteklemek için organik ürünleri tercih etmektedir. Bununla beraber üretim sürecinde adilane bir kaynak ve iş gücü kullanım prensibi de tüketicilerin gözünde tercih sebebi olarak değerlendirilmektedir. Organik ve Adil Ticaret gibi sertifikalar tüketiciler için önemli hale gelmekte ve satın alma kararlarını etkilemektedir. Tüketim alışkanlıklarının değişmeye başlaması, hazır içilebilir çay talebinin, özellikle batı pazarlarında hızla artmasını sağlamaktadır. Yeni ürünlere pozitif bakış açısı gibi etkenler tüketicilerin kolay taşınabilir ve tüketilebilir içecek seçeneklerine olan talebini arttırmaktadır. RTD (tüketime hazır) çaylar, köpüklü ve aromalı çaylar dâhil olmak üzere çeşitli tatlarda ve formüllerle tüketicinin karşısına çıkmaktadır. Bununla beraber buzlu ve soğuk demleme çaylar da özellikle daha sıcak aylarda tüketici açısından popüler bir tercih olmaktadır. Vitaminler veya bitkisel karışımlarla zenginleştirilmiş olanlar gibi RTD formatındaki fonksiyonel çaylar da tüketici gözünde çekicilik oluşturmaktadır. Tüketiciler, geleneksel çay yapraklarını meyveler, baharatlar ve farklı bitkilerle birleştiren yenilikçi ürünlere ve bitkisel karışımlara giderek daha açık hale gelmektedir. Küreselleşme, farklı çay kültürlerini ana akım pazarlara taşıyarak tüketicilere sunulan tatları etkilemektedir. Tüketiciler benzersiz tat deneyimleri aradıkça aromalı ve karışım çaylar yükselişe geçmektedir. Çay kapsülleri, çay poşetleri ve hazır çay tozları gibi çay formatlarındaki yenilikler, çayı tüketiciler için daha erişilebilir ve kullanışlı hale getirmektedir. Bu trend, hareket halindeyken içilebilen içecek seçeneklerine olan talebin artmasına katkıda bulunmaktadır. Bunlarla beraber dijital alışverişin yükselişi, tüketicilerin daha geniş bir yelpazede özel ve niş çay markasına erişmesine olanak tanımaktadır (Li ve diğerleri, 2024; Toklu ve Ustaahmetoğlu, 2016; Zhou, 2011).

Türkiye'deki çay tüketim trendleri, geleneksel uygulamalar ile gelişen modern tercihlerin bir karışımını yansıtmaktadır. Türkiye'nin çay tüketiminin bir fotoğrafı çekildiğinde, çaya ilişkin köklü bir kültürel bağ, artan sağlık bilinci ve organik ile pratik ürünlere yönelik bir geçişle şekillendiği görülmektedir. Geleneksel uygulamalar, modern trendlerle bir arada varlık göstererek Türk çay pazarını dinamik ve çeşitli bir yapıya kavuşturmaktadır. Özetle, siyah çay temel gıda maddesi olma özelliğini sürdürürken, bitkisel, özel ve organik çayların artışı ile hazır içim seçeneklerinin ivme kazanması hem geleneksel değerlere hem de modern tüketim tercihlerine hitap eden gelişen bir çay kültürünü

yansıtılmaktadır (Lafcı, 2013; Onurlubaş, Gözener, Aydemir ve Gençoğlu, 2017; Ögüt, 2009).

## 2.5. ÇAYIN FİYATLANDIRILMASI VE PİYASA DEĞİŞKENLİĞİ

Çayın fiyatlandırılması ve piyasa değişkenliği, arz ve talep dinamiklerini, üretim maliyetlerini ve dış piyasa koşullarını kapsayan çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Çay fiyatlarını etkileyen temel belirleyicilerin ve piyasa değişkenliğine katkıda bulunan faktörlerin genel bir görünümü şu şekildedir:

Çay verimindeki mevsimsel değişiklikler arzda periyodik artışlar veya düşüşler yaratarak fiyatları etkilemektedir. Ayrıca, ilk hasat (erken hasat) genellikle kalite algıları nedeniyle sonraki hasatlardan daha yüksek miktarda fiyatlandırılmaktadır. Genellikle elle toplanan ve özenle üretilen birinci sınıf çaylar daha yüksek fiyatlara satılmaktadır. İklim koşulları veya üretim yöntemleri nedeniyle kalitedeki değişiklikler piyasa fiyatlarını etkilemektedir. Tüketici tercihlerinin organik, özel veya sağlık odaklı çaylara doğru kayması da pazar talebini ve dolayısıyla fiyatları etkileyebilmektedir. Çayın kültürel bir değer olduğu ülkelerde, talep nispeten istikrarlıdır. Ancak, çay tüketiminin arttığı pazarlarda (örneğin, Batı ülkeleri), artan tüketici ilgisi fiyatlarda artışa sebep olabilmektedir. Üreticilerin yeni pazarlara ulaşma yeteneği (ihracat veya yeni perakende kanalları aracılığıyla) ve demografik değişimler de fiyatları etkileyebilmektedir (Ahmed ve diğerleri, 2014; Bermúdez ve diğerleri, 2024; Bui ve Nguyen, 2021).

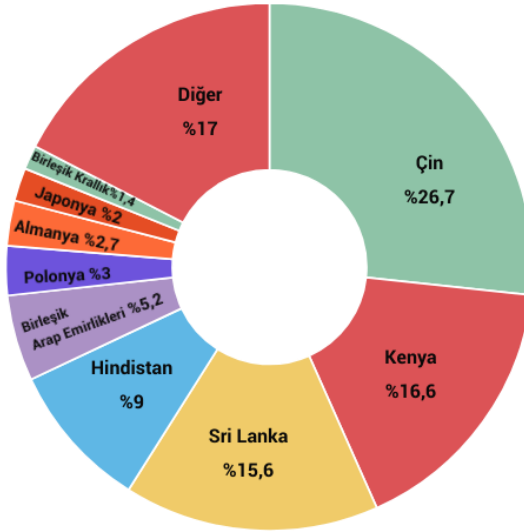
Önemli ithalatçı ülkelerdeki ekonomi, sağlık gibi çeşitli durumlar da çay talebini etkileyebilmektedir. Ekonomik büyüme dönemlerinde, tüketici harcamaları artmakta ve bu da genellikle birinci sınıf çay ürünlerine olan talebi artırmaktadır. Çay genellikle uluslararası olarak işlem gördüğünden, döviz kurlarındaki dalgalanmalar ithalat ve ihracat fiyatlarını etkileyebilmektedir. Yerel para biriminin başlıca para birimlerine karşı zayıflaması, ihracat gelirlerinin artmasına neden olmakta ancak aynı zamanda ithal edilen çay için daha yüksek maliyetlere de yol açabilmektedir. Enflasyon oranları da üretim ve nakliye maliyetlerini etkileyerek çay fiyatlarının artmasına neden olabilmektedir. Çay üretimi yoğun emek isteyen bir iştir. Genellikle yerel ekonomik koşullar veya düzenleyici değişikliklerden (asgari ücret yasaları gibi)

etkilenen işgücü maliyetlerindeki değişiklikler, üretim maliyetlerini ve dolayısıyla fiyatları etkileyebilmektedir. Gübre, zirai ilaç, işçilik ve enerji de üretim maliyetlerini etkilemektedir. Bu girdilerin fiyatlarındaki artışlar kâr marjlarını azaltabilir ve üreticilerin fiyatları artırmasına yol açabilmektedir. İklim değişikliği, çay verimini ve kalitesini etkileyen olağan dışı hava olaylarının (örneğin kuraklıklar, seller) sıklığını artırmaktadır. Bu tür değişiklikler arzda öngörülemezliğe yol açarak fiyat değişkenliğine neden olmakta ve özellikle ham madde fiyatlarını arttırabilmektedir. Fiyatlar yoğun hasat döneminde düşebilmekte ve durgun dönemlerde yükselebilmektedir (Elbehri, 2015; Öncirak, 2019; Uzundumlu, Karayar ve Bilgiç, 2021).

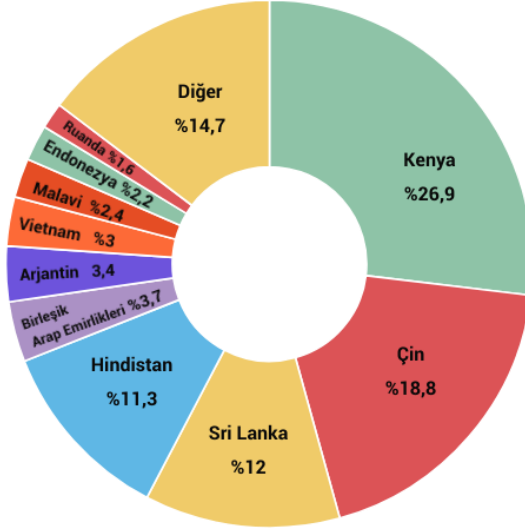
Çay piyasasındaki önemli rakiplerin varlığı ve eylemleri fiyatlandırmayı büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Örneğin, büyük bir üretici üretimi artırırsa veya fiyatları düşürürse, bu piyasa genelinde fiyat düşüşlerine veya değişkenliğe yol açabilmektedir. Vergiler, kotalar ve ticaret anlaşmaları çay ticaretini etkileyerek fiyatları değiştirebilmektedir. Örneğin, ithal çaya uygulanan artan gümrük vergileri daha yüksek iç fiyatlara yol açmaktadır. Tarımsal vadeli işlem piyasalarındaki spekülasyonlar çay fiyatlarında değişkenliğe sebep olabilmektedir. Küresel talep, özellikle çay ihraç eden ülkelerde yerel piyasalarda belirlenen fiyatları etkilemektedir. Tüketicilerin sürdürülebilir uygulamalara olan ilgisinin artması, üreticiler daha çevre dostu çiftçilik yöntemlerini benimsedikçe tedarik zinciri maliyetlerinde değişiklik yaşanabilmektedir. Örneğin, organik uygulamalara geçiş, başlangıçta maliyetleri artırmakta ve fiyatlandırma dinamiklerini etkilemektedir. Yüksek kaliteli çaylar genellikle daha yüksek fiyatlardan alıcı bulmaktadır. Yetiştirme yöntemleri, işleme teknikleri ve coğrafi işaretler gibi faktörler kaliteyi belirlemede rol oynamaktadır. Yaprığın sınıfı, üretim yöntemi, lezzet profili ve nadir üretim gibi faktörler çayın kalitesini ve fiyatını önemli ölçüde etkilemektedir. Elle toplanmış tomurcuklardan ve genç yapraklardan yapılan çaylar üstün tatları, aromaları sayesinde daha yüksek kaliteli çaylar üretilmesine imkân vermekte, bu da çayın daha yüksek fiyatlara satılmasını sağlamaktadır. Kitle pazarına hitap eden daha düşük kaliteli veya makinede işlenmiş çaylar ise daha uygun fiyatlara sahiptir (Ark, 2002; Hilal, 2015; Kurtuluş, 2022; Tuygun Toklu, 2021; Yıldız ve Koçan, 2021).

## 2.6. BAŞLICA ÇAY İHRACATÇISI ÜLKELER

2022 yılı verilerine göre dünyadaki çay ihracatçılarının önde gelen ülkeleri; Kenya, Çin, Sri Lanka, Hindistan, Vietnam ve Endonezya dâhil olmak üzere gelişmekte olan ülkelerdir (Suroso, Abdullah, Haryono ve Tandra, 2024). Dünyada çay ihracatından elde edilen gelir 8.326.701.000 Amerikan Doları değerindedir. Dünya çay ihracatı, son on yılda yıllık yüzde 0,5 artarak 2022'de 1,84 milyon tona ulaşmıştır (FAO, 2024b). Oldukça rekabetçi olan küresel çay pazarında Çin, Kenya, Sri Lanka gibi büyük ihracatçı ülkeler yarış içerisinde (Jagadeesh ve diğerleri, 2024). İhracat değeri bakımından Çin 2022 yılında 1. sırada yer alırken Çin'i sırasıyla Kenya, Sri Lanka, Hindistan, takip etmiştir. 2022 yılında Kenya, ihracat miktarı bakımından %26,9 pay ile en fazla çay ihracatı gerçekleştiren ülkedir. Bu ülkeyi Çin (%18,8), Sri Lanka (%12) ve Hindistan (%11,3) takip etmiştir. Dünyada 2022 yılında toplam 2.054.465 ton çay ihracatı gerçekleşmiştir (FAOSTAT, 2024). Başlıca çay ihracatçısı ülkelerin 2022 yılındaki ihracat değerleri ve miktarlarına göre payları Şekil 10 ve Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 10: Dünyada çay ihracat değeri bakımından ülkelerin payı (FAOSTAT, 2024)



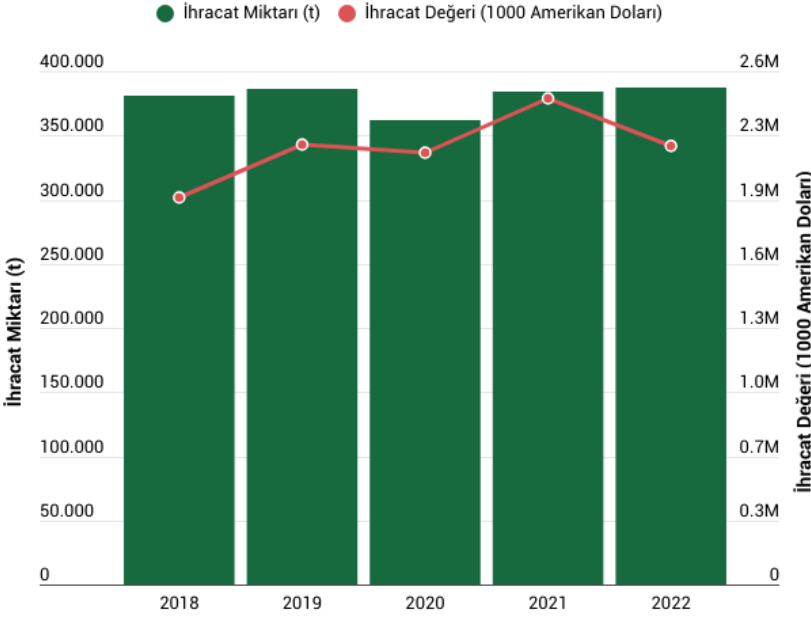
**Şekil 11:** Dünyada çay ihracat miktarı bakımından ülkelerin payı (FAOSTAT, 2024)

### 2.6.1. Çin

Çin, dünyanın en büyük çay üreticisi, tüketicisi ve dış ticaretini yapan ülkesidir. Çay, aynı zamanda Çin'in tarımsal ihracatında önemli bir yere sahiptir (Qin ve Zhou, 2024). Çin 2022 yılında toplam 386.871 ton çay ihracatı gerçekleştirmiş olup 2.223.178.000 Amerikan Doları değerinde ihracat geliri sağlamıştır (FAOSTAT, 2024). İhraç edilen çayın %83,6'sı yeşil, %8,9'u siyah, %5,2'si oolong, %1,7'si floral, %0,5'i pu-erh ve diğer çaylardır (Qin ve Zhou, 2024).

Çin; Hong Kong, Malezya, Fas, Gana, Birleşik Krallık, Senegal, Moritanya, Özbekistan ve Rusya başta olmak üzere 126 ülkeye çay ihracatı gerçekleştirmiştir ("Import and Export Data of China Tea", 2023).

Çin'in 2018-2022 yılları arasındaki ihracat miktarı ve ihracat değerleri Şekil 12'de gösterilmiştir (FAOSTAT, 2024)



**Şekil 12:** Çin'in 2018-2022 Yılları Arasındaki İhracat Miktarı ve İhracat Değerleri (FAOSTAT, 2024)

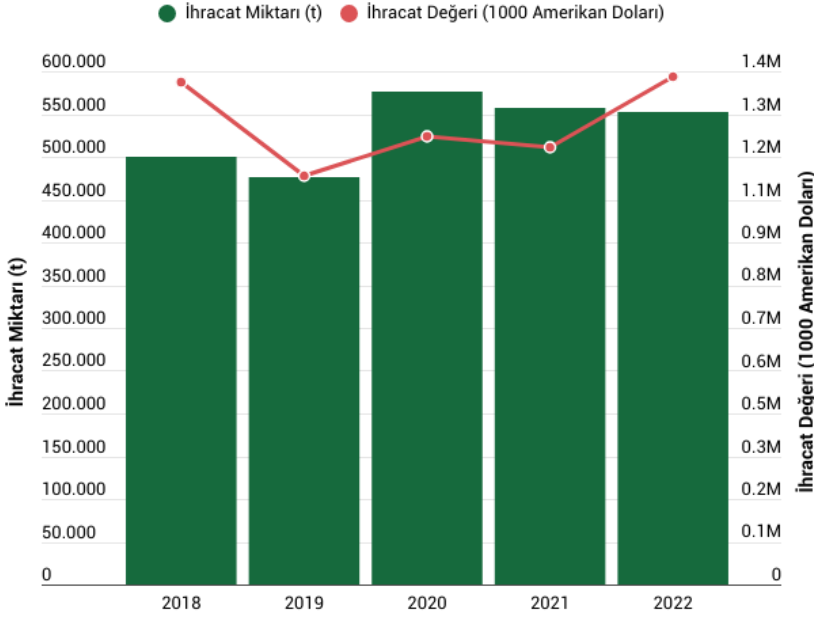
### 2.6.2. Kenya

Çay endüstrisi Kenya ekonomisine önemli katkı sağlayan sektörlerden birisidir. Çay, toplam döviz gelirlerinin yaklaşık %23'ünü ve tarımsal gayri safi yurtiçi hasılanın %2'sini oluşturan önemli bir üründür.

Kenya 2022 yılında toplam 552.013 ton çay ihracatı gerçekleştirmiş olup 1.383.877.000 Amerikan Doları değerinde ihracat geliri sağlamıştır (FAOSTAT, 2024). Kenya'nın ihraç ettiği çayın %95'i siyah çaydan oluşmaktadır.

Kenya'nın çay ihracatı yaptığı ilk 10 ülke; Pakistan, Mısır, Birleşik Krallık, Birleşik Arap Emirlikleri, Yemen, Rusya, İran, Sudan, Afganistan ve Polonya'dır. 2023 yılında Pakistan'ın Kenya'dan ithal ettiği çay miktarı (209.509 ton) Kenya'nın toplam çay ihracat hacminin %40'ını oluşturmuştur. Kenya çayı günümüzde 92 ihracat noktasına gönderilmektedir (Tea Board of Kenya, 2023). Kenya'nın 2018-2022 yılları arasındaki ihracat miktarı ve ihracat değerleri Şekil 13'te gösterilmiştir.





**Şekil 13:** Kenya'nın 2018-2022 Yılları Arasındaki İhracat Miktarı ve İhracat Değerleri (FAOSTAT, 2024)

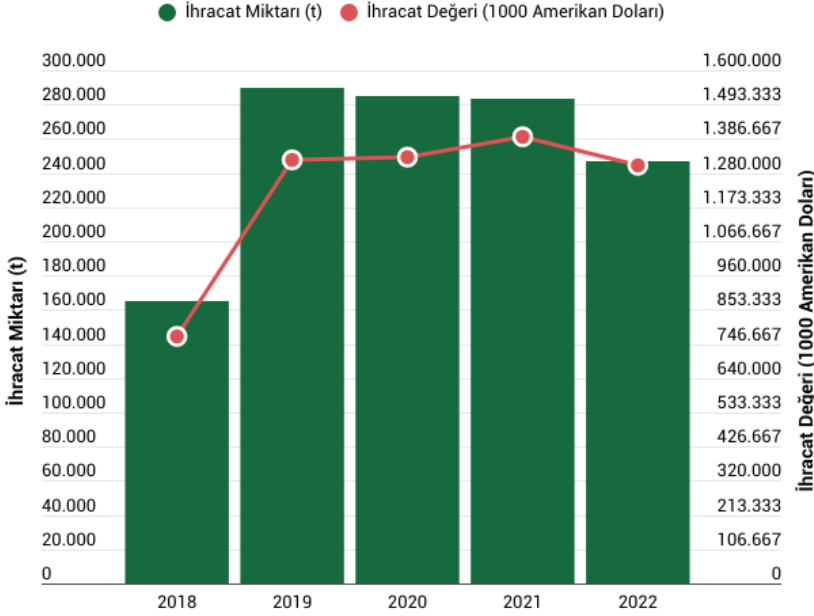
### 2.6.3. Sri Lanka

Küresel olarak, Seylan çayı markası, Sri Lanka'nın elverişli iklimi sayesinde bir asırdan fazla bir süredir dünyanın en iyi çaylarından birisi olarak bilinmektedir.

Sri Lanka 2022 yılında toplam 246.767 ton çay ihracatı gerçekleştirmiş olup 1.303.883.000 Amerikan Doları değerinde ihracat geliri sağlamıştır (FAOSTAT, 2024). Sri Lanka çayının %50'sinden fazlasını katma değerli ürün olarak ihraç etmektedir. Katma değerli çay ürünleri arasında yeşil çay, aromalı çay, organik çay, hazır çay, buzlu çay bulunmaktadır. Sri Lanka'nın ihraç ettiği çayın %98'i siyah, %0,8'si yeşil ve %1,2'si instant çaydan oluşmaktadır (Sri Lanka Tea Board, 2022).

Sri Lanka; Irak, Rusya, Birleşik Arap Emirlikleri, Türkiye, İran, Azerbaycan, Çin, Suudi Arabistan, Libya ve Amerika Birleşik Devletleri başta olmak üzere 140'tan fazla ülkeye çay ihraç etmektedir.

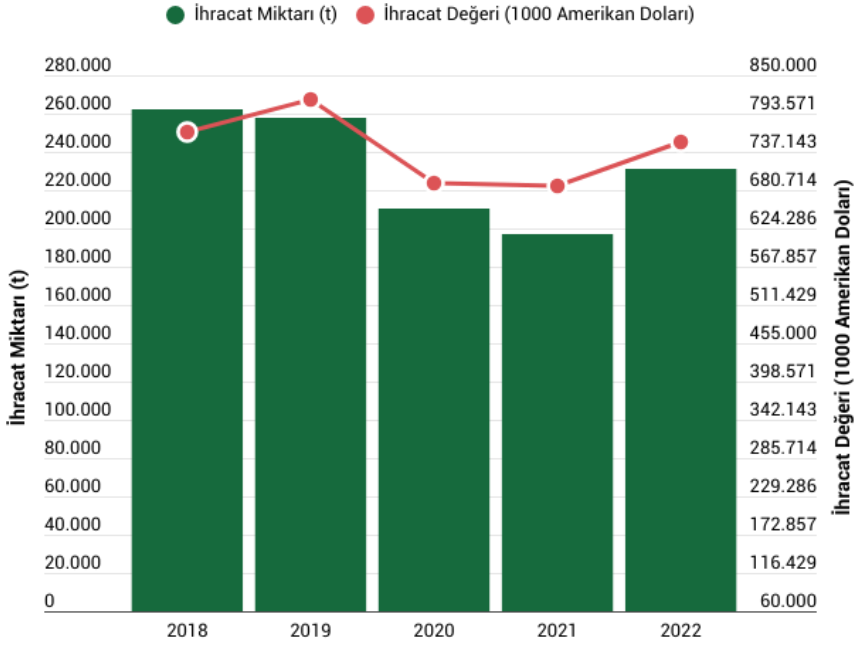
Sri Lanka'nın 2018-2022 yılları arasındaki ihracat miktarı ve değerleri Şekil 14'te gösterilmiştir.



**Şekil 14:** Sri Lanka'nın 2018-2022 yılları arasındaki ihracat miktarı ve ihracat değerleri (FAOSTAT, 2024)

#### 2.6.4 Hindistan

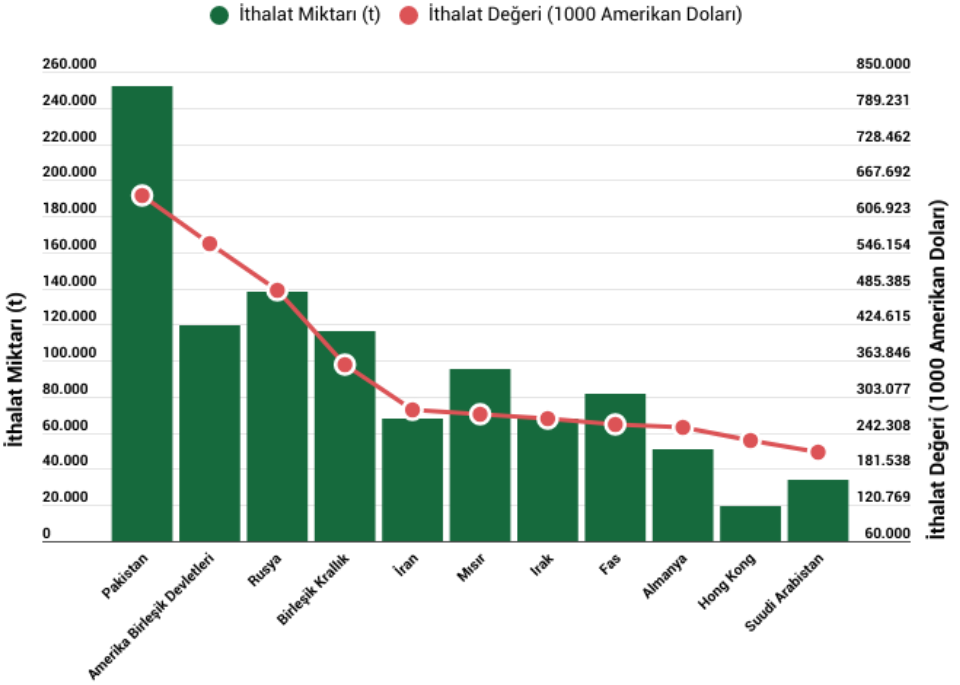
Hindistan önemli düzeyde çay üretim kapasitesine sahip olmasına rağmen çayının sadece yaklaşık %20'sini ihraç etmekte ve çoğunluğu yurt içinde tüketmektedir. Bu yüksek iç tüketim, üretimdeki yavaş büyüme ve düşen fiyatlar ile birleştiğinde, Hindistan'ın küresel çay pazarındaki rekabet gücünü olumsuz yönde etkilemektedir. Ülke 2022 yılında toplam 246.767 ton çay ihracatı gerçekleştirmiş olup 751.061.000 Amerikan Doları değerinde ihracat geliri sağlamıştır (FAOSTAT, 2024). Hindistan'ın çay ihracatı için öncelikli destinasyon toplam ihracatın %16,9'unu oluşturan Birleşik Arap Emirlikleri'dir. Hindistan çayı Birleşik Arap Emirlikleri, Irak, Rusya, Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Almanya, İran, Suudi Arabistan başta olmak üzere 25'ten fazla ülkeye ihraç edilmektedir (Jagadeesh ve diğerleri, 2024). Hindistan'dan ihraç edilen toplam çayın yaklaşık %80'ini siyah çay ve %3,5'ini yeşil çay oluşturmaktadır ("Tea Industry and Exports in India", 2024). Hindistan'ın 2018-2022 yılları arasındaki ihracat miktarı ve değerleri Şekil 15'te gösterilmiştir.



**Şekil 15:** Hindistan'ın 2018-2022 yılları arasındaki ihracat miktarı ve ihracat değerleri (FAOSTAT, 2024)

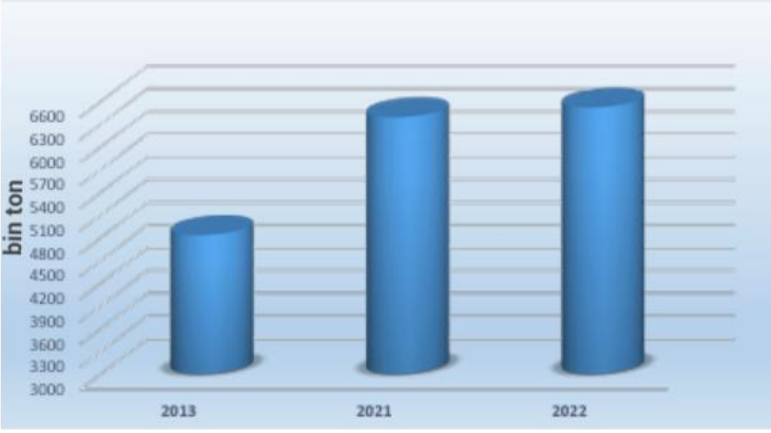
## 2.7. Çay İthalatında Lider Ülkeler ve Tüketim

2022 yılında dünyada 1.976.446 ton çay ithal edilmiş ve bu miktarın ithalat değeri 7.536.857.000 Amerikan Doları'dır. Pakistan hem ithalat miktarı (252.124 t) hem de ithalat değeri (640.659.000 Amerikan Doları) bakımından dünyada ithalatçı ülkeler arasında 1.sırada yer almaktadır. İthalat değeri bakımından bu ülkeyi Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Birleşik Krallık, İran, Mısır, Irak, Fas, Almanya, Hong Kong, Suudi Arabistan takip etmektedir. Bu ülkelere ait veriler Şekil 16'da verilmiştir (FAOSTAT, 2024).



Şekil 16: Başlıca çay ithalatçısı ülkelerin ithalat miktarı ve değerleri (FAOSTAT, 2024)

Son on yılda dünya çay tüketimi yıllık %3,3 artarak 2022'de 6,5 milyon tona ulaşmıştır (Şekil 17). Bu artışa büyük oranda Çin ve Pakistan'daki talep artışı neden olmuştur. Burada tüketim son on yılda sırasıyla %6,5 ve %8,1 oranında artmıştır. Çayın en büyük tüketicisi olan Çin'de tüketim 2022'de 3 milyon tona ulaşarak küresel tüketimin yüzde 46'sını oluşturmuştur. İkinci en büyük tüketici olan Hindistan, 2022 yılında 1,16 milyon tonla yaklaşık %18'lik paya sahip olurken, onu 250 bin 21 tonla Türkiye, 247 bin 498 tonla Pakistan ve 132 bin 544 bin tonla Rusya Federasyonu takip etmiştir. Avrupa ve Kuzey Amerika'nın geleneksel ithalatçı ülkelerinde çay tüketimi, başta şişelenmiş su, gazlı içecekler ve kahve olmak üzere diğer içeceklerle artan rekabet nedeniyle azalırken, Rusya Federasyonu'nun çay ithalatı Ukrayna'daki savaştan olumsuz etkilenmiştir (FAO, 2024b).



**Şekil 17:** Dünya çay tüketim miktarındaki değişim (FAO, 2024b).

Bitkisel çaylar, yeşil çaylar ve ek sağlık yararları olan fonksiyonel çaylar gibi sağlıklı olarak algılanan çay ürünlerine yönelik artan bir tüketici tercihi bulunmaktadır. Tüketiciler sürdürülebilir kaynaklı ve paketlenmiş çaylara ilgi göstermekte ve çevre dostu uygulamaları vurgulayan markalar popülerlik kazanmaktadır. Markalar, yeni deneyimler arayan tüketicileri çekmek için beğenisi yüksek lezzetleri hedeflemekte ve bu kapsamda karışımlar oluşturmaktadır. Yeni lezzetlerin, karışımların ve fonksiyonel çayların piyasaya sürülmesi büyüme teşvik etmektedir. RTD buzlu çay pazarı, tüketicilerin rahat ve ferahlatıcı içecek seçenekleri aramasıyla özellikle Kuzey Amerika'da hızla genişlemektedir. Markalar daha az şeker içeren daha sağlıklı formlere odaklanmaktadır. Paketlenmiş çayın e-ticaret satışları, COVID-19 salgınıyla hızlanarak artmıştır. Tüketiciler, e-ticaret platformları aracılığıyla giderek daha fazla çay satın almaktadır. Çeşitli çay kültürlerine olan ilgi dünya çapında artmakta ve bu da Japon matcha veya Çin oolong gibi çeşitli bölgelerden gelen özel çaylara olan ilginin artmasına yol açmaktadır.

Büyük paketlerde satılan çay, poşet çay ve buzlu çay dâhil olmak üzere paketlenmiş çay için küresel pazar, son yıllarda bir büyüme içerisinde. Çeşitli piyasa raporlarına göre, küresel çay pazarının son yıllarda yaklaşık 24,4 milyar dolar değerinde olduğu ve istikrarlı bir büyümenin beklendiği ifade edilmektedir. Paketlenmiş çay pazarının önümüzdeki birkaç yıl içinde segmente bağlı olarak yaklaşık %4 ila %6 bileşik yıllık oranla (CAGR) büyümesinin öngörüldüğü ve değişen tüketici tercihleri nedeniyle buzlu çayın

daha yüksek büyüme oranına sahip olacağı beklenmektedir (Duf r ne 2024; eximperia 2024; Imarc 2024; Zionmarketresearch 2024).

Asya-Pasifik bölgesi, hem büyük üreticiler hem de tüketiciler olan Çin ve Hindistan gibi ülkeler tarafından yönlendirilen paketlenmiş çay için en büyük pazardır. Büyüyen orta sınıf ve artan sağlık bilinci talebi teşvik etmektedir. Kuzey Amerika bölgesinde buzlu çay segmenti güçlüdür ve RTD buzlu çaylara doğru yükselen bir eğilim bulunmaktadır. Pazar ayrıca organik ve premium çay ürünlerine yönelik büyüyen bir eğilimden de etkilenmektedir. Avrupa'da ise pazar, bitkisel ve özel çaylara yönelik güçlü bir tercih ile karakterizedir. Sürdürülebilirlik ve etik kaynak, Avrupalı tüketiciler için giderek daha önemli hale gelmektedir.

Türkiye'de paketlenmiş çay pazarı, dökme çay, poşet çay ve içime hazır buzlu çay gibi çeşitli formatları içermektedir. Türkiye, kişi başına düşen çay tüketiminde genellikle ilk sırada yer alarak dünya çapında en çok çay tüketen ülkelerden birisidir. Türkiye'de kişi başı ortalama yaklaşık 3-4 fincan çay t ketiildiğini göstermektedir. Geleneksel siyah çaya olan tercih güçlü kalmaya devam etmekle birlikte, diğer çaylara ve özel karışımlara olan ilgi artmaktadır. Türkiye'deki paketlenmiş çay pazarı, kültürel önem, sağlık trendleri ve değişen tüketiciler tarafından yönlendirilen güçlü ve büyüyen bir pazardır. Türk  ay kültürünün popülaritesi turizm yoluyla da yayılmaktadır.  ay ocakları ve geleneksel çay servis uygulamaları hem yerli hem de yabancı ziyaretçileri cezbetmektedir. Bu kültürel y n çay pazarının büyümesine katkıda bulunmaktadır. Kentsel bölgelerde, pratiklik ve değişen yaşam tarzları nedeniyle poşet çay ve buzlu çay tüketime artarken, kırsal bölgelerde geleneksel sıcak çay yaygınlığını sürdürmektedir. Türkiye'deki çay pazarı, ülkenin çay tüketime olan güçlü kültürel bağları göz önüne alındığında sağlam ve dinamiktir. Türkiye'de paketlenmiş çay (dökme çay ve poşet çay dahil) ve buzlu çay ile ilgili mevcut durum ve büyüme eğilimleri Şu Şekildedir:

Poşet  ay; özellikle daha geç tüketiciler ve kolay ve pratik tüketime tercih eden kentsel nüfus arasında büyümektedir. Markalar, farklı zevklere hitap etmek için yenilikçi tatlar ve karışımlar sunmaktadır.

Dökme  ay; yaprak çay, özellikle kalite ve lezzete değer veren gelenekçiler ve çay tutkunları arasında popülerliğini sürdürmektedir.

Buzlu  ay; değişen tüketiciler tarafından tercih edilen içecek trendlerindeki deėiŐimin etkisiyle genişlemektedir. Hazır i imli buzlu çay ürünleri marketlerde daha

fazla bulunabilmektedir (Cengiz ve Okan, 2021; Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü, 2019; ÇAYKUR, 2017; Özden, 2009; TEPGE, 2023).

## **2.8. Dünya Çay Müzayedeleri**

Çaylar genellikle açık artırmadan önce kataloglandırılmakta ve örnekleme için hazır bulundurulmaktadır. Bu da alıcıların kaliteyi kolaylıkla değerlendirmesini sağlamaktadır. Açık artırmalar genellikle alıcıların çeşitli fiyat noktalarında satın alma isteklerini belirttikleri canlı bir teklif verme sürecini içermektedir. Bu açık artırmalar, talep ve kaliteye dayalı rekabetçi fiyatlandırma için bir platform sağladıkları için piyasa fiyatlarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Birçok çay borsası, adil ticaret uygulamaları ve kalite kontrolü sağlayarak hükümet tarım kurulları veya endüstri derneklerinin himayesinde faaliyet göstermektedir. Farklı ülkelere ait çay müzayedelerine ilişkin bilgilere aşağıda yer verilmiştir (Caldera ve Serasinghe 2017; Dufrene 2018; East Africa Tea Trade Association, 2022; Naskar 2022; Rembeza ve Radlińska 2020; Rotich, Chelule, ve Imboga 2016; Tamilmani, 2023; Tea Exporters Association, 2024; Xu, Qiao ve Huang, 2022).

### **2.8.1. Mombasa Çay Müzayedesini (Kenya)**

Mombasa Çay Müzayedesini, öncelikle kalitesi ve lezzetiyle bilinen Kenya çayı için dünyanın en büyük çay ticaret platformlarından biridir. Başlıca katılımcılar arasında çay üreticileri, ihracatçılar ve yerel tüccarlar bulunmaktadır. Alıcılar arasında yerel ve uluslararası şirketler bulunmaktadır. Mombasa, küresel olarak en büyük çay müzayedesini ve Afrika çayı için önemli bir merkezdir. Müzayede fiyatları, diğer pazarlardaki çay fiyatlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Müzayede haftalık olarak yapılmakta ve çaylar en yüksek teklifi verene satılmaktadır. Rekabetçi bir teklif verme süreci kullanılmakta ve alıcıların (genellikle toplu alıcılar) farklı satıcılar (üreticiler) tarafından sunulan partiler için teklif vermelerine olanak tanınmaktadır. Sonuçlar her müzayededen sonra yayınlanmakta ve farklı çay sınıfları için elde edilen fiyatların ayrıntıları verilmektedir.

### **2.8.2. Kalküta Çay Müzayedesini (Hindistan)**

Kalküta Çay Müzayedesini, özellikle Assam, Darjeeling çayları ve Hint çay endüstrisi için tarihi öneme sahip en eski çay müzayede merkezlerinden

biridir. Müzayede kurulu, üreticileri, alıcıları, komisyoncuları ve tüccarları içermektedir. Ünlü Assam ve Darjeeling çeşitleri de dâhil olmak üzere çeşitli çay türlerine hitap etmektedir. Kalküta, Hindistan çay ticaretinde önemli bir rol oynamakta ve müzayede fiyatları hem yerel hem de ihracat pazarları için fiyatların belirlenmesinde etkili olmaktadır. Mombasa müzayedesine benzer şekilde, bu müzayede alıcıların çeşitli sınıflarda ve türlerde çaylar için teklif verdiği bir sistemle çalışmaktadır. Çayların öncelikle müzayedede görülen kaliteye göre satıldığı çoklu müzayedeler düzenlenmektedir. Müzayedeler haftada birden fazla kez yapılmakta ve çeşitli bölgelerden çay üreticileri numuneler sunmaktadır.

### **2.8.3. Guwahati Çay Müzayedesini (Hindistan)**

Guwahati Çay Müzayedesini, Hindistan'ın kuzeydoğu bölgesi için önemlidir ve öncelikli olarak Assam çayına odaklanmaktadır. Bu müzayede, farklı Assam çayları sınıfları için müzayedeler düzenleyerek Kalküta'ya benzer şekilde çalışmakta ve müzayedeye yerel çay yetiştiricileri, tüccarlar ve uluslararası alıcılar katılabilmektedir. Guwahati, özellikle güçlü aroması ve canlı rengiyle bilinen Assam çayı için giderek daha da önemli hale gelmiştir. Müzayedeler haftalık olarak düzenlenmektedir. Müzayede, Assam çayının piyasa fiyatını belirlemede kritik bir rol oynamaktadır.

### **2.8.4. Jakarta Müzayedesini (Endonezya)**

Jakarta Müzayedesini, hem siyah hem de yeşil çay çeşitlerine odaklanan Endonezya çaylarının ticareti için önemli bir platformdur. Müzayede haftalık olarak yapılmakta ve farklı çay üreticilerinin çaylarını potansiyel alıcılara sunmalarına olanak tanınmaktadır. Son yıllarda müzayede, alıcıların uzaktan katılımını sağlayan dijital platformları bünyesine katmıştır.

### **2.8.5. Sri Lanka Çay Müzayedesini (Kolombo)**

Kolombo Çay Müzayedesini, küresel çapta en büyük çay müzayedelerinden biridir ve Seylan çayı ticareti için hayati öneme sahiptir. Kolombo Çay Müzayedesini, kalite ve türe göre kategorize edilen Seylan çayı için önemli bir platformdur. Müzayedede hem canlı bir müzayede bileşeni hem de çevrimiçi teklif verme olanağı bulunmaktadır. Bu müzayede, perakende şirketleri ve süpermarketler dâhil olmak üzere dünyanın dört bir yanından



alıcıları çekmektedir. Seylan çayı uluslararası alanda birinci sınıf bir ürün olarak kabul edilmekte ve Kolombo müzayedesini fiyatlandırma ve dağıtımda önemli bir rol oynamaktadır. Müzayedeler haftalık olarak düzenlenmektedir. Sri Lanka Çay Kurulu, müzayedenin operasyonlarını denetlemekte, kalite kontrolünü ve adil ticaret uygulamalarını sağlamaktadır. Kolombo müzayedesini, bünyesine çevrimiçi teklif vermeyi entegre ederek küresel çapta alıcılar için erişilebilirliği artırmıştır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya çay sektörü farklı tüketici talepleri ve yeni gelişmeler ile sürekli bir değişim göstermektedir. Bu değişimleri fark ederek sektörde var olabilmek için farklı talepleri değerlendirerek, potansiyel yeni pazarlar ve küresel çay talebindeki değişimler ile teknolojik yenilikleri takip edebilmek oldukça önemlidir.

### Özel ve Fonksiyonel Çaylara Olan Talep

Özel ve fonksiyonel çaylar, farklı tüketici tercihleri ve e-ticaretin yükselişi gibi çeşitli faktörlerden etkilenen küresel içecek pazarında yükselen bir trend haline gelmiştir.

Özel çaylar; genellikle köken, işleme yöntemleri ve lezzet profilleri gibi belirli özelliklerle ayırt edilen yüksek kaliteli, el işçiliğinin yüksek olduğu çaylardır. Örnekler arasında tek bir kaynaktan temin edilmiş yapraklardan üretilen çaylar, taze, körpe yapraklardan üretilmiş çeşitler ve nadir bulunan çaylar veya benzersiz karışımlar bulunmaktadır.

Fonksiyonel çaylar; standart bir içeceğin ötesinde belirli sağlık yararları sağlamak üzere formüle edilmiş çaylardır. Sindirim, rahatlama veya detoksifikasyon gibi belirli sağlık sorunlarını hedeflere yönelik bitkiler veya ek bileşenler içerebilmektedir.

Birçok çay, özellikle yeşil, bitkisel ve fonksiyonel karışımlar, antioksidanlar açısından zengindir ve genellikle sindirimi iyileştirme, stres giderme, güçlendirilmiş bağışıklık ve kilo yönetimi gibi iddialarıyla öne çıkmaktadır. Günümüzde önleyici sağlık hizmetlerine giderek daha fazla vurgu yapılmaktadır. Bu sebeple tüketiciler, zindeliklerini, bağışıklık sistemlerini ve ruh sağlıklarını artırabilecek ürünler aramaktadır. Örneğin, rahatlamayı teşvik eden veya sindirim sağlığını destekleyen fonksiyonel çaylar popüler hale

gelmiştir. Tüketicilerin yapay katkı maddeleri veya koruyucu maddeler içermeyen çayları tercih etmesiyle doğal ve organik ürünlere yönelik talep artmıştır. Özel çaylar, bireysel zevklere ve tercihlere hitap eden çok çeşitli tatlar ve deneyimler sunmaktadır. Gurme ve el işçiliği yüksek gıda ürünlerine olan ilgi artmaktadır. Bu durum da kalite ve lezzet profilleri ile öne çıkan özel çayları, tercih eden tüketicileri çekmektedir. Değişen tercihlerde Y Kuşağı ve Z Kuşağının etkisi öne çıkmaktadır (Ghosh Hajra, 2015; Yang ve diğerleri, 2021; Zohora ve Arefin, 2022). Genç tüketiciler, özellikle Y Kuşağı ve Z Kuşağı, satın alma kararlarında sağlık ve refahı önceliklendirme eğilimindedir. Instagram ve TikTok gibi platformlar, benzersiz çay karışımlarını ve demleme tekniklerini popüler hale getirerek, genç kitleler arasında özel ve işlevsel çaylara olan ilgiyi artırmıştır. Birçok tüketici çay içmeye daha bilinçli bir yaklaşım benimsemekte ve bunu rahatlamayı ve sağlığı teşvik eden bir ritüel olarak görmektedir. El yapımı çaylardan hazırlanan karışımlar ve özenle seçilmiş, tek tip çeşit çaylardan üretilen çaylar gibi özel çaylar, benzersiz lezzet profilleri ve aromatik deneyimleri sayesinde popülerlik kazanmaktadır. Tüketiciler, meyve, baharat ve çiçekleri içeren aromalı ve harmanlanmış çaylar da dahil olmak üzere çeşitli çaylara yönelmektedir. Yemek kültürünün küreselleşmesi, Japon matcha, Güney Amerika'dan gelen bitkisel infüzyonlar ve geleneksel Çin çayları gibi uluslararası çay çeşitlerine ilgi duyulmasına yol açmıştır. Bu çeşitlilik, yeni tat deneyimleri arayan tüketicilere hitap etmektedir. E-ticaret, tüketicilerin çeşitli tedarikçilerden özel çaylara erişmesini kolaylaştırmaktadır. Çevrimiçi platformlar genellikle geleneksel perakende mağazalarından daha geniş bir seçim sunarak tüketicilerin yerel mağazalarda bulunmayan benzersiz özel çaylara ulaşabilmesini, niş ürünleri keşfetmesini ve çayları satın alabilmesini sağlamaktadır (Ağuş, Kocagöz, ve Aslan 2021; Hong, 2015; Nam, Qiao ve Ahn 2022; TATA 2020a).

Üreticiler, yeni karışımlar, tatlar ve sağlık odaklı formüllerle yenilik yaparak özel ve fonksiyonel çaylara olan talebe yanıt vermektedir. Özel ve fonksiyonel çay üreticileri, ham madde temini ve üretimlerinde genellikle organik, adil ticaret ve çevre dostu uygulamaları vurgulayarak sağlık bilincine sahip tüketicilerin değerlerine hitap etmektedir. Özel çaylara olan talep arttıkça, markalar arasındaki rekabet yoğunlaşmaktadır. Şirketler, rekabetçi bir pazarda ürünlerini farklılaştırmak için pazarlamaya, markalaşmaya ve hikâye anlatıcılığına yatırım yapmaktadır. Tüketiciler çaylarının kökenleriyle, yani

nerede ve nasıl üretildiğiyle giderek daha fazla ilgilenmektedir. Kaynak ve etik uygulamalardaki şeffaflık, özellikle özel çaylar için satın alma kararlarını etkileyebilmektedir. Fonksiyonel çaylar da dâhil olmak üzere fonksiyonel gıda ve içecek pazarı genişlemektedir. Ek sağlık yararları vaat eden ürünler, diyetlerinde önleyici sağlık çözümleri arayan tüketicilere hitap etmektedir. Şirketler, geleneksel çayı probiyotikler, vitaminler ve çeşitli bitkisel kaynaklar gibi fonksiyonel bileşenlerle harmanlayan yeni çay ürünleri piyasaya sürerek sürekli yenilik yapmaktadır (Bandara, Gayathri ve Lankapura, 2021; TATA, 2020b; Yildirim ve Berkay Karaca, 2022).

Özel ve işlevsel çaylara olan talep, sağlık bilinci, benzersiz lezzet istekleri, bilinçli tüketim uygulamaları ve e-ticaretin etkisi gibi faktörlerin birleşimiyle yönlendirilmektedir. Tüketiciler içecek seçimlerinde sağlıklı yaşamı ve çeşitliliği önceliklendirmeye devam ettikçe, özel ve işlevsel çaylar büyüyen pazarın önemli bir payını ele geçirme potansiyeline sahiptir. Bu trend, çay üreticilerine ve perakendecilere yenilik yapma ve tüketicilerin değişen tercihlerine hitap etme fırsatları sunmaktadır (Bhattacharyya, Bera ve Seal 2023; Hong, Ichihashi ve Ngoc, 2024).

### **Potansiyel Yeni Pazarlar ve Küresel Çay Talebindeki Değişimler**

Küresel çay pazarı, tüketici tercihleri, demografik değişimler, ekonomik faktörler ve sağlık eğilimleri gibi çeşitli faktörler tarafından yönlendirilen talep değişiklikleri ve ortaya çıkan birkaç potansiyel yeni pazarla birlikte sürekli olarak gelişmektedir. Latin Amerika'daki tüketiciler küresel gıda trendlerine daha fazla maruz kaldıkça, çay tüketiminin artması beklenmektedir. Sağlık ve zindeliğe odaklanmanın etkisiyle Latin Amerika, tüketicilerini algılanan sağlık yararları olan fonksiyonel çayları keşfetmeye yönlendirmektedir. Arjantin ve Brezilya gibi ülkelerin bitkisel ve özel çaylara olan ilgisi de artmaktadır (Dwyer, 2023; Kljusuric, Čačić, Misir ve Čačić, 2015).

Orta Doğu ve Kuzey Afrika bölgesi geleneksel olarak yeşil çay ve bitkisel çaylar gibi çeşitlerde önemli bir çay tüketicisi olmuştur. Artan sağlık bilinci ve doğal içeceklere olan taleple bu pazar, özel ve fonksiyonel çaylar için büyüme potansiyeli sunmaktadır. Vietnam, Tayland ve Endonezya gibi ülkeler yalnızca üretim kapasitelerini artırmakla kalmamış, aynı zamanda yerel tüketimde de artış göstermişlerdir. Benzersiz bitkisel ve meyve çaylarına olan ilgi genç tüketiciler arasında daha yaygın hale gelmiştir. Kenya, Uganda, Malawi gibi ülkeler önemli çay üreticileridir ancak kentleşme arttıkça ve

tüketiciler daha çeşitli içecek seçenekleri talep ettikçe iç pazar için büyüyen bir potansiyelleri bulunmaktadır. Kent merkezleri büyüdükçe, yerel çay markaları kentsel nüfusa özel ve bitkisel çayları pazarlamada yeni fırsatlar bulabilmektedir. Avrupa ülkelerinde sağlık odaklı içeceklere olan talebin arttığını görülmektedir (Herath ve De Silva, 2011; Mohan Rao ve Ramalakshmi, 2011; Munasinghe vd., 2017; Siró, Kápolna, Kápolna, ve Lugasi, 2008).

### **Teknolojinin Ticaret ve Üretim Üzerindeki Etkisi**

Teknolojinin çay ticareti ve üretimi üzerindeki etkisi derin ve çok yönlüdür. Teknoloji, çayın yetiştirilmesinden işlenmesine, pazarlanmasına ve dağıtımına kadar çeşitli alanlarda etkili olmaktadır.

Modern üretim tesisleri, çay yapraklarını soldurmak, kıvrırmak, fermente etmek ve kurutmak için otomatik makineler kullanmaktadır. Bu sistemler, verimliliği artırmakta işçilik maliyetlerini azaltmakta ve nihai üründe standardize kaliteyi hedeflemektedir. Enzimatik oksidasyon kontrolü ve vakumlu paketleme gibi teknolojiler, lezzet ve tazeliğin korunmasını sağlayarak daha üretim ve muhafaza süreçlerini iyileştirmektedir. Yakın kızılötesi spektroskop ve elektronik burun sistemleri gibi teknolojiler, çayın hızlı kalite değerlendirmesine olanak tanımakta ve üreticilerin yüksek standartları korumasını ve israfı azaltmasını sağlamaktadır. Blockchain teknolojisinin çay tedarik zincirlerine dâhil edilmesi şeffaflığı ve izlenebilirliği artırmaktadır. Tüketicilere satın aldıkları çayın kaynağını takip edebilme imkânı sunulmaktadır. Gelişmiş lojistik yazılımları, üreticilerin ulaşım ve dağıtımını etkili bir şekilde planlamalarına ve yönetmelerine yardımcı olarak çayın zamanında ve uygun maliyetli bir şekilde teslim edilmesini sağlamaktadır (Gharibzahedi ve diğerleri, 2022; Tanui, Feng, Li, Wang ve Kipsat, 2012; Yan, Ge ve Xiong 2019).

Teknoloji, çay üreticilerinin e-ticaret platformları aracılığıyla doğrudan tüketicilere ulaşmasını, pazar erişimini geliştirmesini ve müşteri tabanlarını yerel pazarların ötesine genişletmesini sağlamaktadır. Bu, geleneksel perakende kanallarına erişimi olmayan küçük ölçekli üreticiler için özellikle faydalıdır. Sosyal medya ve dijital pazarlama stratejileri, çay üreticilerinin daha geniş bir kitleye ulaşmasını ve marka bilinirliği oluşturmasını sağlamaktadır. Etkili çevrimiçi pazarlama stratejileri satışları önemli ölçüde artırabilmektedir.

İşletmeler müşterilerle etkileşim kurmak ve organik veya el yapımı çaylar gibi ürünlerini tanıtmak için dijital pazarlama stratejilerinden yararlanmaktadır. Teknoloji, üreticilerin ve pazarlamacıların tüketici davranışlarını, tercihlerini ve eğilimlerini gerçek zamanlı olarak analiz etmelerini sağlamaktadır. Bu bilgiler, üreticilerin tekliflerini ve pazarlama stratejilerini buna göre ayarlamalarına yardımcı olmaktadır. Tarım uygulamaları, çiftçilere pazar fiyatları, hava durumu tahminleri ve yetiştirme ve pazarlamadaki en iyi uygulamalar hakkında öngörüler sunarak çiftçilerin bilinçli kararlar almalarına yardımcı olmaktadır (FAO, 2016; TATA, 2020b; Wanjau ve Makokha, 2018;)

## KAYNAKÇA

- Ağuş, A., Kocagöz, E. ve Aslan, M. (2021). Tüketicilerin çay ve kahve tüketim alışkanlıkları üzerine bir inceleme. *In Online International Conference on Empirical Economics and Social Sciences*, Bandırma, 57–70. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/358892808>
- Ahmed, S., Stepp, J. R., Orians, C., Griffin, T., Matyas, C., Robbat, A., Cash, S... Kennelly, E. (2014). Effects of extreme climate events on tea (*camellia sinensis*) functional quality validate indigenous farmer knowledge and sensory preferences in tropical China. *PLOS ONE*, 9(10): e109126. doi: 10.1371/journal.pone.0109126
- Ark, A. H. (2002). *Competitive Marketing Strategies In Turkish Tea Industry* (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi. Erişim adresi: [https://www.academia.edu/79041978/Competitive\\_marketing\\_strategies\\_in\\_Turkish\\_tea\\_industry](https://www.academia.edu/79041978/Competitive_marketing_strategies_in_Turkish_tea_industry)
- Artivira. (2024). The role and impact of tea on global civilization and culture. 1-13. Erişim adresi: <https://artivira.com/blog/The-Impact-of-Tea-on-Global-Civilization>
- Aydınbaş, G. ve Şimşek, O. (2024). Endüstri 4.0 kapsamında çay ekonomisi üzerine bir değerlendirme. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(2): 345–61. doi: 10.30586/pek.1470511
- Aykaç, G., Uzun, M. B. ve Özçelikay, G. (2014). Sosyal yönüyle çay “*Camellia sinensis*”. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 4(1), 1-5. Erişim adresi: <http://lokmanhekim.mersin.edu.tr>
- Aytekin, M. (2023). Türkiye’de Çay Talebini Etkileyen Faktörlerin Analizi. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 8(9): 299–312.
- Bandara, A. M. K. R., Gayathri, H. M. M. ve Lankapura, A. I. Y. (2021). Factors affecting the consumer’s branded tea purchase decision: a case study in the western province, Sri Lanka. *Asian Journal of Economics, Business and Accounting*, 67–73. doi: 10.9734/ajeba/2021/v21i1030432
- Bermúdez, S., Voora, V., Larrea, C. ve Luna, E. (2024). Global market report: tea prices and sustainability. *The International Institute for Sustainable Development*. Erişim adresi:

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyCoalTrends.pdf>

- Bhattacharyya, S., Bera, R. ve Seal, A. (2023). Tea quality and value-added marketing potential of safe and sustainable tea in indian domestic market: consumers choice for conventional vis-a-vis sustainable tea. *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(14): 410–24. doi: 10.9734/ijpss/2023/v35i143065
- Bohne, H. (2021). Uniqueness of tea traditions and impacts on tourism: the east frisian tea culture. *International Journal of Culture, Tourism, and Hospitality Research*, 15(3): 371–83.
- Bui, H. T. M. ve Nguyen, H. T. T. (2021). factors influencing farmers' decision to convert to organic tea cultivation in the mountainous areas of Northern Vietnam. *Organic Agriculture*, 11(1): 51–61. doi: 10.1007/s13165-020-00322-2
- Caldera, A. ve Serasinghe, D. R. (2017). Analyzing tea auction trends for beneficial seasonal tea production in Sri Lanka. *Journal of Advanced Management Science*, 5, 2, 152-157. doi: 10.18178/joams.5.2.152-157
- Cengiz, S. ve Okan, Y. T. (2021). Tüketicilerin ithal çay tüketim tercihlerinin belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Bölgesi örneği. *Güncel Pazarlama Yaklaşımları ve Araştırmaları Dergisi*, 2(2): 84–97. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gupayad/issue/64490/989617> (November 22, 2024).
- Chang, K. ve Brattlof, M. (2015). Socio-economic implications of climate change for tea producing countries. Food And Agriculture Organization of The United Nations. Erişim adresi: <https://openknowledge.fao.org/home>
- “China Tea Report: Production”. (2023, 25 Temmuz). Erişim adresi: <https://firsdtea.com/2023-china-tea-report-production/>
- Çalmaşur, G. (2018, Ağustos). *Factors affecting the demand for tea: a study on the city of Erzurum*. In 5th International Conference on Business and Economics Studies New York.
- Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü. (2019). *Çay Çalıştayı Kitapçığı*. Erişim adresi: [cayihtisas.erdogan.edu.tr](http://cayihtisas.erdogan.edu.tr)
- “Çay İstatistikleri”. (2022). Erişim adresi: <http://biriz.biz/cay/istatistikler.htm>

- ÇAYKUR. (2017). *İstatistik Bülten 2017*. Rize. Erişim adresi: <https://www.caykur.gov.tr/CMS/Design/Sources/Dosya/Yayinlar/281.pdf>.
- Dubey, K.K., Janve, M., Ray, A. ve Singhal, R.S. (2019). Trends in Non alcoholic beverages *Ready-to-Drink Tea*. Elsevier Inc. doi:10.1016/B978-0-12-816938-4.00004-5.
- Dufrêne, B. (2018). Tea auctions and their relevance today. *Tea & Coffee Trade Journal*: 13. Erişim adresi: <https://www.teaandcoffee.net/feature/20684/tea-auctions-and-their-relevance-today/>.
- Dufrêne, B. (2024). The Global Tea Report 2024. *Tea & Coffee Trade Journal*: 16.
- Dwyer, B. (2023). Health and Wellness Series – Organic Tea Trends in the United States – Focus on Top Five Markets. Ottawa. Erişim adresi: <https://agriculture.canada.ca/en/international-trade/market-intelligence/reports/health-and-wellness-series-organic-tea-trends-united-states-focus-top-five-markets>
- East Africa Tea Trade Association. (2022). *Automation of the Tea Auction in East Africa Tea Integrated Tea Trade System (ITTS)*. Danida. Erişim adresi: <https://research.trademarkafrica.com/wp-content/uploads/2023/10/EATTA-iTTS-End-of-project-report-v1.0.pdf>.
- Elbehri, A. (Ed.). (2015). *Kenya's tea sector under climate change an impact assessment and formulation of a climate-smart strategy*. Rome. Erişim adresi: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/499e1ab6-c4e3-4d45-9ee9-c918b56b81c6/content>.
- Ercisli, S. (2012). The tea industry and improvements in Turkey. *Advanced Topics in Science and Technology in China*: 309–21. doi: 10.1007/978-3-642-31878-8\_11
- Erşahin, R. (2021). Bir çay içelim mi? Sosyokültürel açıdan çay. *Tourism and Recreation* 3(1): 55–65. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tourismandrecreation/issue/63274/905420>
- Esham, M., Wijeratne, A. ve Rosairo, R. (2018). Future of work for tea smallholders in Sri Lanka. International Labour Organization, ILO



Country Office for Sri Lanka and the Maldives ISBN: 978-92-2-031322-0

- Eto, H., Dey, N., Li, I.-C., Mahujchariyawong, P. ve Roy, P. (2015). Comprehensive study of tea culture and its possible contribution to creativity education in locals. *International Journal of Research in Sociology and Anthropology (IJRSA)*,1(1), 54-64. Erişim adresi: [www.arcjournals.org](http://www.arcjournals.org)
- Eximpedia. (2024). *Top 10 Tea Exporting Countries in the World 2023-24*. Singapore. Erişim adresi: <https://www.eximpedia.app/blog/largest-tea-exporting-countries>.
- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. (2024a). *Crops and livestock products*. Erişim adresi: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). *Report of the Working Group on Climate Change of the FAO Intergovernmental Group on Tea*. Rome. Erişim adresi: [openknowledge.fao.org](http://openknowledge.fao.org)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022a). *International tea market: market situation, prospects and emerging issues*. Erişim adresi: <https://openknowledge.fao.org>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022b). *Current global market situation and emerging issues*. Erişim adresi: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0ec24489-f191-46ce-b4d8-485bffbcd7a2/content>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022c). *Changes in the Global Tea Trade Network*. Erişim adresi: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0ec24489-f191-46ce-b4d8-485bffbcd7a2/content?form=MG0AV3>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024a). *Changes in the global tea trade network*. Erişim adresi: <https://openknowledge.fao.org>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024b). *Current global market situation and medium-term outlook*. Erişim adresi: <https://openknowledge.fao.org/>

- Gharibzahedi, S. M. T., Barba, F. J., Zhou, J., Wang, M. ve Altintas, Z. (2022). Electronic Sensor Technologies in Monitoring Quality of Tea: A Review. *Biosensors*, 12(5), 356. <https://doi.org/10.3390/bios12050356>
- Ghosh Hajra, N. (2015). Diversification of the tea products-global scenario. *Journal of Tea Science Research*, 5,3. doi: 10.5376/jtsr.2015.05.0003
- Gunathilaka, R. P. D. ve Tularam A. G. (2016). The Tea industry and a review of its price modelling in major tea producing countries. *Journal of Management and Strategy*, 7(1): 21–36. doi: 10.5430/jms.v7n1p21
- Güneroğlu, N., Kaya Şahin, E. ve Kahveci, H. (2018, Kasım). *Tourism potential of agricultural areas; the case study of tea (Camellia sinensis) gardens in Rize*. 2nd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies (ISAS2018-Winter), Samsun, Türkiye.
- Güneş, S. (2011). Turkish Tea Culture and Its Products. *Milli Folklor*, 12(93): 234–51. Erişim adresi: <http://www.millifolklor.com>
- Herath, H.M.U.N. ve De Silva, S. (2011). Strategies for Competitive Advantage in Value Added Tea Marketing. *Tropical Agricultural Research*, 22(3): 251–62. doi: 10.4038/tar.v22i3.3698
- Hicks, A. (2001). Review of global tea production and the impact on industry of the Aasian economic situation. *AU Journal of Technology*, 5(2). Erişim adresi: <http://www.assumptionjournal.au.edu>
- Hilal, M.I. M. (2015, Aralık). The dynamics of production, consumption and prices: a study on global tea industry. In Inclusive Growth towards Economic Transformation Sri Lanka Economics Research Conference, 99–117. <http://viduketha.nsf.gov.lk:8585/slsipr/PR6868/PR6868-99.pdf>.
- Hong, B. X., Ichihashi, M., ve Ngoc, N. T. B. (2024). Analysis of consumer preferences for green tea products: a randomized conjoint analysis in Thai Nguyen, Vietnam. *Sustainability*, 16(11), 4521. <https://doi.org/10.3390/su16114521>: 4521. doi: 10.3390/su16114521
- Hong, I. B. (2015). Understanding the consumer's online merchant selection process: the roles of product involvement, perceived risk, and trust expectation. *International Journal of Information Management*, 35(3): 322–36. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2015.01.003

- Imarc. 2024. "Tea Market Size, Share Growth Analysis Forecast."  
<https://www.imarcgroup.com/tea-market>. Erişim adresi:  
<https://dergipark.org.tr/en/pub/bsagriculture/issue/68863/1056132>  
 (November 18, 2024).
- "Import and Export Data of China Tea in 2022". (2023). Erişim adresi:  
<http://en.capiaccti.org.cn/marketandtrade/75fc3811641d4cda000fd43a00876e41>
- India Brand Equity Foundation. (2024, Ekim). *Tea industry and exports in India*. Erişim adresi: <https://www.ibef.org/exports/indian-tea-industry>
- Islam, Md. S., Ema, N.S., Chakroborty, S., Jahan, H. ve Hossain, Md. E. (2021). Tea export competitiveness and the nexus between tea export and economic growth: the cases of Bangladesh, India and Sri Lanka. *Studies in Agricultural Economics*, 123(2): 76–85. doi: 10.7896/j.2125
- İnal, R. (2021). Tea farming industry in Turkey and social economic history 1920-1960. *Alternatif Politika*, 13(2): 351–70.
- İrdem, C. (2022). Effects of temperature and precipitation on tea yield in Turkey. *Black Sea Journal of Agriculture*, 5(2): 126–36. doi: 10.47115/bsagriculture.1056132
- İstikbal, D. (2020, Temmuz-Ağustos). Küresel çay ekonomisi ve Türkiye. *Kriterdergi* 5(48). Erişim adresi:  
<https://kriterdergi.com/ekonomi/kuresel-cay-ekonomisi-ve-turkiye>
- Jagadeesh, M. S., Vinay, H. T., Pavithra, V., Abhishek, G. J., Veershetty, Chikkalaki, A. S. ve Jahnavi, A. P. (2024). India's Tea Export Potential: Stirring up Global Trade Opportunities. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46,9, 309-319. doi: 10.9734/jeai/2024/v46i92827
- Kılıç, O., Gündüz, O., Eryılmaz, G. ve Emir, M. (2014). Çay tüketiminde tüketici davranışlarının belirlenmesi: Samsun ili örneği. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 16(4): 19–25. Erişim adresi:  
<https://dergipark.org.tr>
- Kinyua, J. G. (2016, Mart). The socio-economic factors influencing productivity of the smallholder subsector of the Kenyan tea industry. Erişim adresi:  
<https://repository.spu.ac.ke/xmlui/handle/123456789/2807>

- Kljusuric, J. G., Čačić, J., Misir, A. ve Čačić, D. (2015). Geographical region as a factor influencing consumers' perception of functional food-case of Croatia. *British Food Journal*, 117(3): 1017–31. doi: 10.1108/BFJ-12-2013-0282
- Koca, İ. ve Bostancı, Ş. (2014). Production, composition, and health effects of oolong tea (oolong çayı üretimi, kompozisyonu ve sağlık üzerine etkileri). *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(3): 154–59.
- Kurtuluş, M. (2022). Production costs and profitability of tea in Turkey: the case of çaykur enterprises. In *Reviews in Administrative and Economic Science Methodology, Research and Application*, Livre de Lyon, 79–90.
- Lafcı, N. (2013). *Çay kültüründe değişen alışkanlıkların türkiye örneğinde ürün tasarımına etkileri* (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi. Erişim adresi: <https://openaccess.marmara.edu.tr>
- Lagad, R.A., Alamelu, D., Laskar, A.H., Rai, V.K., Singh, S., & Aggarwal, S.K. (2013). Isotope signature study of the tea samples produced at four different regions in India. *Analytical Methods*, 5, 1604-1611.
- Li, X. (2022). *The Perception and Attitude of Tea Tourism from Tourists' Perspective-A Case Study of Longjing Tea* (Yüksek Lisans Tezi). Upsala Universitet. Erişim adresi: [www.diva-portal.org](http://www.diva-portal.org)
- Li, X., Li, Z., Kim, D., Yuan, Y., Zhang, J. ve Shui, Y. (2024). Influencing factors and mechanisms on consumers' behavior: a case of tea tourism in China. *International Journal of Tourism Research*, 26(1): 1–11. doi: 10.1002/jtr.2637
- Liu, C. (2023). The origin and distribution of tea trees and tea in China. *Journal of Tea Science Research*. Sophia Publishing Group, Inc. doi: 10.5376/jtsr.2023.13.0002
- Lou, W., Sun, S., Wu, L. ve Sun, K. (2014). Effects of climate change on the economic output of the longjing-43 tea tree, 1972–2013. *International Journal of Biometeorology*, 59(5): 593–603. doi: 10.1007/s00484-014-0873-x
- Mao, L., Sun, G., He, Y., Chen, H. ve Guo, C. (2024). Culture and sustainability: evidence from tea culture and corporate social responsibility in China. *Sustainability*, 16(10), 4054. doi:10.3390/su16104054

- Mendi, A. F. (2018). Türkiye çay endüstrisi: sektörel ve ampirik bir çalışma. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 4(2): 252-74. doi: 10.24289/ijsser.413420
- Ministry of Industry and Entrepreneurship Development. (2022). *Sector overview – tea and value added tea sector*. Erişim adresi: <https://www.industry.gov.lk/web/wp-content/uploads/2023/03/Sector-overview-Tea.pdf>
- Mohan Rao, L.J. ve Ramalakshmi, K. (2011). *Chemical composition and pharmacological, medical properties of tea*. Recent Trends in Soft Beverages, (1st ed.). WPI Publishing. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1201/b18247>
- Munasinghe, M., Deraniyagala, Y., Dassanayake, N. ve Karunarathna, H. (2017). Economic, social and environmental impacts and overall sustainability of the tea sector in Sri Lanka. *Sustainable Production and Consumption*, 12: 155–69.
- Mwangi, G. N. (2014). *Sociocultural factors affecting tea productivity at Iriaini Tea Factory Company Limited Othaya Kenya* (Yüksek Lisans Tezi). University Of Nairobi. Erişim adresi: <http://erepository.uonbi.ac.ke>
- Nam, K., Qiao, Y. ve Ahn, B. I. (2022). Analysis of consumer preference for green tea with eco-friendly certification in China. *Sustainability (Switzerland)*, 14(1). doi: 10.3390/su14010211
- Naskar, R. S. (2022). *Annual report*. Tea Board India. Erişim adresi: [www.teaboard.gov.in](http://www.teaboard.gov.in)
- Ngeno, V. (2023). Technical efficiency and technology gap in Kenya's tea industry: accounting for farm heterogeneity. *Journal of Development Effectiveness*, 16(2), 264–281. doi: 10.1080/19439342.2023.2217177
- Onurlubaş, E. ve Gözener, B., Aydemir, A. ve Gençoğlu, H. (2017). Çay tüketim tercihlerinin belirlenmesi (Tokat ili merkez ilçe örneği). *The Journal of Social Sciences*, 16(16): 112–22. Doi: 10.16990/SOBIDER.3812
- Öğüt, Ş. T. (2009). Material culture of tea in Turkey: transformations of design through tradition, modernity and identity. *The Design Journal*, 12(3): 339–64. Doi: 10.2752/146069209X12530928086405
- Önçirak, M. (2019). *Çay sektörü ve Türkiye ekonomisi* (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi. Erişim adresi:

- <https://acikerisim.uludag.edu.tr/items/3b9e3780-6686-43f7-b8e8-5446285f6911>
- Özden, V. D. (2009, Ocak). *Türkiye siyah çay sektör raporu*. Avrupa İşletmeler Ağı-Karadeniz-Türkiye. Erişim adresi: <https://www.rtb.org.tr/uploads/files/110-TurkiyedeSiyahCaySekorRaporu.pdf>
- Peng, Y., Qiu, B., Tang, Z., Xu, W., Yang, P., Wu, W., Chen, X., ..., Li, Z. (2024). Where is tea grown in the world: A robust mapping framework for agroforestry crop with knowledge graph and sentinel images. *Remote Sensing of Environment*, 303, 2024. doi: 10.1016/j.rse.2024.114016.
- Pu, S. (2020). *The chinese tea industry under globalization: an analysis of the current situation and challenges* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: [http://gateway.proquest.com/openurl?url\\_ver=Z39.88-2004&res\\_dat=xri:pqdiss&rft\\_val\\_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:dissertation&genre=dissertation&title=The+Chinese+Tea+Industry+under+Globalization%3A+An+Analysis+of+the+Current+Situation+and+Challenges](http://gateway.proquest.com/openurl?url_ver=Z39.88-2004&res_dat=xri:pqdiss&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:dissertation&genre=dissertation&title=The+Chinese+Tea+Industry+under+Globalization%3A+An+Analysis+of+the+Current+Situation+and+Challenges)
- Qin, K. ve Zhou, L. (2024) Analysis of the high quality development path of China's tea export. *Plos One*, 19(11): e0311629. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311629>
- Rembeza, J. ve Radlińska, K. (2020). Price linkages between tea markets: A case study for Colombo, Kolkata and Mombasa auctions. *European Research Studies Journal*, XxiII(Issue 2): 134–50. doi:10.35808/ersj/1584
- Rize Ticaret Borsası. 2021. Rize Çayı. Erişim adresi: [www.rtb.org.tr](http://www.rtb.org.tr)
- Rotich, H. C., Chelule, J. C. ve Imboga, H. (2016). Analysis of tea auction prices using non-cointegration based techniques. *International Journal of Statistics and Applied Mathematics*, 1(5): 17–26. doi: 10.11648/j.ajtas.20200906.15
- Shen, X. (2023). The continuity and development path of tea culture in the new era. *Academic Journal of Humanities & Social Sciences* 6(23): 94–99. doi: 10.25236/AJHSS.2023.062315

- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B. ve Lugasi, A. (2008). Functional food. product development, marketing and consumer acceptance-a review.” *Appetite*, 51(3): 456–67. doi:10.1016/j.appet.2008.05.060
- Soni, R.P., Katoch, M., Kumar, A., Ladohiya, R. ve Verma, P. (2015). Tea: production, composition, consumption and its potential as an antioxidant and antimicrobial agent. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 5(2):95 doi:10.5958/2277-9396.2016.00002.7
- Sri Lanka Tea Board. (2022). *Annual Report*. Erişim adresi: <https://www.srilankateaboard.lk/>
- Suroso, A. I., Abdullah, A., Haryono, A. ve Tandra, H. (2024). The potential of China's tea trade and how it affects China's economic growth. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 1–22. doi: 10.1080/09638199.2024.2313613
- Suzuki, T., Miyoshi, N., Hayakawa, S., İmai, S., Isemura, M. ve Nakamura, Y. (2016). *Health Benefits of Tea Consumption*. Wilson ve Temple (Ed.), Beverage Impacts on Health and Nutrition (s.49–67). doi: 10.1007/978-3-319-23672-8\_4
- Tamilmani, B. (2023). Digitalization for robust cooperative model: a case of e-auctioning at teaserve in Nilgiris district. *International Journal of Business and Administration Research Review*, 10(2): 98–103. Erişim adresi: <http://admin.ijbarr.com>
- Tanui, J., Feng, W., Li, X., Wang, Y. Ve Kipsat, M.J. (2012). Socio-economic constraints to adoption of yield improving tea farming technologies: A study of small holder tea farmers affiliated to estates in Nandi Hills, Kenya. *African Journal of Agricultural Research*, 7(16): 2560–68. doi: 10.5897/AJAR11.1647
- Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. (2023). *Çay Ürün Raporu 2023*. Erişim adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>
- TATA. (2020a). *Flavours of Sustainability 2019-2020*. New Delhi.
- TATA. (2020b). *Tata consumer products limited integrated annual report 2019-2020*. Kolkata.
- Tea Board India. (2023). *Production*. Erişim adresi: <https://www.teaboard.gov.in>

- Tea Board of Kenya. (2023). *Kenya tea industry performance report 2023*. Erişim adresi: <https://www.teaboard.or.ke>
- Tea Exporters Association. (2024). *Global Beverage Market Outlook-2024*. Colombo. Erişim adresi: <https://teasrilanka.org>
- “Tea Industry and Exports in India”. (2024). Erişim adresi: <https://www.ibef.org/exports/indian-tea-industry#:~:text=Some%20of%20India's%20other%20tea,Pakistan%2C%20and%20Australia%2C%20etc>.
- “Tea Sector Report”. (2020). Erişim adresi: <https://teaway.net/dosya/joint-black-sea-analysis.pdf>.
- Toklu, İ. T. ve Ustaahmetoğlu, E. (2016). Tüketicilerin organik çaya yönelik tutumlarını ve satın alma niyetlerini etkileyen faktörler: bir alan araştırması. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 12(29): 41–61. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijmeh/issue/54629/745187>
- Tong, L., Toppinen, A. ve Wang, L. (2021). Cultural motives affecting tea purchase behavior under two usage situations in China: a study of renqing, mianzi, collectivism, and man-nature unity culture. *J. Ethn. Food*, 8, 15. doi: 10.1186/s42779-021-00092-6
- Tran, D. ve Goto, D. (2019). Impacts of sustainability certification on farm income: evidence from small-scale specialty green tea farmers in Vietnam.” *Food Policy*, 83: 70–82.
- Tuygun Toklu, A. (2021). ISO 9001 belgesinin operasyonel performans üzerindeki etkileri: çay işletmeleri üzerine bir araştırma. *Verimlilik Dergisi*, (2), 49-63. doi.org:10.51551/verimlilik.692939
- Tüylüoğlu, B. O. (2022). *Regional Development Through Global Production Networks: The Case of Tea Sector in Eastern Black Sea Region* (Yüksek Lisans Tezi). Middle East Technical University. Erişim adresi: <https://open.metu.edu.tr>
- ul Haq, S. ve Boz, İ. (2018). Developing a set of indicators to measure sustainability of tea cultivating farms in Rize Province, Turkey. *Ecological Indicators*, 95: 219–32. doi: 10.1007/s10668-019-00310-x
- Uzundumlu, A. S., Karayar, S. ve Bilgiç, A. (2021). Efficiency and cost analysis of growing tea in Turkey. *Custos E Agronegocio On Line*, 17(4):



- 92-112. Erişim adresi:  
<https://www.researchgate.net/publication/358646651>
- Van der Wal, S. (2008). Sustainability issues in the tea sector: a comparative analysis of six leading producing countries. *Stichting Onderzoek Multinationale Ondernemingen*, June 2008. Erişim adresi: <https://ssrn.com/abstract=1660434>
- Wanjau, K. F., ve Makokha, E. N. (2018). Effects of technology on tea factories project performance: a case of trans nzoia county, Kenya. *International Journal of Recent Research in Social Sciences and Humanities*, 5(3): 113–22. Erişim adresi: [www.paperpublications.org](http://www.paperpublications.org)
- Wu, Q., Sun, C. ve Yang, J. (2020). Economic analysis of the change of tea production layout in china. *Journal of Physics: Conference Series*, 1629(1) doi:10.1088/1742-6596/1629/1/012048
- Xiao, Z., Huang, X., Zang, Z. ve Yang, H. (2018). Spatio-temporal variation and the driving forces of tea production in China over the last 30 years. *J. Geogr. Sci.* **28**, 275–290 (2018). doi: 10.1007/s11442-018-1472-2
- Xu, Y. M., Qiao, F. B. ve Huang, J.K. (2022). Black Tea Markets Worldwide: Are They Integrated? *Journal of Integrative Agriculture*, 21(2): 552–65. Erişim adresi: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Yan, W. , Ge, Z. ve Xiong, L. (2020) Research on the Influence of Chinese Tea Technology on the World Tea Industry. *American Journal of Industrial and Business Management*, 10, 135-143. doi: 10.4236/ajibm.2020.101009.
- Yang, X., Chen, Q., Lin, N., Han, M., Chen, Q., Zheng, Q., Gao, B., Liu, F. Ve Xu, Z. (2021). Chinese consumer preferences for organic labels on oolong tea: evidence from a choice experiment. *International Food and Agribusiness Management Review*, 24(3): 545–61. doi: 10.22434/IFAMR2020.0113
- Yazıcı, K. (2021). *Tea agriculture in Turkey*. Pakyürek (Ed.), Current Studies on Fruit Science (s. 281-300). Erişim adresi: [iksadyayinevi.com](http://iksadyayinevi.com)
- Yıldız, S. ve Koçan, M. (2021). Tüketicilerin marka imajı ve marka sadakati algılarını etkileyen faktörler: çay tüketicileri üzerine bir uygulama. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1): 59–69. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gumus/issue/60420/818053>

- Yildirim, O. ve Berkay Karaca, O. (2022). The consumption of tea and coffee in turkey and emerging new trends. *Journal of Ethnic Foods*, 9(1): 1–11. doi:10.1186/s42779-022-00124-9
- Zhao, Y., Xu, Y., Zhang, L., Zhao, M. ve Wang, C. (2022). Adapting tea production to climate change under rapid economic development in China from 1987 to 2017. *Agronomy*, 12(12), 3192. doi: 10.3390/agronomy12123192
- Zhou, M. (2011). *Exploration of factors associated with tea culture and tea tourism in United States, China, and Taiwan* (Yüksek Lisans Tezi). The University of North Carolina. Erişim adresi: <https://libres.uncg.edu/ir/uncg/listing.aspx?id=8331>
- Zhou, M. ve Nuangjamnong, C. (2023). Factors influencing tea consumer behavior in china: a case study of Liupao tea of Wuzhou in Guangxi. *AU-HIU International Multidisciplinary Journal*, 3(2): 16–28. Erişim adresi: <http://www.assumptionjournal.au.edu/index.php/auhiu/article/view/7321>
- Zionmarketresearch. 2024. “Tea market size analysis, share, industry trend, growth, forecast,.” <https://www.zionmarketresearch.com/report/tea-market> (November 18, 2024).
- Zohora, K. F. T. ve Arefin, R. Md. (2022). Tea and tea product diversification: a review. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(12): 2334–53. doi: 10.24925/turjaf.v10i12.2334-2353.5280



## BÖLÜM 3

### ÇAY BİTKİSİNİN MORFOLOJİK VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Prof. Dr. Keziban YAZICI<sup>1,2</sup>  
Ayhan HAZNEDAR<sup>3</sup>  
Burcu GÖKSU KARAOĞLU<sup>4</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14290692>

---

<sup>1</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye. keziban.yazici@erdogan.edu.tr. Orcid ID: 0000-0002-5957-053X

<sup>2</sup>Çay ve Çay Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize, Türkiye. keziban.yazici@erdogan.edu.tr. Orcid ID: 0000-0002-5957-053X

<sup>3</sup>Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Merkezi, Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, ÇAYKUR, ayhan.haznedar@hotmail.com, Rize, Türkiye.

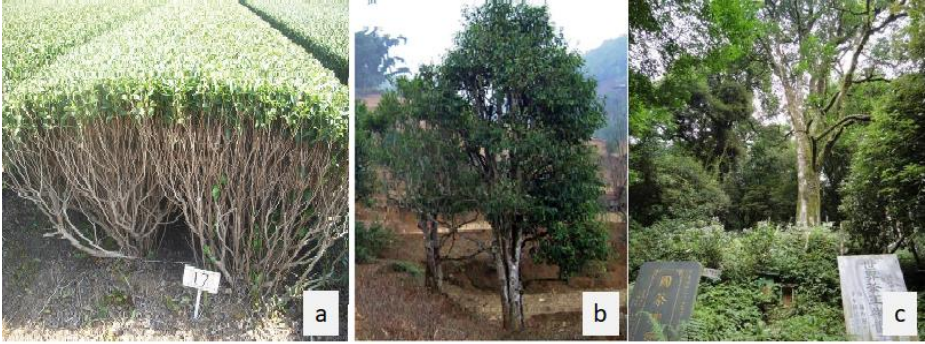
<sup>4</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Rize, Türkiye. burcu.goksu@erdogan.edu.tr. Orcid ID: 000-0002-1019-6188



## GİRİŞ

Çay bitkisi her dem yeşil bir bitkidir. Doğal gelişme ortamlarında 15 metre boya kadar ulaşabilir ve ağaç görünümü alır (Şekil 1). Kültüre alınan çeşitler 60-100 cm den biçimlendirilip vejetatif gelişmeye yönlendirilir. Kültüre alınan çeşitler 100 yıldan fazla yaşamını devam ettirmekle birlikte ekonomik ömrünün; genetik yapısına, bulunduğu ekolojik şartlara, toprak özelliklerine ve uygulanan kültürel tedbirlere bağlı olarak 50-60 yıl arasında değiştiği bildirilmektedir (Bokuchava ve Skobeleva, 1969).

Çay bitkisi yetiştiği, yeterli düzeyde sıcaklık ve nemin bulunduğu ekolojilerde (ekvatorun 18 derece kuzey ve güneyinde), örneğin Sri Lanka ve Kenya gibi ülkelerde dinlenmeye girmeyip, yıl boyu sürgün oluşumu devam etmektedir. Türkiye gibi çayın yetiştiği subtropik ekolojilerde ise çay bitkisi kış döneminde zorunlu dinlenmeye girmektedir. Dinlenme döneminde sürgün üzerindeki yapraklar tazeliğini kaybederek genişlemekte ve sertleşmektedir.



**Şekil 1.** Çalı formunda çay bitkisi (a), ağaç formunda çay bitkisi (b), doğal ortamında çay ağacı (c).

**Kaynak:** Kaynak: a: A. HAZNEDAR; (b ve c: Vo Thai DAN, 2006)

### 3.1. ÇAY SÜRGÜNÜ

Çayda sürgün yapısı oldukça önemlidir ve ağacın hasat edilen kısmını oluşturur. Her dem yeşil olan bitkide, iklim koşulları uygun olduğu sürece sürgün oluşumu devam eder. İklim ve kültürel uygulamalara bağlı olarak dinlenme periyodundan çıkıp gelişme periyoduna giren çay bitkisinde dormant tomurcukların uyanması ile sürgünler oluşur (Şekil 2). Sürgün gelişim periyodunda tomurcuk patlaması ile birlikte, ilk olarak Janam, balık yaprak ve sırası ile normal yapraklar birbirini izleyerek oluşur. Bu oluşum sonrası

dördüncü veya beşinci normal yaprağın tamamlanması ile yeniden dormant dönem başlar ve dormant tomurcuk (banji) teşekkül eder. Böylelikle ilk sürgün oluşumu tamamlanır (Şekil 3).



**Şekil 2.** Çay bitkisinde tomurcuk patlaması ve ilk sürgün oluşumu  
**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, A. HAZNEDAR, K. YAZICI

Ülkemiz ekolojik koşullarında bir vejetasyon periyodunda (aktif gelişme dönemi) 3 sürgün dönemi oluşmaktadır. Bazı yıllarda ilkbaharda sıcaklar erken başladığında ve sonbaharda da devam ettiğinde 4 sürgün dönemi oluşabilmektedir. Vejetasyon periyodu Mart ayının ilk haftası başlayarak ekim ayının sonuna kadar devam etmektedir. Bu dönemde 2-3 defa dinlenme periyodu oluşmaktadır (Yazıcı, 2021a).

Ülkemizde çay üretilen bölgedeki subtropikal iklim koşulları nedeni ile oluşan düşük sıcaklık ve kısa gündün dolaylı 6 ay dinlenme periyodu oluşmaktadır. Kuzey Doğu Hindistan'da 3 ay dinlenme, Ekvatorda ise mevsimsel değişim olmadığından, Güney Hindistan, Kenya ve Sri Lanka gibi

ülkelerde yılın 12 ayı çay toplanmakta olup dinlenme dönemi oluşmamaktadır. Japonya'daki hasat mevsimi de bölgeye göre değişiklik göstermektedir, ancak genellikle 4 hasat yapılan Japonya'da hasat dönemi Nisan ayı sonlarında başlayıp ve Ekim ayı başlarına kadar devam etmektedir. Dünyanın en önemli çay üretici ülkesi olan Çin'de ise hasat mevsimi, farklı yetiştirme bölgeleri ve yüksekliklere göre büyük ölçüde değişir, ancak genel olarak hasat mevsimi Mart ayında erken başlayabilmekte ve Kasım sonuna kadar sürebilmektedir (Wachira ve ark. 2013; Yazıcı, 2021b;).



**Şekil 3.** Çay bitkisinde toplama olgunluğuna gelen sürgünler  
**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Çay bitkisi dinlenmede olduğu kış döneminde, besin rezervleri oluşturduğu için, bu dönemden sonraki ilk sürgünler oldukça kaliteli olur ve bu dönemde verim de diğer sürgün dönemlerine göre daha yüksektir. Bu nedenle, her yılın ilk hasadı birçok ülkede oldukça değerlidir ve alıcılar tarafından da tercih edilen ürünü oluşturur. Çay üreten farklı ülkelerde ilk hasat için özel isimler kullanılır. Hindistan ve Nepal'de buna "First Flush" denir. Çin'de bu çaylar "Pre-Qing Ming" çayları olarak, Japonya'da "Shincha" olarak ve Güney Kore'de "Ujeon" olarak adlandırılır (Ariyathna ve ark., 2011). Ülkemizde ise "Mayıs Çayı" olarak bilinmektedir.

Ülkemiz koşullarında çayda 1. Sürgün dönemi, Mayıs-Haziran, 2. Sürgün dönemi, Temmuz-Ağustos, 3. Sürgün dönemi Eylül-Ekim aylarında oluşmaktadır. Hasat ve dinlenme periyodundan sonra (2-3 hafta) yeniden

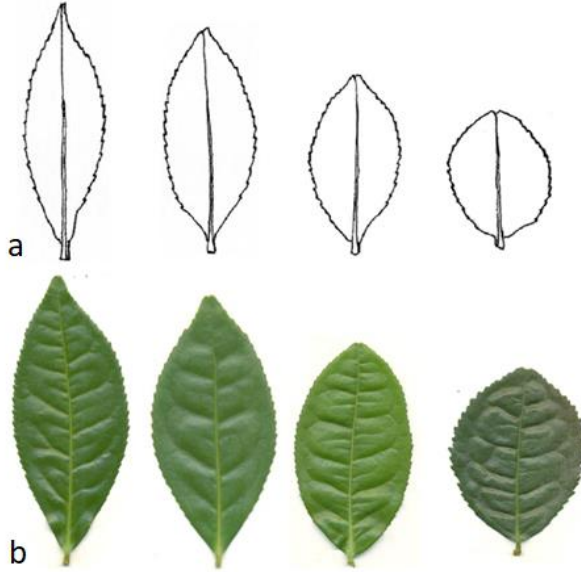


uyanana dormant tomurcuklar, ikinci sürgün dönemini başlatır, yeniden sürgün oluşum periyodu devam eder ve normal yapraklar oluştuktan sonra dormant dönem (banji) yeniden başlar. Bu şekilde üçüncü ve iklim koşulları uygun olursa dördüncü sürgün dönemi de tamamlanır.

Çay bitkisinde sürgünlerin oluşumu ve gelişimi üzerine genetik faktörler, ekolojik faktörler ve yapılan kültürel uygulamalar etkili olmaktadır. İklim faktörlerinden; sıcaklık, nem, yağış düzeni, gün uzunluğu, kültürel uygulamalardan; gübreleme, çapalama, hasat, budama, çırpma, toprak yapısı olarak ise; pH, fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklere bağlı olarak sürgün oluşumu ve gelişimi farklılık gösterir.

### 3.2. ÇAY YAPRAĞI

Çay bitkisinde genel olarak yaprak şekli; mızrak, dikdörtgen, oval, elips olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır (Şekil 4). Yaprak genel olarak geniş elips şeklinde olmakla beraber çay çeşit ve genotipleri arasında farklılıklar bulunmaktadır.



**Şekil 4.** Çayda yaprak şekilleri; Soldan sağa, Çok dar eliptik, dar eliptik, orta eliptik, geniş eliptik

**Kaynak:** a: Tea Variety Description Form b:Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Çay bitkisinde yeni yapraklar olgunlaşmış yaprakların koltuklarında bulunan vejetatif gözlerden süren sürgünler üzerinde oluşur. Kısa bir sapa sahip olan ve her dem yeşil olan yapraklar uca doğru sivrilir. Olgunlaşmış yaprakların kenarları az veya çok dişlidir. Boyları çeşide göre değişiklik göstermekte ve 3-3.5 cm uzunluktadır.

Çay yaprağının yüzeyi düz veya kabarık olabileceği gibi, rengi de açık yeşil, yeşil, sarı yeşil, mor yeşil gibi farklı renklerde olabilmektedir (Şekil 4). Sürgünler ilk sürdüğü zaman genç yapraklar, çeşide bağlı olarak açık sarı, pembemsi, morumsu renklerde olabilirken (Şekil 2), yapraklar olgunlaşınca gerçek renkleri ortaya çıkmaktadır (Şekil 5).

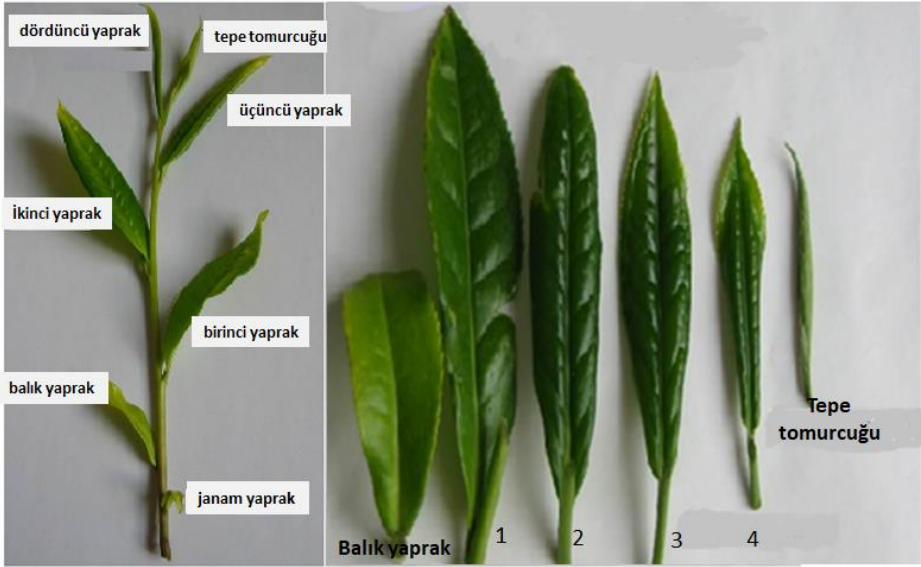


**Şekil 5.** Farklı çay genotiplerinde yaprak renkleri

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Çay bitkisinde oluşan ilk yapraklar balık yaprağı olarak adlandırılmıştır (Sevinç ve Şahin Çevik, 2010). Dinlenme halindeki tomurcuk patladıktan sonra ilk yapraklar olan janam ve balık yapraklar açılır. Normal yaprak oluşumu 5. yaprağa ulaşıncaya yeniden dinlenme periyodu başlar (Şekil 6, 7).

Ekolojik şartlara bağlı olarak, aktif büyüme periyodunda olan çay sürgünündeki tepe tomurcuğun dürülmüş şeklinden yaprak olarak açması için 3-6 gün arasında değişen bir zaman periyoduna ihtiyaç vardır. Bu süreç yaprak periyodu olarak adlandırılmaktadır. Yaprak periyodu, çay üreten ülkeler arasında oldukça değişim göstermektedir. Bu değişimi etkileyen en önemli faktörler başta genetik yapı ve enlem derecesi olmak üzere yapılan kültürel uygulamalardır. Özellikle enlem derecesine bağlı olarak gün uzunluğu ve sıcaklık, sürgün büyüme oranı ve gelişimini etkileyen en önemli unsurlardır.



**Şekil 6.** Çay bitkisinde sürgün üzerinde oluşan yapraklar (1: birinci yaprak, 2: ikinci yaprak, 3: üçüncü yaprak, 4: dördüncü yaprak)

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, A. HAZNEDAR

Ekvatora yakın çay yetiştiren Kenya ve Sri Lanka gibi ülkelerde yaprak ve sürgün oluşum periyodu daha uzun olmakla birlikte ekvatorдан uzaklaştıkça yaprak ve sürgün oluşum periyodu kısalmaktadır. Ekvatorдан uzaklaştıkça 18. güney ve 18. kuzey enlemlerin dışında mevsimsel değişim olduğundan sıcaklık ve gün uzunluğu değişmektedir. Bu değişim doğal olarak çay bitkisini ve dolayısı ile sürgün gelişim periyodunu etkilemektedir (Wickramarathne, 1981).



**Şekil 7.** Çayda dormant tomurcuk ve dormant tomurcuğun sürmesi sonucu sürgün ve yaprak oluşumu

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

### 3.3. ÇAY ÇİÇEĞİ

Çay bitkisinde Doğu Karadeniz Bölgesi ekolojik koşullarında çiçek tomurcukları yaprak koltuklarında temmuz ayının ikinci yarısından itibaren oluşmaya başlar. Ağustos sonu ve Eylül başında bu tomurcuklar belirginleşerek sapları uzar. Eylül sonu Ekim başında balonlaşan çiçek tomurcuklarından beyaz ve gösterişli çiçekler açılır. Çeşide göre değişmekle birlikte tam çiçeklenme dönemi Ekim sonu-Kasım aylarına denk gelmektedir (Şekil 8).



**Şekil 8.** Çay bitkisinde çiçekler  
**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI



Çay bitkisinin çiçek açma zamanı çeşide ve ekolojik koşullara göre değişmektedir. Tropik iklime sahip ülkelerde yılın hemen hemen her ayında bitki üzerinde çiçek tomurcukları ve çiçekler bulunabilmektedir (Neog ve Singh, 2003; Sevinç ve Şahin Çevik, 2010; Shi ve ark., 2015; Ariyaratna ve ark. 2011). Kuzey Hindistan'da çiçeklenme başlangıcı Ekim ayının ikinci haftasında gerçekleşirken, tam çiçeklenme Kasım ayında gerçekleşmektedir. Şubat ayının sonuna doğru ise çiçeklenmenin azaldığı bildirilmiştir (Bezbaruah 1975a). Güney Hindistan koşullarında ise, çiçeklenmenin Aralık ayının başında başlayıp Mart ayına kadar devam ettiği ve tam çiçeklenmenin Şubat ayında gerçekleştiği bildirilmiştir (Sharma ve ark., 1981). Ariyaratna ve ark., (2011)'nin, Sri Lanka'da yaptıkları bir çalışmada, çayda çiçeklenmenin Şubat ayının ortasında başladığını ve Nisan ayına kadar devam ettiğini ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmalarda farklı çay genotiplerinin çiçeklenme dönemlerinde de farklılıklar olduğunu belirtilmiştir (Tayao ve Takeda, 1999; Neog ve Singh 2003; Bezbaruah 1975). RTEÜ Ulusal Çay Gen Havuzundaki farklı çay genotiplerinde de çiçeklenme dönemlerinin oldukça farklı olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 9.** Çay bitkisi üzerinde farklı büyüklükteki çiçek tomurcukları ve çiçekler

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Çay bitkisinde tüm çiçekler aynı anda açmazlar. Yaprak koltuklarındaki ilk oluşan tomurcuklar daha önce çiçek açarlar. Böylece çiçeklenme periyodu oldukça uzun sürmektedir. Çay bitkisinde çiçeklenme zamanında bir dal üzerinde, bir yıl önce tozlanma ve dölleme sonucu oluşan meyveler ile farklı büyüklüklerdeki çiçek tomurcuklarını ve çiçeklerini bir arada görmek mümkündür (Şekil 9,10).



**Şekil 10.** Çayda tomurcuk gelişim aşamaları ile çayın çiçek, meyve ve tohumları  
**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Çiçek tomurcukları balonlaşma dönemi denilen irileştiği ve açmak üzere olduğu dönemde genellikle yeşilimsi beyaz renklidirler. Ancak “Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çay Çeşit Adaylarının Belirlenmesi” isimli TÜBİTAK 1007 projesi kapsamında yapılan seleksiyon çalışmalarında,

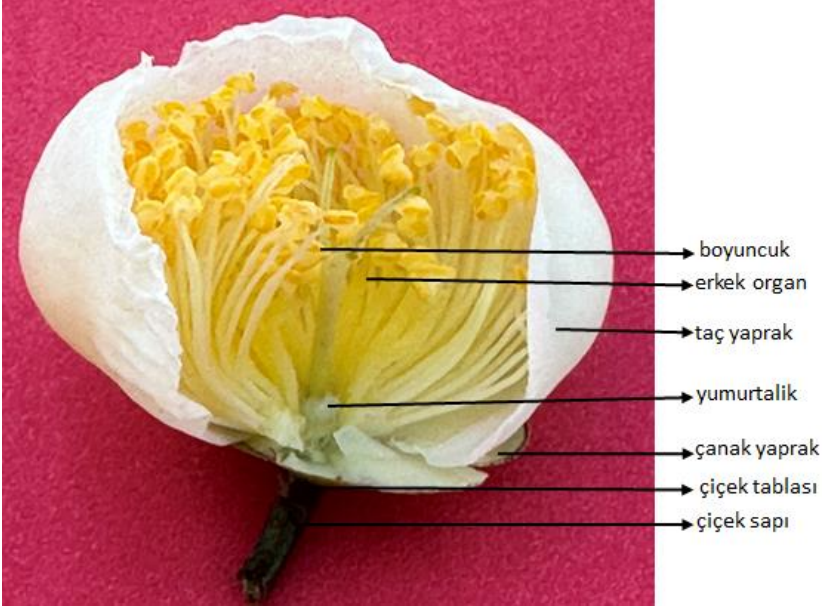
Ülkemizde ilk kez antosiyanin renklenmesi olan çiçek tomurcuklarına sahip genotipler de tespit edilmiştir (Yazıcı ve ark., 2023) (Şekil 11).



**Şekil 11.** a: Genel olarak çay bitkisinde görülen tomurcuk rengi, b: Seleksiyon ıslahı sonucu elde edilen çay genotiplerinde, renkli çiçek tomurcukları

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Çay çiçeği erdişi yapıda olup, erkek ve dişi organlar bir arada bulunmaktadır (Şekil 12). Tam teşekkül etmiş bir çiçekte genellikle 5 adet çanak yaprak ile 5 adet taç yaprak bulunur. Çok sayıda erkek organ bulunan çay çiçeğinde, dişi organ erkek organlara göre aşağıda, aynı seviyede veya yukarıda olabilmektedir. Yumurtalık 3 nadiren 4-5 gözlüdür ve yoğun beyaz tüylerle kaplıdır. Dişicik borusu 7-15 mm uzunluğunda, boyuncuk 3-5 parçalı olabilmektedir. Boyuncukta parçalılık durumu yumurtalığın hemen üzerinden (alçak), ortadan (orta) veya üst kısımdan (yüksek) başlamaktadır (Ariyaratna ve ark., 2011) .



**Şekil 12.** Çayda çiçek yapısı  
**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Çayda farklı genotiplerin çiçek yapısının incelendiği bir çalışmada; çiçek çapı 30,44-41,40 mm, çiçek sap uzunluğu 7,05-11,88 mm, çanak yaprak uzunluğu 3,45-5,06 mm, çanak yaprak genişliği 3,5-5,1 mm, taç yaprak uzunluğu 15,85-19,65 mm, taç yaprak genişliği 12,28-17,82 mm, erkek organ uzunluğu 10,48-12,78 mm, dişi organ uzunluğu 9,27-14,74 mm olarak belirlenmiştir (Kasap ve ark. (2024). Başka bir çalışmada, 5-6 çanak ve taç yapraklı çiçek çapı ortalama  $3,89 \pm 0,02$  cm olarak bulunmuş, çiçek çapı 4 gruba ayrılmıştır; (1) 3 cm, (2) 3-4 cm, (3) 4-5 cm ve (4) >5 cm. (Ariyarathna ve ark., 2011).

#### 1.4. ÇAY MEYVE VE TOHUMU

Çay bitkisinde meyve oluşumu bir yıllık bir süreçte gerçekleşir. Temmuz ayında belirginleşmeye başlayan çiçek gözleri ağustos ayının ilk günlerinden itibaren açmaya başlar, çiçeklenme ocak ayının sonuna kadar devam eder. Bu süreçte tozlaşma ve dölllenme gerçekleşen çiçeklerde meyve tutumu başlar. Tozlaşma olduktan sonra taç yapraklar dökülür ve çiçek sapının ucunda aşağı doğru meyvecikler oluşmaya başlar. Baharla birlikte belirginleşme ve aynı zamanda irileşmeye başlayan meyveler, eylül ayında gelişimlerini büyük



ölçüde tamamlayarak ekim ayı içerisinde olgunlaşmaya başlarlar (Şekil 13). Kasım ayı içerisinde meyve kabuğu rengi yeşilden kahverengiye dönüşür. Bu renk değişimi olduğunda meyvelerin olgunlaşmaya başladığı anlaşılır ve ileriki aşamalarda meyve kabuğu çatlayarak tohumlar kendiliğinden dökülmeye başlar.



**Şekil 13.** Çayda meyve ve tohum oluşumu

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

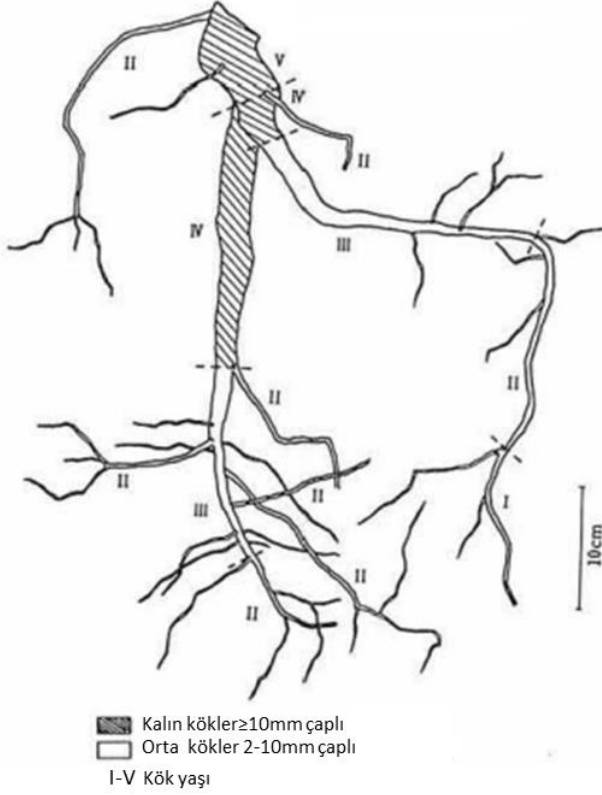
Meyveler genellikle üç gözlü ve kalın kabukludur. Bu meyveler içerisinde genellikle 3 adet tohum bulunur. Ancak, farklı çeşitlerde 1-5 arasında tohum da oluşabilmektedir. RTEÜ Ulusal Çay Gen Havuzunda 5 kapsüllü ve 5 tohum içeren bir genotip tespit edilmiştir (Şekil 14). Bazen de meyve gözünde bir tohum tam ortadan bölünmüş şekilde oluşabilmektedir. Tohumların bünyesinde % 20-30 nispetinde yağ bulunur bu yağda saponin maddesi ihtiva eder. Yağ içerisinden Saponin maddesi alındıktan sonra çay tohum yağı yemeklik yağ olarak kullanılabilir (Sevinç ve Şahin Çevik, 2010).



**Şekil 14.** Çayda tomurcuk, çiçek, meyve ve tohumları  
**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, B. YILMAZ

### 1.5. ÇAYIN KÖK YAPISI

Çay bitkisinde kazık, yan kökler ve kılcak kökler bulunur. Yeni dikilen fidan, gelişimin ilk yıllarında, bir veya toprak yapısına ve çeşit özelliğine göre birkaç tane kazık kök ve kazık kök üzerinde yan kökler oluşturur. Ayrıca toprak yüzeyine yakın boğaz kökleri de mevcuttur (Şekil 15, 16, 17). Çay bitkisinde beyaz ve krem rengi kökler "besleyici kökler", kırmızımsı kahverengi kökler "odunsu kökler" olarak ikiye ayrılmıştır (Yamashita, 1994). Çayın genç kökleri beyazdır ve yaşlandıkça köklerin rengi krem rengine ve en sonunda endodermisin ve birincil korteksin süberinleşmesi nedeniyle kırmızımsı kahverengiye dönüşür. Su ve besin maddelerinin emilim kapasitesi beyaz rekli kılcak köklerde daha yüksektir. Kök yaşlandıkça ve renk beyazdan krem rengine ve kırmızımsı kahverengine doğru değiştikçe emilim kapasitesi kademeli olarak azalmaktadır. Kırmızımsı kahverengi kısımların emilim kapasitesi çok azdır.



**Şekil 15.** Çay köklerinin sınıflandırılması (Yamashita, 1994)

Çay mikorizal köke sahip bir bitkidir. Bir mikorizal bitki türünde ya kök tüyleri yoktur ya da çok nadir bulunurlar. Çay köklerinde de kök tüyleri çok seyrek ve zayıf gelişmiştir (Şekil 14). Genç kökler endotrofik mikorizalarla ilişkilidir. Çay kökleriyle ilişkili olan bu mantarlar, *Endogoneaceae* familyasından *Glomus*, *Gaigospora* ve *Acualospora* cinslerine girer. Mikorizal miselyumlar, kök ucu hariç, köklerin beyaz ve krem renkli kısımları boyunca birincil korteksin hücrelerinde bulunur. Çay bitkisinin beslenmesinde mikoriza önemli bir rol oynar.

Çayın besleyici köklerinin çoğunluğu (%47) toprağın yüzey (0 ila 22,5 cm) ve yüzey altı (22,5 ila 45,0 cm) katmanlarında bulunur. Köklerin ulaştığı derinlik toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, yağış miktarı ve yıl boyu dağılımı, taban suyu derinliği gibi faktörler tarafından etkilenir. Kök derinliği

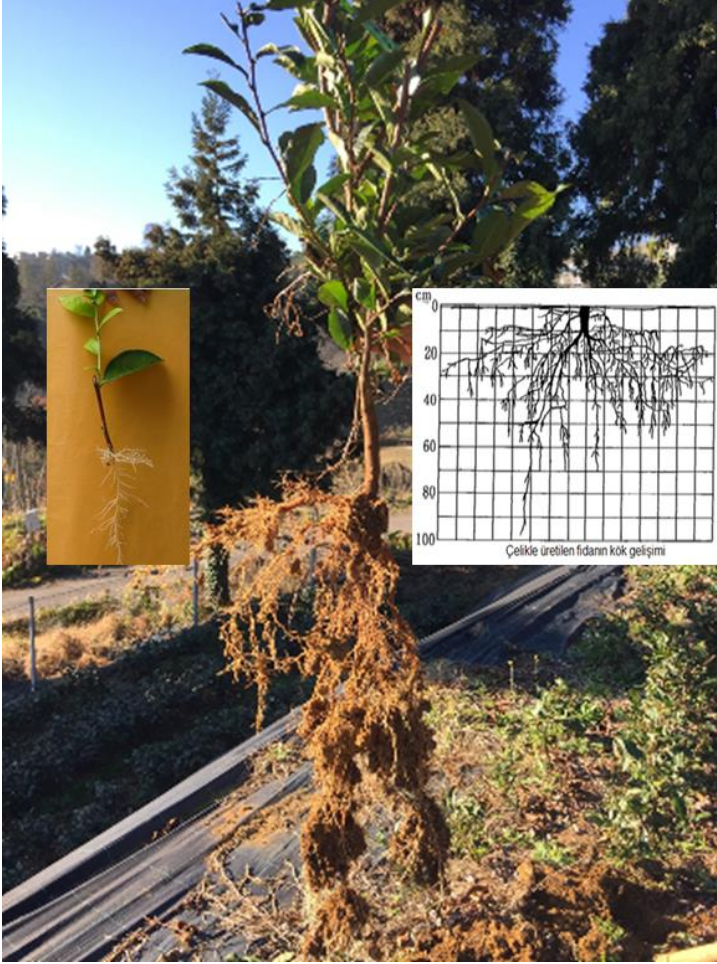
uygun koşullar altında 5m'ye kadar ulaşabilir (Niranjana ve Viswanath, 2008).



**Şekil 16.** İki yaşlı çay bitkisinde kök yapısı

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Çay bitkisi büyüdükçe köklerde depo edilen besin maddesi miktarı artar. Bu nedenle bitki ekonomik anlamda verim yaşına ulaştığında kök gelişimi de yeterli seviyeye ulaşmaktadır. Bu aşamadan sonra çay bitkisinin olumsuz şartlara ve çevre koşullarına dayanımı artmaktadır. Bu nedenle çayda ilk dikimden sonra kökler yeterince büyüyene kadar dikkatli olunmalı, gerekli kültürel uygulamalar zamanında yapılmalı, bakım koşullarına önem verilmelidir. Çay bitkisinde çelikle üretilen fidanlarda kök gelişimi oldukça iyidir (Şekil 16).



Şekil 17. Çayda çelikle üretilen fidanlarda kök yapısı

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, A. HAZNEDAR

## 2. ÇAY'IN DÖLLENME BİYOLOJİSİ

Çay [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] bitkileri erdişi çiçeklere sahip olmasına rağmen, aynı genotipe sahip polenlerle tozlaşmanın döllenmede başarısızlığına neden olduğu ve kendi kendine uyumsuzluk gösteren bir tür olduğu kabul edilir (Chen ve ark., 2005, 2012; Wang ve ark., 2023)

Bu nedenle, eşeyli üreme sırasındaki kendine uyumsuzluk nedeniyle genellikle yabancı tozlanma görülmektedir (Zao ve ark., 2022; Liu ve ark.,



2023). Birçok çalışmada çayda kendine uyuşmazlık belirlenmiştir, ancak mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır (Zhao ve ark., 2022).

Çayda çiçek tomurcukları sabahın erken saatlerinde çiçek açmakta ve iki gün sonra taç yaprakları dökülmektedir. Erkek çiçek organları çok sayıda olmakla birlikte dişi organ boyuncuk yapısı genellikle üç parçalı olup tek bir dişicik borusu ile yumurtalığa uzanmaktadır (Şekil 18,19). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ulusal çay gen havuzunda bulunan çay genotipleri içerisinde 3-4-5 parçalı, bazen bu parçalılığın yumurtalığa kadar indiği dişicik borusu tipleri de tespit edilmiştir. Boyuncuk, alçaktan, ortadan ve yüksekte ayrılma gösterebilmektedir (Şekil 19).



**Şekil 18.** Çay çiçeğinin oluşumu, gelişimi ve döllenme gerçekleşen yumurtalık görüntüsü; 1: erkek organlar, 2: dişi organ, 3: yumurtalık

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI



**Şekil 19.** Çayda dişi organ boyuncuğunun çok parçalı yapısı ile parçalılığın farklı yüksekliklerden oluştuğu farklı çiçek yapıları

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Çay çiçeğinde dişi organ alt, orta ve üst durumlu olabilmektedir (Şekil 20). Yumurtalık genellikle üç gözlü olmakla birlikte dört ve nadiren 5 gözlüdür.



**Şekil 20.** Çay çiçeğinde dişi organın erkek organa göre konumu, a:alt durumlu, b: orta durumlu, c:üst durumlu

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Çayda anterler oldukça fazla çiçek tozu üretmektedirler ve tozlanma böcekler ile gerçekleşmektedir. Çay bitkisinde yabancı tozlanma görülmele birlikte tozlanma ve döllenmede sorun yaşanmamaktadır (Chen ve ark., 2005, 2012; Liu ve ark., 2023) (Şekil 21).



**Şekil 21.** Çayda tozlanma ve meyve oluşumu; 1) çiçek tomurcuğu, 2) tozlanma için uygun çiçekler, 3) tozlanma gerçekleşmiş ve rengi solmaya başlamış çiçekler 4) dölllenme gerçekleşmiş, taç yaprakları ile erkek organları dökülmüş çiçekte embriyo oluşumu

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Çayda çiçek tozları çimlenerek 48 saat içerisinde ovaryuma ulaşır. Yapılan çalışmalarda özellikle, indol-3-aserik asit (IAA) ve absisik asit (ABA) dahil olmak üzere bitki hormonlarının polen tüpünün büyümesinde önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Tozlaşmadan 24-48 saat sonra taç yaprak solar ve çiçek tablası üzerinden anter loblarıyla birlikte düşerek ovaryumu açığa çıkarır. Kalıcı kaliks lobları ovaryum ve stilin üzerine düz bir şekilde kapanır ve stigma yavaş yavaş solar (Potocký vd., 2007; Zhao ve ark., 2022), [Şekil 21, (4)].

Çay çiçeğinde en fazla polen oluşumu çiçeklerin balonlaştığı ve ilk açtığı dönemde olmakta, çiçekler açtıktan bir gün sonra ise tozlanma



oranı azalmaktadır. Çay çiçeklerinin ortalama yaşam süresi 2 gündür. Stillerin kahverengimsi bir renk almasıyla (Şekil 15, 3 numara), çiçeklerde yaşlanma başlamaktadır (Liu ve ark., 2023).

Çayda anter olgunlaşması ve stigmanın çiçek tozu alıcılığı; güneş ışığı, günün saatleri, atmosfer sıcaklığı, nem ve basınç gibi çevresel faktörlere göre değişmekte olup sıcaklığın polen canlılığı üzerine etkisi oldukça fazladır (Shivanna ve Johri 1985; Muoki ve ark. 2007).

## KAYNAKÇA

- Ariyaratna, H. A. C. K., Gunasekare, M. T. K., Kottawa-Arachchige, J. D., Paskarathewan, R., Ranaweera, K. K., Ratnayake, M. ve Kumara, J. B. D. A. P. (2011). Morpho-physiological and phenological attributes of reproductive biology of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) in Sri Lanka. *Euphytica*, 181(2), 203-215.
- Bezbaruah HP (1975) Development of flower, pollination and seed set in tea in north-east India. *Two Bud* 22(1):25–30
- Bokuchava, M.A., & Skobeleva, N. (1969). The chemistry and biochemistry of tea and tea manufacture. *Advances in food research*, 17, 215-92
- Chen, J., Wang, P., Xia, Y., Xu, M. and Shangji, P (2005). Genetic diversity and differentiation of *Camellia sinensis* L. (cultivated tea) and its wild relatives in Yunnan province of China, revealed by morphology, biochemistry and allozyme studies. *Genet Resour Crop Evo* 52, 41–52. <https://doi.org/10.1007/s10722-005-0285-1>.
- Chen X, Hao S, Wang L, Fang W, Wang Y and Liu, X. (2012). Late-acting self-incompatibility in tea plant (*Camellia sinensis*). *Biologia* 67(2):347–51
- Dan V.T. (2006). Assessing genetic diversity in Vietnam tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] using morphology, inter-simple sequence repeat (ISSR) and microsatellite (SSR) markers. Ph.D. Thesis. The Faculty of Agricultural Science, Georg-August University Göttingen, Germany.
- Kasap,S.N., Boyacı, H.F., Yazıcı, K. (2024). Seleksiyon Islahı Sonucu Elde Edilen Çay Çeşit Adaylarının Çiçek Tozu Kalitesinin Araştırılması. Ulusal Çay Kongresi, Bildiri Kitapçığı. Rize/Türkiye.
- Liu S, Guo R, Zhao J, Xia E, Tao Y,..... and Wei, C. (2023). Cytological and transcriptional insights of late-acting self-incompatibility in tea plants (*Camellia sinensis*). *Beverage Plant Research* 3:19  
doi: 10.48130/BPR-2023-0019
- Muoki RC, Wachira EN, Pathak R, Kamunya SM (2007) Potential male gametophyte competition among *Camellia sinensis* genotypes in isolated bi-clonal seed orchards. *Afr Crop Sci J* 15(2):59–66

- Neog B, Singh ID (2003) Study of floral biology of some cultivated tea (*Camellia* spp.) growing in the upper Assam region of north east *India*. *J Plant Crops* 31(1):50–52
- Niranjana K.S. and Viswanath, S. (2008). Root characteristics of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] and silver oak [*Grevillea robusta* (A. Cunn)] in a mixed tea plantation at Munnar, Kerala. *Journal of Tropical Agriculture* 46 (1-2): 25–31.
- Sevinç, B.A., Şahin Çevik, M. (2010). Çay Yetiştiriciliği ve Sorunları. Lisans Bitirme Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta.
- Shi, Y. F., You, X. C., Zhang, Y., Lyu, T. H., & Zhang, J. J. (2015). Anatomy and morphological observation on flower bud differentiation of *Camellia sinensis*. *Journal of Shaanxi Normal University*, 43, 70-73.
- Shivanna KR, Johri BM (1985) The angiosperm pollen: structure and function. Wiley Eastern Ltd., New Delhi.
- Tarım Orman Bakanlığı, (2024) . Tea Variety Description Form (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) TG/238/1 Rev. tarimorman.gov.tr>BUGEM/TTSM/ Belgeler /Tescil.
- Potocký, M., Jones, M., Bezvoda, R., Smirnoff, N., Žárský, V. (2007). Reactive oxygen species produced by NADPH oxidase are involved in pollen tube growth, *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, Volume 146, Issue 4, Pages 269-270, ISSN 1095-6433, <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2007.01.605>.
- Sharma VS, Mohanan M, Selvan AT (1981) Biology of flower of some tea (*Camellia* sp.) clones of south India. In: Vishveshwara V (ed) Proceedings of the fourth annual symposium on plantation crops. *Indian Society for Plantation Crops*, Kerala, pp 375–383
- Toyao, T., & Takeda, Y. (1999). Studies on geographical diversity of floral morphology of tea plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) using the method of numerical taxonomy. *Chagyo Kenkyu Hokoku (Tea Research Journal)*, 1999 (87), 39-57.
- Wachira, F, N., Kamunya, S., Karori, S., Chalo, R., & Maritim, T., (2013). The Tea Plants: Botanical Aspects, Editor(s): Victor R. Preedy, *Tea in Health and Disease Prevention*, Academic Press, 2013, Pages 3-17,

ISBN 9780123849373, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384937-3.00001-X>

- Wang L, Xu L, Aktar S, He M, Wu L, et al. (2023). Petal-assisted artificial pollination method enhanced the fruit setting ratios in tea plant (*Camellia sinensis*). *Beverage Plant Research* 3:7
- Wickramaratne MR (1981) Variation in some leaf characteristics in tea (*Camellia sinensis*) and their use in the identification of tea cultivars. *Tea Q Ceylon* 50:183–189
- Yamashita, M (1994). Root System Formation in Clonal Tea Plants. *JARQ* 28, 26-35
- Yazıcı K., Polat, A., Ilgaz, Ş., Haznedar, A., Akbulut, M., Şavşatlı, Y., Kalkışım, Ö., Turan, C., Dinçer, D., Eminoğlu, A., Beriş, F., Güzel İzmirli, Ş., Kalcioğlu, Z., Sekpan, R., İnce, Ö., Tanyel, G., Şehirli, H., Göksu Karaoğlu, B., Bakoğlu, N., Aydın, Z., Akbulut, S., Tekiner, N., Müezzinoğlu, N., Türüt, R., Birben Çelik, H. (2023). Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çay Çeşit Adaylarının Belirlenmesi. 01.03.2019 – 01.10.2023. TÜBİTAK 1007 projesi sonuç raporu.
- Yazıcı, K. (2021a). İklim Değişikliğinin Çayda Hasat Zamanları Üzerine Olası Etkileri. VIII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu 7-9 Eylül 2021- Pazar / Rize.
- Yazıcı, K. (2021b). Possible Effects of Climate Change on Turkish Tea and Future Prospects. In: Current Studies on Fruit Science, M. PAKYÜREK (editör). Ankara, Turkey, Iksad Publications, p:301-323.
- Zhao, Yu-Xin., Zhao, Zhen., Chen, Chang-Song., Yu, Ying., Jeyaraj, Anburaj., Zhuang, Jing., Arkorful, Emmanuel., Kuberan, Thangaraj., Periakaruppan, Rajiv., Kou, Xiao-bing., Chen, Xuan and Li, Xing-Hui. (2022). Characterization of self-incompatibility and expression profiles of CsMCU2 related to pollination in different varieties of tea plants. *Scientia Horticulturae*. 293. 110693. 10.1016/j.scienta.2021.110693.



## BÖLÜM 4

### ÇAYIN EKOLOJİK İSTEKLERİ

Prof. Dr. Muharrem ÖZCAN<sup>1</sup>

Öğr. Gör. Songül YILDIZ<sup>2</sup>

Arş. Gör. Burcu GÖKSU KARAOĞLU<sup>3</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14290694>

---

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Samsun, Türkiye. muozcan@omu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3237-7043

<sup>2</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Pazar Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Rize, Türkiye. songul.yildiz@erdogan.edu.tr Orcid ID: 0003-4748-6661

<sup>3</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Rize, Türkiye. burcu.goksu@erdogan.edu.tr, Orcid ID: 000-0002-1019-6188



## GİRİŞ

Tarımsal üretimde başarı ve ekonomik verimlilik, ekolojik açıdan uygun tür ve çeşitlerin seçilmesi veya tür ve çeşitlerin ihtiyaçlarının doğal süreçler aracılığıyla karşılandığı ekolojik alanların belirlenmesiyle sağlanabilir. Kalite genetik yapı ile belirlenmekle birlikte, verim ve kalite üzerinde etkili olan başlıca faktörlerden biri de ekolojik koşullardır. Çay gibi, proses sonrası kalite ve marka değerinin doğrudan hammadde kalitesine bağlı olduğu bir sektörde, genetik yapı ile çevresel uyumun optimal düzeyde olması, standart hammadde üretimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, çayın yetişeceği optimum ekolojik koşulların belirlenmesi ve çevresel faktörlerdeki değişimlere karşı uyum toleransının dikkate alınması, başarılı bir çay yetiştiriciliğinin temel unsuru olarak öne çıkmaktadır. Çay tarımında, başlıca ekolojik faktörler arasında iklim ve toprak özellikleri yer almakta olup, bu faktörlerin etkileri aşağıda ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

### 4.1. İKLİM FAKTÖRLERİ

Çay yetiştiriciliği üzerine etki yapan önemli iklim faktörleri sıcaklık, yağış, ışık, nem ve rüzgardır.

#### 4.1.1. Sıcaklık

Çay, 18-30°C aralığında bir çevre sıcaklığı istemekle birlikte, dayanabileceği maksimum değer 35-40°C aralığında olduğu; 13°C'nin altında ve 30°C'nin üzerindeki hava sıcaklıklarında sürgün büyümesinin dolayısıyla verimin azaldığı bildirilmektedir (Carr, 1972; De Costa ve ark., 2007). Sıcaklığın 0°C'nin altına düşmesi durumunda çay bitkisi zarar görmekte, 5°C altındaki sıcaklıklarda ise bitki gelişimde olumsuzluklar meydana gelmektedir. Çay yetiştiriciliğinde aylık ortalama sıcaklıkların 10°C'nin üzerinde olması kaliteli yetiştiricilik için gereklidir. Ekim-Mart ayları arasında 12°C'nin altındaki sıcaklıklarda dinlenme başlamakta ve büyüme durmaktadır (Özcan, 2020). Yıllık sıcaklık ortalamasının 14°C altına düşmemesi gerekmektedir (Sharma ve Ranhanathan, 1985). Türkiye çay tarımı yapılan havzada ekim-mart ayları itibarıyla düşen sıcaklık değerleri ve günlük ışıklandırma süresi çayı zorunlu dinlenme (dormansi) dönemine sokmaktadır. Bu durum, çay tarımı yapılan diğer ülkeler ile kıyaslandığında hasat periyodu ve hasat sayısının da azalmasına sebep olmaktadır. İlkbahar aylarında hava sıcaklığının



yükselmesiyle birlikte çay dinlenme döneminden çıkmakta tekrar sürgün büyümesi başlamaktadır.

Çay bitkisi için hava sıcaklıkları eşik sıcaklık değerinin üzerine çıktıkça sürgün büyüme hızı artmaktadır. Hava sıcaklıklarının optimum sıcaklık seviyesine ulaşması ile sürgün büyüme hızı azalmaktadır. Çayda sürgün büyümesi için gerekli sıcaklık 2°C ile 15°C arasında değişmekte olup bu değer tomurcuk patlaması için gerekli sıcaklıktan 2-3°C daha yüksektir (Stephens ve Carr, 1990).

Sürgün uzama oranı, hasat periyodu ve tepe tomurcuğu baskınlığı hava sıcaklığından etkilenen diğer önemli parametreler arasında yer almaktadır. Farklı rakımlarda çay yetiştiren ülkelerde (örneğin Kenya'da) hasat periyodu artarken, rakım artışına paralel olarak hava sıcaklığı azaldıkça sürgün uzama oranı da azalmaktadır (Squire ve ark., 1993).

Çay bitkisinde hava sıcaklığı yaklaşık 12.5°C olduğunda sürgün uzaması durmaktadır. Gece sıcaklığının 10°C olduğu zamanlarda ise sürgün uzaması üzerine gün uzunluğu önemli bir etki yapmamaktadır. Buna ek olarak gece sıcaklığı 20°C ve gün uzunluğunun da 11 saat olduğu günlerde ise büyüme oranı gerilemekte ve verim üzerine olumsuz etki ortaya çıkmaktadır (Tanton 1982).

Türkiye'de çayın yetiştirildiği bölgedeki sıcaklıklar çay için oldukça uygundur. Uzun yıllardır ülkemizde çay bitkisi yüksek sıcaklık zararına maruz kalmadan yetiştirilmesine karşın, son yıllarda iklim değişikliğinin çay bitkisi üzerine olumsuz etkileri görülmeye başlanmıştır (Şekil 1). Çay bitkisi yüksek sıcaklıklardan çok fazla etkilenmektedir. Aylık sıcaklık artışlarının normalin üzerinde olduğu dönemlerde çay verimi düşmektedir (Hajiboland, 2017).

Çay, yüksek sıcaklık ve kuraklığa karşı oldukça hassas bir bitkidir (Ahmed ve ark., 2014). İklim değişikliğiyle çay tarımında sıcaklık değişimlerinin etkileri daha belirgin hale gelmektedir. Araştırmalar, 2021-2050 yılları arasında Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde sıcaklık ortalamalarının 1.0-1.5°C arasında artış göstermesinin beklendiğini ortaya koymaktadır. Sıcaklık artışlarının çay üretiminde potansiyel riskler oluşturabileceği beklentileri dikkate alınarak mevcut tarım uygulamalarının yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir. Çay üreticilerinin, sıcaklık değişimlerine karşı adaptasyon stratejileri geliştirmesi, sürdürülebilir bir çay tarımı için kritik öneme sahiptir (Nacar ve ark., 2022).



**Şekil 1:** Yüksek sıcaklığın çay yaprakları üzerindeki zararı

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, K. YAZICI

Toprak sıcaklığı da çay bitkisinin gelişimini etkilemektedir (Carr, 1972; Othieno, 1982; Carr ve Stephens 1992). Gündüzleri yüksek, geceleri düşük olan toprak sıcaklığı çay bitkisini generatif döneme yönelterek erken çiçeklenmeyi başlatmakta ve vegetatif gelişmeyi geriletmektedir. Farklı malç türleri kullanılarak geceleri toprak sıcaklığının daha yüksek seviyede tutulması ile verim arttırılabilmektedir (De Costa ve ark., 2007).

Çay bitkisinin gelişimini kısıtlayan diğer önemli iklim faktörü ise düşük sıcaklıklardır. Çayın gelişimi soğuk havada yavaşlamakta ve donlu havalarda zarar görmektedir. Hava sıcaklığının 0°C derecenin altına düştüğü ve 40°C derecenin üzerine çıktığı alanlar ile yıllık sıcaklık ortalamasının 14°C derecenin altına düştüğü alanlar çay tarımı için uygun değildir.

Çay ile ilgili araştırmaların çoğunda yüksek sıcaklık stresinin önemi vurgulansa da soğuk stresi de çay verimini düşürme potansiyeline sahip bir faktördür. Erken ilkbaharda meydana gelen soğukların, çay bitkisinde hasat sayısını azalttığı bildirilmiştir (Huang, 1989). Soğuk stresi, çay yapraklarında hem fizyolojik hem de yapısal hasarlara neden olmaktadır. Soğuk stresi fizyolojik olarak enzim aktivitesini ve fotosentez hızını düşürmekte, su kaybı ile metabolizma dengesizliğine neden olmaktadır. Ayrıca, soğuk stresi hücre zarına zarar vererek çay yapraklarında yapısal olarak bozukluklara yol açmaktadır (Lu ve ark., 2019).

Türkiye'de çay üretimi yapılan Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çok sık rastlanmamakla birlikte ekstrem dönemlerde çayda ilkbahar geç don zararı

görülebilmektedir. Don zararı sonucunda çay bitkisi zarar görürken üretici ekonomik olarak olumsuz etkilenmektedir (Şekil 2).



**Şekil 2:** Çay bitkisinde ilkbahar geç don zararları  
**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, A. HAZNEDAR

#### 4.1.2. Yağış

Çay yetiştiriciliğinde yağış çok önemli ekolojik faktörlerden bir tanesidir. Çay bitkisinin vejetasyon periyodu boyunca yağmurun düzenli olarak yağması istenmektedir. Hızlı ve aşırı yağışlar çay tarımında arzu edilmeyen bir durumdur. Çay yetiştiriciliğinde yıllık 2000-3000 mm yağış istenmekle birlikte, vejetasyon döneminde 1200 mm yağış yeterli olmaktadır. Genel olarak yılda 1800 mm, ayda 150 mm yağış düşen alanlar çay yetiştiriciliği için uygun alanlar olarak görülmektedir (Carr, 1972; Carr ve Stephens, 1992; Özcan, 2020).

Çayın doğal ekolojisi içinde yer almayan Türkiye’de çay tarımı, özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi’nde, Kaçkar Dağları’nın eteklerinde yer alan mikro iklim koşullarında gerçekleştirilmektedir. Bu bölge, denizden gelen nemli rüzgarların bol yağış bırakması sayesinde çay bitkisinin gelişimi için oldukça elverişli bir ortam sunmaktadır (Aydınbaş ve Şimşek, 2024).

Ülkemizde çay bitkisi üzerine olumlu etkileri bulunan bir diğer yağış tipi de kar yağışıdır. Türkiye’de çay yetiştiriciliği yapılan havza, dünyada çay üretimi yapılan en kuzeyde yer alan bölgelerden biridir. Bu durum, çay bitkisine zarar veren zararlı popülasyonunun artmasını engellemektedir. Ayrıca yağın karın yavaş erimesi ile toprak suya doymun hale gelmektedir (Şekil 3).



**Şekil 3:** Karlı bir günde çay bitkisi ve bahçesinin görüntüsü

**Kaynak:** ÇAYKUR, 2024

Yetersiz ve aşırı yağışlar çay bitkisinde verim ve kaliteyi olumsuz etkilerken, şiddetli yağmurlar da su baskınlarına, erozyona ve toprakta besin elementlerinin yıkanmasına neden olmaktadır (Wijeratne, 1996).

Yoğun, az veya gecikmiş yağışlar çayın büyümesini ve verimini olumsuz etkilerken, yıllık yağış miktarındaki artış ile verim arasında doğru bir orantı bulunmaktadır. Çayda yağış ile verim arasında bir korelasyon olduğu ve çayın fizyolojik aktivitesine bağlı olarak ihtiyaç duyduğu miktarda suyu alabildiği belirtilmektedir. Çay üretimi için yağış miktarı yanında yağışlı gün sayısı da önemli bir faktördür (Portsmouth, 1957; Anonymous, 1996; Ahmad ve ark., 2015).

Son yıllarda daha fazla belirginleşen iklim değişikliğine bağlı olarak çay bahçelerinde, su baskını stresinin, düz ve düze yakın arazilerde kurumaların, eğimli arazilerde ise toprak kaymaları gibi olumsuz etkilerin görüldüğü bildirilmiştir (Yıldız ve Özcan, 2024). Hindistan'ın Assam bölgesinde çay bahçelerinde su baskınından dolayı %15-20 oranında ürün kaybı olduğu tespit edilmiştir (Goswami, 2016).

Dünyada meydana gelen iklim değişikliğinin etkilerine bağlı olarak, yağışlı gün sayısı ve yağış miktarı azalmakta, düzenli yağış yerine kısa süreli ani yağış şeklinde düzensiz yağışlarda artışlar görülmektedir. Bu durum, çay bitkisinin ihtiyaç duyduğu dönemde su ihtiyacının karşılanamamasına neden olabildiği gibi, ileriki yıllarda sulama gereksiniminin de ortaya çıkmasına neden olacaktır.

Çay üretiminin yapıldığı ülkelerde iklim değişikliğiyle birlikte, yağmur suları yetersizliği nedeniyle çay veriminin düşeceği öngörülmektedir. Çoğu iklim senaryosunda, Çin, Hindistan ve Vietnam'da (kuzey enlem derecelerinde yer almaları dolayısıyla) çay veriminin artacağı öngörülürken; Kenya, Endonezya ve Sri Lanka'da verimde azalmalar yaşanacağı belirtilmektedir (Beringer ve ark., 2020). Ancak, iklim değişikliğinin devam etmesi ile birlikte çayın yetiştirildiği kuzey bölgelerde de geç de olsa verim azalışlarının meydana gelme olasılığının yüksek olduğu bildirilmektedir (Yazıcı, 2021).

Su stresinin, çayda yaprak üretim, yaprak genişleme ve sürgün uzama oranları ile hasat zamanına kadar gelişen sürgün sayısını azalttığı belirtilmektedir. Su stresi altındaki çaylıklarda hem hasat edilebilir sürgün sayısı, hem de sürgün ağırlığındaki azalmalarla birlikte verim düşmektedir (De Costa ve ark., 2007). Ayrıca, kuraklık koşulları altında fotosentez kapasitesi azalmakta, çay veriminde de azalmalar meydana gelmektedir (Mohotti ve Lawlor, 2002). Kuraklık, verimde %14-20 oranında azalmaya ve %6-19 oranında çay bitkilerinin ölümüne neden olmaktadır (Cheruiyot ve ark., 2008).

Su ihtiyacının doğal yağışlarla karşılandığı, sulama yapılmayan çay bahçelerinin çoğunda, toplam yıllık yağış yeterli olsa da yıl boyunca eşit olmayan yağış dağılımı çay verimini azaltmaktadır (Jaetzold ve Schmidt, 1983). Bu nedenle, çay bitkisinin büyüme ve gelişmesi için gerekli olan miktardan daha az yağış alan ılıman bölgelerde, çay bahçelerinde sulama yapılması gerekmektedir. Ayrıca, çay üretim alanları hızla artmakta ve bu artışın büyük bir kısmı çay bitkisi için su ihtiyacının yetersiz olduğu alanlarda gerçekleşmektedir. Su eksikliği çay üretiminde önemli bir sınırlayıcı faktördür ve olmaya da devam edecektir (Cheruiyot ve ark., 2008).

Çay tablalarının geniş olması sebebi ile meydana gelen yüksek transpirasyon oranları ve topraktaki su eksikliğinden kaynaklanan sorunlar yaprak alanının azalmasına neden olmaktadır (Squire, 1990; Stephens ve Carr, 1993). Su eksikliğine tepki olarak stomaların kapanması CO<sub>2</sub> difüzyonunu da sınırlandırdığından, kuraklık koşullarında hem fotosentez hem de kuru madde üretimi azalmaktadır. Topraktaki su miktarının stoma iletkenliğine etkisi, çay genotiplerine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Bazı derin köklü çay genotiplerinin, kuraklık sırasında stomalarını daha uzun süre açık tutabildiği ve bu süreçte diğer genotiplere göre daha fazla fotosentez yapabildiği belirlenmiştir (De Costa ve ark., 2007).

#### 4.1.2.1. Toprak Suyu

Çay gibi odunsu bitkilerde; sürgün uzaması, yaprak alanı, gövde çapı, boğum arası uzama kapasitesi ve yan dal sayısı topraktaki su eksikliğinden büyük ölçüde etkilenmektedir (Carr, 2000). Bitki bünyesine alınan su, kök derinliği ve kök bölgesinde bulunan su miktarına bağlı olarak değişmektedir. Çay genellikle yüzeysel kök dağılımına sahip bir bitki olarak kabul edilmektedir. Taban suyu çay gelişimini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle taban suyu problemi olan bölgelerde yüzey ve toprak altı drenajının yapılması gerekmektedir. (Ahmad ve ark., 2015).

Dikimden sonraki 3-4 yıl süresince çay bitkisi kuraklık etkilerine daha duyarlı iken, iyi gelişen kök sistemine sahip olgun çay bitkileri, genç çay plantasyonlarına göre kuraklığa daha dayanıklıdır. Kurak dönemlerde sulama, etkili bir çözüm olsa da özellikle suyun kalitesi, su kaynaklarının yetersizliği ve yüksek sulama maliyeti gibi sınırlamalar bulunmaktadır. Dünya çay fiyatlarındaki uzun vadeli düşüş ve üretim maliyetlerinin artması nedeniyle, sulama suyunun kullanımını optimize etmek gerekmektedir (Matthews ve Stephens 1998, Duncan ve ark., 2016).

Kuraklık nedeniyle ürün kayıplarının azaltılması ve bitki ölümlerinin en aza indirilmesi için: kuraklığa dayanıklı çeşitlerin belirlenmesi, sulama altyapısının kurulması, daha etkili budama uygulamaları, gölgelik ağaç örtüsünün artırılması, yağmur hasadı yönteminin kullanılması, erken uyarı sistemlerinin kurulması ve üretici için geçim kaynaklarının çeşitlendirilmesi gerekmektedir (Matthews ve Stephens 1998, Duncan ve ark., 2016). Bu nedenlerle özellikle kuraklığa dayanıklı çay çeşitlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (FAO, 2016, Maritim ve ark., 2016, Yazıcı, 2021).

Sulama yapılmayan çay tarım alanlarında toprakta bulunan nemin muhafaza edilmesi gerekmektedir. Yağışların yeterli olduğu bölgelerde (iklim değişikliğine bağlı olarak meydana gelen su stresine karşın) yağmur suyunun topraktan buharlaşma ile kaybının önlenmesi amacıyla etkili yöntemlerden biri malç kullanımıdır. Bu amaçla özellikle organik malç kullanımı, çay bahçelerinin öncelikle ilk tesis edildiği yıllarda suyun muhafazası için önemli bir uygulama olarak görülmelidir.

### 4.1.3. Nem

Çay üretiminde önemli olan bir diğer iklim faktörü oransal nemdir. Oransal nem miktarının çayın istediği optimum aralıkta olması çay verim ve kalitesini olumlu etkileyerek, taze çay yaprak ve sürgünlerinde su kaybını azaltmaktadır. Çay tarımında yıllık ortalama oransal nem miktarının %70 olması gerekmektedir.

Ülkemizin en önemli çay üreticisi ili olan Rize'nin 60 yıllık oransal nem ortalaması %72-76 arasında bir değişim göstermiştir (Kacar, 2010). Çay bitkisi, ılıman iklimlerde ve yüksek nem oranlarına sahip iklimlerde de yetişmekte, bu da Türkiye'nin coğrafi konumunu önemli kılmaktadır. Çayın yetişmesi için gereken iklim koşulları, sıcaklık, nem ve toprak özellikleri gibi faktörler, mikro iklimin sağladığı avantajlarla birleşerek çay tarımını desteklemektedir (Aydınbaş ve Şimşek, 2024).

### 4.1.4. Rüzgar

Rüzgarlar çay yetiştiriciliğinde olumlu ve olumsuz etki meydana getirebilen faktörlerdir. Olumlu etkisi olarak; çayın gelişmesini teşvik edecek nitelikteki sıcak havayı taşıması, durgun halde bulunan havayı karıştırması sayılabilir. Denizden gelen nemli havanın taşınımında da rüzgarın etkisi bulunmaktadır. Olumsuz etki olarak da çay gelişimini olumsuz etkileyecek nitelikteki sıcak veya soğuk havayı taşıması söylenebilir.

Rüzgar hızındaki artış da iklim değişikliğinin bir etkisi olarak gösterilmektedir. Rüzgar hızındaki değişiklikler, toprak nemini, buharlaşmayı ve su kaynaklarını etkilemesi nedeniyle ürün verimliliğini de etkilemektedir (McInnes ve ark., 2011).

Özellikle yüksek rakımlarda çay yetiştiriciliği yapılan bazı bölgelerde, yılın belirli dönemlerinde yüksek rüzgar hızı meydana gelmektedir. Yüksek rüzgar hızı genellikle geniş çay tablalarından transpirasyon oranlarını artırarak kurak dönemlerde topraktaki suyun hızla azalmasına neden olmaktadır (De Costa ve ark., 2007). Yüksek rüzgar hızlarının bu olumsuz etkilerine karşı koymak için, çay yetiştiriciliği yapılan alanlarda farklı ağaç türlerinden oluşan ve birkaç sıradan meydana gelen rüzgarkıran bitkilerin kullanılması önerilmektedir.

#### 4.1.5. Işık

İklim faktörleri içinde yer alan ışık, çay bitkisinin büyüme ve gelişiminde fotosentez, solunum, terleme gibi fizyolojik olaylara etki yapmaktadır. Yaprağı değerlendirilen bir tür olan çay bitkisi için klorofil oluşumu önemli bir kalite parametresidir ve bu oluşumda ışığın rolü büyüktür.

Işığın, ototrof canlı olan bitkilerin, yaşamsal faaliyetleri için temel ve önemli bir faktör olduğu bilinmektedir. Fotosentez, ışık enerjisinin absorbe edilmesinden sonra karbohidratların sentezlenmesi olayıdır. Ayrıca klorofil ve antosiyanin gibi renk pigmentlerinin üretimi için de ışık mutlaka gereklidir. Ağaçların gölgeli bölgelerinde bulunan yapraklar, güneş gören yerlerine göre daha küçük olmakta ve daha az klorofil içermektedirler (Kaşka ve Paydaş Kargı, 2007). Parlak güneş ışınlarının doğrudan çay bitkisine gelmesi kimi zaman zararlı olabilmektedir. Sürekli yağan bir yağmurdan sonra bulutlar arasından kesintili şekilde güneş ışınlarının gelmesi daha yararlı görülmektedir (Kacar, 2010).

Yıl içindeki iklimsel dalgalanmalar çay verimini etkilemektedir (Barua, 1969; Carr, 1972; Fordham ve Palmer-Jones, 1977; De Costa ve ark., 2007). Çayda tomurcuk dinlenmesinin teşviki ve sürmesi fotoperiyot ile ilişkili bulunmuştur. Çayda sürgün büyümesi fotoperiyottan etkilenmektedir (Barua, 1969; Tanton, 1982).

Çay bitkisi, ışık yoğunluğu ve ışıklanma süresinden etkilenmektedir. Yapılan bir çalışmada, sera koşullarında yetiştirilen çayda, genç yapraklardaki fotokimyasal olayların olgun yapraklara göre aşırı ışıktan daha fazla korunduğu belirlenmiştir (Hajiboland ve ark., 2011). Bu etkiler de dikkate alındığında, günün farklı saatlerinde kısmi gölgeleme sağlamak için, çay bitkileri arasında uzun ağaçlar (10-15 m) ve çalılar (3-5 m) yetiştirilmesi de önerilmektedir (De Costa ve ark., 2007).

Gölge ortam, yaprak ve tabla sıcaklıklarını düzenleyerek net fotosentez oranını dolaylı olarak da etkileyebilmektedir. Gölgeleme ile öğle vakti yaprak sıcaklığı 10-12°C azaltılabilmektedir (Gee ve ark., 1982). Özellikle iklim değişikliğinin etkilerinin daha fazla görüleceği önümüzdeki yıllarda gölgelemenin önemi daha da artacaktır (Smith ve ark., 1994).

Kenya'da yapılan bir çalışmada, güneş ışınlarından yeterli miktarda faydalandığı ve yağışın yeterli olduğu yıllarda, hektara alınan çay yaprağı miktarının 1550 kg'dan 2850 kg'a yükseldiği belirlenmiştir. Yağışın yeterli



düzeyde olmadığı yıllarda güneşten istenilen oranda yararlanamamanın etkisiyle hektardan alınan çay yaprağı miktarının 1250 kg'a kadar düştüğü de saptanmıştır (Othieno, 1979).

Uzun süreli gölgelemeye tabi tutulan çay bitkisi, normal güneş ışığı altındaki çaylar gibi fotosentetik faaliyetlerini sürdürmektedir. Gölgede yetişen çay yapraklarının rengi daha koyu olmaktadır. Çay verimliliği açısından bu durum olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Gölgeleme çalışmaları ışığa karşı verilen tepkilerin ölçülmesi açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Çay bitkisi, fizyolojik, anatomik ve biyokimyasal olaylarda olduğu gibi, farklı ışık koşullarına adaptasyonda da dikkate değer düzeyde toleranslı bulunmuştur (Wijeratne ve ark., 2008).

Rize'nin Güneysu ilçesine bağlı Ortaköy köyünde gün boyu güneş alan, günün yarısında güneşli ve gölgeli olmak üzere 3 bahçede ve 3 hasat döneminde yürütülen bir çalışmada, en yüksek çay verimi 1. sürgün (mayıs) döneminin gölgeli çay bahçesinden, en düşük verim ise 3. sürgün (eylül) döneminin günün yarısı güneşli olan çay bahçesinden alınmıştır. Yaş çaydaki toplam polifenol değerleri güneşlenme durumu ve sürgün dönemlerine göre önemli çıkmış olup, güneşlenme durumuna göre en yüksek toplam polifenol değerleri, sırasıyla, gölgeli, günün yarısı güneşli ve güneşli bahçelerden alınan ürünlerde belirlenmiştir (Kazdal, 2017). Polifenol miktarları üzerinde, hasat zamanı ve güneş ışınlarının etkili olduğu ve sabah toplanan yapraklarda polifenol miktarının akşam toplananlara göre daha az olduğu belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle de güneşlenme düzeyinin toplam polifenol miktarı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (Kacar, 2010).

Çay bitkisinde güneşlenmenin yeterli düzeyde ve yağışın düzenli olduğu yıllarda verimin yükseldiği görülmektedir (Othieno, 1979). Ruter (2002), çayda %30 oranında ışık sağlanan koşullardaki bitkilerin tam güneşe maruz bırakılanlara göre daha fazla geliştiklerini belirlemiştir.

Ülkemizde bulunan çay bahçelerinin bir kısmı orman ağaçlarının bulunduğu bölgelerin tarıma açıldığı alanlarda tesis edilmiştir. Bu alanların sınırlarında yer alan ağaçlar çay bitkisine gölge yapmaktadır. Ayrıca çay bahçelerinde çeşitli türde meyve ağaçları da bulunmaktadır. Bu ağaçlar, taç çapına bağlı olarak çay bahçelerinde gölge etkisi oluşturmaktadır (Şekil 4).



**Şekil 4:** Çay bahçelerinde bulunan ağaçlar

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, S.YILDIZ

Sonuç olarak çay yetiştiriciliği için; çay bitkisinin sıcak ve nemli bir iklim istediği, 10-30°C arasındaki sıcaklıklara sahip tropikal veya subtropikal iklimlerde yetişebileceği, ideal sıcaklığın 18-30°C arasında değiştiği, deniz seviyesinden 2200 metre yüksekliğe kadar olan alanlarda yetişebileceği, üretim bölgelerinde oransal nemin %70-80 arasında olması ve %40'ın altına düşmemesi gerektiği ve don görülmeyen alanların tercih edilmesi gerektiği söylenebilir.

#### **4.2. TOPRAK**

Toprak, çay yetiştiriciliğinde oldukça önemli ekolojik faktörlerden bir tanesidir. Toprak pH'sı yönünden asit reaksiyonlu toprakları seven çay bitkisi, genelde pH'sı 4.5-6 arasında değişen ve aktif kireç miktarı düşük topraklarda optimum gelişme göstermektedir (Sharma ve Ranhanathan, 1985). Çay yetiştiriciliği toprak pH'sının asit ya da alkali yönündeki değişimlerinden olumsuz yönde etkilenirken, toprak pH'sı 4'ün altına düştüğünde istenen verim ve kalitede ürün alınmaz hale gelmektedir (Eden, 1976; Tekeli, 1976; Kacar, 1984).

Ülkemiz çay alanlarında gübre kullanımına bağlı olarak asitliği artan topraklarda, çaydan verim alınmaya devam edebilmesini kazanılmış tolerans etkisi olarak değerlendirmek gerekmektedir.

Çayın optimum gelişme göstereceği toprak pH sınırlarını; Gökale (1952) ve Özcan, (2020) 4.50–5.80, Oche ve ark. (1966) ile Anonymous (1986) 5.00–6.00, Bhattacharyya ve Dey (1983) 3.60–5.70, Sharma ve Ranganathan (1985) 4.50–5.00 ve De Silva (2007) 4.5-5.6 olarak bildirmektedir. Bu bildirimler ışığında genel olarak önerilen toprak pH sınırları 3.6-6.0 arasında değişmekle birlikte önerilerin 4.5-5.5 arasında yoğunlaştığı görülmektedir.

Toprak tekstürü açısından kumdan killi tekstüre kadar değişen topraklarda yetişebilen çay bitkisi, toprağın derin ve bitki besin maddelerince zengin olmasını isterken; ağır killi, kireçli ve taban suyu yüksek alanlarda ise bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle, çay yetiştiriciliği yapılan düz arazilerin organik maddece zengin ve geçirgenliğinin yüksek olması istenirken, eğimli arazilerde eğimin %50'den fazla olmaması ve eğimin etkilerini azaltmak için ise teraslama yapılması önerilmektedir. Asitli toprakları sevmesine karşın, aşırı pH düşüşünde ya da toprak pH'sı alkali yöne doğru değiştiğinde, çay bitkisinde gelişim olumsuz yönde etkilenmektedir (Tekeli, 1962; Eden, 1976; Tekeli, 1976; Kacar, 1984; Özyazıcı ve ark., 2014; Özcan, 2020).

Ekonomik çay üretimi için bahçenin eğimi, topraktaki çakıl ve taş varlığı gibi diğer özellikler de dikkate alınmalıdır. Toprak derinliği 50 cm'den az olan, %50'den fazla çakıl ve %20 oranında taşlı bünyeye sahip topraklarda çay bitkisinin gelişimi büyümesi olumsuz etkilenmektedir. Sığ ve sıkıştırılmış topraklarda yetişen çaylıklarda kuraklık ve su basması sorunu yaşanabilmektedir (TRFK, 2002).

Çay bitkisinin gelişebilmesi için önerilen toprağın iyi drene edilmiş, derin, iyi havalandırılmış ve %2'den fazla organik maddeye sahip topraklar olması gerekmektedir (De Silva, 2007).

Sonuç olarak çayın, iyi derinliğe sahip, iyi drenajlı, pH'sı 4.5-5.5 aralığında ve %2'den fazla organik madde içeren topraklarda yetiştirilebileceği söylenebilir.

### 4.3. TÜRKİYE'DE ÇAY TARIMI YAPILAN İLLERİN ORTALAMA İKLİM VERİLERİ

Türkiye'de Rize, Trabzon, Artvin, Giresun, Ordu olmak üzere toplam 5 ilde çay tarımı yapılmaktadır.

Ülkemizin çay tarımı için uygunluğunu gösteren coğrafi konumu ile uzun yıllar boyunca alınan ortalama iklim değerleri Rize ili için Tablo 1'de, Trabzon ili için Tablo 2'de, Artvin ili için Tablo 3'de, Giresun ili için Tablo 4'de, Ordu ili için Tablo 5'de verilmiştir.

**Rize:** Doğu Karadeniz Bölgesi'nin doğusunda, 40°- 22' ve 41°- 28' doğu meridyenleri ile 40°- 20' ve 41°- 20' kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Rize ilinde, yazları ve kışları ılık, her mevsimi bol yağışlı iklim hüküm sürmektedir. Türkiye'nin en çok yağış alan bölgesidir. Yıllık yağış ortalaması 2300 mm, ortalama yağışlı gün sayısı 172.8'dir. Ortalama yıllık sıcaklık 14.5°C, ortalama en yüksek sıcaklık 18.2°C, ortalama en düşük sıcaklık 11.3°C, ortalama güneşlenme süresi ise 4.2 saattir. (Tablo 1; Rize İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024; MGM, 2024).

**Tablo 1:** Rize ilinin 1928-2023 yılları arasına ait ortalama iklim verileri

| Veriler         | Aylar |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Yıllık |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |        |
| <b>O.S.</b>     | 6.8   | 6.8   | 8.1   | 11.7  | 16.0  | 20.3  | 22.9  | 23.3  | 20.3  | 16.4  | 12.3  | 8.8   | 14.5   |
| <b>O.E.Y.S.</b> | 10.7  | 10.8  | 11.9  | 15.4  | 19.4  | 23.6  | 26.0  | 26.6  | 24.0  | 20.4  | 16.5  | 12.9  | 18.2   |
| <b>O.E.D.S.</b> | 3.8   | 3.7   | 4.9   | 8.4   | 12.7  | 16.8  | 19.6  | 20.1  | 17.0  | 13.1  | 9.1   | 5.8   | 11.3   |
| <b>O.G.S.</b>   | 2.3   | 3.1   | 3.6   | 4.6   | 5.7   | 6.6   | 5.4   | 5.2   | 5.0   | 4.2   | 3.0   | 2.2   | 4.2    |
| <b>O.Y.G.S.</b> | 14.64 | 14.32 | 15.81 | 14.54 | 14.24 | 14.18 | 13.67 | 14.22 | 14.64 | 14.79 | 13.56 | 14.16 | 172.8  |
| <b>T.Y.M.</b>   | 230.8 | 185.9 | 161.4 | 96.0  | 96.2  | 134.9 | 151.2 | 194.9 | 257.6 | 294.3 | 254.5 | 242.3 | 2300.0 |
| <b>E.Y.S.</b>   | 26.6  | 28.1  | 32.6  | 35.8  | 38.2  | 36.1  | 35.4  | 35.6  | 35.0  | 33.8  | 30.4  | 26.7  | 38.2   |
| <b>E.D.S.</b>   | -6.5  | -6.6  | -7.0  | -2.8  | 4.0   | 7.8   | 12.0  | 13.4  | 4.6   | 2.5   | -2.6  | -4.0  | -7.0   |

**Tablo Açıklaması:** O.S.: Ortalama Sıcaklık (°C), O.E.Y.S.: Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C), O.E.D.S.: Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C), O.G.S.: Ortalama Güneşlenme Süresi (saat), O.Y.G.S.: Ortalama Yağışlı Gün Sayısı, T.Y.M.: Toplam Yağış miktarı Ortalaması (mm), E.Y.S.: En Yüksek Sıcaklık (°C), E.D.S.: En Düşük Sıcaklık (°C).

**Kaynak:** MGM, 2024

**Trabzon:** Coğrafi konumu 40°- 33' ve 41°- 07' kuzey paralelleri ile 39°- 07' ve 40°- 30' doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. Trabzon nemli bir iklime sahiptir. Ortalama yıllık sıcaklık 14.8°C, ortalama en yüksek sıcaklık

18.2°C, ortalama en düşük sıcaklık 11.8°C, yıllık yağış ortalaması 828.9 mm'dir. Ortalama güneşlenme süresi 4.5 saat, ortalama yağışlı gün sayısı ise 137.2'dir (Tablo 2; Trabzon İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024; MGM, 2024).

**Tablo 2:** Trabzon ilinin 1927-2023 yılları arasına ait ortalama iklim verileri

| Veriler         | Aylar |       |       |       |       |       |      |      |       |       |       |       | Yıllık |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8    | 9     | 10    | 11    | 12    |        |
| <b>O.S.</b>     | 7.5   | 7.3   | 8.4   | 11.8  | 15.9  | 20.2  | 23.0 | 23.5 | 20.5  | 16.7  | 13.1  | 9.6   | 14.8   |
| <b>O.E.Y.S.</b> | 10.9  | 10.8  | 12.0  | 15.6  | 19.2  | 23.2  | 26.0 | 26.6 | 23.8  | 20.1  | 16.6  | 13.1  | 18.2   |
| <b>O.E.D.S.</b> | 4.7   | 4.4   | 5.5   | 8.7   | 12.9  | 17.1  | 20.0 | 20.5 | 17.4  | 13.7  | 10.1  | 6.8   | 11.8   |
| <b>O.G.S.</b>   | 2.7   | 3.3   | 3.4   | 4.4   | 5.6   | 7.1   | 5.9  | 5.6  | 4.9   | 4.5   | 3.6   | 2.7   | 4.5    |
| <b>O.Y.G.S.</b> | 12.15 | 11.99 | 13.24 | 12.87 | 12.66 | 10.73 | 7.90 | 8.61 | 10.74 | 12.18 | 11.80 | 12.36 | 137.2  |
| <b>T.Y.M.</b>   | 82.5  | 64.4  | 59.8  | 57.3  | 52.4  | 52.1  | 35.8 | 47.7 | 78.4  | 113.3 | 100.5 | 84.7  | 828.9  |
| <b>E.Y.S.</b>   | 27.0  | 30.1  | 35.2  | 37.6  | 38.2  | 36.7  | 37.0 | 38.2 | 37.9  | 33.8  | 32.8  | 26.4  | 38.2   |
| <b>E.D.S.</b>   | -7.0  | -7.4  | -5.8  | -2.0  | 4.2   | 9.2   | 11.0 | 13.5 | 7.3   | 3.4   | -1.6  | -3.3  | -7.4   |

**Tablo Açıklaması:** O.S.: Ortalama Sıcaklık (°C), O.E.Y.S.: Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C), O.E.D.S.: Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C), O.G.S.: Ortalama Güneşlenme Süresi (saat), O.Y.G.S.: Ortalama Yağışlı Gün Sayısı, T.Y.M.: Toplam Yağış miktarı Ortalaması (mm), E.Y.S.: En Yüksek Sıcaklık (°C), E.D.S.: En Düşük Sıcaklık (°C).

**Kaynak:** MGM, 2024

**Artvin:** İlin coğrafi konumu 40°- 35' ile 41°- 32' kuzey paralelleri ve 41°- 07' ile 42°- 00' doğu meridyenleri arasında bulunmaktadır. Ortalama yıllık sıcaklık 12.4°C, ortalama en yüksek sıcaklık 17.4°C, ortalama en düşük sıcaklık 8.5°C yıllık yağış ortalaması 691.6 mm'dir. Ortalama güneşlenme süresi 4.9 saat, ortalama yağışlı gün sayısı ise 137.8'dir. Artvin ilinde her mevsim bol yağışlı bir iklim hüküm sürmektedir (Tablo 3; Artvin Valiliği, 2024; MGM, 2024).

**Tablo 3:** Artvin ilinin 1949-2023 yılları arasına ait ortalama iklim verileri

| Veriler         | Aylar |       |       |       |       |       |      |      |      |       |       |       | Yıllık |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
|                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8    | 9    | 10    | 11    | 12    |        |
| <b>O.S.</b>     | 2.7   | 3.8   | 7.0   | 11.9  | 15.9  | 18.8  | 20.9 | 21.2 | 18.3 | 14.2  | 9.1   | 4.5   | 12.4   |
| <b>O.E.Y.S.</b> | 6.4   | 8.4   | 12.4  | 17.9  | 21.9  | 24.3  | 25.8 | 26.4 | 24.0 | 19.7  | 13.5  | 8.0   | 17.4   |
| <b>O.E.D.S.</b> | -0.1  | 0.5   | 3.0   | 7.2   | 11.2  | 14.4  | 16.9 | 17.3 | 14.3 | 10.3  | 5.8   | 1.8   | 8.5    |
| <b>O.G.S.</b>   | 2.4   | 3.4   | 4.2   | 5.2   | 6.3   | 7.0   | 6.7  | 6.8  | 6.3  | 4.7   | 3.2   | 2.1   | 4.9    |
| <b>O.Y.G.S.</b> | 13.00 | 12.76 | 13.56 | 12.79 | 14.13 | 12.79 | 8.24 | 8.17 | 8.61 | 10.99 | 11.00 | 11.73 | 137.8  |

|               |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|---------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| <b>T.Y.M.</b> | 84.6  | 71.5  | 60.8 | 53.2 | 53.1 | 49.2 | 31.1 | 29.1 | 37.9 | 60.4 | 75.1 | 85.6  | 691.6 |
| <b>E.Y.S.</b> | 18.9  | 21.5  | 28.4 | 34.4 | 36.7 | 39.0 | 42.0 | 43.0 | 41.5 | 33.9 | 27.9 | 20.9  | 43.0  |
| <b>E.D.S.</b> | -16.1 | -11.9 | -9.8 | -7.1 | -0.6 | 3.7  | 9.5  | 9.5  | 4.2  | -1.6 | -8.2 | -10.8 | -16.1 |

**Tablo Açıklaması:** O.S.: Ortalama Sıcaklık (°C), O.E.Y.S.: Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C), O.E.D.S.: Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C), O.G.S.: Ortalama Güneşlenme Süresi (saat), O.Y.G.S.: Ortalama Yağışlı Gün Sayısı, T.Y.M.: Toplam Yağış miktarı Ortalaması (mm), E.Y.S.: En Yüksek Sıcaklık (°C), E.D.S.: En Düşük Sıcaklık (°C).

**Kaynak:** MGM, 2024

**Giresun:** Bu ilin coğrafi konumu 37°-50' ve 39°-12' doğu boylamları ile 40°-07' ve 41°-08' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. İl genelinde ılık ve yağışlı bir iklim hüküm sürer. Ortalama yıllık sıcaklık 14.6°C, ortalama en yüksek sıcaklık 18.1°C, ortalama en düşük sıcaklık 11.8°C yıllık yağış ortalaması 1292.6 mm'dir. Ortalama güneşlenme süresi 2.2 saat, ortalama yağışlı gün sayısı ise 161.0'dır (Tablo 4; Giresun Valiliği, 2024; MGM, 2024).

**Ordu:** İlin coğrafi konumu 40°- 41' kuzey paralelleri, 37°-38' doğu meridyenleri arasında yer alır. Ortalama yıllık sıcaklık 14.5°C, ortalama en yüksek sıcaklık 18.5°C, ortalama en düşük sıcaklık 11.3°C yıllık yağış ortalaması 1051.7 mm'dir. Ortalama güneşlenme süresi 4.5 saat, ortalama yağışlı gün sayısı ise 155.6'dır (Tablo 5; Ordu İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2024; MGM, 2024).

**Tablo 4:** Giresun ilinin 1929-2023 yılları arasına ait ortalama iklim verileri

| Veriler         | Aylar |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Yıllık |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |        |
| <b>O.S.</b>     | 7.4   | 7.2   | 8.1   | 11.3  | 15.6  | 20.2  | 22.9  | 23.4  | 20.3  | 16.5  | 12.9  | 9.6   | 14.6   |
| <b>O.E.Y.S.</b> | 10.7  | 10.7  | 11.8  | 15.1  | 19.0  | 23.5  | 26.2  | 26.7  | 23.7  | 20.0  | 16.4  | 13.0  | 18.1   |
| <b>O.E.D.S.</b> | 4.7   | 4.4   | 5.3   | 8.5   | 12.8  | 17.1  | 19.9  | 20.4  | 17.4  | 13.8  | 10.1  | 6.9   | 11.8   |
| <b>O.G.S.</b>   | 1.3   | 1.9   | 1.6   | 2.3   | 2.7   | 3.7   | 3.1   | 2.7   | 2.1   | 1.5   | 1.9   | 1.2   | 2.2    |
| <b>O.Y.G.S.</b> | 14.70 | 14.23 | 15.91 | 14.68 | 14.15 | 11.93 | 10.78 | 10.77 | 12.41 | 13.96 | 13.30 | 14.23 | 161.0  |
| <b>T.Y.M.</b>   | 128.3 | 101.2 | 99.4  | 75.6  | 68.2  | 77.9  | 81.0  | 90.0  | 130.0 | 162.8 | 151.4 | 126.8 | 1292.6 |
| <b>E.Y.S.</b>   | 25.9  | 29.5  | 34.9  | 36.0  | 35.4  | 36.2  | 35.3  | 35.2  | 32.9  | 37.3  | 32.8  | 28.0  | 37.3   |
| <b>E.D.S.</b>   | -6.2  | -9.8  | -5.8  | -1.4  | 4.0   | 6.8   | 12.1  | 12.1  | 4.8   | 4.2   | -1.6  | -2.4  | -9.8   |

**Tablo Açıklaması:** O.S.: Ortalama Sıcaklık (°C), O.E.Y.S.: Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C), O.E.D.S.: Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C), O.G.S.: Ortalama Güneşlenme Süresi (saat), O.Y.G.S.: Ortalama Yağışlı Gün Sayısı, T.Y.M.: Toplam Yağış miktarı Ortalaması (mm), E.Y.S.: En Yüksek Sıcaklık (°C), E.D.S.: En Düşük Sıcaklık (°C).

**Kaynak:** MGM, 2024

**Tablo 5:** Ordu ilinin 1959-2023 yılları arasına ait ortalama iklim verileri

| Veriler         | Aylar |       |       |       |       |       |      |      |       |       |       |       | Yıllık |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8    | 9     | 10    | 11    | 12    |        |
| <b>O.S</b>      | 7.0   | 7.0   | 8.2   | 11.5  | 15.7  | 20.4  | 23.2 | 23.5 | 20.3  | 16.2  | 12.3  | 9.1   | 14.5   |
| <b>O.E.Y.S.</b> | 11.0  | 11.1  | 12.2  | 15.3  | 19.3  | 24.1  | 26.8 | 27.4 | 24.4  | 20.3  | 16.6  | 13.2  | 18.5   |
| <b>O.E.D.S.</b> | 4.0   | 4.0   | 5.2   | 8.4   | 12.5  | 16.8  | 19.6 | 20.1 | 17.0  | 13.1  | 8.9   | 6.0   | 11.3   |
| <b>O.G.S.</b>   | 2.5   | 3.1   | 3.3   | 4.4   | 5.6   | 6.8   | 6.3  | 6.1  | 5.2   | 4.2   | 3.4   | 2.5   | 4.5    |
| <b>O.Y.G.S.</b> | 14.27 | 13.81 | 15.47 | 14.25 | 13.55 | 11.34 | 9.77 | 9.78 | 11.86 | 14.23 | 12.95 | 14.34 | 155.6  |
| <b>T.Y.M.</b>   | 102.8 | 84.6  | 83.7  | 67.1  | 56.8  | 71.4  | 66.6 | 69.7 | 83.8  | 131.7 | 120.4 | 113.1 | 1051.7 |
| <b>E.Y.S.</b>   | 25.8  | 28.3  | 32.8  | 36.8  | 35.6  | 37.3  | 37.1 | 36.3 | 36.4  | 34.2  | 32.4  | 29.7  | 37.3   |
| <b>E.D.S.</b>   | -7.2  | -6.7  | -4.7  | -1.4  | 3.4   | 8.4   | 12.6 | 13.0 | 8.2   | 2.5   | -1.5  | -3.2  | -7.2   |

**Tablo Açıklaması:** O.S.: Ortalama Sıcaklık (°C), O.E.Y.S.: Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C), O.E.D.S.: Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C), O.G.S.: Ortalama Güneşlenme Süresi (saat), O.Y.G.S.: Ortalama Yağışlı Gün Sayısı, T.Y.M.: Toplam Yağış miktarı Ortalaması (mm), E.Y.S.: En Yüksek Sıcaklık (°C), E.D.S.: En Düşük Sıcaklık (°C).

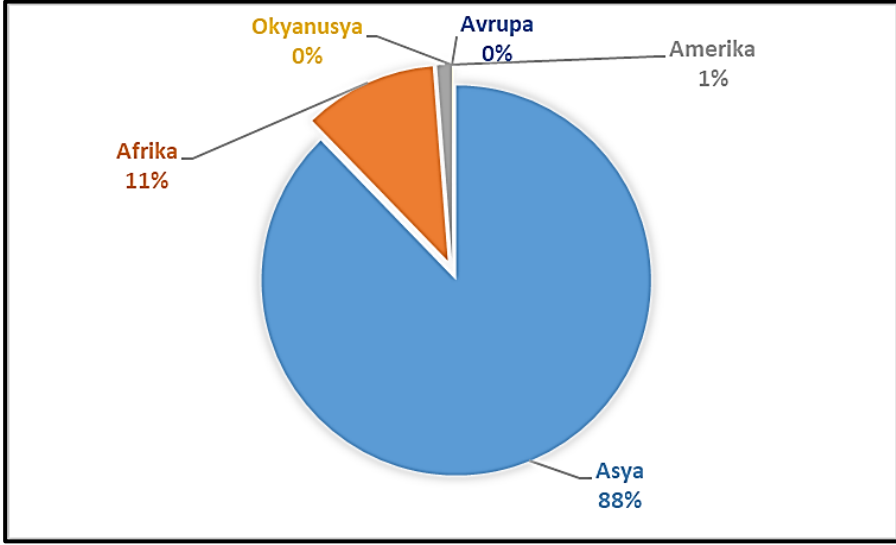
**Kaynak:** MGM, 2024

Çayın iklim istekleri incelendiğinde, bu gereksinimlerin yalnızca Türkiye'deki çay yetiştiriciliği yapılan illerde karşılanabileceği görülmektedir. Türkiye'nin diğer bölgelerinde, çayın yetişmesi için gerekli olan iklim koşullarının sağlanamaması, ekonomik açıdan sürdürülebilir bir çay üretimi yapmayı sınırlandırmaktadır. Çay, belirli sıcaklık, nem ve yağış koşullarına ihtiyaç duyan bir bitki olduğundan, bu iklim faktörlerinin yeterli olduğu bölgeler dışında, çay üretiminin gerçekleştirilmesi zordur. Bu nedenlerle, çay yetiştiriciliği ülke genelinde yalnızca Doğu Karadeniz Bölgemizde beş ilde sınırlı kalmış, dört ilde yoğunlaşmıştır.

#### 4.4. ÇAYIN YETİŞTİRİLDİĞİ EKOLOJİLER

Çay tarımı, belirli iklim koşulları ve arazi yapısı gerektiren bir bitki olduğundan, uygun ekolojik koşulların sağlandığı alanlar, başarılı bir çay üretimi için önemlidir.

Dünya'da yaş çay üretiminin yaklaşık %87,73'ü Asya, %11,1'i Afrika, %1,2'si ise Amerika, Okyanusya ve Avrupa kıtalarında gerçekleştirilmektedir (Şekil 5; FAO, 2024).



Şekil 5: Kıtalaraya göre çay üretim yüzdeleri

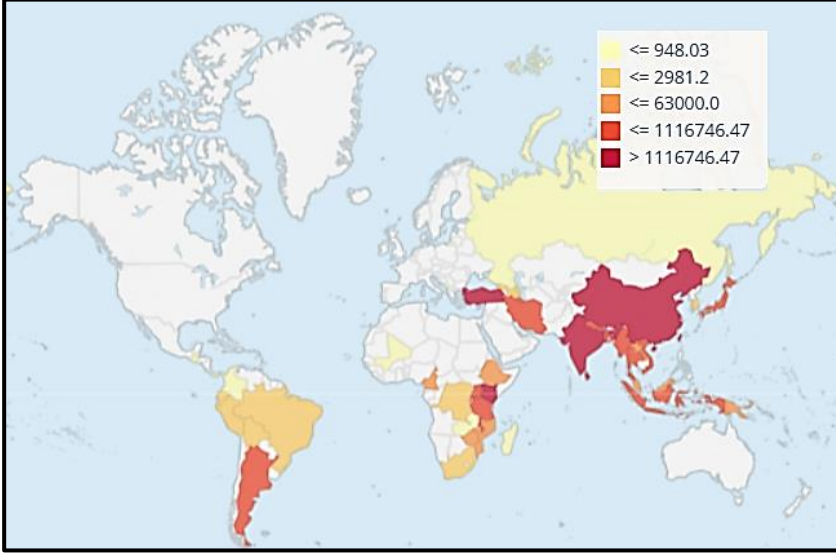
Kaynak: FAO, 2024

Dünyada 'çay kuşağı' denilen alan, güneybatı Çin'i (Yunnan, Sichuan, Guangxi ve Guizhou eyaletleri), Kuzey Laos'u, Kuzey Vietnam'ı, Myanmar'ı, Kamboçya'yı ve kuzeydoğu Hindistan'ı kapsamaktadır. Çay kuşağının dışında doğu Çin, Japonya, Güney Kore, Tayland ve Tayvan'da da ormanda yetişen bazı çay bitkileri bulunmaktadır (Chen ve ark., 2005).

Günümüzde dünya üzerindeki çay bahçeleri, çay kuşağı ve çay yetiştiriciliğinin yayıldığı Sri Lanka, Endonezya, Orta Afrika, Türkiye, Arjantin ve Rusya gibi diğer tropikal, subtropikal ve ılıman bölgelerde bulunmaktadır. Dünya genelinde çay bitkileri, çay yetiştiriciliğinin belirli ekofizyolojik gereksinimlerine uyan alanlarda (42° K ve 30° G enlemleri arasında) bulunmaktadırlar (Şekil 6; Preedy, 2013).

Çay bitkisi ekvator da veya ekvatora yakın olan bölgelerde sürekli sürgün verme eğilimindedir. Ancak ekvator dan uzaklaştıkça hasat dönemleri kademeli olarak azalmakta ve yaklaşık 16°'nin üzerinde artan enlem derecesi ile bağlantılı olarak tam bir kış dinlenmesi görülmektedir. Çay bitkisi, kış aylarında gün uzunluğu 11 saat 15 dakikalık kritik uzunluktan daha kısa olduğu tarihlerde tam bir uyku dönemine girmektedir. Kısa günlerin süresi ne kadar uzun olursa, dinlenme süresi de o kadar uzun olmaktadır (Barua, 1969).





**Şekil 6:** Dünyada çay üretimi yapan ülkeler (ton)

**Kaynak:** FAO, 2024

Türkiye’de çay tarımı, olağan çay ekolojisinin (tropik ve subtropik iklim kuşaklarının) dışında, 42 kuzey enleminde, kuzey doğusu, soğuğu kesen Kafkas sıradağları, güneyi ve doğusu birdenbire yükselen, yükseklikleri 3500m’ ye ulaşan ve denizden gelen nemli rüzgarların yağış bırakmalarına neden olan Kaçkar sıradağları ile çevrili, denize açık, kuytu bir mikroklima alanda yapılmaktadır. Hasat yılda 3 kez yapılmakla birlikte hava sıcaklığına bağlı olarak düşük rakımlı kıyı bölgelerde yapılan hasat sayısı 4’e çıkabilmektedir.

Ülkemiz ekolojisinde Gürcistan sınırından Trabzon’un Araklı-Karadere sınırına kadar olan Karadeniz kıyı şeridi ve 30 km kadar içlere uzanan ve rakımı 1000m’ ye kadar olan alanlar birinci sınıf çay bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Trabzon ilinin Araklı-Karadere sınırından Ordu ilinin Fatsa ilçesine kadar olan alanlar ise ikinci sınıf çay bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Birinci sınıf çay bölgesi olarak adlandırılan alanda verim ve kalite daha yüksektir (Şekil 7; Özcan, 2020).



**Şekil 7:** Türkiye'de çay üretimi yapan iller

**Kaynak:** Türkiye çay üretimi yapan şehirler (2022)

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde 41,4 enlem derecesinde çay bitkisinin yetişmesine uygun koşulların oluşmasında, bölgeyi kuşatan ve yüksekliği 3000 metreyi geçen sıra dağların etkisi büyüktür. Kafkas sıradağları karadan gelen soğuk ve kuru rüzgarlara set oluşturup bölgede sıcaklığın düşmesini önlerken, denizden gelen nemli rüzgarları tutarak yağmur şeklinde yağışa dönüşmesine neden olmaktadır. Yüksek sıradağların anılan etkileri sonucu bölgede çay bitkisinin yetişebilmesi için yarı tropik çevre koşulları oluşmaktadır (Şekil 8; Alikılıç, 2016).



**Şekil 8:** Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan çeşitli çay bahçesi görselleri

**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, S.YILDIZ

Çayın iklim ve toprak istekleriyle birlikte ülkemiz ekolojik koşullarına bakıldığında bu isteklerin ülkemizde karşılanabileceği alanların sınırlı olduğu görülmektedir. Türkiye'de ekolojik koşullar nedeni ile sınırlı bir alanda yetiştirilen çaya alternatif aramak yerine, çay yetiştiriciliği, işlenmesi ve pazarlanması konularındaki sorunların çözümlerine odaklanarak çayı üretim bölgemizde daha ekonomik ve sürdürülebilir kılmak için çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir.

## KAYNAKÇA

- Ahmad, I., Hossain, A., Rowshan, A., Hoque, M. Z., Miah, M. L. and Ahmed, T. (2015). Effect of rainfall on yield and crop distribution of tea. *Journal of Global Biosciences*, 4(5), 2304-2314.
- Ahmed, S., Stepp, J.R., Orians, C., Griffin, T., Matyas, C., Robbat, A., Cash, S., Xue, D., Long, C., Unachukwu, U., Buckley, S., Small, D. and Kennelly, E. (2014). Effects of extreme climate events on tea (*Camellia sinensis*) functional quality validate indigenous farmer knowledge and sensory preferences in tropical China. *PLoS ONE*, 9(10), e109126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109126>
- Alikılıç, D. (2016). Çay'ın Karadeniz Bölgesi için önemi ve tarihi seyri. *Karadeniz İncelemeleri Dergisi*, 11(21), 269-280. <https://doi.org/10.18220/kid.277672>
- Anonymous, (1986). *Tea growers handbook*. Kericho: Tea Research Foundation of Kenya.
- Anonymous, (1996). *Tea from Sri Lanka tea board*. Colombo: Sri Lanka Tea Board.
- Artvin Valiliği, (2024, 26 Eylül). *Coğrafi durum*. Erişim adresi: <http://www.artvin.gov.tr/cografi-durum>
- Aydınbaş, G. ve Şimşek, O. (2024). Endüstri 4.0 kapsamında çay ekonomisi üzerine bir değerlendirme. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(2), 345-361. <https://doi.org/10.30586/pek.1470511>
- Barua D.N. (1969). Seasonal dormancy in tea (*Camellia sinensis* L.). *Nature*, 224(5218), 514.
- Beringer, T., Kulak, M., Müller, C., Schaphoff, S. and Jans, Y. (2020). First process-based simulations of climate change impacts on global tea production indicate large effects in the world's major producer countries. *Environmental Research Letters*, 15(3), 034023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab649b>
- Bhattachavya, N. G. and Dey, S. K. (1983). Role of pH and aluminium on phosphate availability of tea soils. *Two and a Bud*, 30(1/2), 61-4.
- Carr, M.K.V. (1972). The climatic requirements of the tea plant: A review. *Experimental Agriculture*, 8(1), 1-14. <https://doi.org/10.1017/S0014479700023449>

- Carr, M.K.V. (2000). Shoot growth plus plucking equals profit. *TRIT Occasional Publication* (1).
- Carr, M.K.V. and Stephens W. (1992). Climate, weather and the yield of tea. K.C. Willson and M.N. Clifford (ed), *Tea: Cultivation to Consumption* (pp 87-135). Springer Science & Business Media. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-2326-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-011-2326-6_4)
- Chen, J., Wang, P., Xia, Y., Xu, M. and Pei, S. (2005). Genetic diversity and differentiation of *Camellia sinensis* L. (cultivated tea) and its wild relatives in Yunnan province of China, revealed by morphology, biochemistry and allozyme studies. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52, 41-52.
- Cheruiyot E.K., Mumera L.M., Ng'etich W.K., Hassanali A. and Wachira F.N., (2008). Threshold soil water content for growth of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]. *Tea*, 29: 29-38
- ÇAYKUR, (2024, 31 Ekim). *Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü*. Erişim adresi: <https://www.caykur.gov.tr/Pages/Tanitim/FotoGaleri.aspx?ItemId=180>
- De Silva L.D.S.M., (2007). The effects of soil amendments on selected properties of tea soils and tea plants (*Camellia sinensis* L.) in Australia and Sri-Lanka. Doctoral dissertation, James Cook University, Australia.
- De Costa W.J., Mohotti A. and Wijeratne M. (2007). Ecophysiology of tea. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19: 299-332. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400005>
- Duncan, J. M., Saikia, S. D., Gupta, N. and Biggs, E. M. (2016). Observing climate impacts on tea yield in Assam, India. *Applied Geography*, 77, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.10.004>
- Eden, T., (1976). *Tea (Tropical Agriculture Series)*. London: Longman Group Limited.
- FAO (2016, 26 September). Report of the working group on climate change of the FAO intergovernmental group on tea. *Food And Agriculture Organization of The United Nations*. Access address: <https://openknowledge.fao.org/items/fc2de2ca-7e32-4301-8111-010b8fc4b0f6>
- FAO, (2024, 1 September). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Access address: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

- Fordham, R. and Palmer-Jones, R. W. (1977). Simulation of intraseasonal yield fluctuations of tea in Malawi. *Experimental Agriculture*, 13(1), 33-42. <https://doi.org/10.1017/S0014479700007584>
- Gee, G.W., Sandanam, S., Kulasegaram, S. and Anandacoomaraswamy, A. (1982). Effect of shade on leaf water diffusion resistance in clonal tea (*Camellia sinensis*). *Tea Quarterly*, 51: 12-20.
- Giresun Valiliği, (2024, 26 Eylül). *Coğrafya*. Erişim adresi: <http://www.giresun.gov.tr/cografyanew>
- Goswami, R. (2016, 07 July). *Climate map rings Assam tea alarm*. The Telegraphy online. Access address: <https://www.telegraphindia.com/states/north-east/climate-map-rings-assam-tea-alarm/cid/1414919>.
- Gökhale, N.G. (1952). *Soil and climatic condations for tea*. Assam: Capital.
- Hajiboland, R. (2017). Environmental and nutritional requirements for tea cultivation. *Folia Horticulturae*, 29(2), 199-220. <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0019>
- Hajiboland, R., Bastani, S. and Rad, S.B. (2011). Effect of light intensity on photosynthesis and antioxidant defense in boron deficient tea plants. *Acta Biologica Szegediensis*, 55(2), 265-272.
- Huang, S. (1989). Meteorology of the tea plant in China: a review *Agric. For. Meteorol*, 47(1), 19–30. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(89\)90083-X](https://doi.org/10.1016/0168-1923(89)90083-X)
- Jaetzold R. and Schmidt H. (1983). *Farm Management Handbook of Kenya*. Central Kenya: Ministry of Agriculture.
- Kacar, B. (1984). *Çayın Gübrenmesi*. Ankara: Çay-Kur Yayını.
- Kacar, B. (2010). *Çay (Çay Bitkisi, Biyokimyası, Gübrenmesi, İşleme Teknolojisi)*. Ankara: Nobel Yayın.
- Kaşka, N. ve Paydaş Kargı, S. (2007). *Meyve Ağaçları Fizyolojisi: Büyüme ve Gelişme*. Ankara: Nobel Kitabevi.
- Kazdal N. (2017). *Çayda (Camelia sinensis L.) önemli kalite özelliklerinin güneşlenme durumuna ve sürgün dönemlerine göre değişimi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ordu Üniversitesi, Ordu.
- Lu, Y., Hu, Y., Snyder, R.L. and Kent, E.R. (2019). Tea leaf's microstructure and ultrastructure response to low temperature in indicating critical damage temperature. *Information Processing in Agriculture*, 6(2), 247-254. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.09.004>

- Maritim, T., Kamunya, S., Mwendia, C., Mireji, P., Muoki, R., Wamalwa, M., Francesca, S., Schaack, S., Kyalo, M. and Wachira, F. (2016). Transcriptome-based identification of water-deficit stress responsive genes in the tea plant, *Camellia sinensis*. *Journal of Plant Biotechnology*, 43(3), 302-310. <https://doi.org/10.5010/JPB.2016.43.3.302>
- Matthews, R.B. and Stephens, W. (1998). CUPPA-Tea: A simulation model describing seasonal yield variation and potential production of tea. 1. Shoot development and extension. *Experimental Agriculture*, 34(4), 345-367. <https://doi.org/10.1017/S0014479798004098>
- McInnes, K.L., Erwin, T.A. and Bathols, J.M. (2011). Global climate model projected changes in 10 m wind speed and direction due to anthropogenic climate change. *Atmospheric Science Letters*, 12(4), 325-333. <https://doi.org/10.1002/asl.341>
- MGM, (2024, 26 Eylül). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İklim Verileri*. Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A>.
- Mohotti, A.J. and Lawlor, D.W. (2002). Diurnal variation of photosynthesis and photoinhibition in tea: effects of irradiance and nitrogen supply during growth in the field. *Journal of Experimental Botany*, 53(367), 313-322. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.367.313>
- Nacar, S., Kankal, M. ve Okkan, U. (2022). Doğu Karadeniz havzası lokal meteorolojik değişkenleri için bir ölçek indirgeme uygulaması ve senaryo esaslı öngörüler. *Teknik Dergi*, 33(6), 12877-12911. <https://doi.org/10.18400/tekderg.895112>
- Oche, J.J., Soule, M.J., Dijkman, M.J. and Whelburg, C. (1966). Climatic and soil requirements. *Tropical and Subtropical Agriculture*, Vol II.
- Ordu İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, (2024, 2 Kasım). *Coğrafya*. Erişim adresi: <https://ordu.ktb.gov.tr/TR-106499/cografya.html#:~:text=Ordu%3B%20Karadeniz%20b%C3%B6lgesinin%20giri%C5%9F%20kap%C4%B1s%C4%B1d%C4%B1r,%2D38'%20do%C4%9Fu%20meridyenleri%20aras%C4%B1ndad%C4%B1r>
- Othieno, C.O. (1979). Weather and tea yields in Kenya. *Tea in East Africa*, 19(2):3-4.

- Othieno, C.O. (1982). Diurnal variations in soil temperature under tea plants. *Experimental Agriculture*, 18(2), 195-202. <https://doi.org/10.1017/S0014479700013673>
- Özcan, M. (2020). *Turunçgil ve çay yetiştiriciliği ders notu* (basılmamış). Ondokuz Mayıs Üniversitesi. <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/muozcan/66676/TURUN%C3%87G%C4%B0L%20VE%20C3%87AY%20YET%C4%B0%C5%9E%C4%B0R%C4%B0C%C4%B0L%C4%B0%C4%9E%C4%B0.pdf>
- Özyazıcı, M.A., Sağlam, M., Dengiz, O. ve Erkoçak, A. (2014). Çay tarımı yapılan topraklara yönelik faktör analizi ve jeoistatistik uygulamaları: Rize ili örneği. *Toprak Su Dergisi*, 3(1): 12-23.
- Portsmouth, G.B. (1957). Factor affecting shoot production in tea (*Camellia sinensis*) when grown as a plantation crop. II. The influence of climatic conditions and age from prunin on flash shoot production, *Tea Q.* 28(8), 19
- Preedy V.R. (Ed.) (2013). *Green tea: the plants, processing, manufacturing and production*. Tea in Health and Disease Prevention, 19-31.
- Rize İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, (2024, 26 Eylül). *Coğrafi yapı*. Erişim adresi: <https://rize.tarimorman.gov.tr/Menu/12/Coğrafi-Yapı>
- Ruter, J.M. (2002). Nursery production of tea oil camellia under different light levels. *Trends in new crops and new uses*, 222-224.
- Sharma, V.S. and Ranhanathan, V. (1985). The world of tea today. *Outlook on Agriculture*, 14(1): 35-36. <https://doi.org/10.1177/0030727085014001>
- Smith, B. G., Burgess, P. J. and Carr, M.K.V. (1994). Effects of clone and irrigation on the stomatal conductance and photosynthetic rate of tea (*Camellia sinensis*). *Experimental Agriculture*, 30(1), 1-16. <https://doi.org/10.1017/S0014479700023802>
- Squire, G.R. (1990). *The Physiology of Tropical Crop Production*. Florida: CAB International.
- Squire, G.R., Obaga, S.M.O. and Othieno, C.O. (1993). Altitude, temperature and shoot production of tea in the Kenyan highlands. *Experimental Agriculture*, 29(1), 107-120. <https://doi.org/10.1017/S0014479700020457>
- Stephens W. and Carr M.K.V. (1990). Seasonal and clonal differences in shoot extension rates and numbers in tea (*Camellia sinensis*). *Experimental Agriculture*, 26(1), 83-98. <https://doi.org/10.1017/S001447970001543X>



- Stephens W. and Carr M.K.V. (1993). Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. III. Shoot extension and development. *Experimental Agriculture*, 29(3), 323-339. <https://doi.org/10.1017/S0014479700020895>
- Tanton, T.W. (1982). Environmental factors affecting the yield of tea (*Camellia sinensis*). I. Effects of air temperature. *Experimental Agriculture*, 18(1), 47-52 <https://doi.org/10.1017/S0014479700013417>
- Tekeli, S.T. (1962). *Çay Teknolojisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Tekeli, S.T. (1976). *Çay Yetiştirme. İşleme, Pazarlama*. Ankara: Dönüm Yayınları.
- Trabzon İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, (2024, 26 Eylül). *Coğrafi özellikler*. Erişim adresi: <https://trabzon.tarimorman.gov.tr/Menu/31/Cografik-Ozellikleri>
- TRFK (Tea Research Foundation Of Kenya), (2002). Tea Growers' Handbook. <https://teaboard.or.ke/images/downloads/manuals-handbooks/tea-growers-manual-5th-edition.pdf>
- Türkiye çay üretimi yapan şehirler (2022, 9 Şubat). *Wikipedia*. Erişim adresi: [https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:T%C3%BCrkiye\\_%C3%87ay\\_%C3%9Cretimi\\_Yapan\\_%C5%9Eehirler\\_2019.png](https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:T%C3%BCrkiye_%C3%87ay_%C3%9Cretimi_Yapan_%C5%9Eehirler_2019.png)
- Wijeratne, M. A. (1996). Some adaptations of the tea plant to dry environments. *In Adapting to Climate Change: An International Perspective* New York: Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8471-7\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8471-7_15)
- Wijeratne, T.L., Mohotti, A.J. and Nissanka, S.P. (2008). Impact of long term shade on physiological, anatomical and biochemical changes in tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz). *Tropical Agricultural Research*, 20, 376-387.
- Yazıcı, K. (2021). *Possible Effects of Climate Change on Turkish Tea and Future Prospects*. M. Pakyürek (Ed.), *Current Studies on Fruit Science* (s.301-323.) in. Ankara: Iksad Publications.
- Yıldız, S. ve Özcan, M. (2024). Küresel ısınmanın çay tarımına etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 10(1), 47-68. <https://doi.org/10.24180/ijaws.1394524>

## BÖLÜM 5

### ÇAYDA FİDAN ÜRETİMİ, BAHÇE TESİSİ VE KÜLTÜREL UYGULAMALAR

Prof. Dr. Keziban YAZICI<sup>1,2</sup>  
Ayhan HAZNEDAR<sup>3</sup>  
Prof. Dr. Yoruiki NAKAMURA<sup>4</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14290892>

---

<sup>1</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Rize, TÜRKİYE. keziban.yazici@erdogan.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-5957-053X

<sup>2</sup> Çay ve Çay Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize, TÜRKİYE. keziban.yazici@erdogan.edu.tr. Orcid ID: 0000-0002-5957-053X

<sup>3</sup> Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Merkezi, Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, ÇAYKUR, ayhan.haznedar@hotmail.com, Rize, TÜRKİYE.

<sup>4</sup>Shizuoka Üniversitesi, Çay Araştırma Merkezi, Shizuoka, JAPONYA.



## GİRİŞ

Uluslararası çay ticaretinde daha fazla yer alabilmek, marka ürünler oluşturarak dünya piyasasında rekabet edebilecek bir konuma gelebilmek için ürün kalitesinin yükseltilmesi büyük önem taşımaktadır. Kaliteli kuru çay üretilebilmek için de özellikle asıl hammadde kaynağını oluşturan çay bitkisinin kalitesini iyileştirici tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu nedenle, katma değeri yüksek olan ve dünyada pazarlanabilir nitelikte nihai ürünlerin elde edilmesine yönelik çayda yetiştirme tekniklerinin ve kültürel uygulamaların bilinmesi ve doğru bir şekilde uygulanması önem arz etmektedir.

Ülkemiz için stratejik ürün olarak değerlendirilen çay bitkisinin günümüzde yetiştirme teknikleri konusundaki en önemli sorunu çay bahçelerinin tamamının tohumla tesis edilmesi nedeniyle bir örnek çay bahçelerinin bulunmaması ve bu bahçelerde de budama, hasat ve gübreleme gibi kültürel uygulamaların yeterince ve usulüne uygun olarak yapılamaması nedeni ile gün geçtikçe verim ve kalitenin düşmesidir (Yazıcı, 2016).

Dünyada çay yetiştirilen önemli ülkelerde çay bahçeleri vejetatif yolla üretilen fidanlarla, makineli tarıma olanak sunan sıra arası mesafeler verilerek kurulmaktadır. Bu anlamda ilk çay bahçeleri tohumla kurulmuş olan Çin, Japonya, Hindistan, Kenya ve Sri Lanka gibi ülkelerde bu bahçeler vejetatif yolla üretilen fidanlar ile %75-90 oranında yenilenmiştir. Sürdürülebilir ve modern çay tarımı için bahçelerin yenilenmesi ve bu yenileme sırasında makineli tarıma olanak sağlayan sıra arası mesafelerin bırakılması önemlidir. Çünkü, köyden kente göç ve köylerde yaşlı nüfusun kalması nedeni ile daha az işçilik isteyen ve zamandan tasarruf sağlayacak sistemlerin çay tarımımıza entegre edilmesi gerekmektedir (Yazıcı, 2021, 2022).

Ülkemizde çay yetiştiriciliği yapılmakta olan alanların önemli bir kısmı eğimli araziler olduğu için çay tarımında makineli tarım uygulamaları çok sınırlı kalmıştır. Ancak, son yıllarda işçilik maliyetlerindeki artışlar özellikle budama olmak üzere tarımsal mekanizasyona olan talebi giderek artırmıştır. Dünyada çay tarımında birçok ülkede budama, hasat ve toprak işleme amacı ile tarım makineleri kullanılmaktadır. Ülkemizde çay konusunda özelleşmiş tarım makinesi sayısı sınırlı kalmıştır. Bu noktada mevcut bahçelerin, yeni kurulacak veya yenilenecek çay bahçelerinin sıra arası mesafelere dikkat edilerek kaliteli çay çeşitleri ile kurulması, toprak işleme, gübreleme ve budama işlemlerinin kolay yapılabilmesi için makineli tarıma uygun şekilde planlanması

gerekmektedir. Bu bölümde kaliteli çay üretimi için; fidan üretimi, bahçe tesisi, budama ve hasat konularında dikkat edilmesi gerekli hususlar ele alınmıştır.

## 5.1. ÇAY BİTKİSİNİN ÇOĞALTILMASI

Çay bitkisi generatif olarak tohumla, vejetatif olarak çelik, aşı ve doku kültürü ile çoğaltılabilmektedir. Türkiye'de kurulan çay bahçelerinin tamamına yakını tohumla kurulmuştur. Bu nedenle aynı çay bahçesinde onlarca farklı genotip oluşmuştur. Çayda bir örnek yetiştiricilik için vejetatif çoğaltma gereklidir. Çay bitkisi, kolay ve ucuz bir yöntem olduğu için yaygın olarak çelikle çoğaltılmaktadır.

### 5.1.1. Generatif (Tohumla ) Çoğaltma

Çayda tohumla üretim dünyada artık terk edilmiş ancak ülkemizde maalesef hala kullanılan bir çoğaltma tekniğidir. Çay bitkisi fizyolojik olarak yabancı dölleme gösterdiği için tohumla tesis edilen bahçelerde standart bir ürün normu oluşmamaktadır. Örneğin bir çay bahçesinde, sürgünlerin farklı zamanlarda hasat olgunluğuna gelmesi, hasat yönünden üreticiye birçok zorluk oluşturmaktadır. Aynı zamanda üreticinin çaylıklarında en geç süren ocakları bekledikten sonra, ürünü toplama eğilimi dolayısıyla ürünün kalitesinde köre kaçan ve kartlaşan sürgünlerden ötürü bir düşme görülmektedir. Tohumla çoğaltma çay tarımında anaç üretiminde kullanılabileceği için bu bölümde tohumla çoğaltmadan kısaca bahsedilmiştir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Çay tohumu ve tohumla üretilmiş fidanlar

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI

Çay bitkisinde tozlanma ve dölllenme gerçekleştikten bir yıl sonra meyve ve tohum oluşur. Çay meyve kapsülleri içerisinde 1-5 arasında, genellikle 3 adet tohum bulunur. Meyve kapsülünün rengi başlangıçta yeşil olup, tohumların olgunlaşmasına doğru kahverengileşir. Olgunlaşan meyve kapsülleri çatlamaya başlar ve tohumlar ortaya çıkarlar. Olgun tohumların kabukları da kahverengidir. Bu tohumların içleri genellikle dolu olmakla birlikte, boş ve gelişmemiş olanları da mevcuttur. Boş ve gelişmemiş tohumlar daha küçük olurlar. Bu nedenle, ekilmeden önce 15mm çapında bir elekten geçirilirler. Eleğin üstünde kalan tohumlar ekim için kullanılır. Bu tohumlar ekilmeden önce çimlenme oranını yükseltmek amacıyla yaklaşık 2 ile 4 gün su içerisinde bekletilir bu süreçte tohum kabuğu yumuşayıp çatlamaya başlar ve tohumlar ekime hazır hale gelir.

Çay tohumlarının çimlenme yetenekleri oldukça yüksektir. Uygun ortam ve sıcaklık koşulları sağlandığında ekilen tohumların %90-95 oranında çimlendiği görülmektedir. Çimlenen tohum oranını arttırmak için tohumları su içerisinde bekletme ve katlama uygulamaları yapılabilir. Tohumlar 21C<sup>0</sup> de, ortalama 25-30 gün içerisinde çimlenebilmektedir (Sevinç ve Şahin Çevik, 2010).

### 5.1.2. Vejetatif Çoğaltma

Çay bitkisinin kalıtsal özelliklerinin yeni nesillere aktarılabilmesi için vejetatif yollarla çoğaltılması gerekmektedir. Çelik, aş ve doku kültürü en fazla kullanılan vejetatif çoğaltma yöntemleridir. Çay bitkisinde günümüzde en fazla kullanılan vejetatif çoğaltma yöntemi ise çelikle çoğaltmadır. Aş ile üretim ise uzman tarafından yapılması gerektiği, tutma oranı düşük olduğu ve yoğun emek istediği için çok fazla tercih edilmemektedir. Doku kültürü üretim yöntemi son yıllarda birçok meyve tür ve çeşidinde başarı ile kullanılmakta, çok az materyal ile oldukça fazla üretim imkânı sunmaktadır. “Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çay Çeşit Adaylarının Belirlenmesi” isimli TÜBİTAK 1007 projesi kapsamında çay bitkisinde doku kültürü üretim protokolü geliştirilmiştir (Yazıcı ve ark. 2023). Bu protokollerin de kullanılması ile ileride çayın doku kültürü ile üretilmesinde önemli gelişmeler yaşanacağı öngörülmektedir. Günümüzde çayda en fazla kullanılan vejetatif üretim yöntemi yaprak göz çeliği kullanılan, çelikle fidan üretim yöntemidir.

### 5.1.2.1. Çelikle Fidan Üretimi

Çelikle fidan üretimi, nitelik, kalite ve farklı özellikler bakımından üstün olan çay çeşitlerinin fazla miktarda ve uygun maliyetlerle üretilmesi için oldukça uygun bir yöntemdir. Çelik alınacak çeşitler, daha çok sürgün oluşturmaları için Kasım-Şubat veya en geç Mart ayında derin budamaya (30 cm'den cm) tabi tutulur. Serbest büyümeye bırakılan bu ocaklardaki sürgünler yaklaşık 6 ay sonra 50-60 cm'ye ulaştığında, çelik alınabilecek olgunluğa gelirler (Şekil 2,3).



**Şekil. 2.** Çelik alınacak çay sürgünü oluşturmak için çay ocaklarında yapılan budama ve budanmış ocaklarda sürgün oluşumu

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI





**Şekil 3.** Çelik alınacak çeşitlerin budanması ve budama sonrası süren sürgümler  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, A. HAZNEDAR

### Çelik Alma

Derin budama yapılarak sürmesi beklenen çay ocaklarından süren sürgünler, demetler halinde kesilerek alınır ve kurumaları önlemek için içerisi su dolu kovalara konulur. Bu sürgünler çelik alınana kadar su içerisinde bekletilmelidir. Çelikler sürgünün olgun yaprak ve gözleri içeren orta kısımlarından alınmalı, en alttaki sert ve yaşlı kısmı ve en üst kısmında yer alan taze olgunlaşmamış gözlerin bulunduğu kısımlardan alınmamalıdır (Şekil 4).



**Şekil 4.** Çay sürgünlerinden yaprak göz çeliklerinin alınması  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI

Çelikler 45 derecelik bir açı ile kesilmeli, kesilirken keskin bir budama makası kullanılmalıdır. İyi bir çelik, tam olgunlaşmamış yarı odunsu bir yapıda olan sağlıklı bir görünüme sahip, yaprağı herhangi bir şekilde zarar görmemiş, koltuk altı tomurcuğu sürmemiş olmalıdır. Çay sürgünlerinden bir yaprak bir



göz veya iki yaprak iki gözlü çelikler alınabilir (Bostan vd., 2024). Kesilen çelikler hemen dikilmeyecek ise yine su içerisinde alınmalı, çok fazla bekletilmeden dikim yapılmalıdır.

### Çeliklerin Dikimi

Alınan çay çelikleri torf ve vermikulit içeren 15 x 20 cm boyutlarındaki torbalar (Şekil 5,6) veya büyük boyutlu (48cmx32cmx15.5cm) viollerde (Şekil 7, 8) rahatlıkla yetiştirilebilir. Çayda torf/vermikulit oranı 3/1 olan ortamlarda köklenmede başarı oranı oldukça yüksek bulunmuştur (Yazıcı ve ark., 2023). Köklenme oranını arttırmak için 4000 ppm IBA hormon çözeltisi önerilmektedir (Yavaş A. 2012; Zenginbal ve ark., 2014ab, ).



Şekil 5. Tüplü çay fidanı üretimi

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, A HAZNEDAR, K. YAZICI



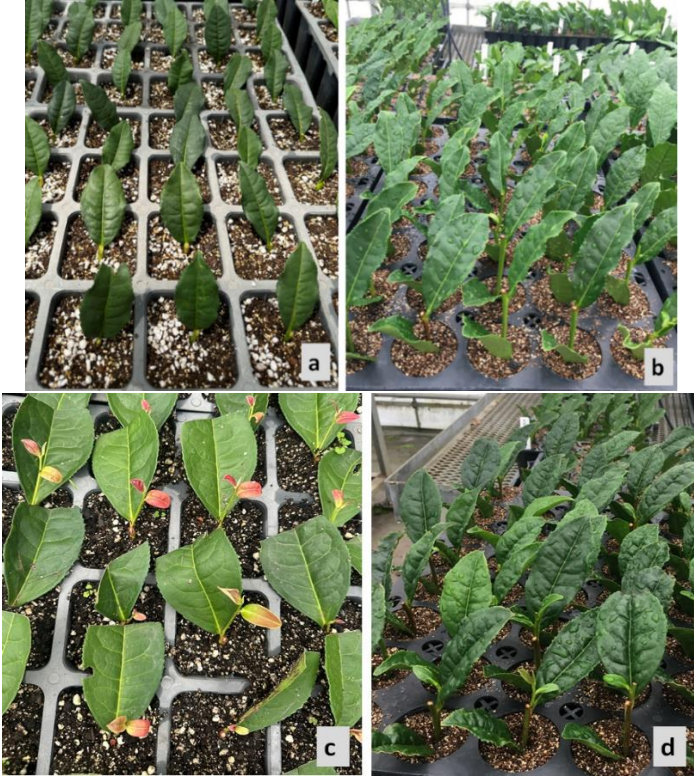
**Şekil 6.** Tüplere dikilen fidanların köklenmesi ve sürgün oluşumu  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI

Çeliklerde su kaybının önlenmesi için alındığı gün, sabah veya akşam saatlerinde dikilmesi önerilir. Dikim yapılırken yaprak koltuğunda bulunan gözün kapanmamasına dikkat edilmelidir. Çelikler dikimden sonra sulanmalıdır. Torbalara veya viollere dikilen çelikler dış ortamda bırakılacağı gibi sera içerisine de alınabilir. Dış ortamda yetiştiricilik yapılacaksa, küçük fidanların güneş zararından korunmaları için yaz aylarında %50-60 oranında gölgeleme yapan örtü materyali ile gölgeleme yapılması faydalı bulunmuştur (Yazıcı ve ark., 2023).





**Şekil 7.** Çay çeliklerinin viollere dikimi  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI



**Şekil 8.** Çeliklerin bir yaprak bir göz (a,c), ve iki yaprak iki göz (b,d) şeklinde dikilmesi ve sürmesi  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI

Fidan üretimi torba ve viol dışında 20-30 cm derinlikte, 1m genişlik ve 1-3m uzunlukta organik maddece zengin, hafif yapıda toprak içeren fidan üretim yastıklarında da yapılabilir. Yastıkların arasında rahatlıkla hareket edilebilecek mesafe bırakılmalıdır. Yastıklar çeliklerin dikilmesinden önce iyice sulanmalı, her bir çelik 10cm mesafe bırakılarak dikilmelidir.

Çelikler ayrıca fidan üretim seralarında perlit içerisinde de köklendirilebilir (Şekil 9). Bu koşullarda kullanılacak perlit steril olmalı, sisleme şeklinde sulama yapılmalıdır. Bu üretim şeklinde yabancı ot sorunu olmamakta, otomatik sulama sistemi ile de işçilikten önemli ölçüde fayda sağlanmaktadır. Ancak köklenen bitkilerin şaşırılması ayrı bir iş yükü gerektirmektedir.



**Şekil 9.** Sera koşullarında perlit ortamına dikilen çay çelikleri. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ulusal Çay Gen Havuzu, üretim serası

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI

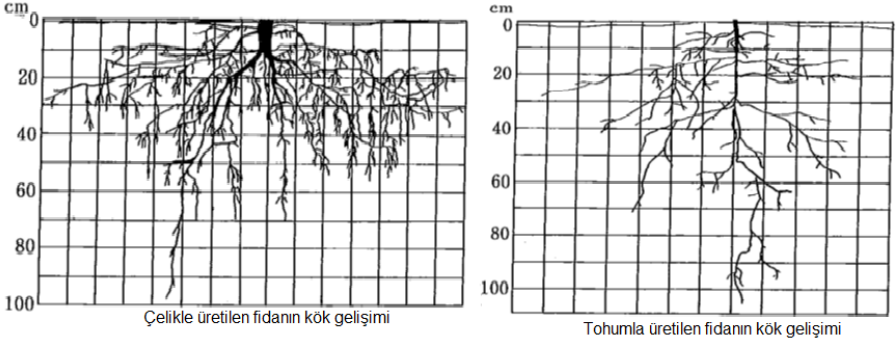
Çelikler hangi ortama dikilir ise dikilsin, ilk dikildikten sonraki bir ay çok dikkat edilmeli, düzenli olarak sulama, gerekiyor ise gölgeleme ve yabancı ot kontrolü yapılmalıdır. Temmuz ve Ağustos aylarında alınan çeliklerde iyi bakım koşulları altında ilk bir ay içerisinde köklenme başlamaktadır. Eylül ve ekim aylarında havalar güzel gider ise hafif sürmeler de başlamakta, asıl sürme ve büyüme bahar aylarında olmaktadır. Çeliklerin sürmesi ile elde edilen fidanların boyları 50-60cm'ye ulaşınca araziye dikim yapılabilir (Şekil 10,11,12). Ülkemiz koşullarında, çeliklerin çay bahçesine dikimi için sonbahar dönemi önerilmektedir. Çünkü sonbahar ve sonrasında yağın yağmurlar nedeni ile sulamaya çok fazla gerek kalmamaktadır. İlkbaharda yapılacak dikimde dikim sonrası yeterince yağmur yağmaz ise düzenli olarak sulama yapılmalıdır.

Aksi taktirde fidanlarda kurumalar meydana gelebilmektedir (Yazıcı ve ark., 2023).



Şekil 10. Dikim büyüklüğüne gelmiş tüplü çay fidanları

Kaynak: Orijinal fotoğraf, K. YAZICI



Şekil 11. Çelikle ve tohumla üretilen çay fidanlarında kök gelişimleri

Kaynak: Orijinal fotoğraf, Y. NAKAMURA





**Şekil 12.** Çelikle violde çoğaltılmış çay fidanlarının görüntüleri(a) ve dikimden iki yıl sonraki (b) kök gelişimleri

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, a:K. YAZICI, b:A.HAZNEDAR

### 5.1.2.2. Aşı ile Fidan Üretimi

Aşı ile üretimde aşı kalemi ya da aşı gözlerinin alınacağı bitkilerde, çelikle üretimde olduğu gibi derin budama yapılarak yeterince olgunlaşan sürgünlerden aşı kalemleri veya aşı gözleri alınarak anaçlar üzerine aşılanma yapılmalıdır. Çay bitkisinde kalem ve göz aşıları yapılabilmekte, anaç olarak kuvvetli gelişen çeşitlere ait çöğürler kullanılabilir. Çay bitkisinde kalem ve göz aşıları yapılabilmekte, anaç olarak kuvvetli gelişen çeşitlere ait çöğürler kullanılabilir.

Çayda kalem aşılarından dalcikli ve yarma aşı, göz aşılarından T ve Yongalı göz aşılarının denendiği bir çalışmada en iyi tutma oranları göz aşılarından elde edilmiştir. Kalem aşılarında başarı oranı göz aşılarına oranla daha düşük bulunmuştur. Ayrıca çay bitkisinde kalem aşılarının uygulanabilirliği daha zor olmuştur. Kalem aşılarından dalcikli aşıda tutma oranı yarma aşıdan daha yüksek bulunmuştur. Göz aşısında ise yongalı göz aşısından, T göz aşısına göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 13). Çay bitkisinin fizyolojik yapısı nedeni ile kabuk yapısı ince olduğundan kabuk kalkması zor olmaktadır. Bu nedenle çay bitkisinde yongalı göz aşısı önerilmektedir (Zenginbal ve Haznedar 2015).



**Şekil 13 .** Çayda yongalı göz aşısının yapılışı ve aşı gözünün sürmesi

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, A. HAZNEDAR

Çay fidan üretiminde dönem olarak ise sürgün aşı ve durdun aşı kullanılabilir. Sürgün aşı uygulamasında; budanan çay ocaklarından Kasım-Şubat döneminde alınan aşı kalemleri özellikle mantari hastalıklara karşı dezenfekte edildikten sonra soğuk hava deposunda 3-5 °C'de aşı zamanına kadar (Nisan-Mayıs-Haziran) muhafaza edilerek çöğür fidanlara aşılama yapılmaktadır. Durgun aşı uygulamasında ise; Çelik alınacak damızlık bahçeler Kasım-Şubat ayında budanarak, yeterince olgunlaşan çay sürgünlerinden alınan aşı gözleri çöğür çay fidanlarına veya anaç olarak seçilmiş klon çay fidanlarına aşılanır. Ancak, bu dönemde yapılan aşı uygulamalarında başarı oranının oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, bu dönemde aşı kalemlerinde vejetatif gözle birlikte oluşan çiçek gözlerinin köklenmeyi olumsuz etkilemesinden kaynaklandığı bildirilmiştir.

Çay bitkisinde ülkemiz koşullarında aşı zamanının belirlenmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada yedi farklı dönemde (20 Nisan, 10 Mayıs, 1 Haziran, 15 Haziran, 20 Temmuz, 10 Ağustos ve 1 Eylül) yapılan aşılarla en iyi sonuçlar 15 Haziran tarihinde yapılan aşılarla elde edilirken, en düşük aşı tutma oranları 1 Eylül tarihinde yapılan aşılarla elde edilmiştir (Zenginbal ve Haznedar 2015).

### 5.1.2.3. Doku Kültürü ile Fidan Üretimi

Doku kültürü ile üretim teknikleri günümüzde Elma, üzüm, kiraz, muz gibi birçok meyve türünde başarı ile kullanılabilmektedir (Nakamura, 1991). 1800'lerin başına kadar, çay sadece tohumla çoğaltılırdı. Ancak, tohumla çoğaltma sırasında ortaya çıkan genetik değişiklikler, yetiştirilen çeşitte önemli farklılıklara yol açmıştır. Bu nedenle çay bitkisinin günümüzde en yaygın kullanılan çoğaltma yöntemi çelikle çoğaltmadır. Ancak, çelikle çoğaltmada fidan üretim süresi yaklaşık bir yıl sürmekte, oldukça fazla emek gerekmektedir (Mondal ve ark., 2009; 2011, Yazıcı ve ark., 2023). Bu nedenle, ticari amaçla fidan üretiminde daha hızlı ve fazla sayıda fidan üretimine olanak sunan yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Widhianata ve Taryono, 2029). Birçok türde başarılı bir şekilde uygulanan, doku kültürü ile fidan üretimi çay bitkilerinin ticari olarak çoğaltılmasında da önerilmektedir (Nakamura, 1991; Bozkurt ve ark.2014). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi'nin yürütücü, ÇAYKUR, Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsünün yönetici olduğu "Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çay Çeşit Adaylarının Geliştirilmesi" isimli TÜBİTAK 1007 projesi kapsamında ülkemizde ilk kez çay bitkisinde doku kültürü üretim protokolü geliştirilmiştir (Yazıcı ve ark. 2023 ).

Çay bahçelerinde yenileme çalışmaları başlayan ülkemizde, çayın kitlesek olarak fidan üretimini sağlamak amacı ile doku kültürü ile üretimin oldukça önemli olduğu ve önümüzdeki yıllarda bölgemizde, kitlesek çay fidanı üretimi amacı ile doku kültürü ile fidan üretim tesislerine gerek duyulacağı ve önem kazanacağı öngörülmektedir.

## 5.2. BAHÇE TESİSİ

Çay bahçesi tesis edilirken yüksek verim ve kaliteli çay bahçelerinin kurulabilmesi için uygun arazi ve çeşit seçimi, toprak hazırlığı, gerekli ise drenaj, dikim mesafelerinin planlanması ve ilk dikim yıllarında yabancı otların mücadele için malçlama uygulamaları oldukça önem taşımaktadır. Ayrıca çay bahçeleri vejetatif olarak üretilmiş, yeterince büyüklüğe sahip fidanlar ile tesis edilmelidir. Fidan kalitesi düşük olan bahçelerde tabla oluşturma ve ekonomik anlamda verim alma süreleri oldukça uzun olmaktadır.

Ülkemizdeki çay bahçeleri düzenli bir şekilde ilk olarak 1938 yılında kurulmaya başlamış ve günümüze kadar olan süreçte tamamı tohumla tesis



edilmiştir. Ülkemizde yaklaşık 1938'lerde kurulmaya başlayan bu bahçelerin oldukça yaşlanması, çay üretiminde verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Çay bitkisinin genetik yapısına, yetiştiği yerin ekolojik koşullarına ve kültürel uygulamalara bağlı olarak ortalama 65-70 yıllık bir sürede sürgün verme kabiliyet azalmaktadır. Bu nedenle ülkemizde yaşlanmış çay bahçelerinin periyodik bir zaman süreci içerisinde yenilenmesi gerekmektedir. Bu hedefi gerçekleştirmek çay sektörünün sürdürülebilirliği açısından önemli bir kazanım olacaktır. Verimi azalmış çay bahçelerinin sökülüp yeniden verimli ve kaliteli çay çeşitleri ile tesis edilmesi yoğun emek gerektiren ve aynı zamanda birçok riski de beraberinde getiren bir çalışmadır. Bu nedenle bu çalışmalar yapılırken birçok faktörü göz önünde bulundurmak gereklidir. Bu faktörlerin en önemlisi ve sınırlayıcısı arazinin konumu ve eğimidir. Bu nedenle öngörülen çalışmalar veya yenilenmesi planlanan araziler seçilirken arazi sınıflandırılması mutlaka yapılmalıdır. Bu sınıflandırmanın ana unsuru arazinin eğimidir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Türkiye’de çay bahçelerinin eğim durumu (Anonim 2021)

| Eğim derecesi (%) | Eğime göre çaylık alan (da) | Eğime göre çay bahçesi miktarı (%) |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 0-20              | 88.816                      | 14                                 |
| 20-30             | 91.447                      | 15                                 |
| 30-45             | 168570                      | 27                                 |
| 45-60             | 137467                      | 22                                 |
| 60>               | 125038                      | 20                                 |

Genel anlamda yenilenecek olan çay bahçelerindeki arazi eğimi % 50'nin üzerinde olmamalıdır. Çünkü % 50'nin üzerinde eğime sahip arazilerde yapılacak bahçe yenileme çalışmaları, yüksek maliyetli olması ve yoğun emek gerektirmesi yanında birçok risk de taşımaktadır. Bu risk faktörlerinin en önemlisi de gertekli önlemlerin alınmadan sökülecek çay bahçelerindeki heyelan ve toprak kayması riskidir. Bu nedenle bahçelerin yenilenmesi çalışmalarında öncelikle eğim durumuna göre, uygun arazilerin tespitinin yapılması önem taşımaktadır. Buna göre birinci öncelikli yenileme alanları, %20' ye kadar eğimli olan araziler, ikinci öncelikli alanlar % 21-35 eğime sahip

araziler, üçüncü öncelikli alanlar ise % 36-50 eğime sahip araziler olmalıdır. Eğim durumu dikkate alındığında, Türkiye'deki çay bahçelerinin %60-70'inde bahçe yenileme çalışmalarının yapılabileceği görülmektedir. Yenileme dışında yeni kurulacak çay bahçelerinde de eğim durumu dikkate alınmalıdır.

Eğimin yanında diğer belirleyici faktör ise, arazinin iş makinelerinin rahatlıkla ulaşabileceği ve çalışma yapabileceği konumda olmasıdır. Çay bahçelerinin sökülmesinin insan gücü ile olması yoğun emek ve iş gücü gerektirdiği için uygulanabilir bir yöntem değildir. Bu nedenle, iş makineleri ile bahçelerin sökülmesi ve toprak hazırlığının yapılması gerekmektedir (Şekil 14).



**Şekil 14.** Sökülen ve yeniden tesis edilen çay bahçesi

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, A. HAZNEDAR

### 5.2.1. Çeşit Seçimi

Yeni çay bahçeleri kurulurken ya da yaşlı bahçeler yeniden tesis edilirken çeşit seçimi oldukça önemlidir. Ülkemizde ÇAYKUR'a ait tescilli çay çeşitleri mevcuttur. Ayrıca ÇAYKUR'un müşteri kurum, Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsünün Yönetici, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesinin de yürütücü Kurum olduğu "Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çay Çeşit Adaylarının Belirlenmesi" isimli TÜBİTAK 1007 projesi kapsamında, Ülkemizde gençleştirme yapılacak çay bahçelerine verimli ve kaliteli çeşit önerileri yapabilmek için 13 çeşit geliştirilerek tescile sunulmuştur. Yeni kurulacak çay bahçelerinin bu verimli ve kaliteli çay çeşitleri ile kurulması ve bir örnek bahçelerin oluşturulması oldukça önemlidir.

### 5.2.2. Fidan Temini

Çay bahçeleri ülkemizde maalesef birçok yerde hala tohumla tesis edilmektedir. Tohumla kurulan çay bahçelerinde bir örnek ocaklar elde edilememekte, standart bir verim ve kalite sağlanamamaktadır. Bu nedenle çay bahçeleri vejetatif olarak üretilen yüksek verimli ve kaliteli çay çeşitlerine ait fidanlar ile tesis edilmelidir. Fidan temininde ÇAYKUR, Çay İhtisas Üniversitesi olan Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi ile İl Tarım ve Orman Müdürlüklerinden bilgi alınarak, fidan üreticileri ile irtibata geçip istenilen çeşide ait gerekli miktarda fidan temininde bulunulmalıdır. Fidan talep edilirken, mağduriyetlerin yaşanmaması için her iki tarafın haklarının korunması amacı ile sözleşme yapılması önerilmektedir.

Çayda dekara fidan ihtiyacı aşağıdaki formül ile hesaplanmalıdır (Sharma ve Gunasekale, 2018);

$$\text{Dekara fidan ihtiyacı} = \frac{\text{Alan (m}^2\text{)} \times N}{X ( Y + (N-1) Z)}$$

N= Set sayısı (tek veya double dikim)

X = Bitki sıra üzeri mesafe (m)

Y = Setler arası mesafe (m)

Z = Bitki sıra arası mesafe (mt)

### 5.2.3. Toprak Hazırlığı

Çay bahçesi kurulmadan önce toprak analizi mutlaka yapılmalıdır. Taban suyu yüksek olan arazilerde drenaj kanalları açılmalı ve bu şekilde ön hazırlıklar tamamlanmalıdır.

Bahçe yeri toprağı az 1 m derinlikte işlenmeli, toprak alt üst edilerek karıştırılmalıdır. Yapılan toprak analizinde organik madde düşük ise toprağı önerilen miktarda tam yanmış çiftlik gübresi verilerek karıştırılmalıdır. Bu oran analizlerde çok fazla bir eksiklik çıkmadığı durumda 3-4 ton /da kadardır. Toprak analizinde pH seviyesi düşük çıktı ise, bahçeye tarım kireci uygulaması önerilmektedir (Şekil 15). Tüm bu uygulamalar yapıldıktan sonra toprak tesviyesi ve dikim planı yapılmalıdır. Çay bitkisi çok farklı şekillerde ve aralıklarda dikilebilmektedir. Dikim planları uygulanırken arazinin konumu, rakımı ve meyli dikkate alınmalıdır. Meyilli arazilerde teraslama sisteminin yapılması önerilmektedir.

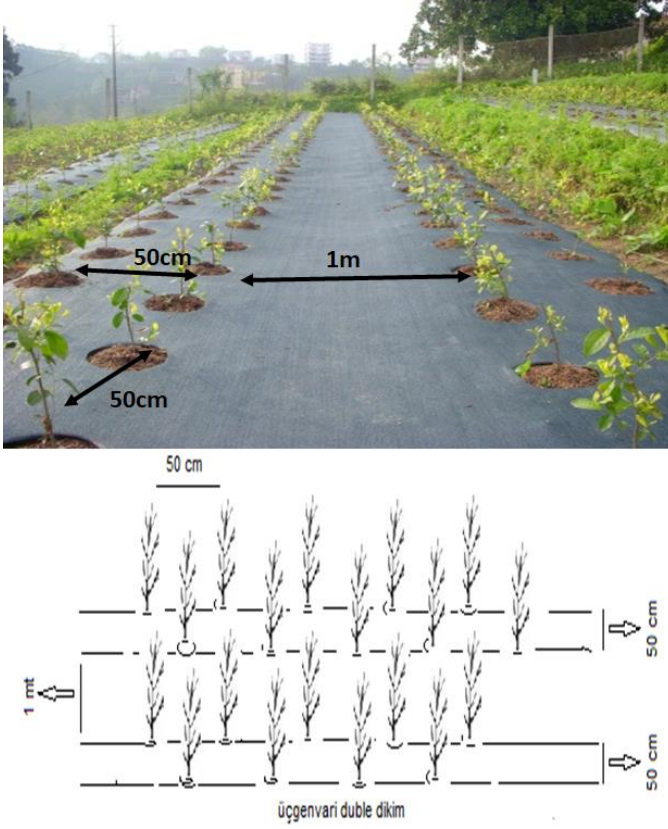


**Şekil 15.** Çay bahçesi kurulacak arazide organik madde ve kireç uygulamaları ile tesviye işlemleri

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, A. HAZNEDAR

#### 5.2.4. Dikim mesafeleri

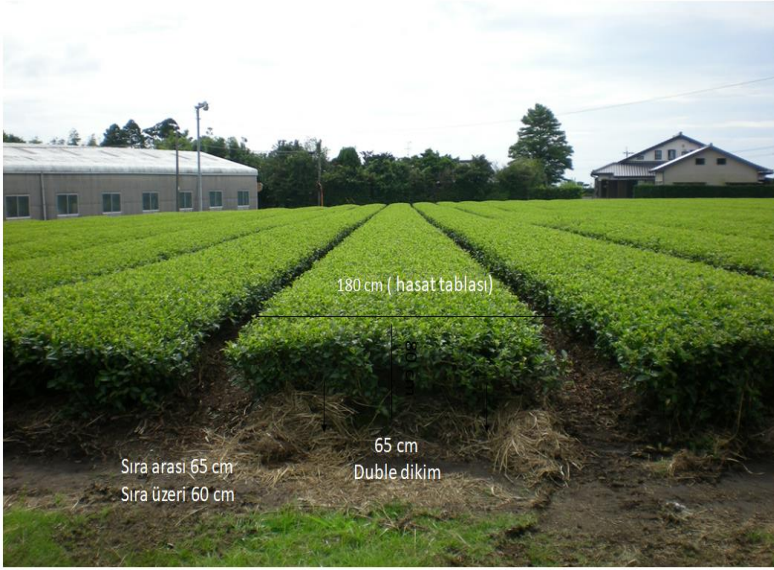
Çayda arazi yapısı, çeşidin gelişme kuvveti, toprak verimliliği ve makineli tarım yapıp yapılmadığına göre dikim mesafeleri belirlenmelidir. Bu nedenlerle dikim mesafeleri çok farklı şekillerde ayarlanabilir.



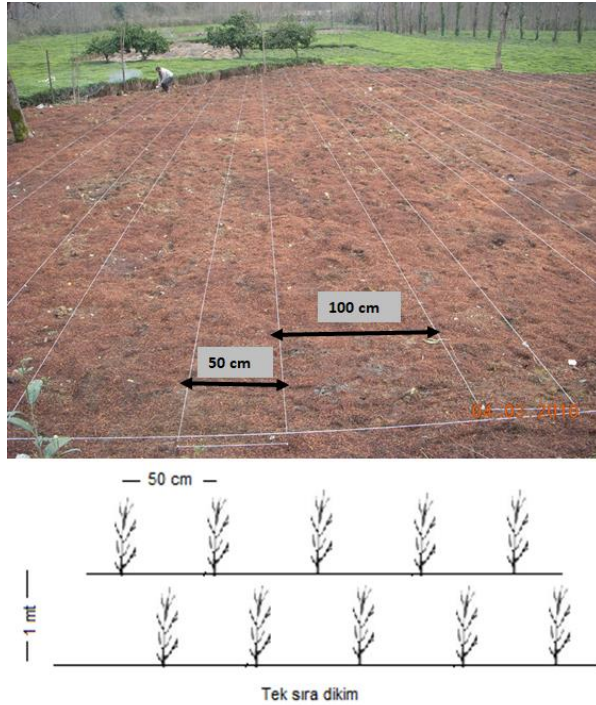
**Şekil 16.** Çay bitkisinde üçgenvari çift sıralı dikim  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, A. HAZNEDAR

Rakım ve meyil arttıkça fidanlar arasındaki sıra arası ve sıra üzeri mesafeler azaltılmalı tersi durumda geniş tutulmalıdır. Makineli tarımda setler arasında rahatlıkla hareket edilebilecek genişlik olmalıdır. Genel olarak fidanların dikiminde sıra arası 50- 60cm, sıra üzeri 50-60 cm'olmakla birlikte setler arası 100-110 cm olacak şekilde dikim yapılması önerilmektedir. Bu mesafeler çeşidin gelişme durumu ve toprağın verimlilik durumuna göre değişebilmektedir (Şekil 16,17,18).





**Şekil 17.** Çift sıra dikim yapılmış bir çay bahçesinde görüntü  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, A. HAZNEDAR



**Şekil 18.** Çay bitkisinin çift sıra (üst) ve tek sıra (alt) dikim yöntemi  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, A. HAZNEDAR

### 5.2.5. Dikim

Çayda fidan dikimi ilkbahar ve sonbaharda olabilmektedir. Fidanların, kışları çok soğuk geçen bölgelerde ilkbaharda dikilmesi önerilirken, soğuk olmayan yerlerde sonbaharda dikilmesi önerilmektedir. Sonbaharda dikilen bitkilerde sulama sorunu da ortadan kalkmakta, ilkbaharda sağlıklı bir şekilde sürgün oluşturabilmektedir.

Fidanların dikileceği çukurlar, el ile veya burgu ile açılabilir. Ağır bünyeli topraklarda fidan çukurlarının burgu ile açılması önerilmemektedir. Zira böyle topraklarda burgunun dönmesi sırasında çukurun yan yüzeyinde sert ve geçirimsiz bir tabaka oluşmaktadır. Yeni dikilen fidanların kökleri bu tabakayı aşamayacağı için gelişmesi yavaşlayabilmektedir. Ayrıca sıvanmış çukurlarda su birikmesi meydana gelebilmekte ve kök çürüklükleri oluşabilmektedir. Açılacak dikim çukuru derinliği yaklaşık 25-30 cm olmalıdır. Daha derin çukur açılması çökmelere neden olabileceği için önerilmemektedir. Çukurların genişliğinin ise torba genişliğinden 10-15cm daha geniş olması yeterlidir. Böylece fidan çevresi toprakla rahatlıkla doldurulabilmektedir (Şekil 19).



**Şekil 19.** Fidan dikimi

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, A. HAZNEDAR

Gerek açık gerek tüplü fidan dikiminde köklere dikim budaması uygulanmalıdır. Zarar görmüş ve aşırı büyümüş kökler kesilmeli, kılcal köklere dokunulmamalıdır. Dikim yapıldıktan sonra fidanlara can suyu verilmelidir.

Yeni kurulan çay bahçelerinde özellikle ilk üç yılda, tabla oluşmadan önce yabancı ot sorunu oldukça önemli bir problem olmaktadır. Yabancı ot ile mücadele için malçlama yapılması önerilmektedir. Malç materyali olarak organik bitki atıkları ve sentetik malç materyalleri kullanılabilir (Şekil 20).



**Şekil 20.** Yeni dikilen fidanların arasına plastik (a) ve organik (b) malç uygulaması. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (b) ve ÇAYKUR (a) Ulusal Gen Havuzları. **Kaynak:** Orijinal fotoğraf, a: A. HAZNEDAR; b: K. YAZICI

### 5.3. ÇAY BİTKİSİNDE BUDAMA

Çay bitkisinde budama verimi ve kaliteyi etkileyen önemli bir kültürel uygulamadır. Serbest büyümeye bırakılan çay bitkileri, budama yapılmadığı takdirde çok az miktarda sürgün oluşturmaktadırlar. Bu yüzden çay ocaklarını sürgüne teşvik etmek, mekanik veya elle hasadı kolaylaştırmak ve uygun bir toplama tablası oluşturmak için budama oldukça önemlidir. Periyodik bir zaman sürecinde, budama yapılmadığı takdirde hasat tablası yükselir, ürün toplama zorlaşır ve bunun sonucunda ürün kalitesinde ve verimde önemli derecede kayıplar oluşur. Çay bitkisinde budama periyodu geciktirilirse vejetatif gelişme yavaşlar, sürgün oluşumu azalır, ocakta odunlaşma oranı artar ve toplama tablasında kör (banji) sürgünlerin sayısı artar. Bu nedenlerle vejetatif büyümeyi teşvik etmek ve uygun bir tabla yüksekliği oluşturmak için budama gereklidir. Çay bitkilerinde budama, bitkinin sürekli olarak vejetatif fazda kalmasını sağlayan önemli ve gerekli işlemlerden birisidir (Lee ve ark., 2011, Ahmad et al. 2018).



Dünyada çay üreten ülkelerde farklı budama yöntemleri uygulanmaktadır. Çayda budama yöntemleri belirlenirken bölgenin topoğrafik yapısı, ekolojik koşulları ile bahçeye yapılan kültürel uygulamalar dikkate alınmalıdır. Özellikle vejetasyon periyodunun kısa olduğu yüksek rakımlarda ve kurak iklimlerde budama periyodu daha uzun tutularak uygun budama ve çırpma yöntemleri uygulanmalıdır. Aksi takdirde bölge koşullarına uygun olmayan budama zamanı ve şekli çay bitkisine faydadan çok zarar vermekte ve ürün kaybına neden olabilmektedir.

### **Çayda budamanın amaçları:**

**Yaprak verimini ve kalitesinin arttırılması:** Budama ile yaşlı ve verimsiz dallar çıkarılarak, yaprak verim ve kalitesi yüksek olan genç sürgünlerin büyümesi teşvik edilir. Düzenli ürün alınması sağlanır.

**Dallanmanın teşvik edilmesi:** Budama ile yan sürgünlerin sürerek dallanmanın arttırılması ve tablanın doldurulması sağlanır.

**Hasadın kolaylaştırılması:** Düzenli budama ile çay ocaklarında hasat tablası ideal seviyede ve şekilde tutulur. Böylece hasadın kolay bir şekilde yapılması sağlanır. Kolay ve rahatlıkla hasadı yapılan çay bahçelerinde İşçilik maliyetleri azalır.

**Bitki sağlığının iyileştirilmesi:** Düzenli budama yapılan çay ocakları daha sağlıklı ve hastalıklara dayanıklı olur. Ayrıca zaman içerisinde oluşan hastalıklı ve zararlanmış dallar da budama ile kesilerek uzaklaştırılır.

**Bitki ömrünün uzatılması:** Budaması düzenli olarak yapılan çay bahçelerinde verimlilik süresi uzar, yaşlanma gecikir. Yaşlanmış çay bahçelerinde yapılacak gençleştirme budaması ile de yine çay bitkilerinin ekonomik ömrü önemli ölçüde uzatılabilir ve bahçenin sürdürülebilirliği sağlanabilir.

### **5. 3.1. Çayda Budama Zamanı**

Çayda budama hasat dönemi bitince, bitki dinlenmeye girdiği dönemde yapılmalıdır. Bu dönem ülkemizde, iklim koşullarına göre Kasım-Aralık

aylarına denk gelmektedir. Şubat ayında da sürme öncesinde budama yapılabilir. Çay üretilen bölgelerin rakımları, iklim ve toprak özelliklerine göre budama zamanı değişebilmektedir. Budama tomurcuklar patladıktan sonraki döneme bırakılmamalıdır.

### 5.3.2. Amaçlarına Göre Budama Şekilleri

Yaprağını dökmeyen çay bitkisi doğada kendi haline bırakıldığında bir ağaç görünümünü alarak, yaklaşık 100 yıl yaşar. Ürün vermeye 4 yaşından itibaren başlar ve 10- 15 yaşından sonra ekonomik verime ulaşır. Ekonomik ömrü ise 50-60 yıldır. Çay bitkisinde uygun budama ve kültürel önlemler ile bitkinin ekonomik ömrü uzatılmaktadır. Çay bitkisinde diğer meyve türleri gibi, şekil, verim ve gençleştirme budaması yapılmaktadır. Ancak çalı formunda olan ve yaprak ile sürgünleri hasat edilen çay bitkisinde, budama meyve ağaçlarından farklılık göstermekte, farklı uygulamalar gerektirmekte ve tabla düzeltme uygulamaları da yapılmaktadır. Örneğin çayda, sürekli yeşil aksamın hasat edilmesi sonucunda hasat tablası yükselmekte ve toplama zorlaşmaktadır. Bu nedenle 10-15 yaşından sonra tablanın yükselme durumuna göre 5-10-15cm den budanıp tabla düzeltilerek çay ocağı, normal toplama yüksekliğine yeniden getirilmelidir. 30-35 yaşından sonra ise ocakta çalışmalar meydana gelmekte ve verim düşmektedir, bu çalışmayı önlemek, sağlıklı bir tabla gelişimi ve verimi istenilen seviyeye ulaştırmak amacıyla gençleştirme budamaları yapılmalıdır. Gençleştirme budamasının zamanı ise çeşide, bahçenin yer ve yönüne, yapılan kültürel uygulamalara göre değişmektedir. Ekonomik ömrünü dolduran çay bahçelerinde ise artık ne kadar budama yapılırsa yapılısın verimlilik arttırılmamaktadır. Bu bahçelerin ise verimli ve kaliteli tescilli çay çeşitleri ile yenilenmesi gerekmektedir. Ülkemizde çay tarımının yaklaşık 100 yıllık geçmişi düşünüldüğünde, çay bahçelerimizin yenilenmesi gerektiği görülmektedir. Bu anlamda Tarım ve Orman Bakanlığı, ÇAYKUR ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi'nin imzaladığı protokolle, Türkiye'de çay bahçelerinin yenilenmesi çalışmaları da başlatılmıştır.

#### 5.3.2.1. Şekil Budaması

Çay bitkisi dikildikten sonra ilk yıllar çok önemlidir. Fidanın tutması ve dallanması için kültürel uygulamaları aksatmadan yerine getirmek önemlidir. Fidanın dikildiği toprak organik maddece zengin ve fazla suyu süzen bir yapıda

ise, yabancı ot kontrolü ile toprak analiz sonuçlarına göre gübreleme yapılması yeterlidir. Bu koşullar altında fidanlar üç yılını doldurduğunda yaklaşık 55-60cm bir boya ulaşabilir. Bu dönemde yan tomurcukların patlayarak yeni sürgünlerin oluşmasını teşvik etmek amacı ile Kasım-Aralık aylarında veya Şubat ayında sürmeden önceki dönemde çay bitkisi 25-30cm'den budanmalıdır (Şekil 21). Bu budamada, yan sürgünlerin sürmesi sağlanıp, bitkiye şekil verilerek daha sık bir tabla oluşturulması amaçlanmaktadır. Güçlü ve dengeli bir tabla oluşturmak amacı ile ana gövde yanında oluşan yan dalların da belli yükseklikten kesilmesi gerekmektedir.



Şekil 21. Çayda şekil budaması

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI, A. HAZNEDAR

### 5.3.2.2. Verim/Ürün Budaması

Çayda her yıl hasat sonrası toplama yüksekliği yaklaşık 5cm yükselmektedir. Dolayısı ile 6-7 kez yapılan periyodik hasattan sonra çayda tabla yükselmekte ve çalılışma oluşmaya başlamaktadır. Çalılışma görülen çay bahçelerinde verimlilik de düşmektedir. Bu nedenle tabla yüksekliği ve çalılışma durumuna göre hafif, yüzey, orta veya dip çırpma işlemleri yapılarak bitkinin canlılığı ve üretkenliğini sürdürmeye yardımcı olunmalıdır. Bu amaçla yapılan verim budaması ocağın durumuna göre her yıl yapılabileceği gibi iki yılda bir de yapılabilmektedir. Çay ocaklarında ideal biçimlendirme yüksekliği bu şekilde korunmakta ve çalılışma önlenmektedir (Şekil 22).



**Şekil 22.** Tablada oluşan çalılışmanın önlenmesi için yapılan verim budaması, Japonya örneği

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI, Y. NAKAMURA

### 5.3.2.3. Gençleştirme Budaması

Genel olarak iyi bakımlı ve iyi şartlar altında bulunan çay bahçeleri 10-15 yaşında tam verim çağına ulaşır. Bu dönemden sonra 30 yaşına kadar bakımı düzenli yapılan çay bahçelerinde, verim budaması da yapılarak sürgün verimindeki azalmanın önüne geçilir. 30 yaşından sonra ise önceki yıllara nazaran sürgün veriminde artış olmaz aynı zamanda yavaş yavaş azalma görülmeye başlar. Bu nedenle yeniden eski verimini sağlamak ve çay ocağını sağlıklı bir yapıya dönüştürmek için gençleştirme budaması yapılması gerekmektedir.

Gençleştirme budaması genel olarak bölgenin ekolojik şartları ve yapılan kültürel uygulamalara bağlı olarak bahçenin verimlilik durumuna göre değişmekle birlikte ortalama 30- 35 yaşındaki çay ocaklarına uygulanmaktadır. Gençleştirme budamasının amacı öncelikle ocak içerisinde hastalıklı ve verimden düşmüş eski dalların çıkartılması ile ocağın yeniden güç kazanmasını sağlamaktır. Bu budama yönteminde budamanın ne şekilde yapılacağından ziyade ocak içerisindeki bütün verimsiz yapının ortadan kaldırılması hedeflenir. Genel olarak 20-25 cm yükseklikten kesilen çay ocaklarının içerisindeki hastalıklı ve verimden düşmüş dalların çıkartılması ve ocağın seyreltilmesi şeklinde uygulanır. Böylelikle çay ocaklarının sağlıklı bir şekilde gelişmesi ve gençleşmesi sağlanmış olur (Şekil 23).

Çayda farklı ülkelerde budama zamanı, şekli ve periyodu farklılıklar göstermektedir. Bölgenin iklim ve toprak yapısı, hastalık ve zararlı popülasyonu, ocakların hasat tablası yüksekliği, budama yaşı, çay ocağının gücü ve tipi, uygulanan kültürel işlemler ve rakım farklı bölgelerdeki çay ocaklarının farklı şekil ve periyotlarda budamasını gerektirmektedir (Bore ve ark., 2003). Ancak hangi koşulda olursa olsun, çayda budama gereklidir ve verim ve kalitenin artırılması için usulüne uygun olarak yapılmalıdır.





**Şekil 23.** Çayda Gençleştirme budaması  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, A. HAZNEDAR

### 5.3.3. Yapılan Kesim Miktarına Göre Budama ve Çırpma Şekilleri

Dünyada çay üreten ülkelerde, ülkemizde uygulandığı gibi tek tip budama yönteminden ziyade bitkinin yaşı, verim durumu ve tablada oluşan çalılışma durumuna göre değişik budama (hafif, orta, ağır budama) ve çırpma (dip, orta, hafif çırpma) yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemleri belirlenirken bölgenin ekolojik koşulları ve yapılan kültürel uygulamalar da dikkate alınmalıdır.

Verim budaması hafif, orta ve ağır budama şeklinde yapılabilir. Bu durum ocağın çalılışma durumuna göre değişir. Daha genç bahçelerde verim budaması hafif budama şeklinde yapılırken, yaşlı bahçelerde biraz daha ağır budama yapılmaktadır. Hafif budamada tabladan 4-5cm kesilmesi yeterli olurken, orta budama topraktan 45-60cm yukarıdan, ağır budama ise topraktan 20-45cm yukarıdan kesim yapılmaktadır (Şekil 24).

- **Hafif Budama:** Çay Ocaklarında 3-4 yılda bir uygulanmaktadır. Son budama yüzeyinden 4-5 cm üzerinden kesim yapılmalıdır. Hafif budama ile toplama tablasındaki odunlaşma kaldırılmakta, düzenli bir ürün dağılımı sağlanmaktadır. Hastalık ve zararlılarda azalmaktadır. Çay ocaklarında ideal biçimlendirme yüksekliği korunmaktadır.
- **Orta Budama:** Çay ocakları büyüdüğünde toplama yüksekliği artmakta ve hasat zorlaşmaktadır. Bu nedenle uygun bir hasat tablası oluşturmak için toprak seviyesinden 45-60 cm' den orta budama yapılır. Ocağın verimliliği artırılır. Orta budama tabla yüksekliği ve bahçenin durumuna göre 4-5 yılda bir uygulanır.
- **Ağır Budama:** Ağır budama çay veriminde düşüş olduğu veya gençleştirmenin gerekli olduğu durumlarda yapılır. Ağır budama çay ocağının yerden 20-45 cm' den bütünü ile yenilenmekte ve biçimlendirmektedir. Özellikle yaşlı verimden düşmüş ve hastalıklı dallar çıkarılır. Çay ocaklarında ağır budama yapmadan önce, kök sistemi sağlıklı, güçlü, yeterli miktarda rezerv madde içermelidir. Ağır budama, çay bahçesinin özel gereksinimleri ve çay çeşidinin büyüme şekli göz önünde bulundurularak dikkatlice planlanması ve uygulanması gereken önemli bir müdahaledir.







**Şekil 25.** Japonya'da çırpma ile tabla düzeltmesi yapılmış çay ocakları  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI, Y.NAKAMURA



**Şekil 26.** Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ulusal Çay Gen Havuzu'nda bulunan çay genotiplerinde çırpma işlemi  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI

Japonya ve çinde tabla düzeltmek ve çırpma amacı ile yapılan budamalarda farklı budama makineleri kullanılmaktadır (Şekil 27). Böylece işçilik, zaman ve maliyetten tasarruf sağlanılmaktadır.



**Şekil 27.** Japonya'da traktör tipi budama makineleri  
**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, Y. NAKAMURA

## 5.4. ÇAYDA HASAT

Çayda hasat, hasat tablası üzerindeki aktif büyüme periyodu içerisinde olan sürgünlerin tabla üzerinden toplanması şeklinde tanımlanmaktadır. Hasat elle yapılabildiği gibi makas ve makineler de kullanılarak yapılabilmektedir. Ülkemizde 1970'lere kadar çay hasadı elle yapılmaktaydı. Çay hasadından sonra fermentasyonun bahçede başlamaması için de yaprakların sıkışık olmamasına özen gösterilmekteydi. Daha sonra alım yerlerinde de yaprakların zarar görmesi engellenerek doğru şekilde fabrikalara taşınması sağlanırdı. Geçmişte yaş çay elle toplandıktan sonra sepetlere konularak daha sonra fabrikalara alım yerlerindeki tahta kasalarla getirilmekteydi. Günümüzde çay makası ile hasat başladıktan sonra hasat ve nakliye sistemi de değişmiştir. Üretici çay hasadını makasla kendisi yaptığında çay bitkilerinde az hasar oluşurken, son yıllarda yabancı işçilere yaptırılan hasatlarda, gösterilen özen daha az olduğu için çay bahçelerinde büyük zararlar ortaya çıkmaktadır. Bölgede köyden kente göç, hasat başta olmak üzere bahçelerdeki bakım işlemlerinde sorunlar yaşanmasına sebep olmuştur.

### 5.4.1. Elle Hasat

Elle hasat çayın kalitesi açısından en ideal yöntemdir (Şekil 28). Çünkü elle toplamada tepe tomurcuğu ile birlikte onu takip eden iki ya da üç yaprak hasat edilir. Ancak son yıllarda işçilik maliyeti ve yoğun emek gerektirdiğinden elle hasat pek tercih edilmemekte daha çok çay toplama makası ve hasat makineleri kullanılmaktadır.

Elle toplamada genellikle üç çeşit yöntem uygulanmaktadır. Bunlardan birincisi janam yaprağın üzerinden toplamadır, ikincisi balık yaprak üzerinden toplama, üçüncüsü ise balık yaprağın üzerinde bir yaprağı bırakarak toplamadır. Çayda sürgünün hasat edilen yaprak ve tomurcuqları Şekil 29'de verilmiştir.

Elle hasatta kullanılan toplama şekilleri aşağıdaki gibidir;

**İmperial (imparatora layık, şahane):** Yalnızca tepe tomurcuğu hasat edilir

**Beyaz - Uç veya Altın – Uç:** Tepe tomurcuğu ile bir yaprak hasat edilir

**İyi Toplama:** Tepe tomurcuğu ve iki yaprak hasat edilir.

**Orta Toplama (Standart toplama):** Tepe Tomurcuğu ile beraber 2 veya 3 yaprak hasat edilir.



**Kaba Toplama (Vasat toplama):** Tepe tomurcuğu ve üç yaprak hasat edilir.

**Çok kaba Toplama:** Tepe tomurcuğu ve dört yaprak hasat edilir. Dormant dönemine girmiş sürgünleri de içine alır.



**Şekil 28.** Çayda elle hasat

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, K. YAZICI

Çayda farklı şekillerde hasat yapılabilmektedir ve toplama şekli verim ve kaliteye etki etmektedir. Hasat edilen kısım ne kadar azalırsa kalite o kadar artar. Hasat makasları ve bazı portatif makineler ile hasat yapıldığında, toplanan

yaprak ve sürgün olarak yukarıdaki standartların dışına çıkılabilmektedir. Ülkemizde en fazla kullanılan hasat yöntemi olan makasla hasat yöntemi elle toplamaya nazaran daha kaba, seçici olmayan bir toplama şeklidir. Bu yöntemde hasat olgunluğuna ulaşan çay sürgünleri makasla kesilerek toplanmaktadır.

Toplama tablası üzerinde sürgünlerin hangi kısımlarının hasat edildiği ve hangilerinin bırakılacağı, üretilecek olan çayın teknolojisine göre de değişmektedir. Örneğin siyah, beyaz, oolong ve yeşil çay çeşitlerinin üretim veya işleme teknolojileri farklı olduğu için ve bitkinin farklı kısımlarından elde edildikleri için, bu çay çeşitleri için toplanan sürgün kısımları da farklı olabilmektedir.

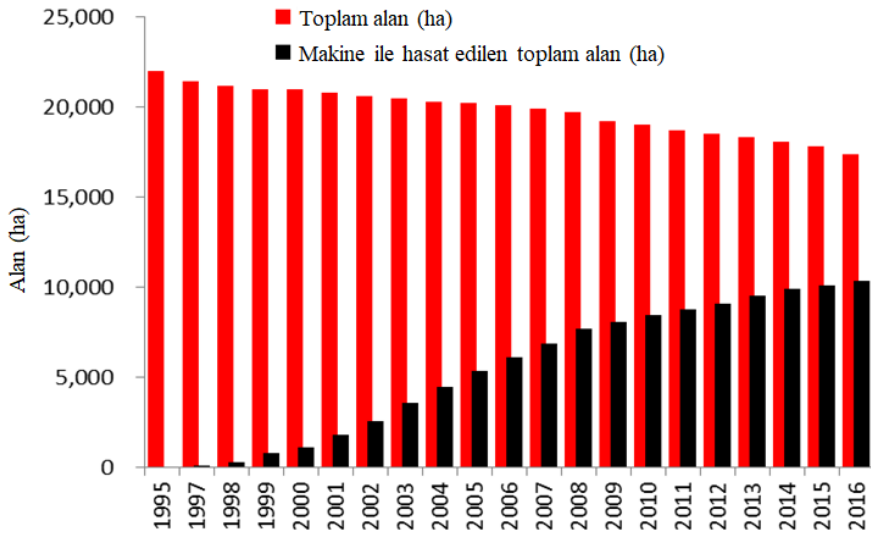


**Şekil 29.** Çay sürgününde oluşan yapraklar ve farklı toplama seviyeleri

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, A. HAZNEDAR

#### 5.4.2. Makineli Hasat

Son yıllarda işçilik maliyetleri nedeniyle, çay hasadında portatif makinelerle ve daha çok Japonya ve Çin gibi ülkelerde kullanılan traktör tipi makinelerle çay hasadı yapılmaktadır ve her geçen gün makine ile hasat yapılan çay alanları artmaktadır (Şekil 30).



**Şekil 30.** Japonya’da makine ile hasat yapılan alanların yıllara göre değişimi  
**Kaynak:** Orijinal, Y. NAKAMURA

Makine ile toplama ise hasat olgunluğuna ulaşmış çay bahçelerindeki sürgünlerin belirli bir yükseklikten kesilmesi şeklinde olmaktadır. İki çeşit çay hasat makinesi vardır; bir ya da iki kişinin kullandığı portatif makineler ile tekerlekli veya raylı traktör tipi büyük hasat makineleri (Şekil 31,32).

Taşınabilir elde tutulan portatif hasat makineleri, makineyi çay sürgününün kesilmesi gereken yükseklikte tabla üzerinde yönlendiren iki kişi tarafından kullanılır (Şekil 31). Bazen gerekli olduğunda üçüncü bir kişi çay yaprağının toplandığı torbayı yönlendirmek için onları takip eder. Bu yöntem, yoğun emek gerektiren bir yöntemdir. Eğimli bir yüzeyde veya engebeli arazilerde kullanılması oldukça zordur. Bununla birlikte, verimliliği elle bir çay toplayıcısının 60 katı kadardır (Tablo 1), ancak hasat edilen yaprağın kalitesi büyük ölçüde azalmaktadır (Nakamura, 2023)





**Şekil 31.** Japonya’da kullanılan Portatif tip (üstte) ve raylı sistem (altta) çay toplama araçları

**Kaynak:** Orijinal fotoğraf, Y. NAKAMURA

Raylı sistem üzerinde kendi kendine hareket eden ve sürücü ile hareket eden traktör tip hasat makileri ise daha çok Japonya ve Çin gibi ülkelerde kullanılmaktadır (Şekil 31, 32). Bu makinelerin meyilli arazilerde kullanımı uygun olmayıp, sıra arası mesafesi olan ve düz arazilerde kullanımı uygundur.



Şekil 32. Japonya'da kullanılan traktör tip çay hasat makineleri  
Kaynak: Orijinal fotoğraf, Y. NAKAMURA



**Tablo 2.** Farklı Hasat yöntemlerinde bir kişinin günde hasat ettiği yaş çay ürünü miktarı (A. HAZNEDAR ve Y. NAKAMURA, Orijinal)

|   | Hasat Yöntemi                                    | Toplanan Ürün Miktarı (kg/day) |
|---|--|--------------------------------|
| 1 | Elle   | 10-15                          |
| 2 | El makası  | 100-200                        |
| 3 | İki kişilik portatif makine                      | 700-1000                       |
| 4 | Kendi kendine raylı sistemde hareket eden makine | 2000-3000                      |
| 5 | Sürücülü büyük hasat makinesi                    | 4000-5000                      |

Çay hasadında kullanılan hasat ekipmanının etkili olabilmesi için düzgün bir yüzey ve düzenli budama gereklidir. Japonya'da yaygın olarak kullanılan traktör tip makinelerde ilkbahardan hemen önce, ilk sürgünler çıkmadan önce tabla belirli bir yükseklikte bir kez budanarak düzeltilir. Hasat sırasında, bu yüzeyin üzerinde büyüyen sürgün, budama sırasında olduğu gibi yüzeyin yaklaşık olarak aynı yükseklikte biçilmesiyle hasat edilir. Bu işlem her hasat için tekrarlanır (Nakamura, 2023)

## 5.5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çay yetiştiriciliği diğer tarımsal ürünlerden oldukça farklı bir üretim kolu olup, yetiştiği bölgelerdeki arazi yapısı, arazi meyili ve iklim koşulları nedeni ile zor olan kültürel uygulamaları kolaylaştırmak ve verimi uzun süre sürdürülebilir kılmak için bahçe tesisi oldukça önem kazanmaktadır. Tarımsal ürünlerde verim ve kalitenin artırılması bahçe tesisi ile başlamakta olup, kurulacak bahçelerde kullanılacak çeşit seçimi, ismine doğru fidan ve kültürel uygulamaların kolaylıkla yapılabileceği, fazla iş gücü gerektirmeyen dikim sistemlerinin benimsenmesi gerekmektedir. Çay bahçelerinin yenilenmesinin gündemde olduğu bu günlerde, bu bölümde sunulan bilgiler üreticilerimiz ve ilgililere yararlı olacağı kanısındayız. Yenilenecek çay bahçelerinde bu bölümde sunulan yetiştirme teknikleri dikkate alınarak gerekli planlamalar yapılmalıdır. Çaylıkların yenilenmesinde kullanılacak çay çeşitlerine ait fidanların yetkili üreticisi kuruluşlar tarafından ismine doğru ve hastaliksız

kitlesel fidan üretimi (doku kültürü, çelikle üretim vb.) yapılarak üreticilere ulaştırılması da önem arz etmektedir. Çay üretim bölgelerimizin önemli bir sorunu olan bölünmüş araziler mümkün olduğunca arazi toplulaştırmaları yapılarak, her türlü modern tarım tekniğinin daha kolay uygulanabileceği şekilde planlamalar yapılmalıdır. Ayrıca, eski bahçelerin sökülmesi sonrasında, çay bahçeleri yenilenecek alanlarda toprak yapısının iyileştirilmesi için gerekli gübreleme, toprak işleme ve pH düzenleyici uygulamalar gibi bakım işlemleri yapılması gerekmektedir.

Yenileme yapılamayacak çay bahçeleri doğru ve modern tarım teknikleri ile rehabilite edilmelidir. Bu bahçelerde usulüne uygun budama, gübreleme, toprak işleme, hasat işlemleri yapılmalıdır. Çay bahçelerimizde sözleşmeli üretim, iyi tarım uygulamaları ve organik tarım faaliyetleri ile de üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir.

Tüm bu çalışmaları yapabilmek için çeşitli projeler ve teşviklerle köyden kente göç tam tersine çevrilerek çay bahçelerimizde genç çiftçi sayısının artırılması gerekmektedir. Gençlerimize çay tarımı sevdirmeli, doğru teknikler ile verimlilik ve kalite arttırılmalı, ileriki yıllarda daha çok maruz kalınacak olumsuz koşullara karşı Türkiye çay tarımının sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

**KAYNAKÇA**

- Anonim (2021). Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Kadastro Daire Başkanlığı verileri.
- Ahmad, Fayaz & Khan, Noorullah & Hamid, Farrukh & Zaman, Qamar Uz & Islam, Shamsul & Khan, Muhammad & Sarwar, Sair. (2018). Early Pruning and Potash Fertilizer Improve the Recovery and Growth of Deeply Pruned Tea (*Camellia sinensis* L). *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 31. 151-157. 10.17582/journal.pjar/2018/31.2.151.157.
- Bore, J. K., Isutsa, D. K., Itulya, F. M., & Ng'etich, W. K. (2003). Effects of pruning time and resting period on total non-structural carbohydrates, regrowth and yield of tea (*Camellia sinensis* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78(2),272–277. <https://doi.org/10.1080/14620316.2003.11511617>
- Bostan, M., GÖKSU KARAOĞLU, B., YAZICI, Y (2024). Çayda Farklı Çelik Tiplerinin Fidan Kalitesi ve Köklenme Üzerine Etkileri Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisanüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Rize/Türkiye.
- Bozkurt, T.; İnan, S.; Dündar, İ.; Isak, M.A.; Şimşek, Ö. (2024). Optimizing the In Vitro Propagation of Tea Plants: A Comparative Analysis of Machine Learning Models. *Horticulturae*, 10, 721. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10070721>
- Li, S., X.U. Wua, H. Xuea, B. Gua, H. Chengc, J. Zengc, C. Pengb, Y. Gea and J. Changa. (2011). Quantifying carbon storage for tea plantations in China. *Agric. Eco. Environ.* (141): 390– 398
- Mondal, T.K. (2009). Tea breeding. In *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*; Springer: New York, NY, USA. pp. 545–587.
- Mondal, T.K. (2011). *Camellia*. In *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 15–39.
- Nakamura, Y. (1991). In Vitro Propagation Techniques of Tea Plants. *JARQ* 25, 185-194. Breeding Laboratory, Shizuoka Tea Experiment Station, Kikugawa, Ogasa, Shizuoka, 439 Japan.

- Sevinç, B.A., Şahin Çevik, M. (2010). Çay Yetiştiriciliği ve Sorunları. Lisans Bitirme Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta.
- Sharma, V.S., Gunasekare, K (2018). Global tea science: Current status and future needs (Burleigh Dodds Series in Agricultural Science Book). Burleigh Dodds Science Publishing, ISBN: 978-1786761606.
- Widhianata, H.; Taryono, T. (2019). Organogenesis responses of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) var. *assamica* and *sinensis*. *AIP Conf. Proc.* 2099, 020026.
- Yavaş, A. (2012). Çay çeliklerinin köklendirilmesinde ortam, ph ve hormonların etkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yazıcı K., Polat, A., Ilgaz, Ş., Haznedar, A., Akbulut, M., Şavşatlı, Y., Kalkışım, Ö., Turan, C., Dinçer, D., Eminoğlu, A., Beriş, F., Güzel İzmirli, Ş., Kalcioğlu, Z., Sekpan, R., İnce, Ö., Tanyel, G., Şehirli, H., Göksu Karaoğlu, B., Bakoğlu, N., Aydın, Z., Akbulut, S., Tekiner, N., Müezzinoğlu, N., Türüt, R., Birben Çelik, H. (2023). Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çay Çeşit Adaylarının Belirlenmesi. 01.03.2019 – 01.10.2023. TÜBİTAK 1007 projesi sonuç raporu.
- Yazıcı, K. (2021). "Possible Effects of Climate Change on Turkish Tea and Future Prospects. In: Current Studies on Fruit Science", M. Pakyürek (editör). Ankara, Turkey, Iksad Publications, p:301-323.
- Yazıcı, K. (2022). "Possible Effects of Climate Change on World Tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] Cultivation and Future Approaches", International Tea Congress, Azerbaijan, 13 Mayıs 2022.
- Yazıcı K., Akbulut M., Göksu B., Bakoğlu N. (2016). "Çay Üretiminde Değişimler ve Modern Yaklaşımlar", Bahçe Dergisi, 45, 838-842.
- Zenginbal, H., Haznedar, A., & Zenginbal, E. (2014a). Influence of type cutting, IBA concentration and collection times on rooting of tea (*Camellia sinensis* L.). *Research in Plant Biology*, 4(4), 1-8.
- Zenginbal, H., Haznedar, A., & Dolgun, O. (2014b). Effects of Indole-3-Butyric Acid (IBA) and cutting type on rooting of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze. *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(12), 1935.



## BÖLÜM 6

### ÇAY TARIMI YAPILAN TOPRAKLARIN YAPISI VE GÜBRELEME

Prof. Dr. Ayten NAMLI<sup>1</sup>

Öğr. Gör. Nergiz Dila ŞENOL ÖZDOĞAN<sup>23</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14290895>

---

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Ankara, Türkiye. namli@ankara.edu.tr, aytenkrc@gmail.com, Orcid ID: 0000-0003-1913-2751

<sup>2</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü Rize, Türkiye. nergizdila.senol@erdogan.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3420-0778

<sup>3</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Bitki ve Toprak Araştırma ve Uygulama Merkezi Rize, Türkiye. nergizdila.senol@erdogan.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3420-0778



## GİRİŞ

Çay bitkisi ağırlıklı olarak Asya ülkelerinde olmakla birlikte Asya, Afrika ve Latin Amerika'daki yaklaşık 50 ülkede yetiştirilmektedir. Tropikal ve subtropikal iklimlerde yetişen çay, gelişmekte olan ülkelerde ekonomik olarak oldukça önemlidir. Çay yetiştiriciliği plantasyon tarımının bir örneğidir. Çay bitkisi, humus ve organik madde bakımından zengin, derin ve verimli, iyi drene edilmiş laterit topraklarda ve tropikal ve subtropikal iklimlerde iyi yetişir. Çay çalıları yıl boyunca nemli ve sıcak, don olmayan bir iklime ihtiyaç duyar. Yıl boyunca eşit şekilde dağılmış sık sağanak yağışlar, yumuşak yaprakların sürekli büyümesini sağlar.

Çay yetiştiriciliği, belirli özellikleri olan iklim koşulları, özel karakterlere sahip toprak, ekimden önce uygun bir temizlik ve arazi hazırlığı gerektirir. Bu nedenle, çay için yer seçerken, alanın çay için uygun olup olmadığına karar vermeden önce çay bitkisinin iklim ve toprak gereksinimlerinin gerektiği gibi dikkate alınması son derece önemlidir. Unutulmaması gereken bir nokta, bir kez ekilen çayın 100 yıla kadar ve daha uzun süre dayanabileceğidir. Öte yandan, çay, bitkisel ve uzun ömürlü çok yıllık bir ürün olup yetiştiriciliğinde toprak yönetimi hayati öneme sahiptir (Mann, 1935; Willson ve Clifford, 1992).

Kitabın bu bölümünde, çay bitkisinin başarılı ekonomik büyümesi için gerekli olan toprak özellikleri ve toprağın üretim süresince nasıl desteklenmesi gerektiği açıklanmaktadır.

## 6.1. ÇAY YETİŞTİRİLEN TOPRAKLARIN YAPISI

### 6.1.1. Çay Yetiştirilen Toprak Türleri

Dünya çapında başarıyla çay yetiştirilen toprak türleri incelendiğinde, çayın tropikal, subtropikal ve ılıman iklim koşullarında bulunan çok çeşitli toprak tiplerinde yetiştirildiği görülmektedir. Bu ise çay yetiştirilen toprakların genel bir sınıflandırmada değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır.

Çayın yetiştirildiği toprak tiplerinin çeşitliliğine rağmen, tüm topraklar yüksek yağış koşullarında oluşmuştur. Yüksek yağış koşulları başarılı çay yetiştiriciliği için en önemli iklim faktörüdür. Yağış gibi iklim faktörlerinden sıcaklık da çay yetiştirilen toprağın oluşmasında önemli bir faktördür.

Güney Hindistan'daki çay topraklarının çoğu Latosol olarak sınıflandırılırken (Ranganathan ve Natesan, 1985), Bangladeş, Çin, Sri Lanka



ve Tayvan'dakiler Kırmızı-Sarı Podzolik ve Kırmızımsı-kahverengi Lateritiktir. Kuzeydoğu Hindistan'da Assam'da topraklar alüvyonludur ve Darjeeling'de tortul tiplerdir, Cachar'da ise Bheel veya turba toprakları bulunur (Mann ve Gokhale, 1960). Endonezya'da çay toprakları Andosol olarak sınıflandırılır. Rusya'da çay toprakları podzolik, Japonya'da ise Kırmızı-Sarı podzolik ve volkan topraklardır. Kenya ve Tanzanya ile Uganda'nın bazı bölgelerinde çay tarımı yapılan toprakların çoğu tropikal volkanik kırmızı topraklardır (Scott, 1962; Othieno, 1973, Carr, 1974) ve bunlar FAO-UNESCO sınıflandırma sisteminde (Sombroek ve diğerleri, 1982) Nitisol olarak sınıflandırılmaktadır. Doğu Afrika ülkelerinde çayın yetiştirildiği Acrisol ve Ferrasol cepleri vardır (Willson ve Clifford, 1992).

Çin, Endonezya, Sri Lanka, Güney Hindistan, Türkiye ve Gürcistan'da çay çoğunlukla gnays veya granitten türetilen tortul topraklarda yetiştirilir. Kuzeydoğu Hindistan'da, Darjeeling hariç, çay Assam'daki Brahmaputra Vadisi'nin geniş alanını kaplayan düz alüvyonlu topraklarda yetiştirilir. Drenajı yapılmış turba topraklar Cachar'da çay yetiştirmek için başarıyla kullanılır. Ancak Japon çayının ana alanları olan Kyoto ve Kanaya'da çay volkanik külden türetilen toprak tiplerinde yetiştirilir ve Tayvan'da çay, kalıntı bir oluşumdan türetilen üçüncül kayaçlardan oluşan bir alanı kaplar. Kenya, Uganda, Burundi, Ruanda, Tanzanya ve Kongo'nun toprak tiplerinin çoğu volkanik külden gelişmiştir. Ancak bu ülkelerde çay, gnays ve granitten elde edilen topraklarda da yetiştirilir. Malavi'nin çayı, granit masifinden yıkanmış toprak tiplerinde ve tortul gnays toprak tiplerinde yetiştirilir (Willson ve Clifford, 1992).

Bağımsız Devletler Topluluğu araştırmacıları çay tarımı için uygun toprakları;

- 1- Bir metre derinliğe kadar karbonat içermeyen topraklar,
- 2- Marşlar (ıslak topraklar),
- 3- Sert (kolay ufalanmayan) killi topraklar,
- 4- Normal toprak ıslahına tabi tutulmamış moor topraklar,
- 5- Humus horizonları kaybolmuş topraklar,
- 6- 30-70 cm arasındaki derinlikte taban taşı bulunan topraklar şeklinde tanımlamışlardır (Vilensky, 1957; Kacar, 2010 s.20).

Ülkemizde de Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan kırmızı ve sarı topraklar çay tarımı için uygun olup bu topraklar üzerinde çay tarımı yapılmaktadır.

## **6.1.2. Çay Yetiştirilen Toprakların Fiziksel Özellikleri**

### **6.1.2.1. Toprak Derinliği**

Bitki köklerinin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi ve tutunabilmesinin yanı sıra yeteri kadar besin elementi ve suyun depolanabilmesi açısından toprak derinliği oldukça önemlidir. Ayrıca özellikle eğimli alanlarda toprak derinliği sayesinde yağışlarla gelen suyun toprakta tutunması ve yüzey akışa geçişini önlemesi toprak erozyonunu önlemesi açısından da önemli işlev de bulunabilmektedir.

Başarılı çay yetiştiriciliği için derin bir toprak esastır. (Mann, 1935; Mann ve Gokhale, 1960; Adhikary ve diğerleri, 2019). Çay toprağı seçiminde toprak derinliği hayati önem taşır. Mevcut derinlik en az 1,5 m olmalıdır. Bununla birlikte, çayın sığ toprak türlerinde yetiştirildiği de bilinmektedir. Ancak bu topraklar sorunludur ve çayın ekonomik verim vermesi için özel yönetim dikkati gerektirir. Toprak veya alt toprak çok kısa bir süreden daha uzun süre suyla doymuş veya neredeyse doymuş olduğunda çay kökleri tam olarak gelişme göstermez (Adhikary ve diğerleri, 2019). Özcan ve diğerleri, (2017)'ne göre, çay yetiştiriciliği için iyi geçirgen derin topraklar gerekli olup yeraltı su seviyesi de 90 cm'den daha derin olmalıdır. Alt topraktaki toprak sıkışması çay bitkilerinin kök gelişimini etkiler ve kurak/ıslak dönemlerde kuraklığa/su basmasına karşı hassas olmalarına neden olur. Bu nedenle alt toprakta 2 m derinliğe kadar sert tabakalar olmamalıdır.

### **6.1.2.2. Tekstür (Bünye)**

Toprak tekstürü, topraklardaki kum, silt ve kil parçacıklarının göreceli oranlarını ifade eder ve arazi kullanımı ve yönetiminin potansiyellerini ve sınırlamalarını tahmin etmek için toprağın temel bir bileşenidir. Toprak tekstürü; toprağın en önemli fiziksel özelliği olup, toprak neminin tutulmasında, besin maddesi depolanmasında, toprak agregasyonu ve yapı gelişiminde, organik madde dinamiklerinde, mikrobiyal popülasyonunda, toprak erozyon potansiyelinde, bitki ve hayvan türlerinin dağılımında ve farklı ekosistem hizmetlerinin sağlanmasında genel olarak toprak kalitesi gibi diğer

temel özelliklerini güçlü bir şekilde etkiler (Dharumarajan ve diğerleri, 2019; Pahlavan-Rad ve Akbarimoghaddam, 2018; Kong ve diğerleri, 2009; Xue ve diğerleri, 2018; Scull ve diğerleri, 2004; Adhikari ve Hartemink, 2016; Coblinski ve diğerleri, 2020).

Dünyadaki çay yetiştirilen topraklar farklı tekstürlere sahiptir. Çay, kumdan yoğun siltli tınlı veya hatta siltli killi tınlı bünyelere kadar değişen topraklarda yetişir. Bununla birlikte, asidik karakterli orta veya hafif tekstüre sahip toprakların, çayın en iyi şekilde büyümesi için uygun olduğu bulunmuştur. Ülkemizde de çay bahçelerinin bünye bakımından dağılımının kumlu tın ağırlıklı ve kısmen de kumlu killi tın olarak yoğunlaştığı görülmektedir (Özkutlu ve diğerleri, 2015; Özyazıcı ve diğerleri, 2011; Müftüoğlu ve diğerleri, 2010; Özkan ve Demir, 2023). Kumlu ve çok kaba kumlu topraklara ekilen çay, kuraklık ve yağmurlu dönemlerde büyüme tatmin edici olsa da zarar görebilir. Öte yandan, özellikle montimorillonit ve illit kil tiplerinden oluşan ağır bünyeli toprakların, uygun tarım ve drenaj açısından yönetimi zor olup bu tür ağır bünyeli bir toprak hem aşırı yağmurlu hem de yağmursuz dönemlerde sorun teşkil etmektedir. Bu tür ağır bünyeli topraklarda üretim yapılırken toprak organik maddesi dikkate alınarak yönetim planlanmasının yapılması gerekmektedir.

### **6.1.2.3. Strüktür**

Strüktür, toprakların doğal hallerinde genellikle belli şekil ve büyüklükteki agregatların dizilişleri olarak tanımlanmaktadır. Bu agregatlar, toprakta bulunan kil parçacıkları ve organik madde ile birbirine bağlanmıştır. Agregatların aralarındaki gözenek boşluğunun dağılımı, toprak yapısını ve kısmen de toprak işlemeyi belirler. Çay yetiştirilen toprakların çeşitliliği nedeniyle, strüktürleri de çeşitlidir. Ancak bu topraklar genelde çok sayıda gözenek boşluğuna sahip agregatlardan oluştuğundan ekilebilir bir toprak için ideal yapıdır. Do, (1980), granüller ile orta büyüklükteki köşeli bloklu yapının (strüktür) çay bitkileri için uygun olduğunu belirtmiştir.

### **6.1.2.4. Porozite**

Agregatlaşma derecesi arttıkça, agregatlar içi mikro ve agregatlar arası makro gözenek sayılarındaki artış toplam poroziteyi (gözenekliliği) artırmaktadır. Yüksek porozite bitki köklerinin büyümesini ve gelişimini

kolaylaştırmaktadır. Çay bitkisi de yüksek gözenekliliğe sahip topraklarda daha iyi yetişmektedir. Yapılan araştırmalarda çay yapraklarındaki serbest amino asit ve çay polifenol içeriği gibi kalite parametrelerinin toprak gözenekliliğinin artışıyla doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir (Liu ve diğerleri, 2023; Van Dang, 2007; Mao ve diğerleri, 2022).

Gill ve diğerleri (2022) yüzey ve alt yüzey toprakları karşılaştırıldığında, alt yüzey topraklarının gözenekliliğinin yüzey topraklarından daha az olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar topraklarda gözeneklilikte derinlik bazında azalma olmasına, derinlikle birlikte artan hacim yoğunluğuyla daha yüksek sıkışma olmasının ve alt yüzey topraklarında daha düşük gözenekliliğin neden olduğunu belirtmişlerdir.

#### 6.1.2.5. Toprak Nemi

Çay, yüksek nem talebi olan bir üründür ve nem, çay organizmalarının büyümesi ve gelişmesinde vazgeçilmez bir unsurdur. Çay bahçelerindeki toprak nem içeriği koşullarındaki değişiklikler, çay bitkisinin verimliliğini, çay verimini ve kalitesini doğrudan etkileyecektir. Toprak nem içeriği yüksek olduğunda, sadece çay verimini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda çayın kalitesini de artırabilir. Toprak neminin azalmasına bağlı olarak, çay bitkisinin yaprak üretim oranları ve yaprak genişlemesi düşer, dolayısıyla belirli bir zaman diliminde koparılabilir aşamaya kadar gelişen sürgün sayısı azalır, çeşitli hastalıklar ortaya çıkar ve daha ileri nem eksikliklerinde büyüme durur (De Costa ve diğerleri, 2007). Çayın büyümesi ve verimliliği esas olarak su mevcudiyeti tarafından kontrol edilir. Kuraklık, çay bitkilerinin veriminde %14-20'lik bir azalmaya ve %6-19'luk bir ölüm oranına neden olur (Cheruiyot ve diğerleri, 2008). Uygun toprak nemi, sadece kök sisteminin besinleri barındırma ve kullanma yeteneğini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda toprak besinlerinin kullanım oranını da iyileştirir (Huang ve diğerleri, 2021).

Yağmurla beslenen yetiştirme alanlarının çoğunda toplam yıllık yağış çay üretimi için yeterli olsa da yıl boyunca eşit olmayan dağılımı genellikle yıllık çay verimini sınırlar. Yetersiz yağış, polifenol ve nişasta içeriklerinin azalmasına yol açarken, aşırı yağış da çay bitkilerinde solunum ve besin emilim verimliliğini etkilemektedir (Muoki ve diğerleri, 2020; Wijeratne ve diğerleri, 2007). Bu koşullar altında, musonların mevsimselliği nedeniyle yağışın yıl boyunca dağılımı belirgin şekilde iki modludur ve sonuç olarak bu alanlar

yaklaşık 2-3 aylık sürekli bir kuraklık dönemi yaşar (Jaetzold ve Schmidt 1983). Yeterli yağıştan daha az yağış alan ılıman bölgelerde, çay plantasyonları sulama yoluyla ek su almalıdır. Ek olarak, çay yetiştirme alanları hızla genişliyor ve bu genişlemenin büyük bir kısmı, en büyük sınırlaması toprak nemi olan alanlarda gerçekleşiyor. Bu nedenle, su açığı çay üretiminde en büyük sınırlayıcı faktördür ve olmaya devam edecektir (Cheruiyot ve diğerleri, 2008). Toprak suyu, bir su kaynağı türü olarak, tarımsal üretim ve gıda güvenliğinde önemli bir rol oynar. Toprak suyu izleme ve simülasyon teknolojileri, yağmurla beslenen tarımda toprak suyu kaynaklarının verimli kullanımı ve yönetimi için iyi bir temel sağlayabilir (Gao ve diğerleri, 2016).

#### **6.1.2.6. Su Tutma Kapasitesi (STK)**

Belirli bir çay toprağının su tutma kapasitesi ve bitkiler için kullanılabilirliği, toprak tekstürel bileşimine, bunların bir araya gelmesine (strüktürüne), organik madde miktarına ve çay bitkisinin köklenme derinliğine bağlıdır. Toprak bünyesi ne kadar kaba olursa su tutma kapasitesi o kadar az olur (Othieno, 1973). STK ne kadar az olursa, toprağın çay bitkisine su sağlayabileceği süreler de o kadar kısa olur. Çay bitkisi %20,8-28,2 su tutma kapasitesi içeren topraklarda iyi büyür (Willson ve Clifford, 1992). Nath (2015), toprak bünyesi, toprak organik maddesi ve toprağın STK arasında güçlü bir ilişki olduğunu, toprak organik maddesinin artmasının toprak STK'nin artırabileceği sonucuna varmıştır.

#### **6.1.2.7. Havalanma Kapasitesi**

Toprak havalanma kapasitesi, bitki kök sistemlerinin gelişimini, ürünlerin büyümesini ve verimini etkilediği için toprağın fiziksel kalitesinin önemli bir bileşenidir. Yüksek toprak suyu içeriği değerleri toprak havalanmasını da kısıtlar ve sıkışma yoluyla toprak yapısının bozulmasını kolaylaştırır. Çay açısından, yeterli şekilde havalandırılmış bir toprağın önemi de Silva ve Seevaratnam (1968) ve Sandanam ve Fonseka (1974) tarafından uzun yıllar önce vurgulanmıştır. Araştırmacılar, çay bitkisinde sınırlı havalandırmanın, bitki büyümesini çeşitli mekanizmalarla bozduğu ve sonuçta ürün verimini düşürdüğünü belirlemişlerdir.

### 6.1.2.8. Toprak Sıcaklığı

Toprak sıcaklığı, dünyadaki karasal ekosistemlerde birincil üretkenlik üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Toprakta meydana gelen birincil minerallerin aşınmasından bitki beslenmesine ve organik karbonun depolanmasına kadar hemen hemen tüm süreçler toprak sıcaklığından büyük ölçüde etkilenir (Pregitzer ve diğerleri, 2005). Toprak sıcaklığı; kimyasal reaksiyonların hız sabitlerini, su içeriğini ve topraktaki besin taşınımını, iyon alımı, kök büyümesi ve toprak mikrobiyal topluluklarının bileşimi ve işlevi gibi birçok özelliğe olumlu katkıda bulunur (Pregitzer ve diğerleri, 2005). Toprak sıcaklığı çay bitkisinin büyümesini etkiler (Carr 1972, Othieno 1982, Carr ve Stephens 1992). Toprak sıcaklığının gündüzleri yüksek geceleri düşük olması ile ilişkili olarak, toprak sıcaklığı çay bitkisinin erken çiçeklenmesini sağlar ve vejetatif büyümesini azaltır. Çay yetiştirilen topraklarda çeşitli malç türlerinin kullanılması toprak sıcaklığını yükselterek çay veriminin artmasına katkıda bulunur (de Costa ve diğerleri, 2007). Yıllık sıcaklık ortalamasının 14 °C'ın altına düşmemesi, toplam yıllık yağışın, 2000 mm'den az olmaması ve aylara göre dağılımının düzenli olması, bağıl nem oranının ise en az % 70 olması, çay bitkisinin normal gelişimi için gerekli olan koşullardır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2017). Çay bitkisi genelde yağış, nem ve sıcaklık seven tropik bir bitkidir ve Gürcistan, Azerbaycan, İran ve Türkiye gibi tropik olmayan ülkelerde mikro klima oluşması nedeniyle yetiştirilebilmektedir. Doğu Karadeniz bölgesinde 41,4 enlem derecesinde çay bitkisinin yetişmesine uygun koşulları, bölgeyi kuşatan ve yüksekliği 3000 m'yi geçen Kaçkar sıradağları oluşturmuştur. Bu sıradağlar karadan gelen soğuk ve kuru rüzgârları durdurup sıcaklığın düşmesini engellerken aynı zamanda denizden gelen nemli rüzgârları tutarak bölgeye yağış sağlamakta kısaca yarı tropik (sub tropical) çevre koşulları oluşturmaktadır (Kacar, 2010).

### 6.1.3. Çay Yetiştirilen Toprakların Kimyasal Özellikleri

#### 6.1.3.1. Toprak Reaksiyonu (pH)

Çay, asitli toprağı tercih eden bir bitkidir. Çayın optimum gelişme göstermesi için en uygun toprak pH aralığı 4,5-6,0'dır ancak, tercih edilen pH 5,5'tir (Ruan ve diğerleri, 2007; Lin ve diğerleri, 2023; Ye ve diğerleri, 2022). Toprak pH'ı 6,5'i aştığında çay bitkilerinin büyümesi kademeli olarak durur ve pH 7,0'den büyük olduğunda ise ölümler (Su, 2012). Toprakların pH'sı 4,0'dan

düşük olduğunda çay bitkisinin büyümesi engellenir, bu da hem çay üretiminin kalitesini hem de miktarını etkiler (Su, 2012). Toprak pH değeri 4.0'den düşük veya 5, 6'dan biraz daha yüksek olduğunda çay yetişebilir ancak, bu değerler ticari çay yetiştiriciliği açısından uygunsuz kabul edilir ve toprak pH değerinin düzenlenmesi gerekmektedir. Toprağın pH değeri 4,0 ile 4,5 arasında olduğunda hafif toprak asitlenmesi, 4,0'ın altında olduğunda ise şiddetli toprak asitlenmesi olarak kabul edilmiştir (Lin ve diğerleri, 2023).

Çay bitkisinde gelişme toprak pH'sı kuvvetli asit ya da alkali yöne doğru değiştiğinde gerilemekte ve yaş yaprak verimi ve kalitesi düşmektedir. Çay yetiştirilen topraklarda toprak asitliğinin artması çay bitkisinin kök sistemini tahrip etmekte, yeni oluşan köklerin sayısı ve alanını sınırlamakta, bitki boyu, biyokütlesi ve çay bitkilerinin besin elementi alımı azaltmaktadır. Ayrıca toprak pH'sı; amonyak buharlaşması, nitrifikasyon ve denitrifikasyon, organik maddenin mineralizasyonu, organik maddenin ve ağır metallerin çökmesi ve çözünmesi, organik kirleticilerin biyolojik olarak parçalanması, toprak enzim aktiviteleri, rizosfer süreçleri gibi toprağın biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerini etkilediğinden dengede tutulması oldukça önemlidir (Neina, 2019). Tüm bu sebeplerle topraktaki asitlik daha düşük çay verimi ve kalitesine dolayısıyla düşük ekonomik faydalara yol açmaktadır (Wen ve diğerleri, 2021; Ye ve diğerleri, 2022; Sun ve diğerleri, 2020; Ruan ve diğerleri, 2007; Li ve diğerleri, 2016; Arafat ve diğerleri, 2019).

Toprak asitlenmesi, toprak bilimi, ekoloji ve çay bilimi açısından çay üretiminde küresel bir sorun haline gelmiştir (Özyazıcı ve diğerleri, 2013; Li ve diğerleri, 2016; Yan ve diğerleri, 2020; Zhu ve diğerleri, 2018; Singh ve Sanjay Swami, 2020). Bu sorun dünya çapında çeşitlilik kayıplarına neden olmakta ve kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K) ve sodyum (Na) gibi katyonik besin maddelerinin sızma kaybını artırarak bitki verimliliğini azaltmakta ve sera gazı emisyonlarını artırmaktadır (Dai ve diğerleri, 2017; Zhang ve diğerleri, 2016; Yang ve diğerleri, 2018).

Çay yetiştirilen bölgelerin aşırı yağışlı olması Ca, Mg, K ve Na gibi bazı elementleri toprak profilinden sızdırarak ve asidik elementleri (hidrojen, alüminyum ve manganez) bırakarak toprak asitliğinin gelişimini etkiler. Ayrıca, genellikle dik yamaçlarda yetişen çayın bulunduğu bölgelerde toprak erozyonunun fazla olması da bazı elementlerin kaybına katkıda bulunarak toprak asitliğini artırabilir. Her tarımsal üründe olduğu gibi çay

yetiştiriciliğinde de gübre kullanımı gibi toprak yönetim faktörleri toprak pH'sını etkiler. Özellikle azot ve fosforlu gübreler de asitli toprakların oluşumuna önemli ölçüde katkıda bulunur (Guo ve diğerleri, 2010; Tian ve Niu, 2015; McFarland ve diğerleri, 2024). Daha fazla miktarda N uygulamasının çay büyümesini ve yaprak kalitesini iyileştirebileceğine inanıldığından çay bahçesi topraklarına aşırı miktarda amonyum gübresi uygulanır. Bunun sonucunda ise, şiddetli toprak asitlenmesi meydana gelir ve zaman içerisinde toprak pH'ı 4'ün altına düşer (Hoshina 1985; Tachibana ve diğerleri, 1996).

Toprak asitliği yönetiminde dengeli inorganik gübrelerin kireç ve organik gübrelerle birlikte entegre kullanımının benimsenmesi çayda verimliliği oldukça artırmaktadır (Li ve diğerleri, 2016; Das, 2018; Guo ve diğerleri, 2019). Birçok çalışma, kimyasal N gübresinin organik gübre ile değiştirilmesinin net baz katyon girişinin artmasına katkıda bulunarak ve Al-organik madde kompleksleri üretilmesini sağlayarak toprak asitlenmesini önleyebileceğini veya hatta toprak pH'sını artırabileceğini de bildirmiştir (Shi ve diğerleri, 2019; Ye ve diğerleri, 2019; Singh ve SanjaySwami, 2020; ). Namlı ve diğerleri (2020) Karadeniz bölgesi asidik çay topraklarından izole edilmiş bakteri suşlarını biyokömür taşıyıcı esaslı karışım kültürüne inokule ederek katı biyolojik gübre elde etmişler ve çay bitkisi gelişimi üzerine kimyasal gübre uygulamasına benzer olarak hatta katı biyogübrenin kimyasal gübreye (25.5.10 Kompoze NPK) kıyasla özellikle toprak pH'sı ve çay gelişimi üzerine daha yüksek oranda etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Kutlu ve Namlı (2020) ve Yan ve diğerleri, (2021), benzer şekilde biyokömürün toprak asitlenmesini hafifleterek ve ağır metal bulunabilirliğini azaltarak çay büyümesini destekleyebileceğini belirtmişlerdir.

### 6.1.3.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Tuzluluk veya topraktaki tuz konsantrasyonu, doymuş çözeltinin elektriksel iletkenliğiyle ifade edilir ve çözeltinin elektriksel iletkenliği oransal olarak içerdiği tuza bağlıdır. Topraklarda tuzluluk problemi, yağışın yetersiz olduğu alanlarda doğal olarak bulunmakta ve özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yıkanarak yeraltı suyuna karışan çözünebilir tuzların kapillarite yoluyla taban suyundaki tuzların toprağın üst katmanlara çıkması ve buharlaşma sonucu suyun topraktan ayrılarak tuzun toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın bölümünde birikmesiyle ve ayrıca sulamaya açılan bölgelerde



aşırı sulama ile oluşmaktadır. Çay yetiştirilen toprakların tropikal, subtropikal ve ılıman iklimlerde ve yüksek yağış koşullarında oluşması sebebiyle çay yetiştiriciliğinde topraklar genel olarak tuzluluk yönünden problem oluşturmamaktadır.

### **6.1.3.3. Kireç**

Kireç, toprağın ana yapı maddelerinden olup, çoğunlukla toprakta kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) ya da dolomit ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) şeklinde bulunur. Topraktaki kireç miktarı, oluşum koşullarına, ana materyale ve bölgenin iklimine bağlı olarak değişmektedir. Asitli topraklarda dahi eser miktarda yer yer karbonat bulunabilmesinin yanında yüksek yağış koşulları altında yetişebilen çay topraklarında yıkanmaya bağlı olarak topraklarda çoğunlukla bazik katyonlar ve karbonatların profilden uzaklaşmasına neden olduğundan çay topraklarının genel olarak kireç içeriği çok düşüktür.

### **6.1.3.4. Organik Madde**

Toprak organik maddesi, toprak içerisinde ve üzerinde bulunan bitkisel ve hayvansal kalınlardan ve bunların dönüşüm ürünlerinin tümü olarak tanımlanmaktadır. Organik madde canlı yada cansız organik kökene sahip maddeden oluşmaktadır. Organik maddenin ileri derecede ayrışmasıyla toprak humusu oluşmaktadır ve humus türetildiği ana maddeden hiçbir iz taşımaz. Humus ve organik madde toprak verimliliğini ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini doğrudan etkilediği için oldukça önemli toprak verimlilik parametresidir. Toprak organik maddesi; toprak parçacıklarını birleştirerek kararlı bir toprak yapısı oluşturan bağlayıcı madde görevi görür, mikroorganizmaların besin ve enerji kaynağıdır, birçok makro ve mikro bitki besin elementinin doğrudan kaynağıdır, toprağın su tutma kapasitesini artırır, toprağın iyi bir strüktür kazanmasına yardım eder, toprak havalanmasına katkıda bulunur, toprak sıkışmasını azaltır, infiltrasyonu iyileştirir ve bu nedenle toprak verimliliği ile yakından ilişkilidir.

Çay toprakları, organik madde içerikleri bakımından zengindir (Tokuda ve Hayatsu, 2002; Cheng ve diğerleri, 2014; Li ve diğerleri, 2016; Chen ve diğerleri, 2021; Müftüoğlu ve diğerleri, 2012; Taban ve diğerleri, 2015; Özkutlu ve diğerleri, 2015; Özdemir ve diğerleri, 2020). Organik madde birikimi genellikle yağışın fazla, sıcaklığın az ve pH'nın düşük olduğu

bölgelerde organizma faaliyetlerinin yavaşlaması ve parçalanmanın az olmasından kaynaklı yoğun olarak görülür. Genel olarak çaylıklarda çapalama gibi kültürel işlemler yapılamadığından organik madde toprağın üst kısmında ayrışmamış ve kısmen ayrışmış şekilde bulunmaktadır. Çay tarımı yapılan topraklar organik maddece zengin olsalar dahi, mineralizasyona uğramadıkları için organik maddeden gerektiği gibi toprak yararlanamamaktadır. Çay ekiminde optimum büyüme koşulları ve iyi verim elde etmek için, organik madde içeriği  $>2\%$  olmalıdır (Özcan ve diğerleri, 2017). Toprakların kalitesini ve canlılığını koruyarak yüksek verim alabilmek için toprakların organik madde içeriği artırılmalı veya var olan organik madde korunmalıdır.

### 6.1.3.5. Katyon Değişim Kapasitesi

Belli miktardaki bir toprağın içerisinde inorganik ve organik kolloidlerce tutulan değişebilir şekilde tutulan katyonların toplamı katyon değişim kapasitesi (KDK) olarak adlandırılır ve genellikle 100 g toprakta toplam değişebilir katyonların miliekivolan cinsinden miktarı şeklinde ifade edilmektedir. Değişebilir katyonlar asidik ( $H^+$  ve  $Al^{+++}$ ) ve bazik katyonlar ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{++}$  ve  $Ca^{++}$ ) olmak üzere ikiye ayrılır ve çay yetiştiriciliği yapılan asidik topraklarda KDK bazik ve asidik katyonların toplamı olarak değerlendirilmektedir.

Katyon değişim kapasitesi, topraklarda bulunan temel besin miktarının doğrudan bir ölçüsüdür. Her üretimde olduğu gibi topraktaki besin mevcudiyeti doğrudan çay verimini ve kalitesini etkilediğinden KDK, çayda verimliliğin sürdürülmesinde oldukça önemli bir toprak parametresidir.

Çay tarımı yapılan toprakların KDK'si genellikle düşük veya orta düzeydedir (Zoysa ve Gunaratne, 2003; Wang ve diğerleri, 2008; Gangopadhyay ve diğerleri, 2016; Hui ve diğerleri, 2010; Özdemir ve diğerleri, 2020; Wen ve diğerleri, 2024). Fe ve Al'nin oksitleri ve hidro oksitleri ile 1:1 tipi kil mineralleri gibi değişken yüklü kolloidal mineraller bakımından zengin olan çay toprakları düşük düzeyde katyon değişim kapasitesine sahipken, özellikle 2:1 kil minerallerince zengin çay toprakları daha yüksek katyon değişim kapasitesine sahiptir ve bu topraklar gelişmiş bir asit tamponlama kapasitesine sahip olma eğilimindedir (Yang ve diğerleri, 2020). Katyon tutulma kapasitesini etkileyen önemli faktörlerden biri olan killerin çeşidinin yanı sıra toprakların organik madde ve kil miktarları da oldukça önemlidir.

Kumdan kile değişen toprakta yetişen çay topraklarının KDK'si, kil ve organik madde miktarının artmasıyla birlikte artmaktadır (Fang ve diğerleri, 2017; Wen ve diğerleri, 2024).

### **6.1.3.6. Çay Yetiştirilen Toprakların Verimliliğinin Değerlendirilmesi ve Verimlilik Özellikleri**

Toprak verimliliği değerlendirmesi, bitkilerin alabileceği besin miktarını değerlendirmek için, toprağın ve bitkinin veya her ikisinin de kimyasal olarak analiz edilmesiyle yapılabilir. Bu analizlerin yapılmasının temelini; toprak ve bitkide besin miktarının belirlenerek bitkilerin ihtiyacı veya alımıyla ilişkilendirmesi ve bitkisel üretim amaçlı yönetim uygulamasının planlanması oluşturur.

Toprak, farklı mineral ve organik maddelerin olağanüstü karmaşık bir kimyasal karışımından oluşur. Bu nedenle, toprak analizinin başarısı, temsili bir referans toprak örneğinin sağlanması ve ardından dikkatli analiz yapılmasına bağlıdır. Bitki analizi toprak analiziyle birlikte kullanıldığında, özellikle çay gibi çok yıllık bitkilerde toprak verimliliğinin değerlendirilmesinde ve verimlilik kullanımıyla ilgili tavsiyelerde bulunmada oldukça faydalıdır.

Toprak verimliliği çay bitkisinin büyümesi ve gelişimi, kaliteyle ilgili bileşenlerin metabolizması ve verimle yakından ilişkilidir. Toprak verimliliğiyle ilgili bölgeye özgü bilgiler, toprağı yönetmek ve çay verimliliğini korumak için önemlidir (Chandrakala ve diğerleri, 2018). Ancak, uzun süreli çay yetiştiriciliği nedeniyle toprağın fizikokimyasal özellikleri değişebilir (Chen ve diğerleri, 2006). Bu nedenle, toprak verimliliğinin periyodik olarak değerlendirilmesi, toprak besin yönetimi ve dolayısıyla sürdürülebilir çay üretimi için son derece önemlidir (Sahrawat ve diğerleri, 2010; Singh ve diğerleri, 2018).

Azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K), çay büyümesinde ve metabolit sentezinde hayati rolleri olan temel üç ana makro besin elementidir ve bunların mevcudiyeti doğrudan çay verimini ve kalitesini etkiler (Tang ve diğerleri, 2023; Yang ve diğerleri, 2022; Liu ve diğerleri, 2021). Ancak, N, P veya K gübresinin tek tek uygulanması çay büyümesine etki edemez ve çay bitkileri yalnızca bitkilerin tüm besin gereksinimleri karşılandığında en yüksek verime ve kaliteye ulaşır (Tang ve diğerleri, 2022).

Azot (N), bitki büyümesi için gerekli en önemli besin maddelerinden biridir. Protein oluşumundaki rolüne ek olarak, N fotosentez miktarı üzerinde etkilidir ve klorofil molekülünün ayrılmaz bir parçasıdır. N çay bitkisinin karbonhidrat kapsamı ve bitki suyu miktarı üzerinde de oldukça önemlidir. Çay bitkisinin genç ve körpe çay yaprakları sık sık hasat edilmekte olup gerekli yeni güçlü sürgünler üretebilmesi için, çay bitkisinin N talebi diğer bitkilere kıyasla çok yüksektir. Söz konusu ihtiyaçla birlikte N çay bitkisinde yeşil yaprak üretiminin yanı sıra toprak üstü organlarının da gelişmesine yardımcı olur. Çay bitkisinin büyüme ve gelişmesinde çok önemli roller üstlenen N, çay yaprağı kalitesi üzerinde de oldukça önemli katkılar sunar. Çay yaprağında tanen, kafein, ve ekstrakte edilebilen maddeleri artırdığı belirlenmiştir (Kacar, 2010; Hajiboland, 2017). Taşkın ve diğerleri (2015), Doğu Karadeniz Bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkisinin N, P, K, Ca, Mg ve S durumlarını ortaya koyabilmek amacıyla 532 toprak ve yaprak örneğinde çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar çay topraklarının % 4,32'sinde N noksanlığı olduğunu buna karşın, toprakların % 75,75'inde ise N'nin fazla olduğunu belirtmişlerdir. Çay tarımı yapılan alanlarda aşırı azotlu gübrenin kullanılması ve ayrışmamış organik maddenin yüksek olması topraklarda toplam azotun yüksek olmasına neden olmuştur. Yanlış tip azotlu (Amonyum sülfat) gübrenin gereğinden fazla uygulanması neticesinde toprakların pH'sında düşme ve kuvvetli asitleşme sorunu ortaya çıkmaktadır. Çay bitkisi için azot çok önemli bir bitki besin maddesi olduğundan çay topraklarında azotlu gübrelemenin bilinçli bir şekilde yapılmasının önemi kendiliğinden ortaya çıkmaktadır (Namlı ve diğerleri, 2020).

Fosfor (P) temel bir makro besindir ve bitkilerin yapı ve enerji metabolizmasında önemli bir rol oynar (Hawkesford ve diğerleri, 2012). Ayrıca karbonhidratların parçalanmasında da oldukça etkili bir besin elementidir. P, çayda yeni odun ve kök oluşumunda önemli bir rol oynar. Çok asidik topraklarda P, Fe ve Al hidrositlerine emilir ve bitkiler için kullanılamaz hale gelir. Fosfat iyonunun hareketliliğinin olmaması, P alımını kök gelişimine bağımlı hale getirir (Neumann ve Römhald, 2012). N ve P esas olarak amino asitlerin, vitaminlerin, klorofilin ve diğer maddelerin sentezinde rol oynar ve bu da çay bitkilerindeki biyokimyasal bileşenlerin içeriğini ve oranını doğrudan düzenler (Chen ve diğerleri, 2015; Lin ve diğerleri, 2012). Çay bitkisinin kök gelişimi ve ürünün niteliği üzerine olumlu etki yapan P, bitkinin hastalıklara

karşı dayanıklılığını da artırmaktadır. Çay yapraklarındaki P içeriği, N ve K içeriğinden daha düşük olmasına rağmen, P gübresi de çay büyümesiyle güçlü bir şekilde ilişkilidir (Ding ve diğerleri, 2017). Ayrıca P, siyah çayın aroması ve tadı için gerekli olan çay polifenollerinin, özellikle epigallokateşin gallat ve kafeinin oluşumu için gereklidir (Ruan ve diğerleri, 2013; Sun ve diğerleri, 2019). Zhang (2018), yüksek kaliteli ve yüksek verimli çay bahçesi toprağının etkili fosfor içeriğinin genellikle 25 mg/kg'dan yüksek olduğunu, çay plantasyonundaki toprakta bulunan fosfor içeriğinin 12,0 ila 49,7 mg/kg arasında değiştiğini ve ortalama değerin 29,6 mg/kg olduğunu ileri sürmüştür. Doğu Karadeniz Bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların %21,99'unda P noksanlığı, buna karşın toprakların %57,52'sinde ise P fazlalığı bulunmaktadır (Taşkın ve diğerleri, 2015). Gübre kullanımındaki değişikliklere bağlı olarak ülkemiz çay tarımı yapılan toprakların bitkiye yararlı fosfor kapsamlarında önceki yıllara göre az da olsa değişimlerin olduğu gözlenmektedir. Geçmiş yıllarda çay tarımı yapılan toprakların önemli bir bölümünde fosfor noksanlığı olduğu görülmekte iken, 1990'lı yıllardan sonra gübreleme programında yapılan iyileştirme çalışmalarına bağlı olarak çay tarımı yapılan toprakların fosfor kapsamı artmıştır (Namlı ve diğerleri, 2020). İnorganik P, topraktaki fosfatın ana bileşenidir. Bunun çoğu, alüminyum ve demir bağlı formlarda bağlı P'dir. Toprak pH'ını ayarlamak ve organik madde eklemek, çay topraklarındaki P eksikliklerini azaltmanın en yaygın yöntemleridir (Zhang ve diğerleri, 1997).

Potasyum (K), bitki büyümesinin fotosentetik aktivitesinde kritik, stoma açılmasının kontrolünde ise temel bir role sahiptir (Andrés ve diğerleri, 2014; Tränker ve diğerleri, 2018). Bitki hücrelerinde enzimlerin optimum etkinliklerinin düzenlenmesinde de potasyumunun yeterli düzeyde olması etkin bir faktördür. Tüm bu faydaların yanı sıra protein sentezinde ve fotosentezi etkileyerek karbonhidrat oluşmasında da K, önemli bir besin elementidir. K, çay fidelerinin büyümesini ve gelişimini ve çay kökünün emilim kapasitesini desteklemeye yardımcı olarak çay bitkisinin strese karşı dayanıklılığını artırır (Li ve diğerleri, 2021; Ruan ve diğerleri, 2013; Zhang ve diğerleri, 2018). Çay tarımı yapılan bölgenin aşırı yağışlı olması nedeniyle yıkanma fazla olmakta; dolayısıyla potasyum noksanlığının görülmesi kaçınılmaz olmaktadır. Sarımehtem (1983), Özer (2000) ve Taban ve diğerleri (2015)'nin Doğu Karadeniz Bölgesi çay tarımı yapılan topraklarda yapmış oldukları çalışma sonuçlarına göre, geçmiş yıllarda çay tarımı yapılan toprakların önemli bir

bölümünde potasyum noksanlığı olduğu görülmekte, 1990'lı yıllardan sonra gübreleme programında yapılan iyileştirme çalışmalarına rağmen potasyum noksanlığında önemli bir değişim olmamıştır. 25-5-10 gübresi kullanılmaya başlandıktan sonra çay topraklarında potasyum yönünden bir iyileşmenin olduğu görülmekte ancak bu iyileşme yeterli değildir.

Kalsiyum (Ca) yaprak ve sapların dayanıklılığını artırmada önemli rol oynar, aynı zamanda kök gelişimi için de önemlidir. Kalsiyum (Ca) kök gelişmesinde ve apical meristem dokularının sürekli gelişmesinde önemli rol oynar. Hücre büyümesi ve hücre bölünmesinde temel besin olan Ca, N metabolizmasında da nitratın indirgenmesinde oldukça etkindir. Çay bitkilerinin uygun şekilde büyümesi ve gelişmesi orta derecede asidik topraklar ve nispeten düşük kalsiyum seviyeleri gerektirir ve yüksek pH'da aşırı kalsiyum çay bitkisi köklerine zarar verebilir (Kacar, 2010). Kalsiyumun çay bitkisinin üç pH seviyesine (3.5, 5.0 ve 6.5) verdiği tepkiler üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak için çalışmalar yürütülmüştür. Lang ve diğerleri (2021) aşırı kalsiyumun düşük pH koşullarında çay köklerinin büyümesini iyileştirdiğini, ancak normal ve yüksek pH koşullarında, özellikle pH 6.5'te çay köklerinin büyümesine zarar vermediğini göstermişlerdir. Araştırmacılar ayrıca aşırı Ca'un, çay bitkileri tarafından Mg emilimini ve kullanımını engellediğini de belirlemişlerdir. Doğu Karadeniz Bölgesi çay tarımı yapılan toprakların bitkiye yayarışlı kalsiyum konsantrasyonu yeterlilik sınırlarına göre sınıflandırıldığında; çay tarımı yapılan toprakların % 70,11'inde kalsiyumun çok az-az, % 20,68'inde yeterli ve % 9,21'inde ise fazla-çok fazla sınıfında olduğu belirlenmiştir (Taban ve diğerleri, 2015).

Magnezyum (Mg), klorofil oluşumuna katkıda bulunması, fotosentez kapasitesini artırması, bitki büyümesini desteklemesi ve çay yapraklarının kalitesini ve verimini artırması nedeniyle çay bitkileri için vazgeçilmez bir mineral elementtir (Li ve diğerleri, 2021). Karbonhidrat metabolizmasında da görev yapan Mg, birçok enzim aktivitesinde aktivatör olarak bulunur. Mg, klorofil molekülünde fotosentezi düzenleyen tek mineral bileşendir. Işıklanmanın az olduğu gölgeli ve yağışlı günlerde bitkinin Mg beslenmesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Çay plantasyonları genellikle asidik toprağa sahip bölgelerde yer almaktadır ve Mg eksikliği hem verim hem de kalite açısından çay üretimini etkileyen önemli bir sınırlayıcı faktördür (Zhang vd., 2021). NPK'nın baskın olduğu gübreleme uygulamalarında genellikle Mg

ihmal edilir ve çay plantasyonlarında hasat edilen çayla önemli miktarda Mg alınır, toprak çözeltilisindeki yüksek konsantrasyonlardaki katyonlar (örn.  $H^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ) Mg emilimini engeller ve sonuç olarak Mg eksikliği riskini artırır (Xie ve diğerleri, 2021). Bu nedenle, özellikle Mg'nin sınırlı olduğu yerlerde, Mg'nin çay üretiminde önemli bir sınırlayıcı faktör olarak değerlendirilmesi önemlidir. Çay plantasyon bölgelerinde yüksek yağış ve dolayısıyla da daha yüksek yıkanma nedeniyle Mg eksikliği yaygındır. Taşkın ve diğerleri (2015) Doğu Karadeniz Bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların % 75,00'inde Mg noksanlığı olduğunu bildirmişlerdir. Taban ve diğerleri (2015) ise, bitkiye yararlı magnezyum konsantrasyonu yeterlilik sınırlarına göre sınıflandırıldığında toprakların % 75,00'inde magnezyumun çok az-az, toprakların % 15,41'inde yeterli ve % 9,59'unda ise fazla-çok fazla sınıfında olduğunu belirlemiştir.

Kükürt (S), çay bitkisinin büyümesi ve gelişmesi için gerekli elementlerden biridir (Karak ve diğerleri, 2015). Özellikle kök gelişmesi üzerinde olumlu etkiye sahip olmasının yanı sıra bitkinin fotosentez ve solunum gibi önemli fizyolojik aktivitelerinde rol oynar (Hawkesford ve De Kok, 2006; Haneklaus ve diğerleri, 2007). Çay bitkisi için kükürt ayrıca çayın theaflavin, flavonol, glikozitler, thearubigin ve flavonol glikozitleri içeren kalite parametrelerini belirlemede önemli bir rol oynar (Chakravartee, 1996). Taşkın ve diğerleri (2015) Doğu Karadeniz Bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların bitkiye yararlı kükürt yönünden sorun içermediğini belirlemiştir.

Çay tarımı yapılan topraklarda N, P ve K'ye ek olarak, mikro besinlerin mevcudiyeti çay üretimi için etkili diğer parametrelerdir (Zeng ve diğerleri, 2011). Toprakta daha düşük seviyelerde mevcut mikro besin bulunması da birçok mahsulde mikro besin eksikliğine neden olurken, toprak türleri, ekim doğası, tarımsal ekosistemler ve antropojenik aktiviteler eksiklik seviyesini belirler (Singh, 2008; Behera ve Shukla 2014). Bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn) ve Çinko (Zn)'nun çay bitkilerinin büyümesi ve gelişimi için kritik öneme sahip temel mikro besinler olduğu ve çeşitli enzimatik reaksiyonlar için yardımcı faktör olarak görev yaptığı bilinmektedir (Barker ve Pilbeam 2015; Li ve diğerleri, 2017; Sun ve diğerleri, 2020; Upadhyaya ve diğerleri, 2018).

Demir (Fe), klorofil oluşumunda asıl element olmakla birlikte katalaz, peroksidaz ve sitokrom gibi solunum enzimleri üzerinde ve protein metabolizmasında etkin bir besin elementidir. Taban ve diğerleri (2000), Taban ve diğerleri (2001) ve Horuz ve Korkmaz (2006) tarafından yapılan araştırma

bulgularında, çay yapraklarında Fe eksikliğine dikkat çekilmiştir. Bitkinin yeterli Fe alamaması, toprağının Cu ve Zn bakımından fazla olmasına bağlıdır. Gerçekten de Harler (1967), yüksek düzeyde Cu ve Zn içeren topraklarda yetiştirilen çay bitkisinin yeterli Fe alamadığını ve dolayısıyla yapraklarda kloroz oluştuğunu bildirmiştir. Fosfat, bakır, manganez, molibden ve kalsiyum eksikliği Fe'nin yararlılığını olumsuz yönde etkileyebilir (Kacar, 1984). Doğu karadeniz Bölgesi çay toprakları bitkiye yararlı demir yönünden önemli bir sorun taşımamaktadır (Taban ve diğerleri, 2015).

Mangan (Mn), bitkide meydana gelen solunum olaylarında, karbonhidratların parçalanmasında, çay bitkisinin azottan daha fazla yarar sağlamasında, çay yapraklarının fermantasyonunda peroksidaz enziminin işlevlerinde önemli etkiye sahip olmasının yanı sıra Fe elementi ile klorofil oluşumuna yardım etmektedir (Kacar, 2010). Yapılan çalışmalar Doğu karadeniz bölgesi çay tarımı yapılan toprakların Mangan yönünden noksanlık/fazlalık olarak herhangi bir sorun bulunmadığını ortaya koymuştur (Balcı ve diğerleri, 2016, Özyazıcı ve diğerleri, 2011; Taban ve diğerleri, 2015).

Çinko (Zn), kök gelişimi ve su absorpsiyonu üzerine etkili bir besin elementidir. Zn aktif sürgün büyümesinden sorumlu olan indol asetik asit (IAA) sentezi için gereklidir. Yanı sıra Zn, çay bitkisinin su absorpsiyonu ve metabolik işlevlerin düzenli bir şekilde gerçekleşmesi için gereklidir. Taban ve diğerleri (2015) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesi çay tarımı yapılan toprakların % 49,63'ünde çinko noksanlığı bulunduğu rapor edilmiştir. Toprakta bulunan Zn çay bitkisi tarafından kolaylıkla emilmediğinden Zn eksikliğini gidermede toprağa uygulamadan ziyade yapraktan uygulanması çok daha etkilidir.

Bor (B), çay bitkisinde tad ve koku üzerinde olumlu etki oluşturur. Bor uygulaması çayın kalite parametrelerinden ekstrakt, polifenol ve kafein içeriklerini artırması, kül miktarını azaltması siyah çayın niteliğini artırması bakımından son derece önemlidir. Ayrıca çay yaprağındaki tanen kapsamını ve dolayısıyla niteliğini artırma özelliğine sahiptir. Ülkemizde çay tarımı yapılan toprakların %90'ında bor eksikliği mevcuttur (Taban ve Namlı, 2017).

Bakır (Cu), çay bitkisi için gerekli mikro elementlerden olup çay yaprağının fermantasyon özelliklerini ve dolayısıyla nihai ürünün kalitesini belirlemede önemli bir besin elementidir. Protein ve karbonhidrat metabolizmasında görev yapan Cu aynı zamanda klorofil oluşumunda ve



solunum olayında da etkin rol oynar. Doğu Karadeniz bölgesi çay topraklarının % 11,09'unda bakır noksanlığı buşunmaktadır (Taban ve diğerleri, 2015).

Alüminyum (Al), daha yüksek fotosentez oranı ve artan antioksidan savunma ile çay fidelerinin büyümesini teşvik eder (Hajiboland ve diğerleri, 2013). Alüminyumun çoğu formunda canlı organizmalara zararı yoktur. Ancak, düşük pH gibi belirli koşullar altında Al toksik türler oluşturma eğilimindedir. Bu türler daha sonra insanlar da dahil olmak üzere tüm canlı organizmalar için potansiyel olarak toksiktir (McIachlan, 1995). Son çalışmalar, Al'in Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı ve diyaliz ensefalopatisi gibi bazı önemli insan patolojilerinde yer aldığını göstermektedir (Exley ve Korchazhkina, 2001). Çay bitkilerindeki toplam metal bileşenleri öncelikle çay yapraklarının yaşı, ayrıca toprak koşulları, yağış, yükseklik, bitkinin genetik yapısı vb. birçok faktöre bağlıdır. Köklerdeki metabolizmadaki metal içeriğini etkileyen faktörler düşük pH seviyesinde daha aktiftir. Buna karşılık, normal veya yüksek pH'da yüksek kalsiyum uygulamasıyla kök metabolitlerinin birikimi üzerinde belirgin olumsuz etkileri olmuştur (Street ve diğerleri, 2006). Çay bitkisi, asidik topraktan iyi bilinen bir alüminyum ve flor biriktiricisidir. Emilen alüminyum ve flor, infüzyon yoluyla çay likörüne sızacağından ve böylece tüketicilerin sağlığı için ciddi bir tehdit oluşturacağından, konsantrasyonlarının kontrol altında tutulması önemlidir. Düşük pH değerlerinde toksik etki yapabilecek düzeyde çözünürlüğü artan Al'un toksik etkileri de akıldan çıkarılmamalıdır. Fung ve Wong (2004), yaptıkları çalışmada, bitkilerde bulunan bu elementlerin konsantrasyonlarını azaltmak için çay bitkileri tarafından Al ve F alımı üzerinde farklı kalsiyum formlarının eklenmesinin etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçları toprağa kireç ilavesiyle toprak pH'sının arttığı ve topraktan alınabilir Al ve F konsantrasyonlarının azaldığını belirtmişlerdir.

## **6.1.4. Çay Yetiştirilen Toprakların Biyolojik Özellikleri**

### **6.1.4.1. Mikrobiyal Biyokütle**

Bitki besin maddelerinin dönüşümünün ve besin zincirinin önemli bir bileşeni olan toprak mikrobiyal biyokütlesi, karasal ekosistem süreçlerinin düzenlenmesinde ve karbon (C), azot (N), fosfor (P) gibi temel besin elementlerin döngüsünde önemli rol oynar (Zhang ve diğerleri, 2021, Wang ve diğerleri, 2022). Toprak mikrobiyal biyokütlesi, toprakta mevcut C, N, P ve S gibi temel besin elementlerinin önemli bir rezervuarı olması nedeniyle, toprak

ve mikroorganizma arasındaki ilişkinin anlaşılmasına, bitki besin elementlerinin mineralizasyonun sınırlı durumunun ve bitki besin dengesinin dinamik mekanizmasının ortaya çıkarılmasına yardımcı olur (Zhang ve diğerleri, 2019, Wang ve diğerleri, 2022). Ayrıca mikrobiyal biyokütle, toprakta mikrobiyal stres adaptasyonunu ve biyokütle üretkenliğini yansıtan toprak biyoçeşitliliği, substrat kalitesi ve miktarı gibi özelliklerin etkilerini gösteren bir ölçüdür (Sinsabaugh ve diğerleri, 2016, Malik ve diğerleri, 2018). Bu sebeplerle toprak mikrobiyal biyokütlesi, toprak verimliliği ile yakından ilişkilidir ve toprak kalitesinin hassas bir göstergesi olarak kabul edilir.

Toprak mikrobiyal biyokütlesi; pH, toprak organik maddesi, biyokütle C:N:P stokiyometrisi, arazi kullanımı, bitki örtüsü gibi çevresel etkenlere bağlı olarak hızlı bir şekilde değiştiğinden, çevresel stresler veya insan müdahalesi tarafından etkilenen ekosistem değişikliklerini erkenden tespit edilerek sürdürülebilir toprak yönetimi benimsenmesinde oldukça önemlidir. (Xu ve diğerleri, 2013; Zhou ve Wang 2016, 2017; Graham ve diğerleri, 2021; Zhang ve diğerleri, 2020). Toprak pH'ı, toprak mikrobiyal biyokütlesi ve diğer toprak kalite göstergeleri üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Japonyada yürütülen çalışmada, toprak asitlenmesinin topraktaki mikroorganizma popülasyonlarını azalttığı, nitrifikasyonu, selüloz üretimini ve mikroorganizmaların büyümesini engellediği belirlenmiştir (Hayatsu, 1993a; Hayatsu, 1993b).

Çok yıllık, her dem yeşil, odunsu bir ürün olan çay plantasyonları, bitkinin kök emilim özellikleri, kök salgıları ve dal ve yaprak kalıntıları nedeniyle giderek alışılmadık bir bölgesel ekosistem oluştururlar (Li ve diğerleri, 2015). Bu sebeple çay bitkileri altındaki topraklarda mikrobiyal biyokütle, mikrobiyal aktivite ve mikrobiyal topluluk yapısı önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmalarda çay bahçelerindeki toprak mikrobiyal biyokütlesinin; toprak asitliği, organik madde düşüklüğü, çay bahçelerinin ekim yaşı, bilinçsiz gübreleme ve toprak erozyonu gibi etmenlerden olumsuz etkilendiği ortaya konulmuştur (Han ve diğerleri, 2007; Zhang ve diğerleri, 2023; Wang ve diğerleri, 2017; Tang ve diğerleri, 2024; Li ve diğerleri, 2023; Xiaojun ve diğerleri, 2013; Mabuhay ve diğerleri, 2004)

#### **6.1.4.2. Enzim Aktivitesi**

Enzimler, toprak ekosistemindeki biyojeokimyasal döngü için itici güçler sağlayan, toprak mikrobiyal topluluklarının mikrobiyal aktivitelerinde

önemli faktörlerdir (Aponte ve diğerleri, 2020). Bu nedenle, toprak enzimleri, toprak organik madde dönüşümünde, besin maddesi salınımında ve verimliliğin korunmasında yeri doldurulamaz bir role sahiptir (İbrahim ve diğerleri, 2020). Toprak pH'sı, nem içeriği, sıcaklık ve toprak havalanması, toprak agregatlarının çapı ve stabilitesi, hacim yoğunluğu, topraktaki bitki besin elementi miktarı, organik madde miktarı, farklı gübreleme uygulamaları enzim aktivitesini etkiler. Toprak enzim aktivitelerini ölçerek, toprağın kimyasal özellikleri, verimlilik seviyeleri, mikrobiyolojik özellikleri ve toprak kirliliği durumu anlaşılabilir (Yang ve diğerleri, 2017). Toprak enzimleri, değişen toprak koşullarına verdikleri tepki nedeniyle toprak kalitesi göstergeleri olarak işlev görür ve tarım yönetim sistemleri genelinde toprak sağlığını izlemek için kullanılabilir. Çay bahçesindeki toprak enzim aktivitesinin incelenmesi, çay üretiminde yüksek kalite ve verimin elde edilmesi için bir temel teşkil edecek ve çay ekimi için teorik rehberlik sağlayacaktır.

Çay plantasyonlarında verimi artırmak için yaygın olarak azotlu gübrelerin kullanılması son dönemlerde oldukça artmış ve toprağın kimyasal bileşiminin değişmesine, pH'ın düşmesine, toprak mantar çeşitliliğinin azalmasına ve çay plantasyonlarındaki mantar bileşiminin değişmesine yol açarak enzim aktivitesini düşürmüştür (Yang ve diğerleri, 2019). Çay bahçesi yönetiminde çeşitli yollarla toprağa organik maddenin ilave edilmesiyle çay bahçesi topraklarının fizikokimyasal koşulları iyileştirilerek ve toprak mikroorganizmalarında artış sağlanarak toprak enzim aktivitesinin artırılması sağlanabilir. Yüksek eğimli ve bol yağışlı bölgelerde yetişen çayda toprak erozyonunu önlemek ve uygun toprak nemini korumak için drenaj koşullarının sağlanmasıyla enzim aktivitesi artırılabilir. Ayrıca yapılan araştırmalar çay bitkilerinin budanmasının, çok sayıda enzimin katılımını gerektiren büyük miktarda atık ürettiğini ve toprak mikroorganizmalarının çay bitkisi büyümesini teşvik etmede, çay kalitesini iyileştirmede ve çay ağaçlarını patojenlerden korumada önemli bir rol oynadığını göstermiştir (Bag ve diğerleri, 2022; Zhang ve diğerleri, 2023). Budama yoluyla oluşturulan fiziksel stresle; toprak asitlenmesi hafifletilerek, toprak enzim aktiviteleri uyarılarak, mikrobiyal popülasyon teşvik edilerek ve mikrobiyal topluluk yeniden şekillendirilerek, çay ekim yıllarının artmasıyla oluşan toprak bakteri çeşitliliğinin ve bazı faydalı bakterilerin göreceli bolluğunun azalmasının önüne geçilmiştir (Yuan ve diğerleri, 2017).

Jiang ve diğerleri (2021) ve Yang ve diğerleri (2021)'ne göre, biyokömür uygulamasının topraktaki yararlı bakteri ve enzim aktivitesini de artırdığı, böylece toprağın ekosistem işlevini iyileştirdiği ve çay bitkilerinin büyümesi için daha uygun bir ortam sağladığı göz ardı edilmemelidir. Arın ve Coşkan (2021), Rize ilinde bulunan çay bahçelerinden aldıkları çay budama artıklarını pirolize tabi tutup biyokömür elde etmişlerdir. Araştırmada, biyokömür %0, %0.5 ve %1 dozlarında deneme topraklarına uygulanmış ve üreaz, proteaz, amilaz, beta glukozidaz enzim aktiviteleri ve toprak pH değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, biyokömür uygulamaları toprak pH'sını proteaz ve beta glukozidaz enzim aktiviteleri artış göstermiştir. Namli ve diğerleri (2020) çay atıklarından elde ettikleri biyokömürle çay bahçesinde yaptıkları çalışmada, biyokömür uygulamalarının kontrol ve kimyasal kontrole göre toprakların asit fosfataz, beta glukosidaz ve üreaz enzim aktivitelerini önemli derecede artırdığını bulmuşlardır. Araştırmacılar tarla denemesi sonuçlarına bakıldığında, toprağa katı biyogübre uygulamasıyla özellikle yüzey topraklarının asit fosfataz enziminin daha fazla salgılandığı, kimyasal gübre uygulanmış topraklarda ise asit fosfataz enziminin çok daha az salgılandığını belirtmişlerdir.

#### **6.1.4.3. Toprak Solunumu**

Toprak solunumu toprak mikroorganizmaları ve bitki kökleri tarafından karbondioksit (CO<sub>2</sub>) üretimi ve daha az ölçüde karbon bileşiklerinin kimyasal oksidasyonu nedeniyle topraktan CO<sub>2</sub> salınım sürecidir (Davidson ve diğerleri, 2006). Toprak solunumu, küresel karbon döngüsüne yardımcı olduğu ve iklim değişikliğini etkilediği için karasal ekosistemlerde önemli bir işlevdir. İklim değişikliği, bugün tüm ülkelerde azaltma ve uyum stratejileri geliştirme konusunda giderek artan bir küresel endişe olduğundan toprak solunum değerlerini veya CO<sub>2</sub> dışı akışının belirlenmesi önemlidir. Toprak solunumunun büyüklüğündeki küçük değişiklikler, atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir (Crowther ve diğerleri, 2016).

Çay bahçelerinde de önemli miktarda C depolaması mevcut olduğundan ve aynı zamanda toprak solunumu yoluyla CO<sub>2</sub> salınımı için bol miktarda potansiyel substrat sağladığından gelecekteki iklim-C döngüsü geri bildirim projeksiyonlarını iyileştirmek için, toprak solunum değişikliklerinin sebep olan

faktörlerin ve mekanizmaların çözülmesi oldukça önemlidir. Çay üreticilerinin elde ettiği geliri artırmak için aşırı ve bilinçsiz kimyasal kullanılması, çay bahçeleri ekosistemlerinde toprak besin maddelerinin kaybına, yapısal hasara ve ciddi asitlenmeye neden olmuştur. Bu sebeplerle çay bahçeleri ekosistemlerinde toprak solunumu olumsuz etkilenmektedir.

#### **6.1.4.4. Mikroorganizma Sayısı**

Toprak mikroorganizmalarının bitkiler üzerindeki doğrudan etkileri, bitkilerle karşılıklı veya patojenik ilişkiler oluşturan kökle ilişkili organizmalar aracılığıyla gerçekleşir ve dolaylı etkiler, temel besin maddelerinin bulunabilirliğini artıran ve bitkileri patojenlerden koruyan çeşitli biyoaktif kimyasallar üreten serbest yaşayan mikroorganizmaların etkisi yoluyla gerçekleşir (Van der Heijden ve diğerleri, 2008; Singh ve diğerleri, 2011). Bu nedenle, toprak mikroorganizmaları bitkilerin büyümesini ve sağlığını etkiler (Chaparro ve diğerleri, 2012; Cai ve diğerleri, 2017) ve mahsullerin kalitesine ve diğer özelliklerine katkıda bulunur (Veloso ve diğerleri, 2020).

Çok yıllık bir ürün olan çay yetiştiriciliğinde toprak mikroorganizmalarının önemi göz ardı edilmemelidir. Çay yetiştiriciliğinde sürdürülebilir çay üretimini sağlamak ve çay verimini artırmak için yararlı toprak mikroorganizmalarının sayısını ve çeşitliliğini artırmak gerekmektedir. Çay bahçelerinde organik atıkların ayrıştırıcıları olarak görev alan arbusküler mikorizal mantarlar ve bitki gelişimini destekleyen bakteriler gibi yararlı mikroorganizmalar; azot fiksasyonu, fosfat çözündürülmesi, ağır metalden arındırma, fitohormon üretimi, toprak organik maddesinin mineralizasyonu, fitopatojenlerin baskılanması, toprak yapısını iyileştirilmesi gibi etkilerle çay yetiştiriciliğinde toprak sağlığını destekler ve bitki verimliliğini artırır (Wang ve diğerleri, 2024; Wang ve diğerleri, 2021; Wu ve diğerleri, 2024; Liu ve diğerleri, 2021). Bu yararlı mikroorganizmaların mikrobiyal gübreleme ile topraktaki sayısı ve çeşitliliğinin artırılması; topraktaki toprak besin elementi içeriğinin artırılmasına, fosfor ve potasyumun yararlı hale gelmesine, bitkiler için temel besinleri doğrudan sağlayan indol asetik asit (IAA) ve antibiyotikleri üretmesine etki ederek çay yetiştiriciliğinde aşırı gübrelemenin önüne geçilmesini sağlar ve toprağın kalitesine ve sağlığına dost tarımsal yönetimin sürdürülmesine olanak tanır (Jibola-Shittu ve diğerleri, 2024; Bag ve diğerleri, 2022; Çakmakçı ve diğerleri, 2012; He ve diğerleri, 2019; Shameer ve Prasad,

2018). Karadeniz Bölgesi çay rizosferinden izole edilerek (Çakmakçı ve diğerleri, 2010) seçilen ve farklı çay klonlarında kullanılan tekli veya kombine biyolojik gübre formülasyonlarının, çay gelişimi ve verim parametrelerini, yaprak verimini, besin elementi içeriği ve enzim aktivitesini artırabileceği, kimyasal gübre kullanmadan organik çay yetiştiriciliğinde kullanıma uygun olduğu bildirilmiştir. Çakmakçı ve diğerleri (2016) yapmış oldukları çalışmada, iki farklı formda (sıvı, katı) taşıyıcı ile birlikte PGPR kullanarak elde ettikleri gübre kombinasyonunu çay bitkisi üzerinde denemişlerdir. Elde ettikleri veriler sonucunda taşıyıcılı biyogübre kullanımının bitkinin fiziksel özelliklerine, enzim aktivitesine ve klorofil ile antioksidan içeriğinin gelişmesine katkıda bulunduğu ve araştırmada test edilen bakteri kombinasyonlarının bitki gelişmesini de olumlu yönde etkilediği, bitkinin daha az kimyasal gübreye ihtiyaç duyduğunu, biyolojik gübre olarak sürdürülebilir tarım ve organik tarımda kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

### **6.1.5. Çay Topraklarının Yönetimi**

Çay yüksek yağışlı alanlarda ve genellikle eğimi yüksek arazilerde yetiştirildiğinden çay topraklarının en önemli yönetim yönlerinden biri sürdürülebilir ürün üretimi için nasıl korunabilecekleridir. Çay üretimi için yürütülen çok sayıda çalışmayla, organik gübrelerin (Li ve diğerleri, 2015; Lin ve diğerleri, 2019), biyogübrelerin (Xu ve diğerleri, 2014), biyopestisidlerin (Nakai 2014), malçlamanın, ara ekim yöntemlerinin (Zhang ve diğerleri, 2017) ve entegre zararlı ve hastalık yönetim stratejilerinin (Shrestha ve Thapa, 2015) kullanımını vb agroekolojik yönetim uygulamalarının faydalı etkileri ortaya konulmuştur. Bu uygulamalar toprak sağlığının iyileştirilmesine (biyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikler) ve topraktaki ve çay yapraklarındaki agrokimyasal girdinin ve kimyasal kalıntıların azaltılmasına etki edebilir. Sonuç olarak, agroekolojik çay üretim uygulamaları, çay üretkenliğini ve kalitesini korurken kimyasal kullanımların çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltabilir (Gui ve diğerleri, 2021; Han ve diğerleri, 2018). Bu kapsamda önemli olan faktörler aşağıda ele alınmıştır.

#### **6.1.5.1. Toprak ve Su Tasarrufu**

Çay yetiştirilen alanlarda görülen muson yağmurları toprağı yeniden beslemek için yeterli miktarda yağış getirirse de bir yıl içinde eşit olmayan

dağılım çay bitkilerinde kuraklık stresine neden olur ve bu da önemli bir ürün kaybına ve artan can kaybına yol açar (Karunarathne ve diğerleri, 1999). Cheruiyot ve diğerleri (2008), kuraklığın çay bitkilerinin veriminde %14-20 azalmaya ve %6-19 ölüme neden olduğunu bildirmişlerdir. Çay bahçelerinde oluşabilecek kuraklık sorunlarının üstesinden gelmek için su tasarrufu sağlayan sulama tekniklerinin benimsenmesi gerekmektedir (Jia ve diğerleri, 2019). İstikrarlı verimi sağlamak için çay plantasyonlarının uygun sulama planlamaları ile sulama suyunun miktarı da kontrol edilebilir. Bu sadece suyun kullanım oranını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda üretimi artırmaya, kaynakları korumaya ve işgücü verimliliğini iyileştirmeye yardımcı olur (Yu ve diğerleri, 2013). Toprakta su tasarrufu için su toplama alanlarının ve malçların kullanımı önemlidir. Yağış veya yağmur suyu kullanım verimliliği, yüzey akışı azaltan ve toprak nemi depolama kapasitesini artıran uygun yağmur suyu koruma önlemleriyle artırılabilir. Mikro havza su hasadı, toprak nemi depolamasını iyileştirebilir, nem kullanılabilirliğini uzatabilir ve mahsullerin büyümesini artırabilir.

Yoğun yağış sırasındaki akış, iyi bir malç örtüsü, gölgelik örtüsü ve koruma önlemleriyle büyük ölçüde azaltılabilir. Bu nedenle arazi yönetimi uygulamaları, topraktaki su ve besin durumunu etkiler ve bitki büyümesini ve verimini artırır (Ali ve Talukder, 2008). İnorganik malçlama, kuraklığa duyarlı tarım alanlarında düşük maliyetli ve su tasarrufu sağlayan bir önlem olarak yaygın olarak kullanılmış ancak bu malçlama türü toprak nemini iyileştirebilmesine, toprak besin kaybını önleyebilmesine ve ürün zararlılarını ve hastalıklarını kontrol edebilmesine rağmen toprağın biyolojik özelliklerini değiştirebilir ve toprak kalitesi ve sürdürülebilirliği üzerinde olumsuz etki yapabilir (Chai ve diğerleri, 2014). Organik malçlama ile bu olumsuzluğun önüne geçilebilir. Organik malçlama toprak sağlığı için daha iyi olduğu kanıtlanmış bitki kalıntılarında elde edilir. Organik malçın toprağa uygulanması sadece yabancı ot çimlenmesini engellemekle kalmaz, aynı zamanda toprak verimliliğini artırabilir ve bitkiler için mineral elementler sağlayabilir ve toprak mikro ekosisteminin biyolojik çeşitliliğini de artırabilir (Zhang ve diğerleri, 2020).

Yeni çay plantasyonunda ilk iki yıl boyunca kademeli olarak sıra aralarına taze fasulye gibi baklagil örtü bitkisi yetiştirmenin erozyon kontrolünde, yağmur suyunun korunmasında, yağmur suyu verimliliğinin

artırılmasında etkili sonuçlara varılmıştır. Çay plantasyonunda bu şekilde yağmur suyu koruma önlemleri alınabilir (Madhu ve diğerleri, 2011).

### 6.1.5.2. Toprak Erozyonu ve Kontrol Önlemleri

Toprak erozyonu, toprak verimliliğinin ve dolayısıyla sürdürülebilir ürün üretimi sağlama yeteneğinin azalmasının başlıca nedenidir. Çay yetiştirilen alanlarda yağış yoğunluğunun ve toprak nemliliğinin fazla olması ve arazi dikliği, çay bahçelerinde toprak erozyonuna katkıda bulunarak çayın sürdürülebilir üretimini ve verimini tehlikeye atmaktadır. Sahoo ve diğerleri (2016), kuruluş yıllarında toprak koruma önlemleri alınmadan çay bahçelerinde gözlemlenen yağış akışının %30 ila %35 arasında değiştiğini göstermiştir. Benzer şekilde, Zhang ve diğerleri (2003), Çin'deki çay plantasyonlarından erozyonla toprak kaybının 4.000 ton/km<sup>2</sup>/yıl olabileceğini tahmin etmişlerdir.

Çay bitkileri genellikle heyelana duyarlı alanlarda yetiştirilir ve Türkiye'deki çay plantasyonlarının çoğu ormanlık alanlardan dönüştürülmüştür. Toprak özellikleri, diğer faktörlerle birlikte heyelan oluşumunda etkili olurken, heyelanlar organik madde ve hacim yoğunluğu gibi önemli toprak özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Hacısalihoğlu ve diğerleri (2018) Rizenin Gündoğdu bölgesindeki çay plantasyon alanında meydana gelen 15 heyelan üzerinde çalışma yürütmüşler ve çay plantasyonlarının olduğu alanlarda yıllık ortalama toprak kaybının 85,73 t/ha/yıl, ormanlık alanlarda ise bu değeri 18,41 t/ha/yıl olarak bulmuşlardır. Araştırma sonucunda, yüksek yağış alan Doğu Karadeniz bölgesinde doğal orman örtüsünün zamanla çay plantasyonuna dönüşmesi nedeniyle toprak miktarlarının ve bazı önemli toprak parametrelerinin önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir. Çay tarımı için uygun ekolojik koşullara sahip alanlarda ekolojik dengeyi korumak ve heyelan riskini azaltmak için uygun koruyucu önlemler alınmalıdır. Heyelan riski, peyzajı tetikleyen en önemli faktör olan yağışların verdiği zararı azaltmak için aşırı su tahliye sistemleri geliştirilerek azaltılabilir. Bu nedenle çay tarımı yapılan alanlarda orman ağaçlarının yamaç stabilitesine olan olumlu katkısı, bölgenin yerli türleri olan kızılğaç, kayın, kestane, gürgen ve ıhlamur gibi türler kullanılarak değerlendirilmelidir. Heyelan nedeniyle zarar gören alanlar en kısa sürede iyileştirilmeli, bu alanlarda öncelikle C/N (Karbon/Azot) oranları ayarlanarak üst toprak iyileştirilmeli ve derin köklü bitki örtüsü kullanılmalıdır (Rosser ve Ross, 2011).



Genç çay bitkilerinin gelişiminin erken aşamalarında arazi hazırlığı ile ekimin ilk 2 yılının sonu arasındaki dönemde, yüzey akışı ve toprak erozyonu şiddetlidir. Ancak çay bitkileri %60 veya üzeri tekdüze bir toprak örtüsü kanopisi geliştirdiğinde hem yüzey akışı hem de toprak erozyonu önemsiz hale gelir. Bu nedenle, daha yakın aralık (daha yüksek bitki yoğunluğu) ve kolayca dallanan ve yayılan çay çeşitlerinin ekilmesi gibi hızlı erken gölgelik gelişimini teşvik eden teraslama ve/veya örtü bitkisi ve malçlama gibi geleneksel toprak koruma önlemlerine ek olarak önerilir (Othieno, 1980; Liu ve diğerleri, 2016). Sharma ve Gunasekare (2018), gölgelik ağaç dikiminin çay toprağındaki toprak erozyonunu azaltmak için etkili bir çözüm olduğunu, bu yolla yağmur suyunun doğrudan toprağına temas etmesinin önlenildiği ve yağmur suyu hızının azaldığını öne sürmüşlerdir.

### **6.1.5.3. Drenajla Fazla Suyun Uzaklaştırılması**

Çay, öncelikle yağmurla beslenen bir plantasyon ürünü olarak yetiştirilir ve verimi büyük ölçüde hava koşullarından etkilenir. Hava unsurları arasında, çay verimini önemli ölçüde etkileyebilen en önemli unsur yağıştır (Rana, 2022). Alışılmadık yoğun yağış desenleri çay üretimi üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir (Jayasinghe ve diğerleri, 2019). Bu nedenle, çay plantasyonunda iyi bir drenaj sistemi önemlidir. Deka ve diğerleri (2006), uygun drenaj sistemlerinin çay verimini yaklaşık %30-35 artırabileceğini bildirmiştir. Birçok çay yetiştirilen ülkedeki belirli bataklık veya nehir yataklarında, sık sık su basmasına neden olan yüksek su seviyeleri büyük bir sorundur. Bu gibi koşullar altında, fazla suyu kök bölgesinin altına boşaltmak için yapay drenaj tesisleri sağlamak esastır. Ortalama 1m derinliğe kadar etkili bir drenaj sisteminin sağlanması, bu derinliğin üzerinde su basmasına meyilli çay yetiştirme alanları için yeterli kabul edilir.

### **6.1.5.4. Verimliliğin sürdürülmesi**

Tüm tarımsal üretimde olduğu gibi çay tarımında verimliliğinin sürdürülmesi toprak verimliliğinin korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması ile mümkündür. Tarımsal üretimde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini belirlemek ve bu özellikler arasındaki ilişkiyi düzenlemek, bitki besin maddesi bulunabilirliğini optimize etmek ve bitki besin

maddesi kayıplarını en aza indirmek toprak verimliliğinin korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasında oldukça önemlidir.

Üretimde verimlilik ve sürdürülebilirliğin sağlanması için toprak verimliliği kaybını en aza indiren ve bitki verimliliğini artıran toprak ve bitki için çok yönlü yönetim teknolojilerinden yararlanılmalıdır. Söz konusu yönetim planlamalarının temel prensiplerinde etkin gübre kullanımı, toprak ve su kaynaklarının korunması, toprak organik maddesinin sürekliliği ve biyoçeşitliliğinin sağlanması yer almalıdır.

Çay tarımında verimliliğin sürdürülmesinde toprakların doğal besin elementi döngüsünün artırılması, gübreleme programının toprak ve bitki analiz sonuçlarına göre yapılması, malçlama yapılarak ve erozyon önlemleri alınarak toprak ve su kaynaklarının korunması oldukça önemlidir.

Çay bahçelerinin ekolojik koşullar ve kültürel etmenler sonucunda ekonomik ömrünü doldurması sonucunda çay tarımında verim ve sürdürülebilirliğin sağlanması için bu bahçelerin usulüne uygun toprakların erozyon kontrolü sağlanarak sökülüp yeniden klon çay fidanları ile yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Bu alanlarda toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri belirlenerek çay için yukarıda değerlendirilen uygun toprak özellikleri sağlanmalıdır. Ardından yetiştiricilik planlanan tarım alanlarının topoğrafyası dikkate alınarak dikim planları yapılmalıdır.

## **6.2. ÇAY TARIMINDA GÜBRELEME**

Çay bitkisi, her dem yeşil olan ve her yıl taze sürgünlerinden süren yapraklarından hasat edilerek çeşitli çay çeşitlerine (siyah, yeşil, oolong) işlenmesi üzerine yetiştirilen bir tarımsal üründür. Gelişmekte olan ülkelerde sosyal ve ekonomik yönden yüksek katma değer sağlamasıyla önemli bir tarımsal ham madde olan çay bitkisinin yetiştiriciliğinde temel hedef, hasat edildiği dönemlerde kaliteli ve bol taze çay yaprağı elde etmektir. Bu hedef doğrultusunda çay bitkisi, yeni tomurcuk filizlenmesi ve yaprak gelişiminin desteklenmesi için topraktan bitki besin maddelerinin alınmasına ihtiyaç duyduğundan yetiştiriciliğinde gübreleme son derece önemlidir.

Tropikal ve subtropikal bölgelerde yüksek sıcaklık ve bol yağış altında yetişmesi, çok yıllık bir ürün olması, farklı genotiplere sahip çeşitlerinin olması ve çeşitli topraklarda yetişmesi sebebiyle çay bitkilerinin besin gereksinimi oldukça değişkendir. İdeal olarak çay yetiştiriciliğinin yapılabilmesi de toprak

ve bitki analizleri ile çay bitkisinin besin gereksinimlerinin belirlenmesi ve bitkinin ihtiyacı olan makro (azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürt) ile mikro (bor, çinko, demir, bakır ve mangan) besin elementlerinin uygun zamanda bitkiye sağlanmasıyla mümkündür.

Çay üretiminde doğru gübre uygulaması, çayın verim ve kalitesini önemli ölçüde iyileştirmenin yanı sıra topraktaki bitki besin miktarının yeterli oranda bulunmasını sağlayarak çay veriminin korunmasıyla da sürdürülebilir çay üretimine önemli bir katkı sağlar. Gübre uygulama seviyeleri, saha deneylerinin sonuçlarına, toprak veya bitki analizlerine veya mineral eksiklikleri veya toksisitelerinin belirtilerinin varlığına dayanabilir. Temel ilkeler evrenseldir ancak optimum uygulamalar mevcut koşullara göre bir bölgeden başka bir bölgeye veya bir bahçeden diğereye değişecektir.

### **6.2.1. Çayda Bazı Besin Element Eksikleri ve Toksikite Belirtileri**

Çay bitkisinde yüksek verimli ve kaliteli ürün alınabilmesi için yeterli düzeyde ve dengeli miktarda mutlak gerekli besin maddelerini bünyesinde bulundurması gerekmektedir. Söz konusu besin elementlerinin bir ya da birkaçının yeterli düzeyde bulunmaması veya fazla miktarda bulunması çay bitkisinin metabolizmasının işlevini engellemekte ve büyüme ve gelişmesinde anormallik göstermesine neden olmaktadır.

Çay bitkisinde çeşitli bitki besin elementlerinin noksanlıklarında ve toksisitesinde ortaya çıkan belirtiler aşağıda açıklanmıştır.

#### **6.2.1.1. Azot (N)**

Çay bitkilerinin büyümesi ve gelişmesi için hayati öneme sahip N gübrelenmesinin, çay bahçelerinde aşırı derecede uygulanması, azotun yıkanması ve atmosfere salınması yoluyla N gübresinin daha düşük kullanım etkinliğine neden olarak çay bitkilerinde N eksikliğine yol açar. Çaydaki azot eksikliği, boğum aralarının kısalmasına ve yaprakların genç sürgünde normal yeşil renginden daha açık olmasına neden olur (Tea Research Foundation of Kenya, 2002; Kacar, 2010; Hajiboland, 2017; Lin ve diğerleri, 2021; Qiu ve diğerleri, 2024). Eksikliğin başlangıcında genç yapraklar sarı renkte olabilirken, alttaki yaşlı yapraklar koyu yeşil kalabilir ve eksiklik arttıkça giderek sarıya dönerler (Hajiboland, 2017). N eksikliğinin ileri aşamasında

yapraklarda kahverengi noktalar oluşmaya ve yaygınlaşmaya başlar, ardında da yaprak düşer.

N eksikliğinde kök gelişmesi de olumsuz yönde etkilenir, köklerde dallanma olmaz ve bitkilerde tepe/kök oranı azalır (Kacar, 2010; Lin ve diğerleri, 2021; Qiu ve diğerleri, 2024). Toprakta yeteri kadar N bulunmasına rağmen çay bitkisinin besleyici köklerinin topraktan N alma yeteneğinin bozulması da N eksikliği belirtilerini ortaya çıkarabilir. Örneğin; kurak mevsimde kökler ölür, soğuk mevsimde ise köklerin büyüme hızı büyük ölçüde bozulur ve taban arazinin su ile kaplanması sonucunda da kökler çürür (Owuor, 1997; Kacar, 2010; Hajiboland, 2017).



**Şekil 1:** Çay bitkisi yaprak ve köklerinde N eksikliği (Lin ve diğerleri, 2021; Qiu ve diğerleri, 2024)

Taşkın ve diğerleri. (2015)'nın Doğu Karadeniz Bölgesinde çay bitkisinin N, P, K, Ca, Mg ve S durumlarını ortaya koyabilmek amacıyla yürüttükleri çalışmada, çay yapraklarının % 3,46'sında toplam N'un az, % 30,65'inde ise fazla olduğunu belirlemişlerdir.

### 6.2.1.2. Fosfor (P)

Çayda P eksikliğinde büyüme baskılanır ve toprak üstü kök oranı çoğunlukla küçülür. P bitkilerde hareketli olduğundan, eksiklik meydana geldiğinde yaşlı yapraklardan genç yapraklara kolayca taşınır ve bazen yaşlı yapraklarda kloroz ve nekroz görülür (Hawkesford ve diğerleri, 2012; Kacar, 2010; Hajiboland, 2017). Uzun süre devam eden P eksikliği daha küçük boyutlu ve sınırlı hasat edilebilir çay yaprakları üretir. Çay bitkisinde P eksikliğinde yapraklar donuklaşır ve matlaşır, sağlıklı yapraklara özgü olan parlaklık

kaybolur, mavi bir renk tonu gelişir. Genç ve yaşlı odunsu saplar ölür; bu güneş yanığıyla karıştırılabilir, ancak P eksikliğinde saplar budama için kesilmiş uçlardan ölür (Tea Research Foundation of Kenya, 2002; Kacar, 2010 Taşkın ve diğerleri (2015)'nin araştırma sonucuna göre, Doğu Karadeniz bölgesinde yetiştirilen çay yapraklarının %81,77'sinde P noksanlığı bulunmaktadır. Zhang ve diğerleri (2022) yetersiz fosforlu gübre tedarikine benzer şekilde, aşırı fosforlu gübre girişinin de mevcut çay üretiminde sık görülen bir sorun olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada, aşırı fosforlu gübre girişi toprakta aktif durumdaki fosforun birikmesine neden olmuş ancak çay yapraklarının kalitesini artırmamıştır; bunun yerine, çay infüzyonunun tadı ve rengi normal fosfor tedarikine kıyasla azalmıştır. Araştırmacılar toplam polifenol içeriğinde önemli bir fark saptanmasa da potasyum gibi diğer bitki besin içeriklerinde değişiklikler gözlemlendiğini, aşırı fosforlu gübre girişi altında antosiyanin birikiminde de bir artış gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmalarla aşırı fosforlu gübre girişinin bitki büyümesini oldukça engellediği (Liang ve Shang, 2013) ve meyve lezzetini azalttığı kanıtlanmıştır (Kondo ve Higuchi, 2013). Aşırı fosfor konsantrasyonları sığ kök sistemlerinin üretilmesine yol açar ve birincil kök büyümesini, kök apikal meristem boyutunu ve bitkilerdeki meristem aktivitesini azaltır (Shukla ve diğerleri, 2017). Çay bitkilerinin farklı organlarındaki bağıl fosfor içeriği kök > yaprak > gövdedir. Fosfor uygulaması çay bitkilerinin fosfor içeriğini önemli ölçüde artırır ve verimi artırır, ancak toprakta belirli bir fosfor konsantrasyonunda, çay bitkisi biyokütlesi sürekli fosfor uygulamasıyla artmayı durdurur (Lin ve diğerleri, 2012).

### **6.2.1.3. Potasyum (K)**

Potasyum eksikliğinde, çay bitkisinin yaprakları daha küçük olur. Mobil bir element olan K; çay bitkisinin yaşlı organlarından genç organlarına doğru taşındığından eksikliğinde belirtiler yaşlı yapraklarda görülür (Kacar, 2010). Yaşlı yapraklar önce renk değiştirir ve çok fazla renk değiştirmemiş olsalar bile gövdelere gevşekçe tutunduklarından çay bitkisini sarstığınızda birçok yaprak düşer (Li ve diğerleri, 2021; Kacar, 2010; Huang ve diğerleri, 2022). Yaşlı yapraklarda uç ve kenar yanıkları, köklerdeki nişasta rezervinin tükenmesi ve nitratların birikmesi, besleyici köklerin dejenerasyonu ve geriye doğru ölme K eksikliğinde meydana gelir (Tea Research Foundation of Kenya, 2002, Jessy,

2010; Bagyalakshmi ve diğerleri, 2017; Huang ve diğerleri, 2022; Li ve diğerleri, 2021). Üçüncü veya dördüncü yaprak ağaçtan düştüğünde, üst kısım ölür ve rejenerasyon kapasitesini kaybeder (Huang ve diğerleri, 2022). K eksikliği olan bir çay çalısında, dallar ince ve zayıf olmakla birlikte budamadan sonra iyileşme yavaş ve düzensizdir (Willson ve Clifford, 1992; Kacar, 2010; Huang ve diğerleri, 2022, Li ve diğerleri, 2021; Bagyalakshmi ve diğerleri, 2017). Bu nedenle çay bitkisinin çapı azalır, silindirik hale gelir ve bitişik bitki sıraları tam bir kanopi oluşturmak için bir araya gelmez.



**Şekil 2:** Çay bitkisi yapraklarında K eksikliği (Bagyalakshmi ve diğerleri, 2017)

Çay bitkileri uygun şekilde K ile desteklenmezse, çay bitkisinin biyokimyasal özellikleri üzerindeki olumsuz etkiler yoluyla çay üretimi etkilenir ve böylece çay bitkilerinin besin durumu tehdit edilir (Venkatesan ve Ganapathy, 2004). Topraklarda şiddetli K eksikliği olduğunda, genç yapraklar kademeli olarak yeşilden açık sarıya döner ve uyuyan tomurcuklar artar (Sindhu ve diğerleri, 2014; Kacar, 2010; Willson ve Clifford, 1992). Şiddetli K eksikliğinin en belirgin özelliği, yaprakları koyu yeşil renkli olmakla birlikte yaprak uçlarında veya yetişkin yaprakların kenarlarında kahverengiden pembeye değin değişen lekeler oluşmasının ardından bronz soluk gri kenarların meydana gelmesi ve yaprağın tamamen kurumasıdır (Zörb ve diğerleri, 2014; Li, 1979; DeHaan ve Schoorel, 1940; Bagyalakshmi ve diğerleri, 2017). Toprakta temin edilebilen K'nin çay plantasyonlarında eksik olduğu ve düşük çay verimi ve kalitesine yol açtığı bildirilmiştir (Li ve diğerleri, 2021). Taşkın ve diğerleri (2015)'nin Doğu Karadeniz Bölgesinde yürüttükleri çalışma sonuçlarına göre, çay yapraklarının % 99,81'inde K noksanlığı bulunmaktadır.

#### 6.2.1.4. Kalsiyum (Ca)

Çay bitkileri için daha az kalsiyum (Ca) gerekse de fizyolojik işlevlerini sürdürebilmek için yine de belirli bir Ca seviyesine ihtiyaç duyarlar (Li ve diğerleri, 2018). Ca eksikliğinde çay bitkisi bodur gelişme gösterir. Saplar kısalır, yapraklar normal boyuta ulaşmaz; sararır ve geriye doğru kıvrılır. Yaprak uçları ve kenarları siyaha döner, yapraklar bozulur, çatlar ve sonra düşer (Kacar, 2010). Ca eksikliği olan dokuda poligalakturonaz aktivitesi artar ve Ca eksikliğinin tipik bir belirtisi olarak hücre duvarları parçalanır ve dokular etkilenir. Örneğin; yaprak ayası kayık şeklini alır, bitkinin büyüme uçlarındaki gelişme önemli ölçüde olumsuz etkilenir ve ölüm olgusu yanında özellikle genç yapraklarda şekil bozuklukları görülür (Pilbeam Morley, 2007; Hawkesford ve diğerleri, 2012; Kacar, 2010; Hajiboland, 2017). Ca eksikliğinin en belirgin özelliği genç yaprakların alt kısımlarında fazla sayıda şeffaf lekeler oluşmasıdır. Bu lekeler giderek büyüüp belirginleşir ve nekrotik alanları oluşturur.



**Şekil 3:** Çay bitkisi yapraklarında Ca eksikliği (Pethiyadoga ve Krishnapillai, 1970; Kacar, 2010)

Kalsiyum toksitesi altında, çay bitkisinin ana kökü sığlaşır, emici kök seyrekleşir, kalın kök spiral şeklinde büyür, kök kabuğu siyahlaşır ve soyularak kök çürütmesine neden olur ayrıca, yeni filizlenen sürgünlerin sayısı azalır ve tüm bu etkilerle birlikte çay veriminde genel bir azalma meydana gelir (Luo, 2015; Jiazhi ve diğerleri, 2014).

#### 6.2.1.5. Magnezyum (Mg)

Magnezyum eksikliği, belirtileri çay bitkisinde ilk olarak yaşlı yapraklarda ortaya çıkmaktadır ve eksikliğinde önce yaşlı yapraklarda kloroz

(sarılık) görülür (Tolhurst, 1954; Chenery ve Schoenmaekers, 1959). Bitki büyümesinde azalma ve kök ile sürgünler arasındaki biyokütle tahsisinde değişiklik sıklıkla Mg eksikliği olan bitkilerde görülür (Ruan ve diğerleri, 2012; Kwon ve diğerleri, 2019; Kanjana, 2020). Bu eksiklik, yaprak kenarlarının sararması, orta damar ve damarların ise yeşil kalmasıyla karakterize edilir. Mg eksikliğinde gelişmede genel gerilemenin yanında yaşlı yapraklar gevrekleşir ve donuk renk alır. Chenery ve Schoenmaekers (1959), Mg eksikliğine dair yaptıkları çalışmalarda, en belirgin belirtileirn yaprağın merkezine doğru ve damarlar arasında mozayik şeklinde sarımsı kahverengiden kahverengiye değin değişen renkte lekelerin oluşması, söz konusu lekelerin yaprağın orta damarlarına veya kenarına yayılmaması ve yaprakların orta damarları boyunca yukarı doğru kıvrılması şeklinde tanımlamıştır. Mg eksikliğinin erken belirtileri, yaşlı yaprakların uçlarının solması ve sararması, bu sararmanın yaprakların tabanına ve orta damarına doğru damarlar arası ilerlemesiyle, benekli balıksırtı görünümü vermesiyle veya koyu yeşil V şeklinde bir alan oluşturması ile fark edilebilir (Merhaut, 2007; Chenery ve Schoenmaekers, 1959; Pethiyadoga ve Krishnapillai, 1970).



**Şekil 4:** Çay bitkisi yapraklarında Mg eksikliği (Pethiyadoga ve Krishnapillai, 1970; Kacar, 2010)

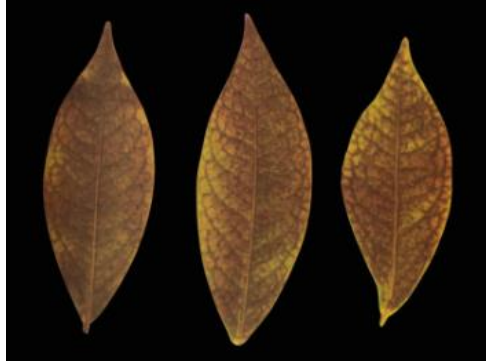
Kuraklık veya düzensiz su bulunabilirliği, zayıf drenaj veya aşırı yıkanma, düşük toprak pH'sı veya soğuk sıcaklıklar gibi toprak ve rizosfer koşulları Mg eksikliği belirtilerinin seviyesini artıran etmenlerdendir (Tolhurst, 1954; Chenery ve Schoenmaekers, 1959).



Magnezyum eksikliği zamanında düzeltilmezse çay bitkisinin tamamen ölmesine yol açabilir (Obatolu, 1999; Zhang ve diğerleri, 2023). Taşkın ve diğerleri (2015) araştırma sonuçlarına göre, Doğu Karadeniz Bölgesi çay yapraklarının % 36,09'unda Mg noksanlığı bulunmaktadır.

#### 6.2.1.6. Kükürt (S)

Çayda S eksikliği ilk olarak 1930 yılında Malavi'de gözlemlenmiştir (Ananthacumaraswamy ve diğerleri, 2003). Genç yapraklar yaşlı yapraklara göre daha önce belirti gösterir. İleri aşamasında yaprak ucu ile yaprak kenarlarında lekeler ortaya çıkar ve yaprak dökülür. Kükürt eksikliğinde yaprak ayası çarpıcı bir şekilde sarı bir renk alır ve en ince dallara kadar olan damarlar koyu yeşil renkte belirgin şekilde öne çıkar ve yapraklar kuruyarak düşer ve saplar uçlardan geriye doğru ölür. Bu durum 'çay sarılığı' olarak bilinir (Ananthacumaraswamy ve diğerleri, 2003; Willson ve Clifford, 1992; Kacar, 2010; Hajiboland, 2017). Çay yapraklarında genel bir sararma olmasına karşın özellikle genç yapraklarda damarlar yeşil kalır ve bodur gelişme gösterir. S eksikliğinin çok karakteristik bir belirtisi, özellikle genç yapraklarda net damarlanmadır ve yeni yapraklar küçülür ve boğumlar arası mesafe azalır (Ananthacumaraswamy ve diğerleri, 2003; Willson ve Clifford, 1992; Kacar, 2010; Hajiboland, 2017).



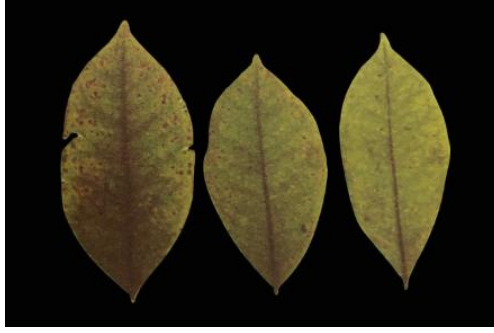
**Şekil 4:** Çay bitkisi yapraklarında S eksikliği (Pethiyadoga ve Krishnapillai, 1970; Kacar, 2010)

#### 6.2.1.7. Mangan (Mn)

Çay tarımında Mn eksikliği çok nadirdir, ara sıra çok yüksek pH'lı topraklarda görülür. Mn eksikliği yaprakların kenarları soluk sarıya döner ve

kırmızı kahverengi lekelerden oluşan bir beneklenme oluşur ve sararma genç ve yaşlı yapraklarda aynı zamanda görülür. Damarlar arasındaki sararma yaprak kenarından içeriye doğru genişler. Eksikliğin ileri aşamasında yaşlı yaprakların kenarlara yakın yerlerde açık sarı lekeler belirir. Bu lekeler birbirine eklenerek yaprak kenarlarından ve ucundan içeri iyice yayılır. Ana damarlar her iki yandan da genellikle koyu yeşil band halinde görülür. Sarı lekelerin ortasında başlangıçta düzensiz şekilde koyu kırmızımsı kahverengi lekeler oluşur. Daha sonra özellikle yaprak kenarlarına yakın sarı lekeler birleşerek yaprak kenarlarının ve ucunun kahverengi olmasına ve kıvrılıp kavrulmasına neden olurlar. Sararma gelişip yayılınca ya da deşin yaprağın merkezi bölümü yeşilliğini ve parlaklığını koruyarak çok az bir etkileşim gösterir (Kacar, 2010; Tolhurst, 1954; Pethiyadoga ve Krishnapillai, 1970).

Biyokimyasal önemi nedeniyle, Mn çeşitli ülkelerden gelen çay yapraklarında en çok analiz edilen element olmuştur. Kumar ve diğerleri (2005), farklı ülkelerin çay yapraklarındaki Mn konsantrasyonlarını karşılaştırdıkları makalede, ortalama olarak çay yapraklarının Türkiye ve Japonya hariç (1100–2678 lg/g) 300–900 lg/g aralığında Mn içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ülkemizde çay tarımı yapılan alanlardan alınan toprak örneklerinde belirlenen bitkiye yarayışlı demir, bakır ve mangan konsantrasyonlarının yeterli sınırlarına göre önemli bir sorun taşımadığı tespit edilmiştir (Balcı ve diğerleri, 2016; Müftüoğlu ve diğerleri, 2013; Özkutlu ve diğerleri, 2015). Balcı ve diğerleri (2016) Doğu Karadeniz bölgesinde yürüttükleri çalışmada da benzer şekilde çay yapraklarında mangan konsantrasyonunun yeterli olduğunu bildirmişlerdir. Özdemir ve diğerleri. (1999), üç sürgün dönemi boyunca Orthodox ve Caykur yöntemleriyle belirlenen çayın Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerini belirlemişler ve üç sürgün döneminde çay yapraklarındaki Mn içeriğinin 1000 ile 2000 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini belirtmişlerdir.



**Şekil 5:** Çay bitkisi yapraklarında Mn eksikliği (Pethiyadoga ve Krishnapillai, 1971; Kacar, 2010)

### 6.2.1.8. Çinko (Zn)

Çay bitkilerindeki Zn eksikliği yüksek ölüm oranına ve bodur büyümeye yol açar. Çinko eksikliği olan bir çay bitkisindeki genç yapraklar dar, dik görünür ve gövdenin tepesinde bir rozet oluşturur (Nelson, 2006). Çay yapraklarında bu belirtilere ek olarak; sıcaklık nedeniyle yaprakların girintili çıkıntılı hal alması, kıvrılması ve hasat tablası üzerindeki sürgünün uçtaki birkaç yaprağında yaprak ayası iki yanının eşit gelişmemesi nedeniyle orak şeklinde bükülme görülür (Tolhurst, 1973; Tea Research Foundation of Kenya, 2012). Zn eksiklik belirtisi ilk önce çay bitkisinin genç organlarında gözükür (Kacar, 2010; Nelson, 2006). Zn eksikliği kurak aylarda göreceli olarak daha fazla görülür (Tolhurst, 1973; Kacar, 2010; Nelson, 2006). Balcı ve diğerleri (2016)'ne göre, çay bitkisi yaprak örneklerinin %97,6'sında çinko, % 98,9'sinde demir ve % 97,0'sin de ise Cu noksan bulunmaktadır.



**Şekil 5:** Çay bitkisi yapraklarında Zn eksikliği (Tea Research Foundation of Kenya, 2012)

Bir çay ocağında aynı dal üzerindeki bir sürgün üzerinde yaprakları küçülmüş, şekli bozulmuş ve boğum araları daralmış tipik Zn eksikliği belirtileri görülebilenken öteki sürgünde gelişme normal ve sağlıklı olabilmektedir. Bu nedenle, çinko noksanlığı ile ilgili bir gözlemede bulunurken son derece dikkatli ve duyarlı olmak gerekir (Kacar, 2010).

### 6.2.1.9. Ağır Metaller

Çay yaygın olarak tüketilen bir içecek olmasına rağmen, tüketicinin sağlığına zarar verebilecek birkaç potansiyel olarak toksik metal(loid) içerebilir (de Oliveira ve diğerleri, 2018). Araştırmacılar çayın, potansiyel olarak toksik metal(loid)lerin konsantrasyonlarını ve olası sağlık risklerini içerebileceğini bildirmiştir (Aksuner ve diğerleri, 2012; Zhang ve diğerleri, 2022). Çay bitkilerinin potansiyel olarak toksik metal(loid) içeriği genellikle toprak koşullarından etkilenir. Çay bitkileri, diğer bitkiler gibi, büyüme ve gelişmeleri sırasında topraktan gerekli ve gerekli olmayan elementleri (yani, potansiyel olarak toksik metal(loid)leri) emer (Brzezicha-Cirocka ve diğerleri, 2016; Pekal ve diğerleri, 2012). Çay bitkileri, yüksek potansiyel olarak toksik metal(loid) konsantrasyonlarına sahip topraklarda zayıf büyür (Karak ve diğerleri, 2017).

Toprak pH'ı ile çay bitkilerinin Cu, Pb, Zn, Mn, Al ve Ni bulunabilirliği arasında negatif bir korelasyon vardır. Çay yapraklarındaki kurşun (Pb) konsantrasyonundaki artışlar hem tüketiciler hem de üreticiler için endişeye neden olduğu, çay bahçesi toprağındaki yüksek Pb bulunabilirliği ve kirli havadan gelen Pb birikintilerinin, çay yapraklarındaki artan Pb birikimine katkıda bulunan iki ana faktör olduğu belirtilmiştir (Han ve diğerleri, 2006). Çay bitkisinin ve toprağın potansiyel olarak toksik metal(loid) içerikleri arasındaki ilişkiyi anlamak, çayın antropojenik aktivitelerden kaynaklanan sağlık risklerini etkili bir şekilde azaltabilir (Wen ve diğerleri, 2018).

#### 6.2.1.9.1. Bor (B)

Çay bitkisinde, bor eksikliğinde kök gelişmesi olumsuz yönde etkilenir ve kökler genelde sararma yanında şekil ve gelişme bozukluğu gösterir (Kacar, 2010; Pethiyagoda ve Krishnapillai, 1971; Nijolama, 2012). Eksiklikte çay bitkisinin yaprakları koyu yeşil renkli ve normaline oranla daha kalın olur ve

tepe tomurcuğu dinlenme haline girerek kısa sürede ölür (Kacar, 2010; Pethiyagoda ve Krishnapillai, 1971). Apikal baskınlığın kaybının bir sonucu olarak bitkinin uca yakın yerlerindeki yaprak ve dal koltuklarında küçük sürgün salkımları oluşur ancak, B yetersizse bunlar da ölür (Kacar, 2010; Pethiyagoda ve Krishnapillai, 1971). Eksiklik ilerledikçe, aşırı mantar gelişir, önce yaprak sapının üst tarafında, daha sonra ana ve yan damarlara uzanarak hem üst hem de alt yüzeylerde mantar urları bu yaprak damarlarını kaplar (Kacar, 2010; Pethiyagoda ve Krishnapillai, 1971). Mantar oluşumunun ilerlemesi sonucu yaprağın damarları çatlar (Kacar, 2010; Pethiyagoda ve Krishnapillai, 1971). Bor eksikliğinde yaşlı yaprakların alt yüzeyinde yarı saydam yağ lekeler görülür ancak bu lekeler kalıcı değildir (Kacar, 2010; Pethiyagoda ve Krishnapillai, 1971).



**Şekil 6:** Çay bitkisinde B eksikliği (Hajiboland, 2018)

Aşırı B, çay bitkisinin büyümesinin bozulmasına ve bodurlaşmasına neden olabilir. Bitki dokusundaki B konsantrasyonlarının toksik seviyelere yükselmesiyle, olgun yapraklarda yaprak kenarı yanması ve nekrozu görülür ve siyah noktalar gelişebilir (Baruah ve diğerleri, 2011).

### 6.2.1.9.2. Bakır (Cu)

Bakır eksikliği olan çay bitkilerinin yaprakları normalden biraz daha koyu olur, ancak çoğu durumda belirtilerini bahçede tespit etmek zor olmasına rağmen şiddetli Cu eksikliğinde üretimde fermantasyonu engelleyebilir ve şiddetli eksikliğe maruz kalmış yapraklar fermantasyon sırasında parlak turuncu bir renk alır ve koyu yeşilden koyu kahverengiye çok yavaş bir şekilde

renk değiştirir (Tea Research Foundation of Kenya, 2012). Han ve diğerleri. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, bazı çay yapraklarında  $400 \text{ mgkg}^{-1}$ 'in üzerinde yüksek bakır (Cu) konsantrasyonları bulmuşlardı. Bakır insanlar için gerekli bir eser element ve birçok enzim sistemi için vazgeçilmez bir bileşen olmasına rağmen, Cu aynı zamanda bir dizi patojenik özelliğin atfedildiği toksik bir metal olarak da hareket edebilir (Verissimo ve diğerleri, 2005). Bu nedenle, çay yapraklarındaki Cu kontaminasyonu bir endişe kaynağı olmaya devam etmekte olup çay yapraklarında Cu birikimine neden olan faktörler yeterince anlaşılmamıştır.

### 6.2.1.9.3. Alüminyum (Al)

Asitli topraklarda, alüminyum giderek daha fazla bulunur hale gelir ve çay gibi asidik toprakta yetişen bitkiler için toksisiteye yol açar. Al, alminın ve taşınmasının bozulması nedeniyle bitkilerde Ca eksikliğine neden olur (Poschenrieder ve diğerleri, 2015). Dolayısıyla bitkide görülen belirtiler Ca eksikliğiyle özdeştir. zdemir ve diğerleri (2022) yaptıkları çalışmada, Rize, Trabzon ve Giresun'da toplanan çayların ortalama Al içeriklerinin sırasıyla  $8894 \text{ mg/kg}$  ile  $14.058,03 \text{ mg/kg}$ ;  $8.177,75 \text{ mg/kg}$  ile  $11.226,51 \text{ mg/kg}$ ;  $8.809,94 \text{ mg/kg}$  ile  $15.657,72 \text{ mg/kg}$  arasında bulmuşlardır.

ay bitkileri her daim yeşildir ve çay plantasyonları, p düşmesi ve ayrışmadan kaynaklanan yoğun besin geri dönüşümü ile karakterize edilir (Wang ve diğerleri, 1997). Bu tür biyojeokimyasal döngü, yaşlı yapraklar en bol Al kaynağı olduğundan toprağa önemli miktarda Alüminyum da geri kazandırılır (Ruan ve Wong, 2001; Wong ve diğerleri, 1998). Farklı yaşlardaki çay plantasyonlarından alınan toprakları karşılaştıran Ding ve Huang (1991), ekim zamanına bağlı olarak toprakta değişebilir Al ve Al komplekslerinin seviyelerinin arttığını gözlemlemişlerdir. ay bitkilerinde Al esas olarak olgun yapraklarda birikir (Ruan ve Wong 2001).

## 6.2.2. Toprak ve Yaprak Analiz Sonuçlarına Uygun Gübreleme nerileri

ay bitkisi vejetatif olarak yetiştirilen bir bitki olduğundan ve çayın üretim sürecinde taze sürgünlerinden süren yapraklar hasat edilerek kullanıldığından kaliteli ve verimli bir üretim için çay yapağının kalitesi oldukça önemlidir. Bu kaliteyi özellikle çay toprağındaki ve çay yapağındaki

makro ve mikro bitki besin maddelerinin konsantrasyonu oldukça etkiler. Çay yaprağındaki besin elementlerinin konsantrasyonu, yetiştirildiği toprak yapısına, bakımına ve gübrelemesine bağlı olarak değişmektedir. Ancak, gübrelerin aşırı derecede bilinçsiz kullanımı, tarımsal ekosistemlere ve ekonomiye zarar vermektedir. Bu sebeple, tüm üretim sistemlerinde olduğu gibi sürdürülebilir çay üretiminde de çay toprağındaki tüm özelliklerinin birlikte değerlendirilerek, yetiştirildiği topraktaki ve çay yapraklarındaki makro ve mikro bitki besin maddelerinin konsantrasyonunun belirlenmesi çay yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğini artıracaktır.

Gübreleme programlarının oluşturulmasında temel hedef, toprakta eksik olan bitki besin maddesinin tür ve miktarını tespit ederek, gübrelemenin zamanında ve usulüne uygun olarak yapılmasını sağlamaktır. Çay üretiminde de etkin bir gübreleme programının planlanması da ancak uzman kişiler tarafından toprak ve yaprak analizlerine dayalı bir gübreleme programı oluşturulmasından geçmektedir.

### 6.2.2.1. Toprak Analiz Sonuçlarına Uygun Gübre Önerileri

Çay yetiştiriciliği yapılan toprakların verim güçlerini birinci derecede etkileyen faktör olan toprakların çay bitkisine besin maddelerini sağlama kapasitelerinin, iklim de göz önüne alınarak ölçülmesi gerekmektedir. Bu gereği en iyi şekilde yerine getirebilmek için çay yetiştiriciliğinde tarla ve sera denemeleri en güvenilir yöntem olarak kabul edilmiş ve çeşitli bölge ve iklim şartlarında uygulanan gübre miktarları ile elde edilen ürün miktarları arasındaki ilişkiler tespit edilerek doğru gübre miktarları belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucu farklı çay yetiştirme bölgeleri de dikkate alınarak tohumdan üretilmiş fidelerle oluşturulan ve çeşitli iklim koşullarına dayanıklı, kaliteli ve verimli olduğu belirlenen çay bitkilerinden alınan çeliklerin dikimiyle oluşturulan çay bahçelerinin maksimum verim tepkisi için ihtiyaç duyduğu N, P, K elementlerinin optimum aralıkları (kg/ha/yıl) belirlenmiş ve Tablo 1'de verilmiştir (The Tea Research Institute of Sri Lanka, 2000).

**Tablo 1:** Tohum ve çelikle üretilmiş çay bahçelerinin N, P ve K gereksinimleri (The Tea Research Institute of Sri Lanka, 2000)

|                                      | N (kg/ha) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | K <sub>2</sub> O(kg/ha) |
|--------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-------------------------|
| <b>Tohumla Üretilmiş Çay Bahçesi</b> | 90-220    | 25                                    | 70-100                  |
| <b>Çelikle Üretilmiş Çay Bahçesi</b> | 270-400   | 35                                    | 140                     |





**Tablo 4:** Karadeniz bölgesinde toprak analiz sonuçlarına göre potasyumlu gübre miktarları (Güçdemir, 2006)

|  | Bitkiye Yararışlı Fosfor Miktarı (kg 20s/ dekar) |           |           |           |     |
|--|--|-----------|-----------|-----------|-----|
|  | 0.0-10   | 10.1-20.0 | 20.1-25.0 | 25.1-30.0 | 30+ |
| Çay Tarımı için Verilmesi Gerekli Potasyumlu Gübre Miktarları (kg K <sub>2</sub> O/ dekar) | 14   | 9         | 6         | 4         | -   |

Çay yetiştiriciliği yapılan topraklarda geçmişten günümüze bilinçsiz gübre kullanımı sonucunda toprakta pH değerlerinin düşmesi gübre programlarının planlanmasında toprak asitliğini kademeli olarak yıllar içerisinde iyileştirmek için sülfatlı gübrelemeden vazgeçilip, hayvan gübresi ile toprakların kireçleme ihtiyacı belirlenerek kireç uygulaması yapılmalıdır. Aksi halde çay bitkisi normal gelişemez ve kaliteli yaş yaprak alınmaz. Bu durumda ise kaliteli ürün yetiştirilmesi olanaksız hale gelir. Toprak asitliğini gidermede kullanılan kireçleme materyalleri kireç taşı, sönmüş kireç, sönmemiş kireç, dolomit gibi kalsiyum bileşikleridir. Çay bitkisi kalsifüj (kalsiyum sevmeyen) bir bitki olduğu için de toprakların pH değerleri iyileştirilirken çay verimini sınırlamamak için bu kireçleme materyallarının oldukça dikkatli uygulanması gerekmektedir. Sri Lanka Çay Araştırma Enstitüsü yaptığı teknik çalışmalar sonrasında toprak pH'sının 4.5-5.5 arasında tutulması için toprakların pH değerine göre uygulanması gereken dolomit miktarlarını Tablo 5' deki gibi belirlemiştir (The Tea Research Institute of Sri Lanka, 2000).

**Tablo 5:** Toprak pH'sını 4.5-5.5 arasında tutulması için uygulanması gereken dolomit miktar (The Tea Research Institute of Sri Lanka, 2000)

| Toprak pH Değeri | Toprağa Uygulanması Gereken Dolomit Miktarı (kg/ha) |
|------------------|---|
| < 3.5            | 2500  |
| 3.9-4.2          | 2000  |
| 4.2-4.5          | 1500  |
| > 4.5            | 1000  |

Çay bahçelerinde gübrelemeye ek olarak, çay yaprakları tarafından kolayca alınabilmesi için Fe ve Zn içeren yaprak gübresi verilmeli, kloroz veya semptomlarının ortadan kaldırılması sağlanmalıdır. Gübreleme programı

yapmanın yanı sıra, sadece toprak analizi değil, aynı zamanda yaprak örneklerinin analizi de beslenme sorunlarını çözmek için birlikte değerlendirilmelidir. Ayrıca, bazı toprak örneklerinin pH değerleri de düşüktür ( $< 4$  pH), bu da toprağın Fe, Cu, Mn ve Zn içeriklerinin çözünürlüğünün artmasına neden olur. Bu besin elementleri çay bitkileri için toksik düzeyde olabilir. Bu nedenle, pH değeri 5,8'e ulaşana kadar çay yetiştirilen topraklara kireç uygulanmalıdır (Özyazıcı ve diğerleri, 2011).

Çay bahçelerinde kireçleme materyali olarak dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) kullanılması çay bitkisinin Ca ve Mg gereksinimlerini büyük ölçüde karşılamaktadır. Ancak toprak analiz sonuçlarına göre çay bitkisinin ihtiyacı olan Ca ve Mg içeren 2-4 kg/da Ca ve 2-5 kg/da saf Mg hesabıyla toprağa uygulanabilir (Organik Çay Yetiştiriciliğinde Gübreleme Rehberi, 2017).

Toprakta mikro besin elementlerinin bulunması çay bitkisinin gelişimi ve verimi bakımından önemi büyüktür. Fe, Cu, Zn, Mn, B gibi besin elementlerini içeren mikroelement gübreleri olarak anılan bileşikler çay bitkisinin ihtiyacını karşılamak üzere toprağa ve bitkiye püskürtülerek yada sulama suyuna karıştırılarak verilmektedir. Yapılan teknik çalışmalar sonucunda sınır değerleri (Tablo 6) belirlenen bu besin elementleri çay bitkisinin ihtiyacı doğrultusunda gübre programına dâhil edilmelidir.

**Tablo 6:** Toprakların mikro element (Fe, Cu, Zn, Mn, B) düzeylerinin sınır değerleri (Wolf, 1971; Lindsay ve Norwell, 1978)

| Mikro Besin Elementleri Değerleri | Yeterlilik Düzeyi       |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Demir ( $\text{mgkg}^{-1}$ )      | Az ( $< 2.50$ )         |
|                                   | Orta ( $2.50- 4.50$ )   |
|                                   | Fazla ( $> 4.50$ )      |
| Bakır ( $\text{mgkg}^{-1}$ )      | Az ( $< 0.2$ )          |
|                                   | Orta ( $0.20- 0.25$ )   |
|                                   | Yeterli ( $0.25- 1.0$ ) |
|                                   | Fazla ( $>1.0$ )        |
| Çinko ( $\text{mgkg}^{-1}$ )      | Çok Az ( $< 0.2$ )      |
|                                   | Az ( $0.2-0.7$ )        |
|                                   | Yeterli ( $0.7- 2.4$ )  |
|                                   | Fazla ( $>2.4$ )        |
| Mangan ( $\text{mgkg}^{-1}$ )     | Çok Az ( $< 0.2$ )      |
|                                   | Az ( $0.2-0.7$ )        |
|                                   | Yeterli ( $0.7- 5$ )    |
|                                   | Fazla ( $>5$ )          |

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| Bor (mgkg <sup>-1</sup> ) | Az (< 0.5)        |
|                           | Yeterli (0.5-2.0) |
|                           | Fazla (2.0-5.0)   |
|                           | Çok Fazla (>5.0)  |

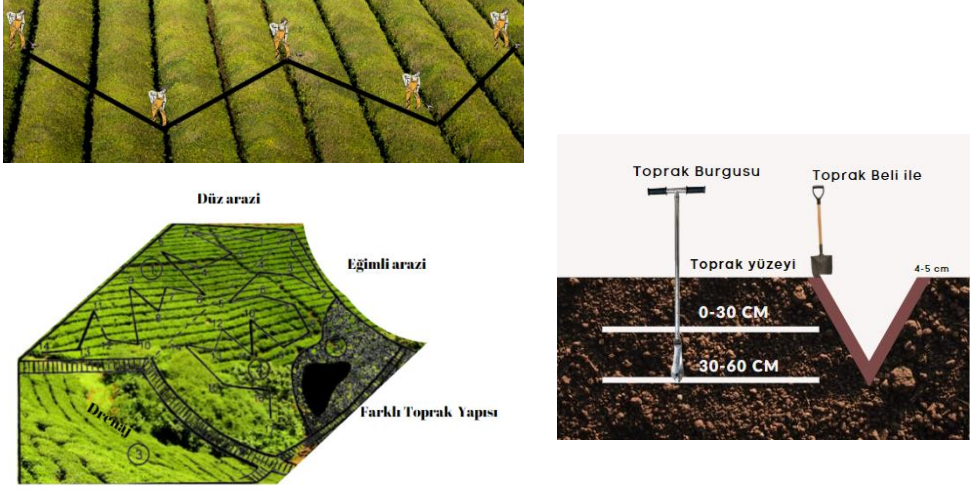
Ülkemizde çay bahçelerinin mikrobesein elementlerinin mevcudiyeti ve gereksinimi üzerine yapılan çalışmalar sonucu çay bitkisinin 500 g/da saf Zn, 50-100 g/da saf Cu ve 300 g/da saf B'a ihtiyaç duyduğu ve toprak ve bitki analiz sonuçlarına göre yapraktan uygulanması gerektiği belirtilmiştir (Taban ve diğerleri, 2015; Organik Çay Yetiştiriciliğinde Gübreleme Rehberi, 2017)

Çay tarımında gübreleme programlarına olgunlaştırılmış ahır gübresinin ilave edilmesi toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesinin yanında besin elementi eksikliklerini de önemli ölçüde gidermeye yardımcı olacaktır. Çay bahçelerinde kullanılacak olgunlaştırılmış ahır gübresi miktarını toprakların organik madde miktarı ve tekstürü etkiler. Organik maddece fakir ve kaba tekstürlü topraklara daha fazla olgunlaştırılmış ahır gübresi ilave edilmelidir. Daha önce yapılan çalışmalarda araştırmacılar olgunlaştırılmış ahır gübresi miktarının çaylıkların eğimle, gölgeyle, yeni ve önceden kurulmasıyla ilişkili olarak farklılıklar olması gerektiğini belirtmişlerdir (Dutta, 1959; Kacar, 2010). Yaygın kullanım olarak önceden kurulmuş çay bahçelerine toprağın ve çay bitkisinin durumu dikkate alınarak dekara 3 ton ahır gübresi uygulanması önerilmektedir (Kacar, 2010). TEMA ve Doğu çayın birlikteliğiyle çay artıklarından elde edilen kompost ve kireçlemenin verim ve toprak üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise, 5 yıl süresince Rize'nin 3 farklı yöresinde bulunan çay bahçelerinde denemeler yürütülmüştür. Denemelerde çay çöpü kompostu (1,5 ton/da), dolomit (200kg/da) uygulaması ve çapalama işlemleri (TEMA uygulamaları) yapılarak, konvansiyonel kimyasal gübre uygulanmış şahit parsellerin toprak özellikleriyle kıyaslamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; biyojeokimyasal döngülerden sorumlu asit fosfataz ve glikosidaz enzimleri TEMA uygulamalarında şahit uygulamalara göre P<0,05 düzeyinde artışlar meydana gelmiştir. Asit fosfataz ve  $\beta$ -Glukosidaz enzim aktivitelerinde değişen uygulamalara ve zamana bağlı olarak pH ile kuvvetli korelasyon ( $r=0,78-0,82$ ) gösterdikleri belirlenmiştir. Mantar/Bakteri oranı ile toprak organik karbonu arasında da kuvvetli korelasyon ( $r=0,863$ ) görülmüştür. TEMA uygulamaları

yapılan toprakların pH'sında 0.50 ile 1.00 birim arasında yükselme meydana geldiği ortaya konulmuştur (Namlı ve diğerleri, 2024).

### **6.2.2.1.1. Çay Bahçelerinden Usulüne Uygun Toprak Örneklerinin Alınması**

Toprak örneklerinin alınmasında en önemli husus toprak örneklerinin alındığı çay bahçesini temsil etmesidir. Toprak örneği bel, kürek, kazma, toprak sondası, toprak burgusu gibi aletler kullanılarak alınabilir. Bu malzemelerin temiz ve paslanmaz çelikten olması analizin doğru sonuçlanması için oldukça önemlidir. Toprak örneği alındığı zaman toprak nispeten nemli olmalıdır. Şiddetli kuraklık ve yoğun yağışlı mevsimlerde örnekleme yapılmamalıdır. Çay bahçelerinden örnekleme derinlikleri 0-30 ve 30-60 cm şeklinde belirlenerek alınmalı ve ayrıca analiz ettirilmelidir. Ancak bölgemiz çay bahçelerinde toprak derinliği çok fazla olmadığı için 30 cm'den toprak örneği alınması yeterlidir. Bir çay bahçesi toprak yapısı, topoğrafya, drenaj, farklı kültürel uygulamalara göre farklılık gösteriyorsa ayrı ayrı örnekleyerek analiz edilmelidir. Şekil 7' de gösterildiği gibi çay bahçesinin aynı olan kesimlerinden zik-zak desene uyularak sıra aralarının ortasından ziyade mümkün olduğunca köklere yakın yerlerden toprak yüzeyi bitki kalıntıları ve kaba materyalden arındırıldıktan sonra toprak örneği alınmalıdır. Eğer örnekleme toprak beli ya da kazması ile yapılıyorsa Şekil 7'de gösterildiği gibi V harfi şeklinde bir örnek alma çukuru kazılır ve çukurun düzgün yüzeyinden 4-5 cm kalınlığında ve 30 cm boyunda bir toprak dilimi alınır. Yaklaşık 1 da'lık çay bahçesinden en az 4-5 farklı noktadan toprak örneği alınmalıdır. 4-5 farklı noktadan alınan toprak bir bez üzerine veya bir kova içerisinde biriktirilerek, karıştırılır. Karışımdan 1 kg'lık örnekler hazırlanarak örnek torbalarına koyulur ve etiketlenir. Örnek koyulacak torbalar tercihen bez torba olmalıdır. Bez torba bulunmadığı yerlerde naylon poşette kullanılabilir. Ancak naylon poşet kullanıldığında poşet birkaç yerinden delinerek havalanması sağlanmalıdır. Eğer mikro element analizi için toprak örnekleme yapıldıysa polietilen torbalar tercih edilmelidir.



**Şekil 7:** Çay bahçelerinden toprak örneğinin alınması

Örnekleme yerleri gübre yığılmış yerlerden, sap, kök veya yabancı otların yakılmadığı yerlerden, su birikmesi sebebiyle oluşan çukurlardan, yollara yakın yerlerden özetle bahçeyi temsil etmeyen veya normalin dışında kabul edilen yerlerden yapılmaması gerekmektedir.

### 6.2.2.2. Yaprak Analiz Sonuçlarına Uygun Gübre Önerileri

Yaprak analizleri, mutlak gerekli olan besin elementlerinin çay bitkisinde bulunup bulunmadığı ve bunun çay bitkisinin gelişmesini desteklemeye yetecek miktarlarda olup olmadığını tespit etme temeline dayanmaktadır. Çay bitkisinden alınan yaprak örneklerine ait analiz sonuçlarına göre gübre tavsiyelerinde bulunulması için daha önce yapılan teknik çalışmalar sonucunda tespit edilen bitki aksamındaki elementlerin sınır değerlerinden faydalanılmaktadır. Bitki aksamındaki besin elementi miktarı ile çay yaprağı arasındaki ilişki sonucu sınıfsal değerlendirmeler yapılmıştır (Kacar, 2010, s.104). Bu değerlendirmelere yönelik açıklamalar Tablo 7'de gösterilmiştir.

**Tablo 7:** Çay bitkisinde bulunan besin elementi miktarlarına ait sınıflar ve açıklamaları

| Sınıf      | Açıklama  |
|------------|---|
| 1. Noksan  | Çay bitkisi gözle görülür bitki besin maddesi noksanlığı göstermektedir.  |
| 2. Az      | Çay bitkisi normal görünüşlü olabilir ancak noksan olan elementin toprağa uygulanması yaş çay yaprağı ürün miktarına olumlu şekilde etkiler.  |
| 3. Yeterli | Çay bitkisi normal görünmekte ve maksimum ürün için araştırılan elementi yeterince içermektedir.  |
| 4. Yüksek  | Çay bitkisi normal görünmekte ve maksimum ürün beklenmektedir. Ancak element konsantrasyonu normal seviyeden yüksektir.   |
| 5. Fazla   | Çay bitkisi besin maddeleri dengesizliğin belirtilerini gözle görülebilecek şekilde göstermekte veya kimi durumlarda normal görünmektedirler. Ancak yaş çay yaprağı ürünü elementin fazla bulunması nedeniyle önemli derecede azalmaktadır. |

Söz konusu sınır değerlerine ait besin elementi içeriklerinin sayısal değerleri de çeşitli araştırmacılar tarafından Tablo 8'de gösterildiği şekilde belirlenmiş olup gübre programlarının bu değerlere göre şekillenmesi gerektiği tavsiye edilmiştir.

**Tablo 8:** Çay bitkisi besin elementi içeriklerinin sınır değerleri (Kacar, 2010; Özyazıcı ve diğerleri, 2011; Jones ve diğerleri, 1991; Bergmann, 1992)

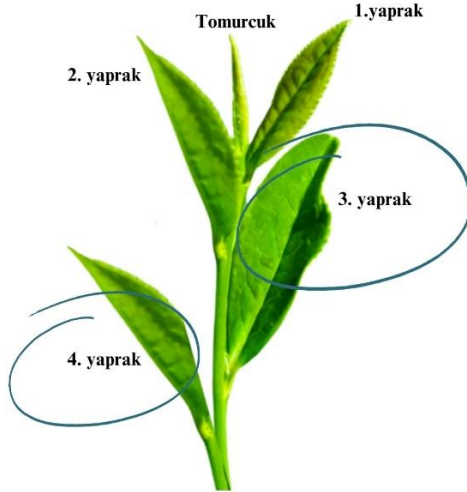
| Besin Elementi                                | Yeterlilik dereceleri |                                  |
|---|-----------------------|----------------------------------|
| N, % (Kuru maddesi ilkesine göre) (Lin, 1963) | 2. Yaprak             | Noksan (<3.5)                    |
|   |                       | Yeter (4.0)                      |
|   |                       | Fazla (>4.5)                     |
|   | 3. Yaprak             | Noksan (<3.0)                    |
|   |                       | Yeter (3.5)                      |
|   |                       | Fazla (>4.0)                     |
| P, %  | 1. Yaprak             | Noksan (<0.45)                   |
|   | 3. Yaprak             | Noksan (<0.35)                   |
| K, %  | 3. Yaprak             | Aşırı Derecede Noksan (<1.60)    |
|   |                       | Orta Derecede Noksan (1.60-2.00) |
|   |                       | Yeterli (>2.00)                  |
| Fe, mg kg <sup>-1</sup> (Jones et al., 1991)  |                       | Noksan (<500)                    |
|   |                       | Yeterli (500-1000)               |
|   |                       | Fazla (>1000)                    |
| Zn, mg kg <sup>-1</sup> (Jones et al., 1991)  |                       | Noksan (< 30)                    |
|   |                       | Yeterli (30-50)                  |
|   |                       | Fazla (>50)                      |

|  |                    |
|--|--------------------|
| Cu, mg kg <sup>-1</sup> (Bergmann, 1992) | Yeterli (7-15)     |
| Mn, mg kg <sup>-1</sup> (Bergmann, 1992) | Yeterli (100-5000) |
| Zn, mg kg <sup>-1</sup> (Bergmann, 1992) | Yeterli (30-80)    |

### 6.2.2.2.1. Çay Bitkilerinden Usulüne Uygun Yaprak Örneklerinin Alınması

Çay bitkisinde besin elementlerin dağılımını belirlemek amacıyla normal gelişme gösteren çay bitkilerinin 3 ve 4'üncü yaprakları Şekil 8'deki gibi alınarak örnekleme yapılır.

Yaprak örnekleri gelişmenin en üst düzeyde olduğu sürgün döneminde alınmalıdır. Çay ocağında herhangi bir besin elementin noksanlığı ya da fazlalığı ile ilgili belirtilerin fark edildiği yapraklar ile normal geliştirme gösteren yaprak örnekleri birlikte aynı zamanda alınır. Temsili bir örnek elde etmek için, farklı sıralarda yer alan çay ocakları rastgele seçilmelidir. Toprak analizlerinde olduğu gibi bitki analizlerinde de bahçede farklılık gösterilen alanlar farklı örneklenmelidir. Çay bitkilerin çeşidi aynı ve bunların gelişmeleri ile toprağın durumu tekdüze olmalıdır. Uzun süreli yoğun yağışların ardından veya aşırı kuraklık dönemlerinde yaprak örnekleme yapılmamalıdır.



**Şekil 8:** Çay ocağından analiz için alınması gerekli yaprak numuneleri

Yapılacak analizlerin özellikleri de dikkate alınarak yaprak örnekleri kâğıt ya da bez torbaları içerisinde ve en kısa sürede laboratuvara götürülür.

Gerektiği hallerde yaprak örnekleri polietilen torbalara konur ve buz kutusu içerisinde laboratuvara taşınır.

### 6.2.2.3. Gübrelerin Uygulama Zamanı ve Tekniği

Gübrelerin hava koşullarına göre uygulanması gübrenin verimliliği için oldukça önemlidir. Yağışın yoğun olduğu dönemlerde gübrenin uygulanması besin elementlerinin yıkanmasına sebep olduğu gibi oldukça kurak dönemlerde uygulanması da özellikle genç çay bitkilerinin yanmasına ve hatta ölmesine neden olur. Özellikle azotlu gübrelerin verilme zamanı bölgesel yağışlara göre ayarlanmalıdır. Bu nedenle gübrelerin tek seferde değil, birkaç seferde uygulanmasına dikkat edilmelidir. Asit tepkili olan çay topraklarında çok yüksek olan P fiksasyonu olanaklar ölçüsünde azaltabilmek için gereken toz fosforlu gübreler yerine taneli fosforlu gübrelerin kullanılmasıdır. Fosforlu gübreler olabildiğince aktif kök yöresine yakın şekilde verilmelidir.

Normal koşullarda budamadan hemen önce gübreleme hiçbir zaman yapılmamalıdır. Böyle durumlarda budamadan 4-5 ay önce yapılacak gübre uygulaması bile savurganlığa yol açacağı gibi gübre uygulaması hiçbir zaman yarar sağlamayacaktır. Bitki besin maddelerince çok fazla eksiği olan verimsiz topraklarda yetişen çay bitkileri budama sonrası gelişmesi çok zayıf olacağından, bitkilerin kolaylıkla gelişim göstermesi için böyle durumlarda gübrelemenin budamadan sonra yapılması yerine budamadan önce yapılması çok daha yararlı olacaktır.

Ülkemizde Kasım ayı sonundan başlayarak Şubat ayı ortalarına ya da sonuna değin çay bitkisinde gelişme göreceli olarak en az düzeye inmektedir. Doğal olarak gelişmenin en az olduğu bu dönemde gübre uygulaması yapılmamalıdır. İklim koşullarına göre değişmekle birlikte Doğu Karadeniz Bölgesi'nde;

Birinci gübreleme; Mart- Nisan (azotlu gübrenin yarısı, fosforlu ve potasyumlu gübreler ile mikro elementli gübrelerin tamamı)

İkinci gübreleme; 1. hasattan sonra (azotlu gübrenin diğer yarısı) yapılmaktadır.

Yeni kurulan çaylıklarda çelikten üretilmiş çay fidanlarının bahçeye dikilmelerinde gübrelerin fidan çukurlarından çıkan toprakla karıştırılması gerekmektedir. Toprak analizleri sonucunda toprağın besin gereksinimleri belirlendikten sonra bitki besin maddelerince toprağın ihtiyacı karşılanmalıdır.



Özellikle yeni kurulan bahçelerde olgunlaştırılmış ahır gübresi (her bir fidan çukuru için 5 kg civarında olgunlaştırılmış ahır gübresi kullanılabilir) kullanımına dikkat edilmelidir.

Yaşlı olgun çaylıklarda gübreler çay ocaklarının taç izdüşümü dikkate alınarak eşit ve düzgün kalınlıkta serilerek, hafif çapa yapılarak toprağa karıştırılmalıdır. Çay bitkisinin yüzeysel köklerinin zarar görmemesi için çapalama işlemi dikkatlice yapılmalıdır. Eğimli alanlardaki çaylıklara da olanaklar dâhilinde gübreler eşit ve düzgün şekilde kök bölgelerine serpilerek uygulanmalıdır. Teras yapılmış alanlardaki çay bahçelerinde ise gübreler terasın iç ya da yukarı kısmına serpilerek uygulanmalıdır. Gübreler çay bitkisinin üzerine serpilerek hiçbir zaman verilmemelidir.

### **6.2.3. Gübre Kullanımının Çay Kalitesi Üzerine Etkisi**

Çay verimini ve kalitesini artırmada kimyasal gübrelerin kullanımı önemli bir ölçüttür. Bu nedenle geçmişten günümüze kadar artan talebin hızla karşılanması için çay yetiştirilen topraklarda kimyasal gübre ihtiyaç duyulunun iki veya daha fazla katı oranında kullanılmaya başlanmıştır (Gao ve diğerleri, 2020; Wang ve diğerleri, 2020; Tang ve diğerleri, 2021; Xie ve diğerleri, 2022; Ni ve diğerleri, 2019; Yazıcı ve diğerleri, 2023). Ancak, toprak ve bitki gelişimi açısından kısa vadede üretimde kolaylık sağlamasına rağmen; uzun dönemde toprakların bozulmasına neden olabilmekte ve bitki gelişiminde sorunlara yol açmaktadır. Özellikle toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde bozulmalara neden olarak büyük ekonomik kayıpları da beraberinde getirebilmektedir.

Tüm bu sebeplerle çay yetiştiriciliğinde toprak kalitesinin belirlenmesi, izlenmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanması çoğu çay üreticisi ülkelerin ortak hedefi haline gelmiştir. Bu doğrultuda çay yetiştiriciliğinde kimyasal gübre uygulama potansiyelini azaltmaya yönelik tarımsal stratejiler belirlenmeye çalışılmıştır (Gao ve diğerleri, 2020; Wang ve diğerleri, 2020; Xie ve diğerleri, 2022; Ni ve diğerleri, 2019; Yazıcı ve diğerleri, 2023; Saygın ve diğerleri, 2023; Liu ve diğerleri, 2025). Bu stratejilerin temelini; temel besin elementleri olarak değerlendirilen azot, fosfor ve potasyum uygulamalarına çayın verdiği verim ve kalite tepkileri farklı bölgeler ve genotipler göz önüne alınarak yapılan değerlendirmelerin optimize edilmesi oluşturmaktadır (Hajiboland, 2017).

Verimliliği arttırmak ve aynı zamanda toprak yapısını da korumak amacıyla bitki ve toprak analizlerine dayalı bir gübreleme programı oluşturmak gereklidir (Huang ve diğerleri, 2022; Wang ve diğerleri, 2024; Ma ve diğerleri, 2022; Ye ve diğerleri, 2023; Bakoğlu ve Çatal, 2022; Arın ve Coşkan, 2021; Sezer, 2021). Uygun organik gübreler kullanılarak; toprak ve çay bitkisinin verimi korunabilir ve artırılabilir, toprak mikrobiyal çeşitliliği artırılabilir ve toprak asitlenmesinin ve yeraltı sularının kirlenmesinin önüne geçilebilir. Ayrıca uygun organik gübre çeşit ve miktarının kullanımı çayın kafein ve polifenol gibi kalite içeriğini artırarak çayın kalitesini iyileştirebilir (Xie ve diğerleri, 2022; Senapati ve diğerleri, 2002).

#### **6.2.4. Organik Çay Yetiştiriciliği**

Geleneksel tarım yönetim sistemlerinde tarımsal kimyasalların yoğun kullanımı, doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı artırmış ve küresel olarak insan sağlığı üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmuştur. Bu olumsuz sosyal ve çevresel etkiler; küresel tarımsal gıda sisteminde köklü değişikliklerin yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmış olup tüketicilere sağlıklı gıda sağlayan, aynı zamanda çevreyi ve canlıların refahını koruyabilen daha sürdürülebilir bir tarım biçimine ulaşma çabasını artırmıştır. Bu doğrultuda geleneksel tarım uygulamalarından organik tarım uygulamalarına geçiş çevre üzerinde minimum etkiyle uzun vadeli bir üretim için oldukça önemli bir strateji haline gelmiştir.(Doanh ve diğerleri, 2018).

Çevresel bakış açısıyla incelendiğinde organik tarımın enerji tasarrufu sağlayabildiği, biyolojik çeşitliliği koruyabildiği, iklim değişikliğini hafiflettiği ve özellikle uzun vadede çevrenin sürdürülebilirliğini sağladığı belirlenmiştir (Gong ve diğerleri, 2022; Tschardtke ve diğerleri, 2021; Holka ve diğerleri, 2022; Gamage ve diğerleri, 2023). Ayrıca, organik tarımın toprak verimliliğini artırıp toprağa besin sağlayabildiği ve yenilenemeyen enerji kullanımını azaltmaya yardımcı olup uzun vadeli rezervlerde karbonu tutarak küresel ısınmanın hafifletilmesine katkıda bulunduğu belirtilmiştir (Gamage ve diğerleri, 2023; Holka ve diğerleri, 2022; Singh ve diğerleri, 2020).

Geleneksel tarımdan organik tarıma geçişin ekonomik değerlendirilmesinde yer alan birçok önemli etkenin çok yönlü olarak ele alınması gerekmektedir. Organik tarımda kimyasal gübre ve pestisit kullanımlarının olmaması nedeniyle üretim maliyetlerinin düşük olduğu

düşünülse de çoğu zaman tarımsal uygulamalarda organik ürünleri kullanmak maliyeti nispeten arttırmaktadır. Organik tarım genellikle geleneksel uygulamalara göre daha yüksek işgücü gerektirmekte, daha yüksek üretim maliyetlerine ve çiftlik dışı gelir kaybına yol açabilmektedir. Buna karşılık işgücü talebinin artması ve sürdürülebilir kalkınma yoluyla kırsal alanlardaki istihdamın sağlanması ekonomiyi olumlu yönde etkileyecektir (Doanh ve diğerleri, 2018; Abacı ve diğerleri, 2020).

Organik tarımda, özellikle geçiş döneminde, geleneksel tarıma göre daha düşük ürün elde edilmesi nedeniyle çiftçiler geleneksel tarıma benzer bir gelir elde edememektedirler. Ayrıca, organik tarımda üretim genellikle düşük miktarlarda olduğundan, pazarlanması ve dağıtımı verimli olmamaktadır. Ancak, tüketicilerin daha kaliteli ve sağlıklı ürünlere olan talepleri organik ürünlerin yüksek fiyatlara satılabilmesini sağlamaktadır (Doanh ve diğerleri, 2018; Tuomisto ve diğerleri, 2012).

Çay yetiştiriciliğinde geçmişten günümüze uzun bir geleneğe sahip olan kimyasal gübre kullanımı, ucuz girdiler ve yüksek verimlilik nedeniyle kısa vadede ekonomik verimlilik sağlamaktadır. Ancak kimyasal gübre tüketimlerinin hızlı artışı, toprakların ve çay bitkisinin bozulmasına neden olarak uzun vadede tarımsal ve ekonomik verimliliğin azalmasına yol açmaktadır. Öte yandan organik tarım; daha düşük seviyedeki yüzey akış ve erozyon nedeniyle toprağın daha iyi korunmasına katkıda bulunmakta, toprağın organik madde içeriğini ve mikrobiyal biyokütle karbonunu artırarak bitkilere besin elementi sağlamakta, sürdürülebilir biyoçeşitliliği güçlendirmekte, sera gazı emisyonlarını azaltarak iklim değişikliğini hafifletmekte, daha az nitrat sızıntısı ve fosfor kaybına neden olarak kimyasal gübrelerle suyun kirlenmesini önlemekte ve su kalitesinin korunmasına yardımcı olmaktadır (Gamage ve diğerleri, 2023; Holka ve diğerleri, 2022; Singh ve diğerleri, 2020; Xie ve diğerleri, 2021; Das ve diğerleri, 2022). Kaynakların uygun şekilde yönetilmesi anlamına gelen organik üretim uygulaması, geleneksel uygulamalara göre daha fazla istikrar sağlamaktadır (Suja ve diğerleri, 2017).

Tüm etmenler değerlendirildiğinde; mevcut alışkanlıklardan vazgeçilerek yeni bir uygulamaya geçişte karşılaşılan zorluklara ek olarak, organik gübrenin toprakta yavaş çözünmesinden-ayrışmasından- kaynaklanan verim kayıpları organik çay tarımının geleneksel çay tarımına göre işgücü ve ekonomi üzerinde daha fazla yük artışına neden olduğu görülmektedir. Buna

karşın çay tarımında organik materyallerin kullanılması; toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileşmesini sağlayarak çay topraklarının sürdürülebilir verimliliğini artıracakğı akıldan çıkarılmamalıdır.

#### 6.2.4.1. Organik Çay Tarımına Geçiş

Ülkemizde geleneksel tarıma dayalı siyah çay ve yeşil çay üretimi yanında organik siyah çay ve yeşil çay üretimine Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü (ÇAYKUR) tarafından 2003 yılında başlanmıştır. Bu tarihte Rize ili Çamlıhemşin ve Hemşin ilçeleri ile Artvin ili Borçka ilçesinde organik çay havzası seçilen alanda 135 üretici ile organik çay tarımı sözleşmeleri imzalanmış ve 378 dekarlık çaylıkta organik çay projesi başlatılmıştır (Yıldız ve Midilli, 2022). 2009 yılında Rize ili Hemşin ilçesinde ilk organik çay fabrikası kurulmuş ve organik tarım sözleşmesine uygun olarak üretilen çaylar işleme alınmıştır (Yıldız ve Midilli, 2022). Yaş çay yaprağı üretiminin belirlenen usullere uygun şekilde yapılıp yapılmadığının kontrolü ÇAYKUR tarafından yapılmaktadır (Kacar, 2010). 2009 yılında 57.7 ton organik siyah ve 2.6 ton da organik yeşil çay üretimi gerçekleşmiştir. 2023 yılında bu miktarlar siyah çayda 7.543 ton, yeşil çayda 32 ton gerçekleşmiştir (Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 2009; Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 2023). Bu üretim miktarlarının gelecek yıllarda hızla artacaktır.

Organik tarım, 5262 Sayılı Organik Tarım Kanunu ve Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik hükümleri kapsamında belirtilen kurallar çerçevesinde yapılmaktadır. Söz konusu mevzuat kapsamında Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından organik tarım konusunda kontrol ve sertifikasyon faaliyetlerini yapmak isteyen kuruluşlara çalışma izni verilmekte ve bu kuruluşlar ile organik tarım yapan müteşebbisler/çiftçiler/ihtalatçılar/ihracatçılar denetlenmekte olup, mevzuat hükümlerine aykırı hareket edenlere kanun ve yönetmelik kapsamında yaptırımlar uygulanmaktadır. Ayrıca kontrol ve sertifikasyon faaliyetini yürüten yetkilendirilmiş kuruluşlarında uyguladığı yaptırımlar bulunmaktadır.

Organik tarıma başlamak isteyen bir müteşebbisin öncelikli olarak ilgili mevzuat gereği, Bakanlık tarafından yetki verilen kontrol ve sertifikasyon kuruluşlarından biri ile sözleşme yapması ve aşağıda belirtilen bilgi ve belgeleri kontrol ve sertifikasyon kuruluşuna ibraz etmesi ve kontroller sırasında

işletmenin tamamını kontrol ve sertifikasyon kuruluşuna açması gerekmektedir.

- a) Arazi, ürün, kullanılan girdiler, hasat, işleme teknikleri, daha önceki üretim metodu vb. konular ile ilgili veriler,
- b) İşletme ve işletme binalarının planları,
- c) Arazi parselleri veya alana dair tüm plan ve krokiler,
- d) İşletmenin mevcut makine ve ekipman donanımı,
- e) İşletmenin konumu, kullanılan depoların tanımı ve amacına uygunluğu,
- f) Ürün münavebe planı,
- g) Kullanılacak tüm girdilere ait kayıt defteri,
- h) İşletmenin malları, dışarıdan satın alınan malları içeren alım ve satım defteri,
- i) Ürün çıkış planı, ürünün niteliği, stok durumu, miktarı, ambalajlama şekli ve materyali
- j) Orman ve doğadan ürün toplama alanına ilişkin izinler, afet ve karantina tedbirlerine ilişkin tüm bilgiler.

#### **6.2.4.2. Organik Çay Tarımında Kullanılabilecek Ürünler**

Organik çay yetiştiriciliğinde toprak verimliliği ve biyolojik aktivitenin sağlanması için, 18 Ağustos 2010 tarih ve 27676 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmeliğin EK1'de yer alan *Organik Tarımda Kullanılacak Gübreler, Toprak İyileştiriciler ve Besin Maddelerinin* kullanımına izin verilir. Ancak unutulmaması gereken önemli husus toprak analiz sonuçlarına göre çay toprağına ya da çay bitkisine uygulanacak olan organik gübre ve toprak düzenleyicisinin uygun gübre ve kullanım miktarının doğru belirlenmesidir.

Organik tarımda kullanılmasına müsaade edilen Gübreler, Toprak İyileştiriciler ve Besin Maddelerinin listesi EK 1'de yer alan gübrelerin çaylıklarda kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, üreticiler eğer organik hayvan yetiştiriciliği kurallarına göre hayvancılık yapıyorlarsa bu hayvanlardan elde edilen gübrenin usulüne göre kompostlanması koşuluyla kullanabilirler. Entansif üretimden gelen hayvan gübresi yasaktır. EK 1'de "Çiftlik Gübresi" başlığında yer alan koşulları sağlayan hayvan gübresinin kompostlanarak kullanılması da mümkündür.

Organik gübreler tıpkı kimyasal gübreler gibi bitkinin ihtiyacı olan besin maddelerini sağlamak amacı ile kullanılmaktadır. Ayrıca, organik gübreleri kimyasal gübrelere üstün kılan en önemli yanı, organik gübrelerin toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini de iyileştirici özelliklerinin olmasıdır.

Organik çay yetiştiriciliğinde kullanılacak organik gübrelerin ve toprak düzenleyicilerin;

- a) Tarım ve Orman Bakanlığından tescil almış ve Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmeliğin EK1’de yer alan gübre olmasına dikkat edilmelidir.
- b) Toprağa verilecek organik gübre miktarı toprak analizleri sonucunda belirlenmesi gereklidir. Gelişigüzel ve gereğinden fazla verilmemelidir.
- c) Verilmesi gereken organik gübre hesaplanırken gübreyle verilebilecek azot miktarında Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmeliğinde ifade edilen üst sınır (17 kg N/da) dikkate alınmalıdır.

### **6.2.4.3. Organik Çay Tarımında Kullanılabilecek Gübrelerin Uygulanmasında Dikkat Edilecek Hususlar**

Organik çay yetiştiriciliğinde kullanılabilecek gübre ve toprak düzenleyicilerin katı ve sıvı formları bulunmaktadır. Toprağa uygulanacak miktarlarının mutlaka toprak ve bitki analizleri sonucuna göre hesaplanması gerekmektedir. Çay tarımı yapılan topraklarda hangi besin maddesinin ya da maddelerinin eksikliği belirlenmiş ise o besin maddesi ya da maddeleri verilmelidir. Eksikliği belirlenen besin maddelerinden verilmesi gereken azotlu, fosforlu, potasyumlu, kalsiyumlu veya magnezyumlu gübrelerden hangisi ya da hangileri verilecek ise miktarlarının iyi hesaplanması ve belirlenen miktarlar doğrultusunda verilmesine özen gösterilmelidir.

Piyasada satılan organik tarım için Tarım ve Orman Bakanlığından tescil almış ve Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmeliğin EK1’de yer alan gübrelerden anılan besin maddelerini bir arada içermeyen gübreler var ise ayrı ayrı hesaplanarak verilme yoluna gidilmesi önerilmektedir. Azotlu, fosforlu, potasyumlu, kalsiyumlu ve magnezyumlu gübrelerin yanı sıra toprakta ve bitkide eksikliği belirlenen başta çinko, bakır ve bor olmak üzere

demir ve mangan içeren gübrelerin de kullanılması çay bitkisinin dengeli beslenmesi yanında çayın verimliliğini ve yaş yaprak kalitesini arttırmak için önemlidir. Nitelikli olarak yetiştirilen yaş çay yaprağından nitelikli siyah ya da yeşil çay elde edilmektedir. Aksi durum söz konusu değildir.

Katı formda uygulanmaları durumunda en önemli konu, gübrenin toprak yüzeyine homojen bir şekilde verilmesi ve çapalanarak toprakla karıştırılmasıdır. Eğer toprak altına getirilmez ise, beklenen fayda en az düzeye inecektir. Bu nedenle uygulanacak olan gübrenin bitkinin kök bölgesine, mümkün olduğu kadar toprağın 3-4 cm içine karıştırılması önemlidir. Çaylıklara analizler sonucu mutlak verilmesi belirlenen besin maddelerini içeren gübrelerden mikro elementli gübreler ile fosforlu ve potasyumlu gübrelerin tamamı ile azotlu gübrenin yarısı Mart sonu Nisan başı gibi uygulanmalıdır. Azotlu gübrenin kalanının ise birinci hasattan sonra uygulanması uygun olacaktır.

Mikro element (demir, bakır, çinko, mangan, bor) içeren gübrelerin verilmesi gereken miktarları az olacağı için bu besin maddeleri sıvı olarak çay bitkisi yapraklarına püskürtülerek uygulanmalıdır. Şayet azotlu, fosforlu, potasyumlu vb. katı organik gübreler mikro elementleri de içeriyorlar ise sıvı gübre uygulamasına gerek yoktur. Tarım ve Orman Bakanlığından tescil almış ve Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmeliğin EK1'de yer alan gübrelerden "sıvı olarak uygulanabilir" ibareli olanlar da çay yapraklarına püskürtülerek verilebilir.

Mikrobiyal gübreler canlılardan oluşan ve yaşayan gübreler oldukları için hazırlandıktan sonra hemen ve hızla uygulanmalıdır. Mikrobiyal gübrelerin topraktan uygulanan formları var ise onların kullanılması teşvik edilmelidir. Çünkü çay tarımı yapılan toprakların reaksiyonlarının son derece düşük olması ve toprakta mevcut organik maddenin ayrışmamış formda bulunması nedeniyle toprakta mikrobiyal popülasyonun arttırılması gerekmektedir.

Çay üreticisi gübreleme yapmadan önce kendi toprağının analizini mutlaka yaptırmalı ve çay topraklarına toprak analiz sonucuna göre çay bitkisinin ihtiyacı olan besin elementi miktarını tamamlayacak şekilde Tarım ve Orman Bakanlığından tescil almış ve Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmeliğin EK1'de yer alan gübrelerle toprağa verilmesi gerekmektedir.

### 6.3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğu Karadeniz bölgesinin büyük çoğunluğunda yetiştirilen çay bitkisi bölge halkı için en önemli gelir kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Ancak yıllardır süregelen kimyasal gübreleme, yanlış veya yetersiz toprak işleme ve aşırı yağışın etkisi gibi nedenlerle çay topraklarının büyük bir kısmında; düşük kation değişimi, su tutma kapasitesinde azalma, toprakta canlı (biyotik) kaybı, kuvvetli asitlik, toksik düzeyde alüminyum konsantrasyonundaki artış, toprak yüzeyinin sıkışması, besin maddelerinin yıkanması, çay yapraklarında toksinlerin birikimi (polifenoller) ve toprak erozyonu sorunları mevcuttur. Bilinçsizce uygulanan özellikle amonyum sülfat gübrelere bağlı olarak topraklar asitleşmiş, toprak yüzeyinin sıkışması, asitleşmesi gibi nedenlerden ötürü toprağın mineralize olabilen labil karbon (mikroorganizmalar tarafından kullanılan) miktarının yetersizliği, üzerinde durulması gereken temel problemlerdir. Çünkü bu temel problemlere bağlı olarak toprakta mevcut veya sonradan ilave edilen besin elementlerinin (azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, çinko, bakır, demir vb.) yararı azalmaktadır. Son yıllarda çay alanlarında mineral beslenme problemlerinden sıklıkla bahsedilmekte olup toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde sürekli bir bozulmanın olduğu tartışılmaktadır.

Çay tarımı yapılan toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri toprak analizleriyle değerlendirilmeli ve bu toprak özellikleriyle ilgili sorunlara yönelik akılcı ve sürdürülebilir çözümler üretilerek çay tarımının geleceği garanti altına alınmalıdır. Özellikle birçok çay yetiştiren ülkede giderek daha ciddi bir sorun haline gelmesi nedeniyle topraklarda aşırı gübreleme uygulamasının önüne geçilmelidir. Aşırı gübrelemenin bir sonucu olan en önemli problemlerden toprak asitlenmesi; çay verimi, kalitesi ve çevre üzerinde ciddi olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bu sebeple toprak asitlenmesinin iyileştirilmesi ve çaylıkların gübrenmesine yönelik bazı uygulamaların yapılması gerekmektedir. Öncelikle pH'sı çok düşük çaylıklardan başlayarak kademeli olarak toprak pH'sını 4,5-6 civarına çıkarılması, bu amaçla da kireçleme materyallerinin topraklara uygulanması önemlidir. Çaylıkların gübrenmesi kapsamında, makro ve mikro bitki besin elementleri toprak ve bitki analizleri doğrultusunda uygun olan miktarlarda verilmelidir. Gübrelere verilme zamanı ve şekli de çok önemli olup, katı formda uygulanmaları durumunda en önemli konu, gübrenin toprak yüzeyine homojen bir şekilde



verilmesi ve çapalanarak toprakla karıştırılmasıdır. Gübre eğer toprak altına getirilmez ise, beklenen fayda en az düzeye inecektir. Bu nedenle uygulanacak olan gübrenin bitkinin kök bölgesine, mümkün olduğu kadar toprağın 3-4 cm içine karıştırılması önemlidir. Çaylıklara analizler sonucu mutlak verilmesi belirlenen besin maddelerini içeren gübrelerden mikro elementli gübreler ile fosforlu ve potasyumlu gübrelerin tamamı ile azotlu gübrenin yarısı Mart sonu Nisan başı gibi uygulanmalıdır. Azotlu gübrenin kalanının ise birinci hasattan sonra uygulanması uygun olacaktır. Mikro element (demir, bakır, çinko, mangan, bor) içeren gübrelerin verilmesi gereken miktarları az olacağı için sıvı olarak çay bitkisi yapraklarına püskürtülerek uygulanmalıdır. Kompoze gübreler azot, fosfor ve potasyum gibi temel besin elementleri yanında mikro elementleri de içeriyorlar ise sıvı gübre uygulamasına gerek bulunmamaktadır. Mikrobiyal gübreler canlılardan oluşan ve yaşayan gübreler oldukları için hazırlandıktan sonra hemen ve hızla uygulanmalıdır. Mikrobiyal gübrelerin topraktan uygulanan formları var ise onların kullanılması teşvik edilmelidir. Çünkü çay tarımı yapılan toprakların reaksiyonlarının son derece düşük olması ve toprakta mevcut organik maddenin ayrışmamış formda bulunması nedeniyle toprakta mikrobiyal popülasyonun artırılması gerekmektedir.

**KAYNAKÇA**

- Abacı, İ., Keskin, E. ve Demiryurek, K. (2020). A research on determining the factors affecting organic tea production. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3), s. 430-437. doi: 10.7161/omuanajas.780741
- Adhikari, K. ve Hartemink, A. E. (2016). Linking soils to ecosystem services—A global review. *Geoderma*, 262, s.101-111. doi:10.1016/j.geoderma.2015.08.009
- Adhikary, S., Khan, M. Z., Arobe, S., Dey, S. ve Billah, S. M. (2019). Soil chemical analysis of kazi and kazi organic tea garden and compared to ordinary tea gardens of Bangladesh. *Open Journal of Soil Science*, 9(06), 91. doi: 10.4236/ojss.2019.96006
- Aksuner, N., Henden, E., Aker, Z., Engin, E. ve Satik, S. (2012). Determination of essential and non-essential elements in various tea leaves and tea infusions consumed in Turkey. *Food Additives Contaminants: Part B. 5*: s.126–132. doi:10.1080/19393210.2012.675592
- Ali, M. H. ve Talukder, M. S. U. (2008). Increasing water productivity in crop production—A synthesis. *Agricultural Water Management*, 95(11), s.1201-1213. doi:10.1016/j.agwat.2008.06.008
- Ananthacumaraswamy, S., Hettiarachchi, L. S. K. ve Dissanayake, S. M. (2003). Soil and foliar sulfur status in some tea plantations of Sri Lanka. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34(11-12), s.1481-1497. doi:10.1081/CSS-120021291
- Andrés, Z., Pérez-Hormaeche, J., Leidi, E. O., Schlücking, K., Steinhorst, L., McLachlan, D. H., ... ve Pardo, J. M. (2014). Control of vacuolar dynamics and regulation of stomatal aperture by tonoplast potassium uptake. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), E1806-E1814. doi:10.1073/pnas.132042111
- Aponte, H., Medina, J., Butler, B., Meier, S., Cornejo, P. ve Kuzyakov, Y. (2020). Soil quality indices for metal (loid) contamination: An enzymatic perspective. *Land Degradation & Development*, 31(17), s. 2700-2719. doi:10.1002/ldr.3630
- Arafat, Y., Tayyab, M., Khan, M. U., Chen, T., Amjad, H., Awais, S., ... ve Lin, S. (2019). Long-term monoculture negatively regulates fungal

- community composition and abundance of tea orchards. *Agronomy*, 9(8), s. 466. doi.org/10.3390/agronomy9080466
- Arın, A. ve Coşkan, A. (2021). Biyokömür Uygulamalarının Karadeniz Bölgesi Toprağının pH'sına ve Bazı Biyolojik Aktivite Parametrelerine Etkileri. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16:2, s.187-199. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1998785>
- Arslan, N. ve Togrul, H. (1995). Quality parameters in Turkish teas and the distribution ratios of minerals into the liquors at different liquoring conditions. *Gıda*, 20(3): s.179-185.
- Bag, S., Mondal, A. ve Banik, A. (2022). Exploring tea (*Camellia sinensis*) microbiome: Insights into the functional characteristics and their impact on tea growth promotion. *Microbiological Research*, 254, s.1-14. doi:10.1016/j.micres.2021.126890
- Bagyalakshmi, B., Ponmurugan, P. ve Balamurugan, A. (2017). Potassium solubilization, plant growth promoting substances by potassium solubilizing bacteria (KSB) from southern Indian Tea plantation soil. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 12, s. 116-124. doi:10.1016/j.bcab.2017.09.011
- Bakoğlu, A. ve Çatal, M. İ. (2022). Farklı Taban Gübresi, Organik Gübre Uygulaması ve Biçim Zamanlarının Çay Bitkisinde (*Camellia Sinensis* (L.) O. Kuntze) Verim Üzerine Etkileri. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 7(4), s.502-508. doi:10.35229/jaes.1181338
- Balcı, M., Taşkın, B., Kaya, E.C., Soba, M.R., Özer, P., Kabaoğlu, A., Turan, M.A. ve Taban, S. (2016). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Çay Tarımı Yapılan Toprakların ve Çay Bitkisinin Demir, Bakır, Çinko ve Mangan Durumları. *Toprak Su Dergisi*, 5 (2), s.65-74. doi:10.21657/topraksu.269370
- Barker, A. V. ve Pilbeam, D. J. (Ed). (2015). *Handbook of plant nutrition*. Boca Raton: CRC press.
- Baruah, B. K., Haque, A., Das, B., Medhi, C. ve Misra, A. K. (2011). Boron in soil and water samples in some tea garden belt of Golaghat district, Assam. *Adv. Appl. Sci. Res*, 2(4), s.298-305. Erişim adresi: [https://www.researchgate.net/profile/Bhupen-Baruah/publication/264882741\\_Boron\\_in\\_Soil\\_and\\_Water\\_Samples\\_i](https://www.researchgate.net/profile/Bhupen-Baruah/publication/264882741_Boron_in_Soil_and_Water_Samples_i)

- n\_some\_Tea\_Garden\_Belt\_of\_Golaghat\_district\_Assam/links/5eda17ce299bf1c67d41b80a/Boron-in-Soil-and-Water-Samples-in-some-Tea-Garden-Belt-of-Golaghat-district-Assam.pdf
- Behera, S. K. ve Shukla, A. K. (2014). Total and extractable manganese and iron in some cultivated acid soils of India: Status, distribution and relationship with some soil properties. *Pedosphere*, 24(2), s.196-208. doi:10.1016/S1002-0160(14)60006-0
- Bergmann, W. (Ed). (1992). *Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis*. New York.
- Cai, F., Pang, G., Li, R. X., Li, R., Gu, X. L., Shen, Q. R. ve Chen, W. (2017). Bioorganic fertilizer maintains a more stable soil microbiome than chemical fertilizer for monocropping. *Biology and Fertility of Soils*, 53, s.861-872. doi: 10.1007/s00374-017-1216-y
- Carr, M. K. V. (1972). The climatic requirements of the tea plant: A review. *Experimental Agriculture*, 8(1), s.1-14. doi:10.1017/S0014479700023449
- Carr, M. K. V. (1974). Irrigating seedling tea in Southern Tanzania: effects on total yields, distribution of yield and water use. *The Journal of Agricultural Science*, 83(2), s.363-378. doi:10.1017/S0021859600052072
- Carr, M. K. V. ve Stephens, W. (1992). Climate, weather and the yield of tea. In *Tea: Cultivation to consumption Dordrecht: Springer Netherlands*, s. 87-135.
- Chai, Q., Gan, Y., Turner, N. C., Zhang, R. Z., Yang, C., Niu, Y. ve Siddique, K. H. (2014). Water-saving innovations in Chinese agriculture. *Advances in agronomy*, 126, s.149-201. doi:10.1016/B978-0-12-800132-5.00002-X
- Chakravartee, J. (1996). Effect of sulphur on yield and quality of tea in NE India. In *Proceedings of 95*, s. 314-318.
- Chandrakala, M., Ramesh, M., Sujatha, K., Hegde, R. ve Singh, S. K. (2018). Soil fertility evaluation under different land use system in tropical humid region of Kerala, India. *International Journal of Plant & Soil Science*, 24(4), s.1-13. doi.org/10.9734/IJPSS/2018/40099
- Chaparro, J. M., Sheflin, A. M., Manter, D. K. ve Vivanco, J. M. (2012). Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant

- fertility. *Biology and Fertility of Soils*, 48, s.489-499. doi:10.1007/s00374-012-0691-4
- Chen, F. S., Niklas, K. J., Liu, Y., Fang, X. M., Wan, S. Z. ve Wang, H. (2015). Nitrogen and phosphorus additions alter nutrient dynamics but not resorption efficiencies of Chinese fir leaves and twigs differing in age. *Tree physiology*, 35(10), s.1106-1117. doi:10.1093/treephys/tpv076
- Chen, Y. M., Wang, M. K., Zhuang, S. Y. ve Chiang, P. N. (2006). Chemical and physical properties of rhizosphere and bulk soils of three tea plants cultivated in Ultisols. *Geoderma*, 136(1-2), s.378-387. doi:10.1016/j.geoderma.2006.04.003
- Chen, Y. P., Tsai, C. F., Rekha, P. D., Ghate, S. D., Huang, H. Y., Hsu, Y. H., ... ve Young, C. C. (2021). Agricultural management practices influence the soil enzyme activity and bacterial community structure in tea plantations. *Botanical Studies*, 62(1), s.1-13. doi.org/10.1186/s40529-021-00314-9
- Chenery, E. M. ve Schoenmaekers, J. (1959). Magnesium deficiency in East African tea. *The East African Agricultural Journal*, 25(1), s. 25-27. doi:10.1080/03670074.1959.11665228
- Cheng, D. J., He, L. J., Xu, Y. M., Kuang, H. Y. ve Zhang, H. (2014). Analysis of the effect about young tea plantation intercropping soybean in Tonglu County, Zhejiang province. *China Tea Processing*, 1, 3.
- Cheruiyot, E. K., Mumera, L. M., Ng'etich, W. K., Hassanali, A., ve Wachira, F. N. (2008). *Threshold soil water content for growth of tea [Camellia sinensis (L.) O. Kuntze]*. Kericho:Tea Research Foundation of Kenya
- Coblinski, J. A., Giasson, É., Demattê, J. A., Dotto, A. C., Costa, J. J. F., ve Vašát, R. (2020). Prediction of soil texture classes through different wavelength regions of reflectance spectroscopy at various soil depths. *Catena*, 189, 104485, s.1-12. doi:10.1016/j.catena.2020.104485
- Crowther, T. W., Todd-Brown, K. E., Rowe, C. W., Wieder, W. R., Carey, J. C., Machmuller, M. B., ... ve Bradford, M. A. (2016). Quantifying global soil carbon losses in response to warming. *Nature*, 540(7631), s.104-108. doi:10.1038/nature20150
- Çakmakçı, R., Dönmez M. F., Ertürk Y., Erat M., Haznedar A. ve Sekban R. (2010). Diversity and metabolic potential of culturable bacteria from the

- rhizosphere of Turkish tea grown in acidic soils. *Plant and Soil*, 332 (1-2), s.299-318. doi:10.1007/s11104-010-0295-4
- Çakmakçı R., Ertürk Y., Atasever A., Kotan R., Erat M., Varmazyari A., Türkyılmaz K, ...ve Haznedar A. (2016). Development of plant growth-promoting bacteria based bio-formulations using liquid and solid carrier and evaluation of their influence on growth parameters and enzyme activity of tea plants. *Jornal of Central Research Institute for Field Crops*, 25(2), s.313-321. doi: 10.21566/tarbitderg.282858
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Dönmez, M. F., Mustafa, E. R. A. T., Kutlu, M., Sekban, R. ve Haznedar, A. (2012). Azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin Muradiye 10 çay klonunda gelişme, verim ve besin alımı üzerine etkisi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(2), s.176-181. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/412942>
- Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü. (2009). Faaliyet Raporu [https://www.caykur.gov.tr/uploads/Yay%C4%B1nlar/Faaliyet%20raporlar%C4%B1/2009\\_FAAL%C4%B0YET\\_RAPORU.pdf](https://www.caykur.gov.tr/uploads/Yay%C4%B1nlar/Faaliyet%20raporlar%C4%B1/2009_FAAL%C4%B0YET_RAPORU.pdf) (Erişim tarihi 15.10.2024)
- Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü. (2023). Faaliyet Raporu <https://www.caykur.gov.tr/CMS/Design/Sources/Dosya/Yayinlar/881.pdf> (Erişim tarihi 15.10.2024)
- Da Silva, R.L., Sebvartnam, L. A. 1968. *Tea Quarterly*. 39, s.42-49.
- Dai, Z., Zhang, X., Tang, C., Muhammad, N., Wu, J. ve Brookes, P.C., (2017). Potential role of biochar in decreasing soil acidification - a critical review. *Sci. Total Environ.* 581, s.601-611. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.12.169
- Das, A. K., Rahman, M. A., Mitra, P., Sukhwani, V., Shaw, R., Mitra, B. K., ... ve Morey, B. (2022). Up-scaling organic agriculture to enhance food and water security in South Asia. *Organic Agriculture*, 12(4), s.475-494. doi:10.1007/s13165-022-00403-4
- Das, S.K. (2018). Doubling farmers' income through soil acidity management in NEH region of India. *Popular Kheti*, 6: 3.
- Davidson, E. A., Richardson, A., Savage, K. ve Hollinger, D. (2006). A distinct seasonal pattern of the ratio of soil respiration to total ecosystem

- respiration in a spruce-dominated forest, *Global Change Biology*, 12(2), s.230-239. doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.01062.x
- De Costa W.J., Mohotti A. ve Wijeratne M. (2007). Ecophysiology of tea. *Braz. J. Plant Physiol.* 19: s.299- 332. doi:10.1590/S1677-04202007000400005
- De Haan, I., ve Schoorel, A. F. (1940). Potassium deficiency in tea growing. *Archief voor de theecultuur*, 14, s.43-81.
- Deka A., Deka P.C. ve Mondal T.K. (2006). *Tea*. In V. Parthasarathy A., Chattopadhyay P. K. ve Bose T. K. (Ed.), *Plantation crops-I* (s. 1–148). Calcutta: Naya Udyog
- Dharumarajan, S., Hegde, R., Lalitha, M., Kalaiselvi, B. ve Singh, S. K. (2019). Pedotransfer functions for predicting soil hydraulic properties in semi-arid regions of Karnataka Plateau, India. *Current Science*, 116(7), s.1237-1246. doi: 10.18520/cs/v116/i7/1233-1237
- Ding, R. X. ve Huang, X. A. (1991). Biogeochemical cycle of aluminium and fluorine in a tea garden soil system and its relationship to soil acidification. *Acta Ped-ologica Sinica*, 28, s.229–236.
- Ding, Z., Jia, S., Wang, Y., Xiao, J. ve Zhang, Y. (2017). Phosphate stresses affect ionome and metabolome in tea plants. *Plant physiology and biochemistry*, 120, 30-39. doi:10.1016/j.plaphy.2017.09.007
- Do, N.Q. (1980). *Tea Cultivation*. (s.10-106). Hanoi, Vietnamese: Agricultural Publishing House.
- Doanh, N. K., Thuong, N. T. T. ve Heo, Y. (2018). Impact of conversion to organic tea cultivation on household income in the mountainous areas of Northern Vietnam. *Sustainability*, 10(12), 4475, s.1-21. doi:10.3390/su10124475
- Dutta, S.K. (1959) Manures in tea. Two and a bud, 6(3), s. 9-13.
- Exley, C. ve Korchazhkina, O. V. (2001). Promotion of formation of amyloid fibrils by aluminium adenosine triphosphate (AlATP). *Journal of inorganic Biochemistry*, 84(3-4), s.215-224. doi:10.1016/S0162-0134(01)00171-4
- Fang, K., Kou, D., Wang, G., Chen, L., Ding, J., Li, F., ... ve Yang, Y. (2017). Decreased soil cation exchange capacity across northern China's grasslands over the last three decades. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 122(11), s.3088-3097. doi:10.1002/2017JG003968

- Fung, K. F. ve Wong, M. H. (2004). Application of different forms of calcium to tea soil to prevent aluminium and fluorine accumulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(12), s.1469-1477. doi:10.1002/jsfa.1842
- Gamage, A., Gangahagedara, R., Gamage, J., Jayasinghe, N., Kodikara, N., Suraweera, P. ve Merah, O. (2023). Role of organic farming for achieving sustainability in agriculture. *Farming System*, 1(1), 100005, s. 1-14. doi:10.1016/j.farsys.2023.100005
- Gangopadhyay, S. K., Nayak, D. C. ve Singh, S. K. (2016). Characteristics of tea growing soils in relation to soil acidity in upper Brahmaputra valley of Assam. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 64(4), s. 341-350. doi:10.5958/0974-0228.2016.00047.5
- Gao, L., Lv, Y., Wang, D., Muhammad, T., Biswas, A. ve Peng, X. (2016). Soil water storage prediction at high space-time resolution along an agricultural hillslope. *Agricultural Water Management*, 165, s.122-130. doi:10.1016/j.agwat.2015.11.012
- Gao, S. L., Hu, S. S., He, P., Feng, K., Pan, R. Y., Zhang, S., ...ve Lin, J. K. (2020). Effects of reducing chemical fertilizer on the quality components of Tieguanyin tea leaves. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 559(1), s. 012020 doi:10.1088/1755-1315/559/1/012020
- Gill, A. ve Sharma, V. K. (2022). Evaluation of Soil Physico-Chemical and Biological Properties under Different Tea (*Camellia sinensis*) Gardens of Himachal Pradesh, India. *Journal of Agriculture Research and Technology*, 47, s.87-94. doi:10.56228/JART.2022.SP114
- Gong, S., Hodgson, J. A., Tschardtke, T., Liu, Y., van der Werf, W., Batáry, P., ... ve Zou, Y. (2022). Biodiversity and yield trade-offs for organic farming. *Ecology letters*, 25(7), s. 1699-1710. doi:10.1111/ele.14017
- Graham, C., Ramos-Pezzotti, M. ve Lehman, M. (2021). Short-term impacts to the soil microbial population during grassland conversion to cropland. *Soil and Tillage Research*, 206, 104839, s. 1-7. doi:10.1016/j.still.2020.104839
- Güçdemir, İ. H. (2006). Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Ankara, Türkiye: Toprak Gübre ve Su Kaynakları merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.



- Guo, A., Ding, L., Tang, Z., Zhao, Z. ve Duan, G. (2019). Microbial response to CaCO<sub>3</sub> application in an acid soil in southern China. *Journal of Environmental Sciences*, 79, s. 321-329. doi:10.1016/j.jes.2018.12.007
- Guo, J. H., Liu, X. J., Zhang, Y., Shen, J. L., Han, W. X., Zhang, W. F., ... ve Zhang, F. S. (2010). Significant acidification in major Chinese croplands. *Science*, 327(5968), s. 1008-1010. doi: 10.1126/science.1182570
- Hacısalıhoğlu, S., Gumus, S. ve Kezik, U. (2018). Land use conversion effects triggered by tea plantation on landslide occurrence and soil loss in northeastern anatolia, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5): s. 2933-2942.
- Hajiboland R (2017) Environmental and nutritional requirements for tea cultivation. *Folia Hort.* 29, s. 199–220. doi: 10.1515/fhort-2017-0019
- Hajiboland, R., Bahrami Rad, S., Barceló, J. ve Poschenrieder, C. (2013). Mechanisms of aluminum-induced growth stimulation in tea (*Camellia sinensis*). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(4), s.616-625. doi:10.1002/jpln.201200311
- Hajiboland, R. (2018). Nutrient deficiency and abundance in tea plants: metabolism to productivity. *Stress Physiology of Tea in the Face of Climate Change*, s.173-215. doi:10.1007/978-981-13-2140-5\_9
- Han, W., Kemmitt, S. J. ve Brookes, P. C. (2007). Soil microbial biomass and activity in Chinese tea gardens of varying stand age and productivity. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(7), s.1468-1478. doi:10.1016/j.soilbio.2006.12.029
- Han, W. Y., Zhao, F. J., Shi, Y. Z., Ma, L. F., ve Ruan, J. Y. (2006). Scale and causes of lead contamination in Chinese tea. *Environmental Pollution*, 139(1), 125-132. doi:10.1016/j.envpol.2005.04.025
- Haneklaus, S., Bloem, E., De Kok, L. J., Yang, Z., Wang, S. ve Schnug, E. (2007). The potential of sulfur induced resistance against plant diseases of oilseed rape. In *Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress* (s. 43-46). Science Press.
- Harler, C.R. (1967). Trace and other elements in tea leaf. *World Crops*, 19(4), s. 48-49.
- Hawkesford M, Horst W, Kichey T, Lambers H, Schjoerring J, Skrumsager I. ve White P (2012). *Function of macronutrients*. In: Marschner P (Ed)

- Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic, London, s. 135–189.
- Hawkesford, M. J. ve De Kok, L. J. (2006). Managing sulphur metabolism in plants. *Plant, Cell & Environment*, 29(3), s.382-395. doi:10.1111/j.1365-3040.2005.01470.x
- Hayatsu, M. (1993a). The lowest limit of pH for nitrification in tea soil and isolation of an acidophilic ammonia oxidizing bacterium. *Soil Sci. and Plant Nutr.*, 39: s. 219- 226. doi:10.1080/00380768.1993.10416993
- Hayatsu, M. (1993b). Soil microflora and microbial activities in acid tea soils. *Bulletin of the National Research Institute of Vegetable, Ornamental Plants and Tea. Series B Japan*, 6, s.73-82.
- He, Y., Pantigoso, H. A., Wu, Z. ve Vivanco, J. M. (2019). Co-inoculation of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas putida* at different development stages acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of tomato. *Journal of Applied Microbiology*, 127(1), s.196-207. doi:10.1111/jam.14273
- Holka, M., Kowalska, J. ve Jakubowska, M. (2022). Reducing carbon footprint of agriculture—can organic farming help to mitigate climate change? *Agriculture*, 12(9), 1383, s.1-21. doi:10.3390/agriculture12091383
- Hoshina, T. (1985): Studies on absorption and utilization of fertilizer nitrogen by tea plants. *Bull. Nat. Res. Inst. Tea (Japan)*, 20, s.1–89. in Japanese with English summary.
- Huang, D., Wang, Y., Chen, X., Wu, J., Wang, H., Tan, R., ... ve Mao, Y. (2022). Application of tea-specific fertilizer combined with organic fertilizer improves aroma of green tea. *Horticulturae*, 8(10), 950, s. 1-13. doi:10.3390/horticulturae8100950
- Huang, Y., Jiang, H., Wang, W. F., Wang, W. ve Sun, D. (2021). Soil moisture content prediction model for tea plantations based on SVM optimised by the bald eagle search algorithm. *Cognitive Computation and Systems*, 3(4), s.351-360. doi:10.1049/ccs2.12034
- Hui, W., Ren-Kou, X., Ning, W. ve Xing-Hui, L. (2010). Soil acidification of Alfisols as influenced by tea cultivation in eastern China. *Pedosphere*, 20(6), s.799-806. doi:10.1016/S1002-0160(10)60070-7

- Ibrahim, M. M., Tong, C., Hu, K., Zhou, B., Xing, S. ve Mao, Y. (2020). Biochar-fertilizer interaction modifies N-sorption, enzyme activities and microbial functional abundance regulating nitrogen retention in rhizosphere soil. *Science of the Total Environment*, 739, 140065, s. 1-16. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140065
- Jaetzold R. ve Schmidt H., (1983). Farm management handbook of Kenya. Vol. II/B Central Kenya: Ministry of Agriculture, Kenya in Cooperation with German Agricultural Team (GAT) of German Agency of Technical Cooperation (GTZ).
- Jayasinghe S.L., Kumar L., ve Sandamali J. (2019). Assessment of potential land suitability for tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) in Sri Lanka using a GISbased multi-criteria approach. *Agriculture*, 9, 148, s.1-25. doi: 10.3390/agriculture9070148.
- Jessy M.D. (2010). Potassium management in plantation crops with special reference to tea, coffee and rubber. *Karnataka J. Agric. Sci.* 24, s.67-74.
- Jia, X., Huang, Y., Wang, Y. ve Sun, D. (2019). Research on water and fertilizer irrigation system of tea plantation. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 15(3), s.1-12. doi:10.1177/1550147719840182
- Jiang, Y., Wang, X., Zhao, Y., Zhang, C., Jin, Z., Shan, S. ve Ping, L. (2021). Effects of biochar application on enzyme activities in tea garden soil. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9:728530, s.1-8. doi:10.3389/fbioe.2021.728530
- Jiazhi, S., Xinfu, Z. ve Jianhui, H. (2014). Dynamic effects of excessive calcium on biochemical components in young shoots and root growth of tea. *Hubei Nongye Kexue*, 53, s. 4108–4111.
- Jibola-Shittu, M. Y., Heng, Z., Keyhani, N. O., Dang, Y., Chen, R., Liu, S., ... ve Qiu, J. (2024). Understanding and exploring the diversity of soil microorganisms in tea (*Camellia sinensis*) gardens: toward sustainable tea production. *Frontiers in Microbiology*, 15, s. 1-16. doi: 10.3389/fmicb.2024.1379879
- Jones JB Jr, Wolf B ve Mills HA (1991). *Plant analysis handbook*. Georgia, USA: MicroMacro Publishing.
- Kacar, B. (2010). *Çay: çay bitkisi, biyokimyası, gübrenmesi ve işleme teknolojisi*. Ankara: Nobel Yayınları.

- Kacar, B. (1984). *Fertilization of tea plant*. Ankara: General Directory of Tea Management, Çay-Kur Press, 4, 356.
- Kanjana, D. (2020). Foliar application of magnesium oxide nanoparticles on nutrient element concentrations, growth, physiological, and yield parameters of cotton. *J. Plant Nutr.* 43 (20), s. 3035–3049. doi: 10.1080/01904167.2020.1799001
- Karak, T., Bora, K., Paul, R.K, Das, S., Khare, P., Dutta, A.K. ve Boruah, R.K. (2017). Paradigm shift of contamination risk of six heavy metals in tea (*Camellia sinensis* L.) growing soil: A new approach influenced by inorganic and organic amendments. *J. Hazard. Mater.* 338, s. 250–264. doi: 10.1016/j.jhazmat.2017.05.036
- Karak, T., Paul, R. K., Boruah, R. K., Sonar, I., Bordoloi, B., Dutta, A. K., ve Borkotoky, B. (2015). Major soil chemical properties of the major tea-growing areas in India. *Pedosphere*, 25(2), s. 316-328. doi:10.1016/S1002-0160(15)60016-9
- Karunaratne, P. M. A. S., Wijeratne, M. A. ve Sangakkara, U. R. (1999). Osmotic adjustments and associated water relations of clonal tea (*Camellia sinensis* L.).
- Kondo T. ve Higuchi H. (2013). Effects of excess phosphorus application on passion fruit quality. *Tropical Agriculture and Development*, 57(4), s.109-113. doi:10.11248/jsta.57.109
- Kong, X., Dao, T. H., Qin, J., Qin, H., Li, C. ve Zhang, F. (2009). Effects of soil texture and land use interactions on organic carbon in soils in North China cities' urban fringe. *Geoderma*, 154(1-2), s. 86-92. doi:10.1016/j.geoderma.2009.09.016
- Kutlu, E. ve Namlı, A. (2020, February). *Development of a Biofertilizer for Tea Agriculture by Using Different Organic Materials and Bacteria Isolated From Tea Soils*. Industrial Biotechnology Congress 2020 (Oral presentation). Paris, France.
- Kumar, A., Nair, A. G. C., Reddy, A. V. R. ve Garg, A. N. (2005). Availability of essential elements in Indian and US tea brands. *Food Chemistry*, 89(3), s. 441-448. doi:10.1016/j.foodchem.2004.03.003
- Kwon, M. C., Kim, Y. X., Lee, S., Jung, E. S., Singh, D., Sung, J. ve Lee, C. H. (2019). Comparative metabolomics unravel the effect of magnesium

- oversupply on tomato fruit quality and associated plant metabolism. *Metabolites*, 9(10), 231. doi: 10.3390/metabo9100231
- Li, C. ve Chen, Y. (2018). Effects of external calcium on the cell ultrastructure of tea plants under aluminium and fluoride stress. *Fluoride*, 51(3), s. 243-251. Erişim adresi: [https://www.fluorideresearch.org/513/files/FJ2018\\_v51\\_n3\\_p243-251\\_sfs.pdf](https://www.fluorideresearch.org/513/files/FJ2018_v51_n3_p243-251_sfs.pdf)
- Li, P., Lin, Y. ve Hu, Y. (2015). Effects of compound application of organic and chemical fertilizers on growth, quality of tea plants and soil nutrient [J/OL]. *Transactions of the Chinese Society for Agriculhura/ Machinery*, 46, s. 64-69.
- Li, Q., Li, Y., Wu, X., Zhou, L., Zhu, X. ve Fang, W. (2017). Metal transport protein 8 in *Camellia sinensis* confers superior manganese tolerance when expressed in yeast and *Arabidopsis thaliana*. *Scientific Reports*, 7(1), 39915, s. 1-11. doi: 10.1038/srep39915
- Li, S., Li, H., Yang, C., Wang, Y., Xue, H. ve Niu, Y. (2016). Rates of soil acidification in tea plantations and possible causes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 233, s. 60-66. doi: 0.1016/j.agee.2016.08.036
- Li, T., Lang, S., Li, L., Zhang, S., Pu, Y., Wang, G., ... ve Jia, Y. (2021). Potassium availability in tea plantations of different ages grown on Alfisols: Content, dynamics, release, and composition of potassium-bearing minerals. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, s.1252-1262. doi.org/10.1007/s42729-021-00437-9
- Li, W., Huang, J., Qi, Y., Liu, X., Liu, J., Mao, Z. ve Gao, X. (2023). Meta-analysis of soil microbial biomass carbon content and its influencing factors under soil erosion. *Ecology and Environment*, 32(1), 47. doi:10.16258/j.cnki.1674-5906.2023.01.006
- Li, W., Zheng, Z., Li, T., Zhang, X., Wang, Y., Yu, H., ... ve Liu, T. (2015). Effect of tea plantation age on the distribution of soil organic carbon fractions within water-stable aggregates in the hilly region of Western Sichuan, China. *Catena*, 133, s.198-205. doi:10.1016/j.catena.2015.05.017
- Li, J. W., Li, X., Hao, G. S., Zhang, F. F., Ruan, L. ve Wang, W. Z. (2021). Rhizosphere processes of tea (*Camellia sinensis*) plants under spatial

- heterogeneity of soil potassium. *Rhizosphere*, 17, 100299. doi:10.1016/j.rhisph.2020.100299
- Li, Z. (1979). Diagnosis of potassium requirement in tea garden. *J. Tea Commun.*, 41, s.54–57.
- Liang H ve Shang Q. (2013). Effects of excess or deficient phosphorus on growth and development of cucumber and tomato plug seedling. *China Cucurbits and Vegetables*, 26, s.17–20.
- Liang, L. L., Song, Y. K., Qian, W. J., Ruan, J. Y., Ding, Z. T., Zhang, Q. F. ve Hu, J. H. (2021). Metabolomics analysis reveals the responses of tea plants to excessive calcium. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(13), s. 5678-5687. doi:10.1002/jsfa.11222
- Lin, S., Liu, Z., Wang, Y., Li, J., Wang, G., Zhang, W., ... ve He, H. (2023). Soil acidification associated with changes in inorganic forms of N reduces the yield of tea (*Camellia sinensis*). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(9), s.1660-1673. doi:10.1080/03650340.2022.2104452
- Lin, W., Lin, M., Zhou, H., Wu, H., Li, Z. ve Lin, W. (2019). The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. *PloS one*, 14(5), s.1-16. doi:10.1371/journal.pone.0217018
- Lin, Z. H., Chen, C. S., Zhong, Q. S., Ruan, Q. C., Chen, Z. H., You, X. M., ... ve Li, X. L. (2021). The GC-TOF/MS-based Metabolomic analysis reveals altered metabolic profiles in nitrogen-deficient leaves and roots of tea plants (*Camellia sinensis*). *BMC Plant Biology*, 21, s.1-13. doi:10.1186/s12870-021-03285-y
- Lin, Z. H., Qi, Y. P., Chen, R. B., Zhang, F. Z. ve Chen, L. S. (2012). Effects of phosphorus supply on the quality of green tea. *Food Chemistry*, 130(4), s. 908-914. doi:10.1016/j.foodchem.2011.08.008
- Lin, Z. H., Chen, L. S., Chen, R. B. ve Zhang, F. Z. (2012). Antioxidant system of tea (*Camellia sinensis*) leaves in response to phosphorus supply. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34, s.2443–2448. doi:10.1007/s11738-012-1034-7
- Lindsay, W. L. ve Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*, 42(3), s.421-428. doi:10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x

- Liu, B., Zhang, Y., Yi, X., Zheng, H., Ni, K., Ma, Q., ... ve Ruan, J. (2025). Partially replacing chemical fertilizer with manure improves soil quality and ecosystem multifunctionality in a tea plantation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 378, 109284. doi: 10.1016/j.agee.2024.109284
- Liu, M. Y., Tang, D., Shi, Y., Ma, L., Zhang, Q. ve Ruan, J. (2021). Foliar N application on tea plant at its dormancy stage increases the N concentration of mature leaves and improves the quality and yield of spring tea. *Frontiers in Plant Science*, 12, 753086. doi:10.3389/fpls.2021.753086
- Liu, R. C., Xiao, Z. Y., Hashem, A., Abd\_Allah, E. F., Xu, Y. J. ve Wu, Q. S. (2021). Unraveling the interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and *Camellia* plants. *Horticulturae*, 7(9), 322, s.1-12. doi:10.3390/horticulturae7090322
- Liu, S. L., Dong, Y. H., Yin, Y. J., Cheng, F. Y. ve Dong, S. K. (2016). Effects of organic management measures for tea plantations on control of soil erosion in a typical hilly region in Yunnan Province. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 32(5), s.788-793. doi:10.11934/j.issn.1673-4831.2016.05.015
- Liu, Z., Yang, D., Zhang, G., Zheng, L., Chen, C., Sun, X. ve Yu, F. (2023). Effects of soil physical and chemical properties on the quality of Nanjing 'Yuhua' tea, a type of famous green tea. *Horticulturae*, 9(2), 189, s.1-10. doi:10.3390/horticulturae9020189
- Luo, Y.P. (Ed.) *Cultivation of Tea Plants*. Beijing, China: China Agricultural Publishing House.
- Ma, L., Zhu, Y., Geng, S. ve Ruan, J. (2022). Response of nutritional status and tea quality to the rate and substitution of chemical fertilizers with organic manure. *Horticulturae*, 8(12), 1198, s. 1-13. doi:10.3390/horticulturae8121198
- Mabuhay, J. A., Nakagoshi, N. ve Isagi, Y. (2004). Influence of erosion on soil microbial biomass, abundance and community diversity. *Land Degradation & Development*, 15(2), s.183-195. doi:10.1002/ldr.607
- Madhu, M., Sahoo, D. C., Sharda, V. N. ve Sikka, A. K. (2011). Rainwater-use efficiency of tea (*Camellia sinensis* (L.)) under different conservation

- measures in the high hills of south India. *Applied Geography*, 31(2), s.450-455. doi:10.1016/j.apgeog.2010.11.003
- Malik, A. A., Puissant, J., Buckeridge, K. M., Goodall, T., Jehmlich, N., Chowdhury, S., ... ve Griffiths, R. I. (2018). Land use driven change in soil pH affects microbial carbon cycling processes. *Nature communications*, 9(1), 3591, s.1-10. doi:10.1038/s41467-018-05980-1
- Mann, H. H. (1935). *Tea soils*. Harpenden, England: Imperial Bureau of Soil Science.
- Mann, H. H. ve Gokhale, N. G. (1960). Soils of tea growing tracts of India. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 8, s.191-200.
- Mao, Q., Hu, B., Agathokleous, E., Wang, L., Koike, T., Ma, M., ve Rennenberg, H. (2022). Biochar application improves karstic lime soil physicochemical properties and enzymes activity and enhances sweet tea seedlings physiological performance. *Science of the Total Environment*, 830, 154815. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.154815
- McFarland, M. L., Haby, V. A., Redmon, L. A. ve Bade, D. H. (2024). Managing soil acidity. *SCS-2001-05*. Erişim adresi: <https://oaktrust.library.tamu.edu/server/api/core/bitstreams/57545bb1-c303-4f24-b77b-2d1dcf1c720e/content>
- Mclachlan, D.R.C. 1995. Aluminium and risk for Alzheimer's disease. *Environmetrics*, 6: s.233-275. doi:10.1002/env.3170060303
- Merhaut, D. J. (2007). *Handbook of Plant Nutrition*. Chapter 6-Magnesium. Erişim adresi: [https://www.kufunda.net/publicdocs/Barker-2007-Handbook\\_of\\_Plant\\_Nutrition.pdf](https://www.kufunda.net/publicdocs/Barker-2007-Handbook_of_Plant_Nutrition.pdf)
- Müftüoğlu, N. M., Yazıcı, G., Özer, S. P. ve Tanyel, G. (2013, Haziran). Doğu Karadeniz Bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların bazı özellikler bakımından değerlendirilmesi. 6. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi (s.61-64). Nevşehir, Türkiye
- Müftüoğlu, N. M., Özer, S. P., Tanyel, G. ve Kabaoğlu, A. (2012). Doğu Karadeniz bölgesinde çay tarımı yapılan topraklarda bazı bitki besin maddelerinde zamana bağlı olarak meydana gelen değişimler. Ankara: Kriter Yayınevi.
- Müftüoğlu, N. M., Yüce, E., Turna, T., Kabaoğlu, A., Özer, S. P. ve Tanyel, G. (2010). Çay tarımı yapılan alanların bazı toprak ve bitki özelliklerinin



- değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Özel Sayı*, 5, s.15-17.
- Muoki, C. R., Maritim, T. K., Oluoch, W. A., Kamunya, S. M. ve Bore, J. K. (2020). Combating climate change in the Kenyan tea industry. *Frontiers in plant science*, 11, 339. doi:10.3389/fpls.2020.00339
- Nakai, M. (2014). *Role of Biopesticides in Tea from a Japanese Perspective: Viral Control of Tea Pests in Japan and the Effects of Virus Infection on Domestic Endoparasitoids*. In: O. Koul, G. S. D., S. Khokhar, Ram Singh (Ed.) *Biopesticides in Sustainable Agriculture Progress and Potential*. Tokyo, Japan: Tokyo University of Agriculture and Technology.
- Namlı, A., Farasat, S Akça M. O. ve Özer, N. (2024, Eylül). *Determination of the Effects of Compost and Liming Obtained from Tea Wastes on Some Soil Properties*. Oral presentation. 11. International Soil Congress, Nevşehir, Türkiye.
- Namlı, A., Kutlu, A. Çakmakçı, R., Turgay, C. ve Taban, S. (2020). Çay Atıklarından Elde Edilen Biyokömürün Mikrobiyel Taşıyıcı Olarak Çay Gelişimi ve Çay Topraklarının Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerine Etkisi. TÜBİTAK 1003Projesi. Proje No: 117O767.
- Nath, T.N. (2015). Physicochemical Properties and its Relationship with Water Holding Capacity of Roadside Tea Cultivated Soils in Dibrugarh District of Assam, India. *Indian Journal of Advances in Chemical Science*, 3(3): s.288-292. Erişim adresi: <https://www.ijacskros.com/artcles/IJACS-M155.pdf>
- Neina, D. (2019). The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. *Applied and environmental soil science*, 2019(1), 5794869, s.1-9. doi:10.1155/2019/5794869
- Nelson, S. (2006). Zinc deficiency in tea (*Camellia sinensis*). Erişim adresi: <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/27c2ed01-bdd1-4acf-90e1-14274475ad99/content>
- Neumann, G. ve Römheld, V. (2012). Rhizosphere chemistry in relation to plant nutrition. In *Marschner's mineral nutrition of higher plants*, s.347-368. doi:10.1016/B978-0-12-384905-2.00014-5
- Ni, K., Liao, W. Y., Yi, X. Y., Niu, S. Y., Ma, L. F., Shi, Y. Z., ... ve Ruan, J. Y. (2019). Fertilization status and reduction potential in tea gardens of

- China. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 25(3), s.421-432. doi:10.11674/zwyf.18078
- Njoloma, C. (2012). Application of foliar sprays containing copper, zinc and boron to mature clonal tea (*Camellia sinensis*): effect on yield and quality. University of Pretoria (South Africa).
- Obatolu, C. R. (1999). Correction of magnesium deficiency in tea plants through foliar applications. *Communications in soil science and plant analysis*, 30(11-12), s.1649-1655. doi:10.1080/00103629909370317
- Othieno, C. O. (1973) Physical characterisation of soils, in Annual Report, Tea Research Institute of East Africa, Kericho, Kenya, s. 38-41.
- Othieno, C. O. (1980) Effects of mulches on soil water content and water status of tea plants in Kenya. *Experimental Agriculture*, 16, s. 295-302. doi:10.1017/S0014479700011054
- Othieno, C. O. (1982). Diurnal variations in soil temperature under tea plants. *Experimental Agriculture*, 18(2), s.195-202. doi: 10.1017/S0014479700013673
- Owuor, P.O. (1997). Fertilizer use in tea: the case of nitrogen. *Tea* 18, s.132–143.
- Özcan H, Dengiz, O. ve Erşahin, S. (2017). Soils of Turkey (ed: Kapur, S., Akça, E., Günal, H). Alisols-Acrisols. World Soils Book Series, Springer, s. 207-215.
- Özdemir, F., Topuz, A. ve Erbaş, M. (1999). Mineral Contents of Different Classes of Black Tea Produced by Orthodox and Çaykur Methods. *Tr.J. Agric. For.*, 23(4): s. 809-815 (in Turkish).
- Özdemir, N., Önal, T. ve Durmuş, T. K. (2020). Organik ve geleneksel çay tarımı uygulamalarının bazı toprak kalite parametreleri ile mikro besin elementi elverişliliği üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8(1), s.61-68. doi:10.33409/tbbbd.757336
- Ozdemir, Z., Zannou, O. ve Koca, I. (2022). Assessment of the aluminium contents of black tea and black tea infusions. *Discover Food*, 2(1), 13. doi:10.1007/s44187-022-00014-8
- Özer., P. (2000). Çay topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi projesi 1999 yılı raporu. Çay Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Rize.
- Özkan, F. ve Demir, Y. (2023). Rize ilinde geleneksel ve organik çay tarımı yapılan alanların topraklarında bazı verimlilik parametreleri ile ağır

- metal içeriklerinin karşılaştırılması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(2), 1405-1417. doi:10.21597/jist.1114164
- Özkutlu, F., Akkaya, Ö., Ete, Ö., Şahin, Ö. ve Korkmaz, K. (2015). Rize İlindeki bazı çay bahçelerinin toprak ve yaprak analizi ile besin element düzeylerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 19(2), s.94-103. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/harranziraat/issue/18451/194262>
- Özyazıcı, M. A., Dengiz, O. ve Aydoğan, M. (2013). Çay yetiştirilen tarım topraklarının reaksiyon değişimleri ve alansal dağılımları. *Toprak Su Dergisi*, 2(1), s.23-29.
- Özyazıcı, M. A., Özyazıcı, G. ve Dengiz, O. (2011). Determination of micronutrients in tea plantations in the eastern Black Sea Region, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 6(22), s.5174-5180. doi: 10.5897/AJAR11.1246
- Pahlavan-Rad, M. R. ve Akbarimoghaddam, A. (2018). Spatial variability of soil texture fractions and pH in a flood plain (case study from eastern Iran). *Catena*, 160, s.275-281. doi:10.1016/j.catena.2017.10.002
- Pekal, A., Biesaga, M. ve Pyrzynska, K. (2013). Trace metals and flavonoids in different types of tea. *Food Science and Biotechnology*, 22, s.925-930. doi: 10.1007/s10068-013-0165-y
- Pethiyagoda, U. ve Krishnapillai, S. (1970). Studies on the mineral, nutrition of tea 2: experimentally induced major nutrient deficiency symptoms. Erişim adresi: <https://dl.nsf.gov.lk/dl/api/core/bitstreams/f8cbb39a-4c79-44fc-a0ba-09b06c91e7f4/content>
- Pethiyagoda, U. ve Krishnapillai, S. (1971). Studies on the mineral nutrition of tea. 3-Experimentally-induced minor nutrient deficiency symptoms. *Tea Quarterly*, 42, s.19-29.
- Pilbeam, D.J. ve Morley P.S. (2007). *Calcium*. In: Allen V, Barker AV, Pilbeam DJ (Ed) Handbook of plant nutrition (s. 121–144). Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group.
- Poschenrieder, C., Tolra, R., Hajiboland, R., Arroyave, C. ve Barceló, J. (2015). Mechanisms of hyper-resistance and hyper-tolerance to aluminum in plants. *Aluminum stress adaptation in plants*, s. 81-98. doi: 10.1007/978-3-319-19968-9

- Pregitzer, K. S. ve King, J. S. (2005). *Effects of soil temperature on nutrient uptake*. In Nutrient acquisition by plants: an ecological perspective (s. 277-310). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Qiu, Z., Li, A., Huang, W., Chen, J., Lin, X., Yao, J., ... ve Zheng, P. (2024). Metabolic profiling reveal changes in shoots and roots of nitrogen-deficient tea plants (*Camellia sinensis* cv. Jinxuan). *Scientia Horticulturae*, 337, 113528, s. 1-12. doi: 10.1016/j.scienta.2024.113528
- Rana, M. M. (2022). Spatio-Temporal Variation in Soil Moisture at Two Tea Plantation Areas of Bangladesh Tea Research Institute. *Tea J. Bangladesh*. 48, s. 31-45.
- Ranganatha, V. ve Natesan, S. (1985). Potassium nutrition of tea. *Potassium in agriculture*, s. 981-1022. doi: 10.2134/1985.potassium.c42
- Rosser, B. ve Ross, C. (2011). Recovery of pasture production and soil properties on soil slip scars in erodible siltstone hill country, Wairarapa, New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 54, s. 23-44. doi: 10.1080/00288233.2010.535489
- Ruan, J., Ma, L. ve Shi, Y. (2013). Potassium management in tea plantations: Its uptake by field plants, status in soils, and efficacy on yields and quality of teas in China. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(3), s. 450-459. doi: 10.1002/jpln.201200175
- Ruan, J., Ma, L. ve Yang, Y. (2012). Magnesium nutrition on accumulation and transport of amino acids in tea plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(7), s. 1375-1383. doi: 10.1002/jsfa.4709
- Ruan, J., Gerendás, J., Hårdter, R. ve Sattelmacher, B. (2007). Effect of nitrogen form and root-zone pH on growth and nitrogen uptake of tea (*Camellia sinensis*) plants. *Annals of botany*, 99(2), s. 301-310. doi: 10.1093/aob/mcl258
- Ruan, J. ve Wong, M. H. (2001). Accumulation of fluoride and aluminium related to different varieties of tea plant. *Environmental Geochemistry and Health*, 23, s. 53-63.
- Sahrawat, K. L., Wani, S. P., Pardhasaradhi, G. ve Murthy, K. V. S. (2010). Diagnosis of secondary and micronutrient deficiencies and their management in rainfed agroecosystems: case study from Indian semi-arid tropics. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41(3), s. 346-360. doi: 10.1080/00103620903462340

- Sandanam, S. ve Fonseka, J.P. (1974). The effect of root aeration on the growth of young tea plants in water cultur. *Tea Quarterly*. 44 (2-3), s. 113-119. Erişim adresi: <https://dl.nsf.gov.lk/dl/api/core/bitstreams/7cd4e0be-db57-4033-95db-49b7dae40813/content>
- Sarımeahmet, M. (1983). Çay ziraatında kullanılan azotlu gübrelere Amonyum sulfat, Amonyum Nitrat ve üre) topraktaki elverişli potasyumun yıkanması üzerine etkileri ile ilgili bir araştırma ihtisas tezi . Rize: Çay Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Sarımeahmet, M. ve Mahmutoğlu, H., (1991). Çayın gübrelenmesi ile ilgili bazı görüş ve öneriler. Erişim adresi: <http://biriz.biz/cay/cayingubrelenmesi1991.pdf>
- Saygın, F., Şavşatlı, Y., Dengiz, O., Namlı, A., Karataş, A., Şenol, N. D., ... ve Demirkaya, S. (2023). Soil quality assessment based on hybrid computational approach with spatial multi-criteria analysis and geographical information system for sustainable tea cultivation. *The Journal of Agricultural Science*, 161(2), s.187-204. doi:10.1017/S0021859623000138
- Scott, R. M. (1962). Summary of soil survey observations on the Sambret valley. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 27(sup1), 22-22. doi:10.1080/00128325.1962.11661786
- Scull, P. R. ve Harman, J. R. (2004). Forest distribution and site quality in southern Lower Michigan, USA. *Journal of biogeography*, 31(9), s.1503-1514. doi:10.1111/j.1365-2699.2004.01121.x
- Senapati, B. K., Lavelle, P., Panigrahi, P. K., Giri, S. ve Brown, G. G. (2002). Restoring soil fertility and enhancing productivity in Indian tea plantations with earthworms and organic fertilizers. In Program, Abstracts and Related Documents of the International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture, *Série Documentos*, 182, s. 172-190.
- Sezer, E. K. (2021). Çay atıklarından elde edilen biyokömürün mikrobiyel taşıyıcı olarak çay gelişimi ve çay topraklarının kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkisi (Doktora Tezi). Ulusal tez merkezi veri tabanından erişildi. (Tez No: 726584)
- Shameer, S. ve Prasad, T. N. V. K. V. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria for sustainable agricultural practices with special reference

- to biotic and abiotic stresses. *Plant Growth Regulation*, 84, s.603-615. doi.org/10.1007/s10725-017-0365-1
- Shao, Y. D., Hu, X. C., Wu, Q. S., Yang, T. Y., Srivastava, A. K., Zhang, D. J., ... ve Kuča, K. (2021). Mycorrhizas promote P acquisition of tea plants through changes in root morphology and P transporter gene expression. *South African Journal of Botany*, 137, s.455-462. doi:10.1016/j.sajb.2020.11.028
- Sharma, V. ve Gunasekare, K. (2018). Assessing and reducing the environmental impact of tea cultivation Thushari Lakmini Wijeratne, Tea Research Institute, Sri Lanka. *Global tea science*. Burleigh Dodds Science Publishing.
- Shi, R. Y., Ni, N., Nkoh, J. N., Li, J. Y., Xu, R. K. ve Qian, W. (2019). Beneficial dual role of biochars in inhibiting soil acidification resulting from nitrification. *Chemosphere*, 234, s.43-51. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.06.030
- Shrestha, G. ve Thapa, R. B. (2015). Tea pests and pesticide problems and integrated management. *Journal of Agriculture and Environment*, 16, s.188-200.
- Shukla, D., Rinehart, C. A. ve Sahi, S. V. (2017). Comprehensive study of excess phosphate response reveals ethylene mediated signaling that negatively regulates plant growth and development. *Scientific reports*, 7(1), 3074, s.1-16. doi:10.1038/s41598-017-03061-9
- Sindhu, S.S., Parmar, P. ve Phour, M. (2014). *Nutrient Cycling: Potassium Solubilization by Microorganisms and Improvement of Crop Growth*. In Geomicrobiology and Biogeochemistry (s. 175–198). Parmar, N., Singh, A., (Ed) Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- Singh, J. S., Pandey, V. C. ve Singh, D. P. (2011). Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140(3-4), s.339-353. doi:10.1016/j.agee.2011.01.017
- Singh, M. V. (2008). *Micronutrient deficiencies in crops and soils in India*. In Micronutrient deficiencies in global crop production (s. 93-125). Dordrecht: Springer Netherlands.

- Singh, S. ve Sanjay-Swami (2020). Soil acidity and nutrient availability in inceptisol of Meghalaya as influenced by Azolla incorporation. *J. Nat. Res. Conser. & Manage.*, 1 (1), s.07-14.
- Singh, S. P., Singh, S., Kumar, A. ve Kumar, R. (2018). Soil fertility evaluation for macronutrients using parkers nutrient index approach in some soils of varanasi district of eastern Utter Pradesh, India. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 6(5), s.542-548.
- Sinsabaugh, R. L., Turner, B. L., Talbot, J. M., Waring, B. G., Powers, J. S., Kuske, C. R., ... ve Shah, J. J. F. (2016). Stoichiometry of microbial carbon use efficiency in soils. *Ecological monographs*, s.172-189. Erişim adresi: <https://www.jstor.org/stable/24821158>
- Sombroek, W. G., Braun, H. M. H. ve Van der Pouw, B. J. A. (1982) Exploratory Soil Map and Agro-climatic Zone Map of Kenya 1980, Nairobi, Kenya: Ministry of Agriculture.
- Su, H. G. (2012). The improvement measures of soil acidification in tea garden in Anxi. *Guangdong Tea Ind*, 1, s.31-32.
- Suja, G., Byju, G., Jyothi, A. N., Veena, S. S. ve Sreekumar, J. (2017). Yield, quality and soil health under organic vs conventional farming in taro. *Scientia Horticulturae*, 218, s.334-343. doi:10.1016/j.scienta.2017.02.006
- Sun, L., Liu, Y., Wu, L. ve Liao, H. (2019). Comprehensive analysis revealed the close relationship between N/P/K status and secondary metabolites in tea leaves. *Acs Omega*, 4(1), s.176-184. doi:10.1021/acsomega.8b02611
- Sun, L., Zhang, M., Liu, X., Mao, Q., Shi, C., Kochian, L. V. ve Liao, H. (2020). Aluminium is essential for root growth and development of tea plants (*Camellia sinensis*). *Journal of Integrative Plant Biology*, 62(7), s.984-997. doi.org/10.1111/jipb.12942
- Taban, S. ve Namlı, A. (2019, Ekim). *Doğu karadeniz bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların potansiyel beslenme sorunları*. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü Çay Çalıştayı. Rize.
- Taban, S., Okay, Y. ve Kunter, B. (2000). Effects of Foliar Fertilizer Applied Different Periods and Doses on Leaf Quality and Mineral

- Elements Concentrations of Tea Plants. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(1): s.58-62
- Taban, S., Okay, Y. ve Kunter, B. (2001). Extract, polyphenol, ash and somemineralelement contents of young and old leaves of tea plant grownfrom clone and seed. *Gıda*, 26(1), s. 49-53
- Taban, S., Turan, M.A., Soba, M.R., Taşkın, M.B., Kaya, E.C., Balcı, M., Kabaoğlu, A., Özer, S.P., Kalcıoğlu, Z. ve Müezzinoğlu, N., (2015). Çay Tarımı Yapılan Toprakların Bor Durumu İle Çay Bitkisine Uygulanacak Bor Form Ve Dozlarının Belirlenmesi ve Bor Verim-Kalite İlişkisi. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) Proje No: 2012.30.06.20.007.
- Tachibana, N., Ikeda, T. ve Ikeda, K. (1996) Changes in nitrogen uptake with agingand under heavy application of nitrogen in tea plants. *Japanese Journal of Crop Science.*, 66, s.8–15. doi.org/10.1626/jcs.65.8
- Tang, Q., Li, W., Dai, W., Wang, J., Zhang, F., Daniell, T. J., ... ve Wang, X. (2024). Patterns and determinants of microbial-and plant-derived carbon contributions to soil organic carbon in tea plantation chronosequence. *Plant and Soil*, s.1-15. doi:10.1007/s11104-024-06712-9
- Tang, S., Pan, W., Tang, R., Ma, Q., Zhou, J., Zheng, N., ... ve Wu, L. (2022). Effects of balanced and unbalanced fertilisation on tea quality, yield, and soil bacterial community. *Applied Soil Ecology*, 175, 104442. doi:10.1016/j.apsoil.2022.104442
- Tang, S., Zheng, N., Ma, Q., Zhou, J., Sun, T., Zhang, X. ve Wu, L. (2021). Applying Nutrient Expert system for rational fertilisation to tea (*Camellia sinensis*) reduces environmental risks and increases economic benefits. *Journal of Cleaner Production*, 305, 127197. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127197
- Tang, S., Zhou, J., Pan, W., Sun, T., Liu, M., Tang, R., ... ve Wu, L. (2023). Effects of combined application of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers on tea (*Camellia sinensis*) growth and fungal community. *Applied Soil Ecology*, 181, 104661. doi:10.1016/j.apsoil.2022.104661
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2017). Organik Çay Yetiştiriciliğinde Gübreleme Rehberi.
- Taşkın, M. B., Balcı, M., Soba M. R., Kaya E. C., Özer P. ve Tanyel, G. (2015). Doğu Karadeniz Bölgesinde Çay Tarımı Yapılan Toprakların ve Çay



- Bitkisinin Azot Fosfor Potasyum Kalsiyum Magnezyum ve Kükürt Durumları. *Toprak Su Dergisi* , 4(2), s.30-40. doi:10.21657/tsd.05240
- Tian, D. ve Niu, S. (2015). A global analysis of soil acidification caused by nitrogen addition. *Environmental Research Letters*, 10(2), 024019. doi:10.1088/1748-9326/10/2/024019
- Tokuda, S. I. ve Hayatsu, M. (2002). Soil microbial biomass and fluorescein diacetate hydrolytic activity in Japanese acidic tea field soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 48(6), s.865-869. doi:10.1080/00380768.2002.10408713
- Tolhurst, J. A. H. (1954). Magnesium and manganese deficiencies in the nutrition of the tea bush. *Tea Quart.*, 25, 84-86. Erişim adresi: <https://dl.nsf.gov.lk/dl/api/core/bitstreams/d4e4e2d4-84c8-4ff1-b794-9aa028e1bde2/content>
- Tolhurst, J. A. H. (1973). *Zinc deficiency in tea* (s.1, 15). Kericho, Kenya:The Tea Research Institute of East Africa.
- Tränkner, M., Tavakol, E. ve Jákli, B. (2018). Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiologia Plantarum*, 163(3), s. 414-431. doi:10.1111/ppl.12747
- Tea Research Foundation of Kenya. (2002). *Tea growers' handbook*, 5th edn. Kijabe, Printing Press, Kijabe
- Tea Research Foundation of Kenya. (2012). *Tea Cultivation Manual for Good Agricultural Practices*. 1st ed. Nairobi, Kenya.
- The Tea Research Institute of Sri Lanka. (2000). *Fertiliser Recommendations for Mature Tea*. [https://www.tri.lk/wp-content/uploads/2020/02/TRI\\_SP03e.pdf](https://www.tri.lk/wp-content/uploads/2020/02/TRI_SP03e.pdf) (Erişim Tarihi: 15.10.2024)
- Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T. C., Westphal, C. ve Batáry, P. (2021). Beyond organic farming—harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in ecology & evolution*, 36(10), s.919-930. doi:10.1016/j.tree.2021.06.010 9
- Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordan, P. ve Macdonald, D. W. (2012). Does organic farming reduce environmental impacts?—A meta-analysis of European research. *Journal of environmental management*, 112, s.309-320. doi:10.1016/j.jenvman.2012.08.018

- Upadhyaya, H., Dutta, B. K. ve Panda, S. K. (2018). Impact of zinc on dehydration and rehydration responses in tea. *Biologia plantarum*, 62(2), s.395-399. doi:10.1007/s10535-017-0758-z
- Van Dang, M. (2007). Quantitative and qualitative soil quality assessments of tea enterprises in Northern Vietnam. *Afr. J. Agric. Res*, 2(9), s.455-462. Erişim adresi: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/7DCB8C133769>
- Van Der Heijden, M. G., Bardgett, R. D. ve Van Straalen, N. M. (2008). The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology letters*, 11(3), s. 296-310. doi:10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x
- Veloso, T. G. R., da Silva, M. D. C. S., Cardoso, W. S., Guarçoni, R. C., Kasuya, M. C. M. ve Pereira, L. L. (2020). Effects of environmental factors on microbiota of fruits and soil of *Coffea arabica* in Brazil. *Scientific Reports*, 10(1), 14692.
- Venkatesan, S. ve M.N.K. Ganapathy, (2004). Impact of nitrogeon and potassium fertiliser application on quality of CTC teas. *Food Chem.*, 84: s.325-328. doi:10.1016/S0308-8146(03)00215-2
- Verissimo, M. I., Oliveira, J. A. ve Gomes, M. T. S. (2005). The evaluation of copper contamination of food cooked in copper pans using a piezoelectric quartz crystal resonator. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 111, 587-591.
- Verissimo, M.I.S., João, Oliveira, J., M. ve Gomes, Teresa S.R. (2005). The evaluation of copper contamination of food cooked in copper pans using a piezoelectric quartz crystal resonator. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 111-112, s.587-591. doi.org/10.1016/j.snb.2005.05.004
- Vilensky, D.G. (1957). *Bodenkunde*. Deutscher Bauernverlag.
- Wang, B., Wang, S., Li, G., Fu, L., Chen, H., Yin, M. ve Chen, J. (2024). Reducing nitrogen fertilizer usage coupled with organic substitution improves soil quality and boosts tea yield and quality in tea plantations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. s.1-11. doi:10.1002/jsfa.13913
- Wang, M., Sun, H., Dai, H. ve Xu, Z. (2024). Characterization of Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria for Tea Plant (*Camellia sinensis*) Development

- and Soil Nutrient Enrichment. *Plants*, 13(18), 2659, s.1-17. doi:10.3390/plants13182659
- Wang, M., Sun, H., Xu, L. ve Xu, Z. (2021). Bacterial diversity in tea plant (*Camellia sinensis*) rhizosphere soil from Qinling Mountains and its relationship with environmental elements. *Plant and Soil*, 460, s.403-415. doi:10.1007/s11104-020-04822-8
- Wang, S., Li, T. ve Zheng, Z. (2017). Distribution of microbial biomass and activity within soil aggregates as affected by tea plantation age. *Catena*, 153, s.1-8. doi: 10.1016/j.catena.2017.01.029
- Wang, X. J., Hu, X. ve Chen, H. (1997). Some biogeo-chemical characteristics of tea soils. *Pedosphere*, 7, s.275–280.
- Wang, Y. D., Feng, N. N., Li, T. X., Zhang, X. Z. ve Liao, G. T. (2008). Spatial variability of soil cation exchange capacity in hilly tea plantation soils under different sampling scales. *Agricultural Sciences in China*, 7(1), s.96-103. doi:10.1016/S1671-2927(08)60027-9
- Wang, Z., Geng, Y. ve Liang, T. (2020). Optimization of reduced chemical fertilizer use in tea gardens based on the assessment of related environmental and economic benefits. *Science of the total environment*, 713, 136439. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.136439
- Wang, Z., Zhao, M., Yan, Z., Yang, Y., Niklas, K. J., Huang, H., ... ve Wright, S. J. (2022). Global patterns and predictors of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in terrestrial ecosystems. *Catena*, 211, 106037, s.1-9. doi:10.1016/j.catena.2022.106037
- Wen, B., Li, L., Duan, Y., Zhang, Y., Shen, J., Xia, M., ... ve Zhu, X. (2018). Zn, Ni, Mn, Cr, Pb and Cu in soil-tea ecosystem: The concentrations, spatial relationship and potential control. *Chemosphere*, 204,s.92–100. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.04.026
- Wen, B., Li, R., Zhao, X., Ren, S., Chang, Y., Zhang, K., ... ve Zhu, X. (2021). A quadratic regression model to quantify plantation soil factors that affect tea quality. *Agriculture*, 11(12), 1225, s.1-12. doi:10.3390/agriculture11121225
- Wen, X., Wu, D., Chen, D., Xu, P., Zhao, T., Chen, S., ... ve Chen, P. (2024). Soil organic matter and total nitrogen as key driving factors promoting the assessment of acid–base buffering characteristics in a tea (*Camellia*

- sinensis*) plantation habitat. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(7), s.1-17. doi:10.1007/s10661-024-12770-4
- Wijeratne, M. A., Anandacoomaraswamy, A., Amarathunga, M. K. S. L. D., Ratnasiri, J., Basnayake, B. R. S. B. ve Kalra, N. (2007). Assessment of impact of climate change on productivity of tea (*Camellia sinensis* L.) plantations in Sri Lanka.
- Willson, K. C. ve Clifford, M. N. (Ed). (1992). *Tea: cultivation to consumption*. Springer Science & Business Media.
- Wolf, B. (1971). The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2(5), s.363-374. doi:10.1080/00103627109366326
- Wu, X. L., Hao, Y., Lu, W., Liu, C. Y. ve He, J. D. (2024). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance nitrogen assimilation and drought adaptability in tea plants by promoting amino acid accumulation. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1450999, s.1-16. doi:10.3389/fpls.2024.1450999
- Xiaojun, N., Jianhui, Z. ve Zhengan, S. (2013). Dynamics of soil organic carbon and microbial biomass carbon in relation to water erosion and tillage erosion. *PLoS One*, 8(5), e64059, s.1-7. doi:10.1371/journal.pone.0064059
- Xie, K., Cakmak, İ., Wang, S., Zhang, F. ve Guo, S. (2021). Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. *Crop J. The Crop Journal*, 9, s.249-256. doi:10.1016/j.cj.2020.10.005
- Xie, S., Yang, F., Feng, H., Yu, Z., Liu, C., Wei, C. ve Liang, T. (2021). Organic fertilizer reduced carbon and nitrogen in runoff and buffered soil acidification in tea plantations: Evidence in nutrient contents and isotope fractionations. *Science of the total environment*, 762, 143059, s.1-10. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.143059
- Xie, S., Yang, F., Feng, H., Yu, Z., Wei, X., Liu, C. ve Wei, C. (2022). Potential to reduce chemical fertilizer application in tea plantations at various spatial scales. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5243, s.1-17. doi:10.3390/ijerph19095243

- Xu, S., Bai, Z., Jin, B., Xiao, R. ve Zhuang, G. (2014). Bioconversion of wastewater from sweet potato starch production to *Paenibacillus polymyxa* biofertilizer for tea plants. *Scientific reports*, 4, s.1-7.
- Xu, X., Thornton, P. E. ve Post, W. M. (2013). A global analysis of soil microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus in terrestrial ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 22(6), s.737-749. doi:10.1111/geb.12029
- Xue, P. P., Carrillo, Y., Pino, V., Minasny, B. ve McBratney, A. B. (2018). Soil properties drive microbial community structure in a large scale transect in South Eastern Australia. *Scientific reports*, 8(1), 11725, s.1-11. Erişim adresi: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-30005-8>
- Yan, P., Wu, L., Wang, D., Fu, J., Shen, C., Li, X., ... ve Wenyan, H. (2020). Soil acidification in Chinese tea plantations. *Science of the Total Environment*, 715, 136963, s.1-7. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.136963
- Yang X., Ni, K., Shi, Y. Z., Yi, X. Y., Zhang, Q. F., Fang, L., Ma, L. F. ve Ruan, J. (2018). Effects of long-term nitrogen application on soil acidification and solution chemistry of a tea plantation in China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 252, s.74-82. doi:10.1016/j.agee.2017.10.004
- Yang, F., Tian, J., Fang, H., Gao, Y., Xu, M., Lou, Y., ... ve Kuzyakov, Y. (2019). Functional soil organic matter fractions, microbial community, and enzyme activities in a mollisol under 35 years manure and mineral fertilization. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 19, s.430-439. doi.org/10.1007/s42729-019-00047-6
- Yang, W.H., Li C.J., Wang S.S., Zhou, B.Q., Mao, Y.L., Rensing, C. ve Xing, S.H. (2021). Influence of biochar and biochar-based fertilizer on yield, quality of tea and microbial community in an acid tea orchard soil. *Applied Soil Ecology*, 166, 104005, s.1-11. doi:10.1016/j.apsoil.2021.104005
- Yang, X., Leng, Y., Zhou, Z., Shang, H., Ni, K., Ma, L., ... ve Shi, Y. (2022). Ecological management model for the improvement of soil fertility through the regulation of rare microbial taxa in tea (*Camellia sinensis* L.) plantation soils. *Journal of Environmental Management*, 308, 114595, s.1-11. doi:10.1016/j.jenvman.2022.114595

- Yang, Y., Dong, M., Cao, Y., Wang, J., Tang, M. ve Ban, Y. (2017). Comparisons of soil properties, enzyme activities and microbial communities in heavy metal contaminated bulk and rhizosphere soils of *Robinia pseudoacacia* L. in the Northern foot of Qinling Mountain. *Forests*, 8(11), 430, s.1-18. doi:10.3390/f8110430
- Yang, Y., Wang, Y., Peng, Y., Cheng, P., Li, F. ve Liu, T. (2020). Acid-base buffering characteristics of non-calcareous soils: Correlation with physicochemical properties and surface complexation constants. *Geoderma*, 360, 114005, s.1-9. doi:10.1016/j.geoderma.2019.114005
- Yazıcı, K., Karaoğlu, B. G., Şavşatlı, Y., Akbulut, M., Seyis, F., Sarı, H., Atay, Y., ... ve Üst, E. Çay [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] Bitkisi Verimine Farklı Gübre ve Kaolin Uygulamalarının Etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(1), s.29–38. doi.org/10.30910/turkjans.1137413
- Ye, G., Lin, Y., Liu, D., Chen, Z., Luo, J., Bolan, N., ... ve Ding, W. (2019). Long-term application of manure over plant residues mitigates acidification, builds soil organic carbon and shifts prokaryotic diversity in acidic Ultisols. *Applied Soil Ecology*, 133, s.24-33. doi:10.1016/j.apsoil.2018.09.008
- Ye, J., Wang, Y., Wang, Y., Hong, L., Jia, X., Kang, J., ... ve Wang, H. (2022). Improvement of soil acidification in tea plantations by long-term use of organic fertilizers and its effect on tea yield and quality. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1055900, s. 1-13. doi:10.3389/fpls.2022.1055900
- Ye, J., Wang, Y., Wang, Y., Hong, L., Kang, J., Jia, Y., ... ve Wang, H. (2023). Improvement of soil acidification and ammonium nitrogen content in tea plantations by long-term use of organic fertilizer. *Plant Biology*, 25(6), s.994-1008. doi:10.1111/plb.13554
- Yıldız, S. ve Midilli, A. (2022). Türkiye’de organik çay üretimi ve pazarlaması. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(2), s. 136-145. doi: 10.53501/rteufemud.1174700
- Yu Y., Wang Q. ve Yu Y. (2013). Application of internet of things technology in precision agriculture. *Anhui Agricultural Sciences*, 41(26), s. 10860–10861.
- Yuan, S., Zhang, N., Wu, X., Qian, Y., Chen, X., Raza, W. ve Li, X. (2017). Effect of pruned material, extracts, and polyphenols of tea on enzyme activities and microbial community structure in soil. *Soil Science and*

- Plant Nutrition*, 63(6), s. 607-615. doi: 10.1080/00380768.2017.1400896
- Zeng, F., Ali, S., Zhang, H., Ouyang, Y., Qiu, B., Wu, F. ve Zhang, G. (2011). The influence of pH and organic matter content in paddy soil on heavy metal availability and their uptake by rice plants. *Environmental pollution*, 159(1), s. 84-91. doi: 10.1016/j.envpol.2010.09.019
- Zhang J. (2018). Research on the soil nutrient characteristics of tea plantation. 2018 International Conference on Air Pollution and Environmental Engineering (APEE 2018), Hong Kong, China, 2018. 208, 012079. *Bristol: IOP Publishing Ltd.* doi: 10.1088/1755-1315/208/1/012079
- Zhang, G., Yang, W., Hu, J., Liu, J., Ding, W. ve Huang, J. (2023). Effects of tea planting age on soil microbial biomass C: N: P stoichiometry and microbial quotient. *Plant, Soil & Environment*, 69(5), s. 221-229 doi: 10.17221/164/2023-PSE
- Zhang, H., Xiong, X., Wu, J., Zhao, J., Zhao, M., Chu, G., ... ve Zhang, D. (2019). Changes in soil microbial biomass, community composition, and enzyme activities after half-century forest restoration in degraded tropical lands. *Forests*, 10(12), 1124, s. 1-17. doi: 10.3390/f10121124
- Zhang, J., Li, M., Xu, L., Zhu, J., Dai, G. ve He, N. (2021). C: N: P stoichiometry in terrestrial ecosystems in China. *Science of the Total Environment*, 795, 148849, s. 1-9. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148849
- Zhang, J., Young, R., Li, Y. ve Peng, Y. (2020). Distribution, accumulation, and potential risks of heavy metals in soil and tea leaves from geologically different plantations. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 195, 110475, s. 1-12. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.110475
- Zhang, S., Wang, Y., Sun, L., Qiu, C., Ding, Y., Gu, H., ... ve Ding, Z. (2020). Organic mulching positively regulates the soil microbial communities and ecosystem functions in tea plantation. *BMC microbiology*, 20, s. 1-13. doi: 10.1186/s12866-020-01794-8
- Zhang, S., Yang, W., Muneer, M.A., Ji, Z., Tong, L., Zhang, X., ... ve Wu, L. (2021). Integrated use of lime with Mg fertilizer significantly improves the pomelo yield, quality, economic returns and soil physicochemical

- properties under acidic soil of southern China. *Scientia Horticulturae*, 290: s. 20-31. doi: 10.1016/j.scienta.2021.110502
- Zhang, X., Wu, H., Chen, L., Liu, L. ve Wan, X. (2018). Maintenance of mesophyll potassium and regulation of plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase are associated with physiological responses of tea plants to drought and subsequent rehydration. *The Crop Journal*, 6(6), s. 611-620. doi: 10.1016/j.cj.2018.06.001
- Zhang, Y., He, X., Liang, H., Zhao, J., Zhang, Y. ve Xu, C. (2016). Long-term tobacco plantation induces soil acidification and soil base cation loss. *Environ. Sci. Pollut. R.* 23, s. 5442–5450. doi: 10.1007/s11356-015-5673-2
- Zhang, Y., ZHANG, H., Peng, B.-z. ve Yang, H. (2003). Soil erosion and its impacts on environment in Yixing tea plantation of Jiangsu Province. *Chinese Geographical Science*, 13, s. 142-148.
- Zhang, Y.L. Luo, S.H., Zeng, Y.H. ve Pengo, P.Y. (1997). Study nutrient scale of sufficiency or deficiency in tea soils in Hunan province and fertilizing recommendation. *J. of Tea Soil* 17 (2): s. 161-170.
- Zhang, Z., Zhou, C., Xu, Y., Huang, X., Zhang, L. ve Mu, W. (2017). Effects of intercropping tea with aromatic plants on population dynamics of arthropods in Chinese tea plantations. *Journal of pest science*, 90, s. 227-237. doi: 10.1007/s10340-016-0783-2
- Zhou Z.H. ve Wang C.K. (2016): Changes of the relationships between soil and microbes in carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry during ecosystem succession. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 40: s. 1257–1266. doi: 10.17521/cjpe.2016.0218
- Zhou Z.H. ve Wang C.K. (2017): Soil-microbe-mineralization carbon and nitrogen stoichiometry under different land-uses in the Maoershan region. *Acta Ecological Sinica*, 37: s. 2428–2436.
- Zhu, Q., Liu, X., Hao, T., Zeng, M., Shen, J., Zhang, F. ve De Vries, W. (2018). Modeling soil acidification in typical Chinese cropping systems. *Science of the Total environment*, 613, s.1339-1348. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.06.257



- Zörb, C., Senbayram, M. ve Peiter, E. (2014). Potassium in agriculture–status and perspectives. *Journal of plant physiology*, 171(9), s.656-669. doi:10.1016/j.jplph.2013.08.008
- Zoysa, A. K. N. ve Gunaratne, G. P. (2003). Potassium status of tea growing soils in Sri Lanka. Importance of Potash Fertilizers for Sustainable Production of Plantation and Food Crops in Sri Lanka, 9. Erişim adresi: <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Proceedings%20IPI%20NFS%20Sri%20Lanka%202003.pdf#page=10>

## 6.4. EKLER

### Ek-1 (Değişik: RG-22/7/2015-29422) Organik Tarımda Kullanılacak Gübreler, Toprak İyileştiriciler ve Besin Maddeleri (Deniz yosunu üretimi dâhil)

| İsim   | Tanımı, içeriği ve kullanım koşulları  |
|--|--|
| Çiftlik gübresi  | Hayvan dışkıları ve bitki materyallerinden (hayvan yatağı) oluşan üründür. Entansif üretimden elde edilenler yasaktır.   |
| Kurutulmuş çiftlik gübresi ve susuz (dehidre) kanatlı hayvan gübresi   | Entansif üretimden elde edilenler yasaktır   |
| Kanatlı hayvan gübresi ve çiftlik gübresini içeren kompost yapılmış hayvan dışkıları                                       | Entansif üretimden elde edilenler yasaktır   |
| Sıvı hayvan dışkıları  | Kontrollü fermantasyon ve/veya uygun seyreltme sonrası kullanılır. Entansif üretimden elde edilenler yasaktır  |
| Kompostlanmış veya fermente evsel atık karışımları   | Kompostlanmış veya biyogaz üretimi için anaerobik fermentasyona tabi tutulmuş olan ayrıştırılmış evsel atık kaynaklı ürünlerdir. Yalnızca bitkisel ve hayvansal ev atıklarıdır. Yalnızca kapalı ve denetlenen toplama sistemlerinde üretilmiş olmalıdır. Kuru maddede bulunmasına izin verilen maksimum konsantrasyonlar (mg/kg): kadmiyum: 0,7; bakır: 70; nikel: 25; kurşun: 45; çinko: 200; civa: 0,4 krom (toplam): 70; krom(VI): tespit edilemez. |
| Peat   | Bahçe bitkilerinde (pazara yönelik bahçecilik, çiçekçilik ve fidan üretimi) sınırlı kullanılmalıdır.   |
| Kültür mantarı üretim atıkları   | Substratın başlangıç bileşimi bu ekteki ürünler ile sınırlandırılmıştır  |
| Solucan (vermicompost) ve böcek dışkıları  |  |
| Guano  |  |
| Kompostlanmış veya fermente edilmiş bitkisel materyallerin karışımı  | Kompost veya biyogaz için anaerobik fermantasyona tabi olan bitkisel karışımlardan elde edilen ürünlerdir  |
| Bitkisel veya hayvansal materyal ile birlikte sindirilmiş hayvansal yan ürün içeren biyogaz üretim süreci katı nihai ürünü | 24/12/2011 tarihli ve 28152 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "İnsan Tüketimi Amacıyla Kullanılmayan Hayvansal Yan Ürünler Yönetmeliği" kategori II'de yer alan sindirim   |

|   |   |
|---|---|
|   | sistemi içeriği ile kategori III'te yer alan hayvansal yan ürünler (yabani hayvanların yan ürünleri de dahil) geleneksel tarım yöntemleriyle elde edilmiş olmalı ve endüstriyel tarım kaynaklı olmamalıdır. İşlemler, yukarıda söz edilen Yönetmeliğe bağlı olarak çıkarılan “İnsan Tüketimi Amacıyla Kullanılmayan Hayvansal Yan Ürün İşletmelerinin Kayıt İşlemlerine İlişkin Talimat”a uygun olmalıdır. Bitkilerin yenilebilir parçalarına uygulanamaz |
| Hayvansal ürün ve yan ürünler: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kan unu,</li> <li>• Toynak/tırmak unu,</li> <li>• Boynuz unu,</li> <li>• Kemik unu veya jelatini alınmış kemik unu</li> <li>• Tüy, kıl ve öğütülmüş post/deri unu</li> <li>• Balık unu</li> <li>• Et unu</li> <li>• Yün</li> <li>• Kürk</li> <li>• Kıl</li> <li>• Süt ürünleri</li> <li>• Hidrolize proteinler (1)</li> </ul> | Kürk için: Kuru maddede bulunmasına izin verilen maksimum krom (VI) konsantrasyonu: tespit edilemez olmalıdır<br>(1) Hidrolize proteinler, bitkilerin yenilebilir parçalarına uygulanmaz.   |
| Gübreler için bitkisel kaynaklı ürün veya yan ürünler (Örneğin: Yağlı tohum küspesi, kakao kabukları, ıskarta malt ve benzeri elde edilen gübreler)   |   |
| Deniz yosunu ve deniz yosunu ürünleri   | 1- Dehidrasyon, dondurma ve öğütmeyi içeren fiziksel işlemler,<br>2- Su veya sulu asit ve/veya alkali çözeltileriyle ekstraksiyon,<br>3- Fermentasyon yöntemleri ile elde edilmelidir.  |
| Talaş ve tahta parçaları  | Kesim sonrası kimyasal işlem görmemiş olmalıdır.  |
| Ağaç kabuğu kompostu  | Kesim sonrası kimyasal işlem görmemiş olmalıdır.  |
| Ağaç külü   | Kesim sonrası kimyasal işlem görmemiş ağaçlardan elde edilmiş olmalıdır.  |
| Yumuşak kaya fosfatı  | 18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Tarımda Kullanılan Kimyevi  |

|   |   |
|---|---|
|   | Gübrelelere Dair Yönetmelik”in Ek-1’inde belirtilen gübredir.<br>Kadmiyum içeriği 90 mg/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ’e eşit veya daha az olmalıdır.  |
| Alüminyum kalsiyum fosfat   | 18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Tarımda Kullanılan Kimyevi Gübrelelere Dair Yönetmelik”in Ek-1’inde belirtilen gübredir.<br>Kadmiyum içeriği 90 mg/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ’e eşit veya daha az olmalıdır.<br>Bazık topraklarda kullanımı sınırlıdır. (pH>7,5) |
| Temel cüruf   | 18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Tarımda Kullanılan Kimyevi Gübrelelere Dair Yönetmelik”in Ek- 1’inde belirtilen gübredir  |
| Ham potasyum tuzları ya da kainit   | 18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Tarımda Kullanılan Kimyevi Gübrelelere Dair Yönetmelik”in Ek-1’inde belirtilen gübredir.  |
| Magnezyum tuzu içeren potasyum sülfat   | 18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Tarımda Kullanılan Kimyevi Gübrelelere Dair Yönetmelik”in Ek- 1’inde belirtilen gübredir.<br>Ham potasyum tuzlarından fiziksel ekstraksiyon işlemi ile elde edilen ve ayrıca magnezyum tuzları içerebilen üründür.                      |
| Stillage ve stillage ekstraktı  | Amonyum stillage hariç  |
| Kalsiyum karbonat (tebeşir, kireçli toprak, kireçtaşı, breton ameliorant, (maerl), fosfat tebeşiri) | Sadece doğal kaynaklı olanlar kullanılır.   |
| Magnezyum ve kalsiyum karbonat  | Sadece doğal kaynaklı olanlar kullanılır.<br>Örneğin; magnezyum tebeşiri, öğütülmüş magnezyum, kireçtaşı  |
| Magnezyum sülfat (kieserite)  | Sadece doğal kaynaklı olanlar kullanılır.<br>18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Tarımda Kullanılan Kimyevi Gübrelelere Dair Yönetmelik”in Ek-1’inde belirtilen gübredir.   |
| Kalsiyum klorür çözeltisi   | 18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Tarımda Kullanılan Kimyevi Gübrelelere Dair Yönetmelik”in Ek-1’inde belirtilen gübredir.  |

|  |   |
|--|---|
|  | Kalsiyum eksikliğinin belirlenmesinden sonra, elma ağaçlarında yapraklara uygulanır.  |
| Kalsiyum sülfat (jips =alçı taşı)  | Sadece doğal kaynaklı olanlar kullanılır.<br>18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Tarımda Kullanılan Kimyevi Gübrelere Dair Yönetmelik" in Ek-1'inde belirtilen gübredir.  |
| Şeker üretiminden elde edilen endüstriyel kireç  | Şeker pancarından şeker üretiminde kalan yan ürün   |
| Vakumlu tuz üretiminden elde edilen endüstriyel kireç  | Dağlarda bulunan tuzlu sudan vakumlu tuz üretimi sırasında elde edilen yan ürün   |
| Elementel kükürt   | 18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Tarımda Kullanılan Kimyevi Gübrelere Dair Yönetmelik" in Ek-1'inde belirtilen gübredir.   |
| İz elementler  | 18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Tarımda Kullanılan Kimyevi Gübrelere Dair Yönetmelik" in Ek-1'inde belirtilen gübredir.   |
| Sodyum klorür  | Sadece ham tuzdur.  |
| Kaba öğütülmüş kayaç ve killer   |   |
| Leonardit (Humik asitçe zengin ham organik sediment)   | Sadece madencilik faaliyetlerinin bir yan ürünü olarak elde edilenler.  |
| Kitin (Kabukluların kabuğundan elde edilen polisakkarit)   | Sadece sürdürülebilir balıkçılık ya da organik balık yetiştiriciliğinden elde edilenler.  |
| Tatlı su kaynaklarında oksijensiz ortamda oluşan organik maddece zengin sediment (örneğin; sapropel) | Tatlı su alanlarından çıkarılan ya da tatlı su kaynaklarının yan ürünleri olan organik sedimentlerdir.<br>En az olumsuz etki yaratacak yöntemle elde edilmelidir.<br>Pestisit, kalıcı organik kirleticiler ve petrol gibi maddelerle bulaşık olmayan kaynaklardan elde edilen sedimentlerdir.<br>Kuru maddede bulunmasına izin verilen maksimum konsantrasyon (mg/kg): Kadmiyum: 0,7; Bakır: 70; nikel: 25; kurşun: 45; çinko: 200; cıva: 0,4; krom (toplam): 70; krom (VI): tespit edilemez. |

## BÖLÜM 7

### ÇAYIN HASTALIKLARI VE MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Aziz KARAKAYA<sup>1</sup>

Doç. Dr. Arzu ÇELİK OĞUZ<sup>2</sup>

Öğr. Gör. Yeşim ÖZTÜRK YILMAZ<sup>3</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14290917>

---

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ankara, Türkiye.  
karakaya@agri.ankara.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-3019-9009

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ankara, Türkiye.  
acelik@agri.ankara.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0906-6407

<sup>3</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Pazar Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Çay Tarımı ve İşleme Teknolojisi Programı, Rize, Türkiye.  
yesim.ozturk@erdogan.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-6823-707X



## GİRİŞ

Çay dünyada ve ülkemizde severek içilen popüler bir içecektir. Çay (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) bitkisi ülkemizde Doğu Karadeniz bölgesinde yetiştirilmektedir. Yaprak dökmeyen bir bitki olan çay uzun seneler yaşayabilmektedir.

Çay bitkisinde kaliteyi ve verimi etkileyen hastalıklar bulunmaktadır. Çay bitkisinde birçok mikroorganizma hastalık oluşturabilmekte olup fungal hastalıklar öne çıkmaktadır. Kaliteli ve sürdürülebilir bir çay tarımı için bu hastalıkların tanınması ve mücadele stratejilerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu bölümde çay bitkilerinde görülen hastalıklar ve mücadele yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

## 7.1. ÇAY BİTKİSİNDE HASTALIK OLUŞTURAN ETMENLER

### 7.1.1. *Pestalotiopsis*

*Pestalotiopsis* türleri tarafından meydana getirilen hastalıklar çay bitkisinde dünyada ve ülkemizde yaygın olarak görülmektedir (Mordue ve Holliday, 1971; Hamaya, 1981; Chen ve Chen, 1982; Karakaya, 2010; Karakaya ve ark., 2011; Karakaya ve Çelik Oğuz, 2013). Karakaya (2010) Rize ilinde çay bitkilerinin yapraklarında *Pestalotiopsis* türleri tarafından oluşturulan hastalıkların yaygın olduğunu bildirmiştir. Rize ilinin bütün ilçelerindeki çay yapraklarında bu hastalık yaygın olarak tespit edilmiştir. *Pestalotiopsis theae*'nin sürgün zararı ise Hemşin ve Pazar ilçelerinde belirlenmiştir. *Pestalotiopsis theae* fungusuna ek olarak en az bir farklı *Pestalotiopsis* türünün de çay bitkilerinde hastalık oluşturduğu belirlenmiştir (Karakaya, 2010; Karakaya ve Çelik Oğuz, 2013). Ertaş ve arkadaşları (2016) aralarında *Pestalotiopsis theae*'nin de yer aldığı en az 2 değişik *Pestalotiopsis* türünün Rize ilinde çay bitkilerinde hastalığa sebep olduğunu bildirmişlerdir. *Pestalotiopsis* fungusu yapraklarda çeşitli boyutlarda lekeler oluşturmaktadır. İlk başlarda kahverengimsi olarak başlayan lekelerin hastalığın ilerlemesi ile birlikte grimsi bir renk aldığı görülmüştür. Hastalıklı bölgelerde dairesel halkalar şeklinde aservuluslar meydana gelmektedir (Şekiller 1 ve 2). Yaprak lekelerine göre daha az görülen sürgün belirtileri genç sürgünlerde krem renginde olmakta ve kanser belirtileri olarak göze çarpmaktadır.



*Pestalotiopsis* izolatları Patates Dekstroz Agar (PDA) besiyerinde farklı miktar ve büyüklüklerde aservuluslar ve bol miktarda konidiler oluşturmuşlardır (Şekiller 3 ve 4). *Pestalotiopsis* izolatlarının büyük çoğunluğu PDA ortamında Petri kutularının arka kısımlarında kirli sarımsı renkte pigment oluşturmuşlardır. Çay bitkisinde hastalık meydana getiren değişik *Pestalotiopsis* türleri bulunmaktadır. Çay bitkilerinde hastalık meydana getiren gri yanıklık etmenleri olarak *Pestalotiopsis theae* (= *Pestalotia theae*), *P. longiseta*, yaprak lekesi etmeni olarak da *P. adusta* türleri bulunmaktadır (Anonim a, 2009). Ertaş ve Karakaya (2018) çay bitkilerinde hastalık meydana getiren *Pestalotiopsis* türlerinin *P. theae*, *P. guelpinii*, *P. longiseta*, *P. adusta*, *P. natrassii*, *P. furcata*, *P. palmarum*, *P. camelliae* ve *Pestalotiopsis* sp. olduğunu bildirmişlerdir. Maharachchikumbura ve arkadaşları (2014) *Pestalotiopsis theae* ismini *Pseudopestalotiopsis theae* olarak değiştirmişlerdir.

Gri yanıklık hastalığı Japonya'da çay hasat makinelerinin yaygınlaşması ile yaygınlık kazanmıştır. Epidemilerin olduğu zamanlarda büyük zarara sebep olan fungus, yara yerlerinden girmekte ve sürgün ve yaprakları hastalandırmaktadır. Hastalıklı bölgelerde oluşan zarar ve yeni sürgünlerin yeterince oluşmaması sebebiyle çay veriminde düşüşlerin olduğu rapor edilmiştir. İlaçlı mücadelede, çay hasadını takiben fungusit muamelesi ile hastalık mücadelesinin yapılabildiği belirtilmektedir. Fakat bazı fungusitlere çok hızlı bir şekilde dayanıklılığın oluştuğu bildirilmiştir (Hamaya, 1981). Türkiye'de çay bitkilerinde kimyasal ilaç kullanılmamaktadır. Bu hastalık ve diğerleri ülkemizde yaygın olarak bulunmuş olsa da zararı daha çok strese girmiş bitkiler ve alt yapraklar ile sınırlı kalmıştır (Karakaya, 2010). Hastalıklı bitki dokularının toplanması ve imha edilmesi, çay bahçelerinin uygun şekilde gölgelendirilmesi, zamanında sulama yapılması, dengeli dozda gübre uygulanması bu ve diğer hastalıklar ile mücadelede yardımcı olur (Barthakur, 2011). Ülkemizde yağışın yeterli olması sebebiyle sulama yapılmamaktadır. Antagonist mikroorganizmaların kullanımı bitki hastalıkları ile mücadelede etkili bir yol olabilir (Kumhar ve ark., 2022). Bu amaçla *Trichoderma* fungusu kullanılabilir (Naglot ve ark., 2015.; Kumhar ve Babu, 2019).



**Şekil 1:** *Pestalotiopsis theae* fungusunun çay yaprağında oluşturduğu belirti



**Şekil 2:** *Pestalotiopsis* fungusunun çay yaprağında oluşturduğu belirti



Şekil 3: *Pestalotiopsis theae* fungusunun Patates Dekstroz Agar besiyerindeki gelişimi



Şekil 4: *Pestalotiopsis theae* konidilerinin ışık mikroskobundaki görünüşleri

### 7.1.2. *Colletotrichum*

*Colletotrichum* türleri de çay bitkisinde hastalık oluşturan bir diğer önemli grup olup kahverengi yanıklık ve antraknoz hastalıklarını meydana

getirmektedirler. Ülkemizde *C. gloeosporioides*, *C. boninense*, *C. camelliae* ve bir *Glomerella* türünün çay bitkilerinde hastalık meydana getirdiği bildirilmiştir. Rize ilinde çay bitkilerinden izole edilen *Colletotrichum* türlerinin çok büyük bir kısmının *Colletotrichum gloeosporioides* olduğu bildirilmiştir. Etmenin belirtileri yaprak kenarlarından veya yaprak ortasından başlayabilen ve birkaç cm'ye kadar ulaşabilen kahverengi lekeler şeklindedir (Şekiller 5 ve 6). Fungus PDA ortamında kolayca gelişebilmekte ve ilerleyen dönemlerde hastalıklı dokularda ve yapay ortamda fungusun spor üreten eşeyli ve eşeysiz yapılarına rastlanabilmektedir (Şekiller 7, 8 ve 9). Yapraklardan yaygın olarak izole edilen fungus az miktarda sürgünlerde de hastalık oluşturmuştur. *Colletotrichum* türlerinin oluşturduğu hastalık Rize ilinin bütün ilçelerinde tespit edilmiştir. *Colletotrichum gloeosporioides*'in oluşturduğu dal yanıklığı İyidere ve Çamlıhemşin ilçelerinde tespit edilmiştir (Karakaya, 2010; Karakaya ve ark., 2011; Karakaya ve Çelik Oğuz, 2013; Gürcan, 1975; Çakır ve Ceylan, 1987).

Patates Dekstroz Agar besiyerinde grimsi beyazdan koyu griye kadar olan renk tonlarında gelişen *Colletotrichum gloeosporioides* (Şekil 7) Petri kutusunun alt tarafında beyazımsı grimsi bir renkte olup yamalı ve noktalı bir görüntü oluşturmaktadır.

Değişik *Colletotrichum* türlerinin çay bitkisinde hastalık meydana getirdiği bilinmektedir. Çin'de *Colletotrichum boninense*, *C. camelliae*, *C. alienum*, *C. fioriniae*, *C. cliviae*, *C. gloeosporioides*, *C. fructicola*, *C. karstii*, *C. henanense*, *C. jiangxiense* ve *C. siamense* türleri *Camellia sinensis* ve diğer *Camellia* türlerinden izole edilmiştir (Liu ve ark., 2015). Wang ve arkadaşları (2016a) Çin'de *Camellia sinensis* bitkilerinden *C. cliviae*, *C. camelliae*, *C. fructicola*, *C. fioriniae*, *C. siamense*, *C. karstii*, *C. endophytica*, *C. aenigma*, *C. wuxiense*, *C. truncatum* ve ayırt edilemeyen bir *Colletotrichum* türünü rapor etmişlerdir. Chen ve arkadaşları (2017) *C. gloeosporioides*'e ek olarak çay bitkilerinde kahverengi yanıklık hastalığına yol açan diğer bir türün *Colletotrichum acutatum* olduğunu bildirmişlerdir.

Chen ve Chen (1982) *Colletotrichum camelliae* tarafından meydana getirilen kahverengi yanıklık hastalığının Çin'de en yaygın çay yaprak hastalığı olduğunu, çay antraknozunun ise *C. theae-sinensis* tarafından oluşturulduğunu ve fidanlıklarda önemli bir hastalık olduğunu bildirmişlerdir. *Colletotrichum theae-sinensis* türüne ülkemizde rastlanmamıştır (Karakaya, 2010). Bu etmenin

oluşturduğu hastalık çay bitkisinin Japonya'da en önemli hastalıklarından birisidir (Hamaya, 1981). Bu fungus için *Discula theae-sinensis* ismi önerilmiştir (Moriwaki ve Sato, 2009). Bu hastalığın ülkemize girmemesi için gerekli tedbirler alınmalıdır. Li ve arkadaşları (2023) Çin'de hastalıklı çay bitkilerinden *Colletotrichum camelliae*, *C. aenigma*, *C. fructicola*, *C. siamense*, *C. karstii*, *C. henanense*, *C. gigasporum* ve *C. tropicicola* türlerini izole etmişler ve *Discula theae-sinensis* türünün çalışmalarında buldukları en yaygın tür olduğunu rapor etmişlerdir. Bu etmen yaralanmış çay yapraklarının kenar kısımlarında lezyonlar meydana getirmektedir.

*Colletotrichum* türlerinin genellikle olumsuz çevre şartları ve uygun olmayan yetiştiricilik işlemleri sonucunda zayıflamış bitkileri etkilediği bildirilmiştir (Keith ve ark., 2006). Bitkiler arasındaki zayıf havalanma, yaprak ıslaklığının uzun sürmesi ve yüksek nem gibi etkenlerin bu hastalıkları teşvik ettiği belirtilmektedir. *Colletotrichum* türlerinin meydana getirdiği hastalıklar dünyanın önemli çay üreten diğer bölgelerinde yaygın olarak görülmektedir.

Entegre bir yaklaşım bu hastalık ile mücadelede öne çıkmaktadır. Su sıçraması ile hastalık etmeni yayılmaktadır. Bu nedenle hastalıklı bitkileri izole etmek, yaprakların ve gövdelerin ıslak kaldığı süreyi en aza indirmek faydalıdır. Fidanlıklar bitkiler arasındaki boşluğu artıracak şekilde düzenlenmelidir. Hava hareketi ve güneşe maruz kalma durumları iyileştirilmelidir. Bitkileri yaralamaktan kaçınılmalı ve hasat sağlıklı bitkilerin tepelerine yakın yerlerden yapılmalıdır. Hastalıklı dallar, sürgünler ve çürümüş dokular mümkün olan en kısa sürede budanmalıdır. Gözle görülür şekilde etkilenen alanların en az altı santimetre altından budaması yapılmalıdır. Hastalıklı bitkiler ve budama artıkları bahçeden uzaklaştırılmalı ve imha edilmelidir. Budama sırasında budama aletleri düzenli olarak dezenfekte edilmelidir. Dengeli bir gübreleme yapılmalıdır (Popenoe ve ark., 2018; Bahadur ve Dutta, 2023). Biyolojik mücadelede bazı mikroorganizmalar kullanılabilir (Kumhar ve ark., 2022; Bahadur ve Dutta, 2023).

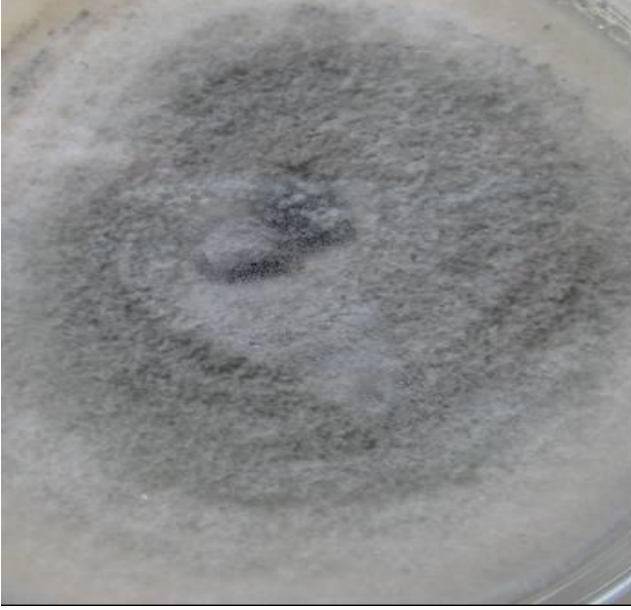


**Şekil 5:** *Colletotrichum gloeosporioides* fungusunun çay yapraklarında oluşturduğu belirtiler



**Şekil 6:** *Colletotrichum gloeosporioides* fungusu tarafından hastalandırılmış çay bitkilerinin görünümü





**Şekil 7:** Çay bitkisinde hastalık meydana getiren *Colletotrichum gloeosporioides* fungusunun Patates Dekstroz Agar ortamında gelişmesi



**Şekil 8:** Çay bitkisinde hastalık oluşturan *Colletotrichum gloeosporioides* fungusunun konidileri



**Şekil 9:** Çay bitkisi dallarında kanser belirtileri oluşturan bir *Glomerella* türünün askus ve askosporları

### 7.1.3. *Botrytis cinerea*

Çay bitkisinde hastalık oluşturan bir başka fungal etmen de *Botrytis cinerea*'dir. Polifag bir etmen olan *Botrytis cinerea* çay bitkilerinde yaprak lekesi, dal kanseri, sürgün, çiçek ve tomurcuk yanıklığı oluşturmaktadır (Şekiller 10 ve 11). *Botrytis cinerea* zararı Rize merkez ilçe, Hemşin, Çamlıhemşin, Pazar, Çayeli, İyidere, Ardeşen, Derepazarı ve İkizdere ilçelerinde görülmüştür. Yaprak lekeleri 2 cm çapa kadar ulaşan açık kahverengi lekeler şeklinde olup yeni çıkan hastalıklı bitkilerde siyahlaşma ve büzülmeler görülmüştür. Nemli havalarda fungus aşırı derecede misel, konidiofor ve sporlarını oluşturmuştur (Şekiller 10 ve 11) (Karakaya ve Bayraktar, 2010).

*Botrytis cinerea* PDA besiyerinde beyazımsı gri renkte gelişme göstermekte, yaşlanma ile birlikte renk yeşilimsi griye dönüşmekte ve bol miktarda konidiofor, konidi ve skleroti oluşmaktadır (Şekiller 12 ve 13).





Şekil 10: *Botrytis cinerea*' nın çay bitkisinde meydana getirdiği belirtiler



Şekil 11: *Botrytis cinerea*' nın çay bitkisinin yaprağında meydana getirdiği belirti



**Şekil 12:** *Botrytis cinerea*'nın Patates Dekstroz Agar besiyerindeki gelişimi ve oluşan sklerotiler



**Şekil 13:** *Botrytis cinerea*'nın ışık mikroskobunda görülen konidiofor ve konidileri

*Botrytis cinerea* Japonya'da ve Çin'de çay bitkilerinde hastalık oluşturmaktadır (Hamaya, 1981; Yang ve ark., 2024). İran'da çay bitkilerinde hastalık oluşturan bir *Botrytis* türü rapor edilmiştir (Khodaparast ve Hedjaroude

1996). Pereira ve May-De Mio (2020) *Botrytis cinerea*'nın Brezilya'da *Camellia japonica* bitkilerinde çiçek yanıklığı oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Bu hastalık ile mücadelede hastalıklı bitkiler ve budama artıkları bahçeden uzaklaştırılmalı ve imha edilmelidir. Budama sırasında budama aletlerinin düzenli olarak dezenfekte edilmesi gerekmektedir (Balasuriya, 2008; Popenoe ve ark., 2018). *Trichoderma* cinsi, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium sclerotiorum*, *Pestalotiopsis theae*, *Fusarium* ve *Pythium* türlerine karşı faydalı bir biyokontrol ajanı olarak kabul edilmektedir (Contreras-Cornejo ve ark., 2016; Kumhar ve ark., 2016).

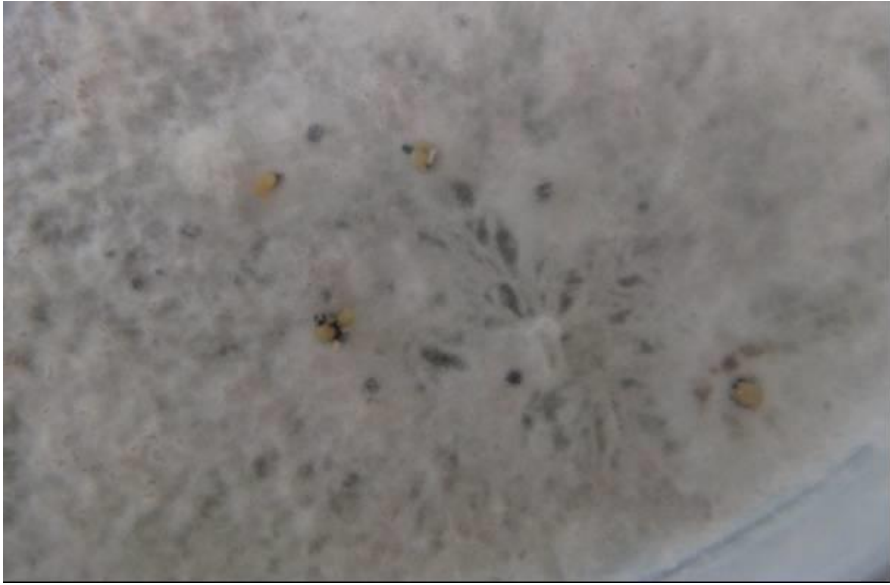
#### 7.1.4. *Phomopsis theae* ve diğer türler

Çayda görülen hastalıklardan birisi de *Phomopsis theae* isimli fungal etmenin oluşturduğu hastalıktır. *Phomopsis theae* fungusuna Rize ilinin merkez ilçe, İyidere ve Çayeli ilçelerinde rastlanmış olup yaygın olarak tespit edilmemiştir. Hastalık, yaprak kenarlarından başlayan lekeler ve yanıklıklar şeklinde gelişmiş olup hastalıklı bölgeler sarımsı krem renğinde görülmüş ve hastalıklı dokuda nokta şeklinde piknitler göze çarpmıştır (Karakaya, 2009; Karakaya ve Çelik Oğuz, 2013). PDA ortamında fungus beyazımsı miselyum ve piknitler oluşturmuş olup yaşlı kültürlerde sarımsı renkte ve spor içeren damlacıklar gözlemlenmiştir (Şekil 14). PDA ortamında hem alfa hem de beta konidileri gelişmiş, alfa konidileri daha yaygın olarak görülmüştür (Şekil 15). Hastalık dünya çay üretim alanlarında yaygın olarak görülmekte olup gövde ve dallarda kanserler oluşturmaktadır (Anonim b, 1993; Punithalingam ve Gibson 1972; Anonim a, 2024). *Phomopsis theae* fungusu çay bitkilerinin bütün gelişme dönemlerinde hastalık oluşturabilir fakat genç bitkiler bu hastalığa daha hassastır. Hastalığın su stresinin olduğu bölgelerde daha fazla görüldüğü bildirilmiştir (Rattan, 1993).

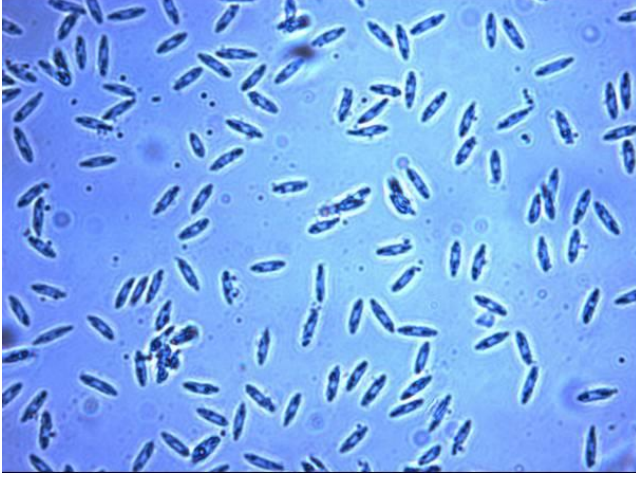
Gao ve arkadaşları (2016) Çin'de *Camellia* bitkileri ile ilişkili olan *Diaporthe apiculata*, *D. oraccinii*, *D. compacta*, *D. penetratum*, *D. discoidispora*, *D. hongkongensis*, *D. ueckerae*, *D. amygdali* ve *D. eres* türlerini rapor etmişlerdir.

*Phomopsis theae* çoğunlukla genç yaştaki çay bitkilerinde görülmekte olup patojen açık yara yoluyla gövdeyi istila etmektedir. Hazırlayıcı faktörler derin dikim, çakıllı topraklarda dikim, boğaza yakın malçlama, yabancı ot temizleme aletlerinin neden olduğu yaralar, kök boğazına yakın gübre

uygulaması, çapalama, kabuktaki düşük nem durumu ve kuru havalarda yüzeysel sulamadır (Anonim c, 2024). Ülkemizde çaylık alanlarda sıklıkla uygulanan gübreleme (organik ve inorganik) ve malç uygulamalarının düz arazilerde ve yeni kurulmuş ocaklarda çay bitkilerinin gövdelerine yakın olmamak üzere bitki tacı izdüşümüne genişçe daire şekilde serpilmesi ve yaşlı, olgun çaylıklarda da düzgün bir şekilde serpilmesi gerekmektedir (Kacar, 2010). Yabancı ot temizliği sırasında çay gövdelerinin yara almamasına dikkat edilmesi hastalığın görülme sıklığını azaltır. Hastalıklı ve ölü dallar dikkatli bir şekilde toplanıp uzaklaştırılmalı ve imha edilmelidir (Ponmurugan ve Baby, 2007; Balasuriya, 2008). Biyolojik mücadelede kesilen uçlara *Trichoderma* ve *Gliocladium* gibi biyokontrol ajanlarının spor süspansiyonunun uygulanması iyileştirici tedbirlerdir (Anonim c, 2024).



**Şekil 14:** *Phomopsis theae*'nin Patates Dekstroz Agar besiyerindeki gelişimi



Şekil 15: Işık mikroskobunda *Phomopsis theae*'nin alfa konidilerinin görünümü

#### 7.1.5. *Phyllosticta theacearum* ve diğer *Phyllosticta* türleri

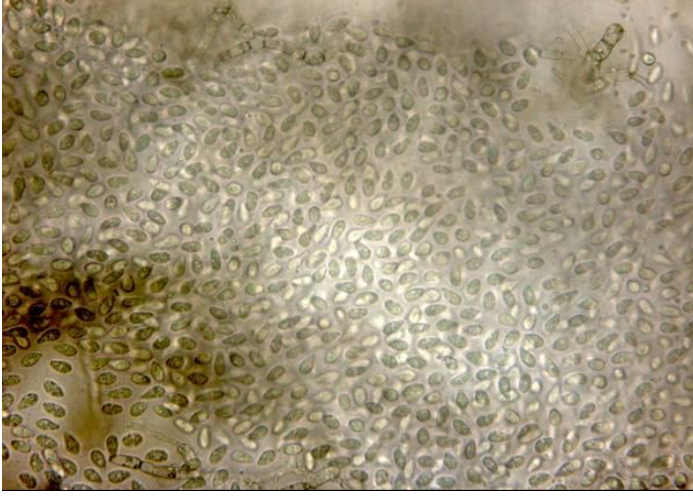
Ülkemizde çay yapraklarında görülen diğer bir çay hastalığı *Phyllosticta theacearum* (= *Phyllosticta theae*) etmeni tarafından oluşturulmaktadır. Hastalık Rize ilinin merkez ilçesinde, Güneysu ve Pazar ilçelerinde görülmüş olup yaygın olarak tespit edilmemiştir (Karakaya, 2010; Karakaya ve Çelik Oğuz, 2013). Etmenin çay yapraklarında kırmızımsı kahverengi lekeler oluşturduğu görülmüş olup lekeler kesin sınırlar ile ayrılmıştır. Yaprak lekeleri üzerinde etmen bol miktarda piknitler oluşturmaktadır. Etmen PDA besiyerinde siyahımsı yeşil bir gelişme göstermiştir (Şekil 16). Fungus bol miktarda tek hücreli konidiler oluşturmaktadır (Şekil 17). *Phyllosticta theacearum* İran'da da çay bitkilerinde hastalık oluşturmaktadır (Khodaparast ve Hedjaroude, 1996). Diğer ülkelerden çay bitkilerinde hastalık oluşturan birkaç *Phyllosticta* türü bildirilmiştir. Çin'de çay bitkilerinde tomurcuk yanıklığı yapan bir *Phyllosticta* türü, beyaz uyuz hastalığına sebep olan *P. theaeifolia*, kırmızı yaprak lekesine sebep olan *P. theicola*, *Phyllosticta* yaprak lekesine sebep olan *P. erratica* ve gri leke hastalığına neden olan *P. dusana* türlerinin yaygın olduğu bildirilmiştir. *Phyllosticta* yaprak lekesinin, gri lekenin ve kırmızı yaprak lekesinin daha çok olgun yapraklarda, tomurcuk yanıklığının ve beyaz uyuz hastalığının ise tomurcuk ve genç çay yapraklarında görüldüğü bildirilmiştir (Chen ve Chen, 1982).

Gao (1997) olgun yaprak penetrasyonlarının başarılı olmasının yaprak dokularında ve dallanmış hiplerde yavaş büyümeye yol açtığını bildirmiştir. Yaralı yapraklar ve yatay hassas yapraklar kolayca enfekte olmuştur. Daha fazla palizat katman ve süngerimsi hücre yapılarının çay çeşitlerinde bulunmasının hastalık görülmesini etkilediği bildirilmiştir. Daha fazla palizat tabakasına ve kalın yaprak kütikülüne sahip olan çay çeşitlerinin hastalığa nispeten güçlü bir direnç gösterdiği kaydedilmiştir. Yie (1987) hastalığın yüksek rakımlı bölgelerde daha çok görüldüğünü bildirmiştir.



**Şekil 16:** *Phylosticta theacearum*'un Patates Dekstroz Agarda gelişimi





Şekil 17: *Phyllosticta theacearum*'un konidileri

#### 7.1.6. *Exobasidium vexans*

Dünyada çay bitkilerinde görülen önemli hastalıklardan birisi de *Exobasidium vexans* isimli fungus tarafından meydana getirilen su kabarcık yanıklığı hastalığıdır. Bu hastalık Çin, Sri Lanka, Hindistan, Japonya ve çok sayıda diğer çay üreticisi ülkelerde görülmekte olup çayın en önemli hastalıklarından birisidir (Hamaya, 1981; Chen ve Chen, 1982; Keith ve ark., 2006). Ülkemizde bulunmayan bu önemli hastalığın ülkemize girmemesi için tedbirler alınmalı, hastalığın görüldüğü ülkelere üretim materyali getirilmemeli ya da hastaliksız olduklarından emin olunmalıdır.

#### 7.1.7. *Phoma*, *Macrophoma theicola* ve *Marasmius crinisequi*

Ülkemizde de görülen *Phoma* türleri çay bitkisinde tomurcuklarda kararma ve yanıklık ve yaprak lekelerine sebep olmaktadır (Mouli, 1996; Karakaya ve ark., 2011; Yang ve ark., 2016). Bu fungusla ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır. Diğer bir patojen olan *Macrophoma theicola* çay bitkisinin dallarında geriye ölüme sebep olmaktadır (Chen ve ark., 1998). Çay klonlarının bu etmene karşı dayanıklılık durumu değerlendirilmiş ve dayanıklı klonların bulunduğu rapor edilmiştir (Sabanayagam ve ark., 1974). Her budama sonrasında bütün hastalıklı ve ölü dokuların dikkatli bir şekilde uzaklaştırılması ve daha sonra imha edilmesi hastalıkların azaltılmasında etkilidir (Ponmurugan

ve Baby, 2007; Balasuriya, 2008). *Bacillus* spp., *Trichoderma viride*, *Trichoderma harzianum* ve *Pseudomonas* türlerinin biyo-etkinliği, dal kanseri (*Macrophoma* spp.) ile mücadele etmek için tarla şartları altında değerlendirilmiş ve *Bacillus* bakterisinin çay bitkilerini üstün bir şekilde koruduğu tespit edilmiştir (Jeyaraman ve Robert, 2017). Sürgünlerde geriye ölüm ve kanser (etmeni: *Macrophoma theicola*) ve at saçı (etmeni: *Marasmius crinisequi*) hastalıklarının birçok çay yetiştirilen bölgede tahripkar olduğu bildirilmiştir (Keith ve ark., 2006). Bu hastalıklara ülkemizde rastlanamamıştır (Karakaya, 2010). Ülkemizde görülmeyen bu ve diğer hastalıkların ülkemize girmemesi için gerekli tedbirler alınmalıdır.

### 7.1.8. Kök hastalıkları

Ülkemizde çay bitkilerinde görülen kök hastalıkları konusunda yeterli çalışma bulunmamaktadır. Rize ilinde gerçekleştirilen çay hastalıkları sürveyinde herhangi bir kök hastalığına rastlanamamıştır (Karakaya, 2010). Gürcan (1975) çay bitkisinin köklerinden *Fusarium acuminatum* fungusunu rapor etmiştir. Çakır ve Ceylan (1987) çay bitkilerinden *Fusarium* türlerini rapor etmişlerdir. Ayrıca Samsun Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsünün bir raporunda *Rosellinia* sp. bulunduğu bildirilmiştir (Çakır ve Ceylan, 1987). Ülkemizde çay bitkisinde görülmesi muhtemel kök hastalıkları konusunda detaylı araştırmaların yapılmasında fayda bulunmaktadır.

*Armillaria* kök çürüklüğü çay bitkilerinde görülen önemli bir kök hastalığıdır. Bu hastalıktan dolayı Kenya'da %50'lere varan kayıplar rapor edilmiştir (Onsando ve ark., 1997). Afrika'da görülen en yaygın türler *Armillaria heimii* ve *A. mellea*'dır. Çay çalılıkları arasında yayılmanın ana yolunun inokulum teması olduğu bildirilmiştir. Kuraklık, böcek saldırısı ve diğer hastalıklar yatkinlik oluşturan faktörler arasındadır. Hastalığın ayırt edici özellikleri arasında mantar benzeri kokulu, kabuğun içindeki kremi beyaz misel tabakaları, reçine sızıntısı ve bitkinin kabuk bölgesinde uzunlamasına çatlaklar bulunmaktadır (Cheruiyot, 2014). Kenya'da yapılan bir çalışmada hastalığın yaygın olduğu görülmüştür. Enfekte çay kökleri ve kalan ağaç kökleri çoğunlukla çay bitkilerinin enfeksiyonuna neden olmaktadır. Rizomorflar enfeksiyona nadiren sebep olmuştur. Daha yüksek rakımlı plantasyonlarda daha fazla rizomorf gözlemlenmiştir (Onsando ve ark., 1997). Hindistan'da *Armillaria mellea*'nın yüksek rakımlarda yetişen çay bitkilerinde



tahripkar olduğu bildirilmiştir (Satyanarayana ve ark., 1982). Diğer önemli bir fungus olan *Rosellinia* da çay bitkilerinde hastalık oluşturmaktadır. *Rosellinia bunodes*, *Rosellinia arcuata* ve *Rosellinia necatrix* türlerinin çay bitkilerinde hastalık meydana getirdiği bildirilmiştir (Sivanesan ve Holliday 1972a; Sivanesan ve Holliday 1972b; Sivanesan ve Holliday 1972c). Bu hastalıklara ek olarak *Poria hypolateritia*, *Fomes (Phellinus) noxius*, *Botryodiplodia theobromae*, *Ustulina zonata*, *Ganoderma pseudoferreum* etmenlerinin ve *Xylaria*, *Pythium*, *Cylindrocladium* ve *Fusarium* türlerinin çay bitkilerinde hastalık oluşturduğu bildirilmiştir (Mulder, 1976; Mouli, 1997; Mouli, 1998).

### 7.1.9. *Pseudomonas syringae* pv. *theae*

*Pseudomonas syringae* pv. *theae* çay bitkilerinde bakteriyel dal yanıklığı hastalığını oluşturmaktadır. Japonya'da bu hastalık geç sonbahar ve erken ilkbahar aylarında yaygın olarak görülmekte ve özellikle ilk hasat döneminde önemli zarar oluşturmaktadır. Tarla şartlarında bu hastalığa dayanıklı çay çeşit ve hatları bulunmuştur (Yoshida, 2016). Ikeda ve arkadaşları (2012) toplam azot içeriği ve çay yaprakları olgunluğunun *P. syringae* pv. *theae*' ya hassasiyeti belirleyen çevre faktörleri arasında olduğu sonucuna varmışlardır.

## 7.2. ÜLKEMİZDE YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR

Rize ili çay alanlarında *Pestalotia theae*, *Guignardia camelliae* (*Colletotrichum camelliae*), *Fusarium acuminatum*, *Phyllosticta theae*, *Helminthosporium velutinum* ve *Cercoseptoria theae* fungusları tarafından meydana getirilen hastalıklar rapor edilmiştir (Gürcan, 1975). Sararmış çay bitkilerinin köklerinden *Fusarium acuminatum* elde edilmiştir. *Helminthosporium velutinum* çay dallarında ve sürgünlerinde, *Cercoseptoria theae* lekeli sürgünler ve yapraklar üzerinde bulunmuştur.

Doğu Karadeniz bölgesi çay üretim alanlarında yapılan bir çalışmada yapraklarda *Pestalotia theae*, *Guignardia camelliae* (eşsyz dönem: *Colletotrichum camelliae*), *Phyllosticta* sp., *Cercoseptoria theae*, dallarda leke oluşturan *Phoma* sp., *Pestalotia theae* ve dal ve yapraklarda sarı fumajin, siyah fumajin (*Capnodium* sp.), dal ve gövdelerde büyük ihtimalle *Hypodermopsis theae* olduğu tahmin edilen fungus, yapraklarda ödem ve yapraklarda kloroz rapor edilmiştir. Ek olarak, *Fusarium* spp., *Trichothecium* sp. ve *Monochaetia*

*natrassii* fungusları bildirilmiştir (Çakır ve Ceylan, 1987). Araştırmacılar bulunan hastalıkların büyük çoğunluğunun diğer ülkelerde yaygın olan ve çayda üçüncü ve dördüncü derecede önemli olan hastalıklar olduklarını bildirmişlerdir.

Samsun Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsünde yapılan bir çalışmada çay bitkileri üzerinde *Pestalotia theae*, *Rosellinia* sp., *Glomerella cingulata* (= *Colletotrichum gloeosporioides*), *Piggotia theae*, *Pestalotiopsis natrassii*, saprofit olarak da *Trichoderma* sp., *Trichothecium* sp., *Penicillium* sp. ve *Cladosporium cladosporioides* fungusları bildirilmiştir (Çakır ve Ceylan, 1987).

### 7.3. Bazı mücadele yöntemleri ve genel değerlendirme

Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteri biyo-formülasyonlarının yaprak uygulamalarının çay kabarcık yanıklığı hastalığının görülme sıklığını azalttığı belirtilmiştir. Bu bakterilerin uygulanmasını takiben verim artışı da gözlenmiştir (Saravanakumar ve ark., 2007). Bitkilerde hastalık direncini artırmak için bitki aktivatörleri de kullanılmıştır. Bir maya özütü preparatı olan probenazol, tiadinil ve prohydrojasmonas bitki aktivatörleri tarlada yetiştirilen 'Yabukita' çay yapraklarına püskürtülmüştür. Bitki aktivatörleri ile muamele edilmiş yapraklarda antraknoz ve gri yanıklığın lezyon gelişimi baskılanmıştır (Yoshida ve ark., 2010). Salisilik asit ve acibenzolar-S-methyl benzo-[1,2,3]-thiadiazole-7-karboksilik asit S-metil esteri çayın kabarcık yanıklığı hastalığına karşı başarıyla kullanılmıştır (Ajay ve Baby, 2010). Çay bitkilerinde *Exobasidium vexans*'a karşı dayanıklılık oluşturmak için abiyotik uyarıcı kalsiyum klorür kullanılmış ve CaCl<sub>2</sub>'ün yaprak uygulamasıyla kabarcık yanıklığının yaklaşık %80 oranında engellendiği gözlemlenmiştir (Chandra ve ark., 2014). Ayrıca, toplam fenoliklerin daha yüksek birikimi ve PAL, POD, PPO ve glukozaz seviyelerinde önemli artış gözlemlenmiştir. Katalaz, taumatin, sinamat 4-hidroksilaz, flavonoid 30-hidroksilaz ve PAL genlerinin transkript seviyeleri de yükselmiştir. Benzer şekilde, kitosan uygulaması kabarcık yanıklığı hastalık etkenine karşı sistemik ve kalıcı çay bitkisi direnci oluşturmuştur (Chandra ve ark., 2017).

Çay bitkilerinde ve çaylıklar içinde budama ya da hasat esnasında yaprak ve dallarda oluşabilecek zararlanmalar *Pestalotiopsis*, *Colletotrichum* ve diğer fungusların ve bakterilerin zarar oluşturmasında etkili olabilir. Yine çayda

zararlı böceklerin beslenirken açmış oldukları yaralar da hastalık etmenlerinin enfeksiyonunu kolaylaştırabilir.

Çay bitkisi monokültür sistemi altında çok yıllık bir ürün olarak yıllarca çevrede kalmakta ve ömrü boyunca çok sayıda agronomik uygulamayla ve hastalık etmeni ile karşılaşmaktadır. Tek yıllık ürünlerde uygulanan hastalık yönetim uygulamaları çok yıllık çay sistemi için uygun olmayabilir. Bir hastalığın ortaya çıkışı, verilen hasarın boyutu ve hastalık yönetimi için benimsenen stratejiler genellikle her çay yetiştiren ülke için özeldir. Bu sebeple, konuma özgü hastalık yönetimi uygulamalarına odaklanmakta fayda bulunmaktadır (Pandey ve ark., 2021).

Dünyada çay üretiminde önde gelen birçok ülkede zararlılara ve hastalıklara karşı bazı pestisitler kullanılmaktadır (Anonim d, 2024). Değişen iklim şartlarında sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği sağlayarak, pestisit kalıntılarında arındırılmış kaliteli çayı uygun maliyetle üretmek, küresel çay endüstrisinin karşı karşıya olduğu güncel bir zorluktur (FAO, 2016). Ülkemiz çay yetiştiriciliğinde ise çay bahçelerinde zararlıların ve hastalıkların yoğun ve ekonomik düzeyde görülmemesi sebebi ile pestisit kullanmadan doğal sürdürülebilir bir üretim modeli esas alınmıştır. Çay bahçelerinde herbisit kullanımına da ürüne ve çevreye olan zararlı etkileri sebebi ile müsaade edilmemektedir. Ülkemizde zararlılara ve hastalıklara karşı sürdürülebilir bir ekosistemi koruyabilmek için kültürel işlemlerle ve biyolojik mücadele ile tedbir alınmaktadır (Anonim d, 2024).

## 7.4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde çay bitkisinde hastalık meydana getiren çok sayıda hastalık etmeni bulunmuştur. Ancak bu etmenlerin zararları daha çok çay bitkisinde strese girmiş bitkiler ile sınırlı kalmış olup alt yapraklarda ve/veya yaralanmış yaprak ve dokularda görülmüşlerdir (Karakaya, 2010). Bu hastalıklar potansiyel olarak önemlidirler ve çay bitkilerinde durumları takip edilmelidir. Hastalık etmenlerin biyolojileri detaylı bir şekilde araştırılmalıdır. Ülkemizde bulunmayan hastalıkların ülkemize girmemesi için tedbirler alınmalıdır. İklim değişikliğinin etkilerinin hissedildiği günümüz şartlarında çay bitkilerinde hastalığa yol açan etmenler, hastalıkların mekanizmaları, yayılma yolları ve mücadele yöntemleri hakkında araştırmalar yapılmalıdır (Karakaya ve Dikilitas, 2018). Çay çeşit ve genotiplerinin hastalıklara hassasiyet durumları

farklılık gösterebilmektedir (Wang ve ark., 2016). Ülkemizde de hastalıklara dayanıklı çay genotipleri ortaya çıkarılmalı ve dayanıklılık mekanizmaları aydınlatılmalıdır.

## **TEŞEKKÜR**

Bu kitap bölümünde yer alan bilgilerin ve resimlerin bir kısmı TÜBİTAK tarafından desteklenen ve yürütücülüğünü Aziz Karakaya'nın yaptığı 107O661 numaralı proje nihai raporundan alınmıştır. Resimlerin hepsi orijinal olup Aziz Karakaya'ya aittir.

## KAYNAKÇA

- Ajay, D., & Baby, U. I. (2010). Induction of systemic resistance to *Exobasidium vexans* in tea through SAR elicitors. *Phytoparasitica*, 38, 53-60.
- Anonim a. (2024). Websitesi: [www.apsnet.org/online/common/names/tea.asp](http://www.apsnet.org/online/common/names/tea.asp)
- Anonim b. (1993). Distribution maps of plant diseases. *Phomopsis theae*. International Mycological Institute. CABI. Map No. 493.
- Anonim c. (2024). Web sitesi: <https://www.upasitearesearch.org/pests-diseases>
- Anonim d. (2024). Web sitesi: <https://cayihitissas.erdogan.edu.tr/Files/ckFiles/cayihitissas-erdogan-edu-tr/%C3%87AY%20%C3%87ALI%C5%9ETAYI%20K%C4%B0TAP%C3%87I%C4%9EI.pdf>
- Bahadur, A., & Dutta, P. (2023). *Diseases of Commercial Crops and Their Integrated Management*. CRC Press.
- Balasuriya, A. (2008). Common diseases of tea and their management. *Handbook on tea. Tea Research Institute of Sri Lanka, Talawakelle*, 173-209.
- Barthakur, B. K. (2011). Recent approach of Tocklai to plant protection in tea in north east India. *Science and Culture*, 77, 361–384.
- Çakır, O., & Ceylan, S. (1987). Doğu Karadeniz Bölgesi çay (*Camellia sinensis* L.) üretim alanlarında hastalık oluşturan etmenlerin tespiti üzerinde ön çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 27(1-2), 87-99.
- Chandra, S., Chakraborty, N., Chakraborty, A., Rai, R., Bera, B., & Acharya, K. (2014). Induction of defence response against blister blight by calcium chloride in tea. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(19), 2400-2409.
- Chandra, S., Chakraborty, N., Panda, K., & Acharya, K. (2017). Chitosan-induced immunity in *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze against blister blight disease is mediated by nitric-oxide. *Plant Physiology and Biochemistry*, 115, 298-307.
- Chen, J. S., Thseng, F. M., & Ko, W. H. (1988). *Macrophoma theicola*: the causal organism of tea twig die-back in Taiwan. Recent development in tea production. Proceedings of the International Symposium. Taiwan Tea

- Experiment Station (Chiu, T. F., Wang, C. H. eds.). February 29–March 5, 1988, pp. 197–203.
- Chen, T. M., & Chen, S. F. (1982). Diseases of tea and their control in the People's Republic of China. *Plant Disease*, 66 (10), 961-965.
- Chen, Y., Qiao, W., Zeng, L., Shen, D., Liu, Z., Wang, X., & Tong, H. (2017). Characterization, pathogenicity, and phylogenetic analyses of *Colletotrichum* species associated with brown blight disease on *Camellia sinensis* in China. *Plant Disease*, 101(6), 1022-1028.
- Cheruiyot, H. (2014). Armillaria root rot (*Armillaria mellea*) of tea: biology, pathogenicity, symptoms and control. *Tea*, 35(1), 3–7.
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Del-Val, E. K., & Larsen, J. (2016). Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. *FEMS Microbiology Ecology*, 92(4), fiw036.
- Ertaş, M. N., & Karakaya, A. (2018). Çay ve kivi bitkilerinde hastalık oluşturan *Pestalotiopsis* türleri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(1), 152-168.
- Ertaş, M. N., Karakaya, A., Oğuz, A. Ç., & Baştaş, K. K. (2016). *Pestalotiopsis* species isolated from tea and kiwifruit plants in Turkey. *Works of the Faculty of Agriculture and Food Sciences, University of Sarajevo*, 61(66/1), 264-268.
- FAO. (2016). Report of the working group on climate change of the FAO intergovernmental group on tea. Rome, Italy.
- Gao, X. H. (1997). Correlation between the occurrence of tea red leaf spot and the structure and spatial position of leaves. *J Tea Sci*, 17(1), 21–26.
- Gao, Y., Liu, F., & Cai, L. (2016). Unravelling *Diaporthe* species associated with *Camellia*. *Systematics and Biodiversity*, 14(1), 102-117.
- Gürcan, A. (1975). Çay Hastalıkları. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 25(2), 483-496.
- Hamaya, E. (1981). Diseases of tea plant in Japan and their control. *Review of Plant Protection Research*, 14, 96-111.
- Ikeda, N., Hirono, Y., & Yoshida, K. (2012). Relationship between lesion development and nitrogen content and maturity of tea leaves after artificial inoculation with the causal agent of tea bacterial shoot blight, *Pseudomonas syringae* pv. *theae*. *Bull Nat Inst Veg Tea Sci*, 11, 99–106.

- Jeyaraman, M., & Robert, P. S. A. 2017. Integrated management of branch canker disease (*Macrophoma* sp.) in tea under field level. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 124, 115-119.
- Kacar, B. (2010). Çay bitkisi, Biyokimyası, Gübrenmesi, İşleme Teknolojisi. Nobel Yayın, No: 1549, Fen Bilimleri:107, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın No:64, 355 sayfa.
- Karakaya, A. (2009). *Phomopsis theae* on *Camellia sinensis* in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 91, S4.105.
- Karakaya, A. (2010). Rize ilinde çay bitkilerinde görülen önemli hastalıkların belirlenmesi ve çaylarda ve kivilerde zarar oluşturan *Pestalotiopsis* hastalığının karakterizasyonu. TÜBİTAK Proje No: 107O661 nihai raporu. 56 s.
- Karakaya, A., & Bayraktar, H. (2010). Botrytis disease of tea in Turkey. *Journal of Phytopathology*, 158 (10), 705-707.
- Karakaya, A., & Çelik Oğuz, A. (2013). Rize ilinde kivi bitkilerinde görülen hastalıklar. II. Rize Kalkınma Sempozyumu. Rize. 3-4 Mayıs 2013.
- Karakaya, A., & Dikilitas, M. (2018). Biochemical, physiological and molecular defence mechanisms of tea plants against pathogenic agents under changing climate conditions. Pages 241-268 in: *Stress physiology of tea in the face of climate change*, Han, W.-Y. et al. (eds.), Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Karakaya, A., Moriwaki, J., & Sato, T. (2011). Tea diseases observed in Rize, Turkey. 2011. Asian Mycological Congress. August 7-11, 2011. Incheon, Korea.
- Keith, L., Ko, W – H., & Sato, D. W. (2006). Identification guide for diseases of tea (*Camellia sinensis*). Cooperative Extension Service. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawai'i at Manoa, PD-33.
- Khodaparast, A. S., & Hedjaroude, G. A. (1996). Fungal pathogens of tea plant in Northern Iran. *Iran J Plant Path*, 32, 233–243 (Pe), 168- 170 (En).
- Kumhar, K. C., Babu, A., Bordoloi, M., Benarjee, P., & Rajbongshi, H. (2016). Comparative bioefficacy of fungicides and *Trichoderma* spp. against *Pestalotiopsis theae*, causing grey blight in tea (*Camellia* sp.): an *in vitro* study. *Int J Curr Res Biosci Plant Biol*, 3(4), 20-27.

- Kumhar, K. C., & Babu, A. (2019). Biocontrol potency of *Trichoderma* isolates against tea (*Camellia* sp.) pathogens and their susceptibility towards fungicides. *Int J Chem Stud*, 7: 4192-4195.
- Kumhar, K. C., Babu, A., Nisha, S. N., & Kishor, C. K. (2022). Management of tea (*Camellia sinensis*) diseases with application of microbes: a review. *Appl Microbiol Biotechnol*, 10, 2022.
- Li, Q., Zhu, J., Ren, N., Li, D., Jin, Y., Lu, W., & Lu, Q. (2023). Characteristics and pathogenicity of *Discula theae-sinensis* isolated from tea plant (*Camellia sinensis*) and interaction with *Colletotrichum* spp. *Plants*, 12(19), 3427.
- Liu, F., Weir, B. S., Damm, U., Crous, P. W., Wang, Y., Liu, B., Wang, M., Zhang, M., & Cai, L. (2015). Unravelling *Colletotrichum* species associated with *Camellia*: employing ApMat and GS loci to resolve species in the *C. gloeosporioides* complex. *Persoonia*, 35, 63–86.
- Maharachchikumbura, S. S., Hyde, K. D., Groenewald, J. Z., Xu, J., & Crous, P. W. (2014). *Pestalotiopsis* revisited. *Studies in Mycology*, 79(1), 121-186.
- Mordue, J. E. M., & Holliday, P. (1971). *Pestalotiopsis theae*. [Descriptions of Fungi and Bacteria]. *Descriptions of Fungi and Bacteria*, (32), Sheet-318.
- Mouli, B. C. (1988). Root diseases of tea and their control. *J Coffee Res*, 18 (Suppl 1), 29–37.
- Mouli, C. (primary collector) (1996). Diseases of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). <https://www.apsnet.org/publications/commonnames/Pages/Tea.aspx>
- Mouli, B. C. (1997). Diseases in tea nursery and their management. *Planters' Chronicle*, 92(5), 221–223.
- Mulder, D. (1976). Diseases and disorders of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) in Indonesia. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent* 41(2(II)):1331–1335.
- Naglot, A., Goswami, S., Rahman, I., Shrimali, D. D., Yadav, K. K., Gupta, V. K., Rabha, A. J., Gogoi, H. K., & Veer, V. (2015). Antagonistic potential of native *Trichoderma viride* strain against potent tea fungal pathogens in North East India. *The Plant Pathology Journal*, 31(3), 278.



- Onsando, J. M., Wargo, P. M., & Waudo, S. W. (1997). Distribution, severity, and spread of Armillaria root disease in Kenya tea plantations. *Plant Disease*, 81(2), 133-137.
- Pandey, A. K., Sinniah, G. D., Babu, A., & Tanti, A. (2021). How the global tea industry copes with fungal diseases—challenges and opportunities. *Plant Disease*, 105(7), 1868-1879.
- Pereira, W. V., & Mio, L. L. M. D. (2020). Blossom blight caused by *Botrytis cinerea* on *Camellia japonica* in Brazil. *Journal of Plant Pathology*, 102(4), 1375-1375.
- Ponmurugan, P., & Baby, U. I. (2007). Evaluation of fungicides and biocontrol agents against Phomopsis canker of tea under field conditions. *Australasian Plant Pathology*, 36, 68-72.
- Popenoe, J., Warwick, C. G. R., & Pearson, B. J. (2018). Key Plant, Key Pests: *Camellia*: ENH1294/EP558, 6/2018. *EDIS*, 2018(3).
- Punithalingam, E., & Gibson I. A. S. (1972). *Phomopsis theae*. IMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No.330.
- Rattan, P. S. (1993). Incidence of Phomopsis stem and branch canker in Zimbabwe. *Tea Research Foundation (Central Africa), Q Newsl October*, 23-24.
- Sabanayagam, J. V., Samarakoon, H. H., & Shanmuganathan, N. (1974). Susceptibility of some tea clones to stem canker caused by *Macrophoma theicola* Petch in the low country. *Tea Q*, 44(1), 74–78.
- Saravanakumar, D., Vijayakumar, C., Kumar, N., & Samiyappan, R. (2007). PGPR-induced defense responses in the tea plant against blister blight disease. *Crop Protection*, 26(4), 556-565.
- Satyanarayana, G., Padmanaban, R., Barua, G. C. S., Barua, K. C., & Devnath, S. K. (1982). *Armillaria mellea* -a primary root rot disease of tea (*Camellia sinensis*) in NE India. *Two Bud*, 29(1),18–21.
- Sivanesan, A., & Holliday, P. (1972a). *Rosellinia necatrix*. [Descriptions of fungi and bacteria]. *IMI Descriptions of Fungi and Bacteria*, Sheet 352.
- Sivanesan, A., & Holliday, P. (1972b). *Rosellinia arcuata*. [Descriptions of fungi and bacteria]. *IMI Descriptions of Fungi and Bacteria*, Sheet 353.
- Sivanesan, A., & Holliday, P. (1972c). *Rosellinia bunodes*. [Descriptions of fungi and bacteria]. *IMI Descriptions of Fungi and Bacteria*, Sheet 351.

- Wang, Y. C., Hao, X. Y., Wang, L., Xiao, B., Wang, X. C., & Yang, Y. J. (2016a). Diverse *Colletotrichum* species cause anthracnose of tea plants (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) in China. *Sci Rep*, 6, 35287.
- Wang, L., Wang, Y., Cao, H., Hao, X., Zeng, J., Yang, Y., & Wang, X. (2016b). Transcriptome analysis of an anthracnose-resistant tea plant cultivar reveals genes associated with resistance to *Colletotrichum camelliae*. *PLoS One*, 11(2), e0148535.
- Yang, D., Yao, J., Wang, B., Zheng, J., Cao, C., & Huang, D. (2024). First report of *Botrytis cinerea* causing gray mold on tea (*Camellia sinensis*) in China. *Plant Disease*, 108(1), 203.
- Yang Wen, Y. W., Chen Yao, C. Y., Chen XiaoJun, C. X., Yao YongJing, Y. Y., & Zhou YuFeng, Z. Y. (2016). A new disease of tea plant caused by *Phoma adianticola*. *J Tea Sci*, 36(1), 59–67
- Yie, D. M. (1987). Occurrence and control of *Phyllosticta theaeifolia* on tea plants in southwest Zhejiang mountainous areas. *Plant Prot*, 13(3), 13–14.
- Yoshida, K. (2016). Assay of bacterial shoot blight resistance among tea cultivars and breeding lines using a field inoculation test. *Bull Nat Inst Veg Tea Sci*, 15, 35–47.
- Yoshida, K., Ogino, A., Yamada, K., & Sonoda, R. (2010). Induction of disease resistance in tea (*Camellia sinensis* L.) by plant activators. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 44(4), 391-398.



## BÖLÜM 8

### ÇAY ZARARLILARI VE MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Dr. Fatma ÖZSEMERÇİ<sup>1</sup>

Heval DİLER<sup>2</sup>

Dr. Seher TANYOLAÇ<sup>1</sup>

Dr. Tülin KILIÇ<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14290931>

---

<sup>1</sup> Ziraî Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bitki Zararlıları Bölümü, Bornova-İzmir, TÜRKİYE.

fatma.ozsemerci@tarimorman.gov.tr Orcid ID:0000-0003-2234-1810

tulin.kilic@tarimorman.gov.tr Orcid ID: 0000-0003-4058-6600

seher.tanyolac@tarimorman.gov.tr Orcid ID: 0009-0002-7545-9820

<sup>2</sup> Ziraî Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarımsal Fauna ve Mikroflora Bölümü, Yenimahalle/Ankara-TÜRKİYE

heval.diler@tarimorman.gov.tr Orcid ID: 0000-0002-5482-4043



## GİRİŞ

Çay bitkisi özel iklim isteği nedeniyle oldukça sınırlı alanlarda yetiştirilmekte olup, dünya genelinde üretimi ağırlıklı olarak Asya Kıtasında yapılmaktadır (Anonim, 2024 a). Bilindiği gibi tarımsal üretimde hastalık ve zararlılar ürün kayıplarına neden olmakta, zararlılar arasında yer alan böcekler ve akarlar, beslenmelerinin yanısıra bitki hastalıklarına vektörlük yaparak da üretimin azalmasına yol açmaktadırlar. Dünyada çay yetiştiriciliğinde çok sayıda zararlı böcek ve akar türü üretimi tehdit etmektedir.

Ülkemizde çayın yetiştirildiği Karadeniz Bölgesi'nde iklim koşulları nedeniyle çayda görülen zararlı böcek tür sayısı az olup zararlılar yönüyle çok önemli sorunlar yaşanmamaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki en önemli bitkisel ürünlerden olan çay bitkisinde kimyasal gübre dışında herhangi bir kimyasal kullanılmadığı için çayda bulunan zararlıların popülasyonu ekonomik zarar seviyesinin altında olup doğal denge korunmaktadır (Ak, Güçlü ve Sekban, 2013).

Dünyada pestisit kullanılmadan üretilen tek çay Türk çayıdır (Anonim, 2011; 2018). Çayımızın bu özelliğini korumak için ilgili kuruluşlar, üreticiler gerekli çabayı göstermektedirler. Bölgede var olan doğal dengenin sürdürülebilirliğinin sağlanması için zararlılara karşı kimyasal mücadeleye alternatif kültürel, biyoteknik ve biyolojik mücadele yöntemleri uygulanmaktadır. Karadeniz Bölgesi'nde yetiştirilen çay bitkisinde bitki koruma ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça kısıtlı olup, özellikle zararlılar konusunda yapılan çalışmaların sayısı çok azdır.

Bu bölümde Ülkemizde çay alanlarında görülen böcekler ve akarların, tanımları, biyolojileri, zarar şekilleri ve mücadele yöntemleri konularında bilgiler verilmektedir.

## 8.1.ÇAY ZARARLILARI

### 8.1.1. Yalancı Kelebek [(*Orosanga japonica* (=Ricania japonica) (Melichar, 1898) (Hemiptera: Ricaniidae)]

*Orosanga japonica*, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yayılış gösteren bir zararlıdır. 2006 yılında Gürcistan sınırındaki Sarp sınır kapısından turunçgil ve kivi fidanları ile Türkiye'ye giriş yapmıştır.

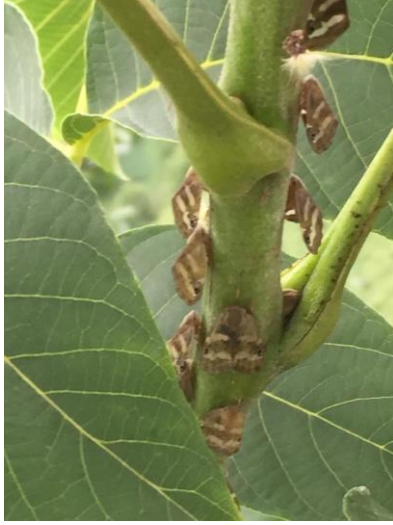
Türkiye'de yapılan yayınlarda bu türün *Ricania simulans* olduğu belirtilmesine karşın Demir (2009) tarafından yapılan çalışmada *Ricania* cinsi içerisinde *Ricania japonica* olduğu bildirilmiştir. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda hem morfolojik hem de moleküler olarak *Orosanga* cinsi içerisinde *Orosanga japonica* olarak tanımlanmıştır (Akner ve diğerleri, 2019; Arslangündoğdu ve Hızal, 2018; Demir, 2018).

*Orosanga japonica* kelebeğe benzemesi nedeniyle Yalancı kelebek veya Vampir kelebek olarak adlandırılmaktadır. Kısa sürede yayılış göstermesi ve zarar oluşturması nedeniyle de istilacı türler arasında yer almaktadır.

*Orosanga japonica*'nın anavatanı Çin, Japonya ve Kore'yi kapsayan Uzak Doğu Asya'dır. Ancak, iklim değişikliği ve ülkeler arasında artan ticaret hareketliliği nedeniyle ana vatani dışında Bulgaristan, Rusya, Ukrayna, İran, Kıbrıs, Gürcistan ve Azerbaycan ile Türkiye'de saptanmıştır (Demir, 2009; EPPO, 2016; Gjonov, 2011; Ismaylova, 2021). Türkiye'de Rize başta olmak üzere Karadeniz sahil kesimlerindeki Artvin ilinden Samsun iline kadar yayılış göstermiş ve Sakarya, Düzce ve İstanbul'da da tespit edilmiştir (Arslangündoğdu ve Hızal, 2018; Demir, 2009; Öztemiz, 2018).

**Tanınması:** *Orosanga japonica* erginlerinin vücut uzunluğu 8-11 mm, kanat açıklıkları 13-14 mm'dir (Şekil 1). Pronotumu üçgen şeklinde ve başı düzdür. Kanatları kahverengi tonlarındadır. Kanatlarında enine damarlar bulunmaktadır. Ön kanatlarının üzerinde enine, açık gri renkte iki bant bulunmakta, arka kanatlar ise şeffaf görünümündedir (Göktürk ve Aksu, 2014). Erkekler dişilerden daha küçük ve nispeten açık renklidir (Ismaylova, 2021).

Nimflerin vücudu sarı, açık gri ve üzerinde kahverengi lekeler vardır. Beş nimf dönemi geçirdikten sonra ergin olurlar. Son dönem nimfleri 4,5 mm boyunda ve 3 mm enindedir. Abdomen sonunda vücut boyundan daha uzun, beyaz renkte ve uzunca mumsu iplikçikler bulunmaktadır (Şekil 2) (Göktürk ve Aksu, 2014).



Şekil 1. *Orosanga japonica* erginleri (Fotoğraf: Fatma Özsemerci).



Şekil 2. *Orosanga japonica* nimfleri (Fotoğraf: Fatma Özsemerci).

**Biyolojisi ve Zarar Şekli:** *Orosanga japonica*, kışı bitki dokusu içinde yumurta döneminde geçirir. Havaların ısınmasıyla yumurtalar açılmaya başlar ve nimfler iklim koşullarına bağlı olarak doğada nisan ayının üçüncü haftasından, erginler ise haziran ayının ikinci haftasından itibaren görülmeye başlar (Şekil 3). Yumurtadan çıkan nimfler tüylü bir görünüme sahiptir. Arka bacaklarının sıçrayıcı yapıya sahip olması nedeniyle bir bitkiden diğerine



sıçrayarak geçerler. Nimf popülasyonu temmuz ayından itibaren azalarak, ergin popülasyonu artmaya başlar (Özsemerci ve diğerleri, 2018; 2020).

Erginler temmuz ayının üçüncü haftasından itibaren eylül ayına kadar çiftleşerek yumurta bırakır. Çiftleşen dişiler iğ şeklindeki yumurtalarını ovipozitörü (Yumurta koyma borusu) ile bitki dokusu içerisine düzgün bir sıra boyunca bırakır (Şekil 4). Yumurtalar oval şekilde ve beyaz renktedir (Cebir, 2016; Özsemerci ve diğerleri, 2020).



**Şekil 3.** *Orosanga japonica* nimf ve erginleri (Fotoğraf: Fatma Özsemerci).



**Şekil 4.** *Orosanga japonica* yumurtaları (Öztemir, 2014).

Yumurta bırakılan dokuda sıra halinde kabarık bir görüntü oluşur (Özsemerci ve diğerleri, 2020). Bir dişi; 7, 8, 11, 15, 19'luk gruplar halinde ortalama 60 adet yumurta bırakır. Bir grupta en az 5, en fazla 20 yumurta bulunmaktadır. Laboratuvar koşullarında bir dişinin ortalama 40-60 adet

yumurta bıraktığı saptanmıştır (Ismaylova, 2021). Çayda 10 cm uzunluğundaki sürgünlerde ortalama 3-18 adet yumurta bırakır. Zararlı yılda bir döl verir. Nimf ve ergin popülasyonu genç çay ocaklarında daha yoğun görülmektedir (Özsemerci ve diğerleri, 2020).

Zararlının nimf ve erginleri sokucu emici ağız yapısına sahiptir. Karadeniz Bölgesi'nde çay sürgünlerinin üretim sezonu boyunca hasat edilmesi nedeniyle bitkilerde emgi zararı belirtilerine genellikle rastlanmamaktadır (Özsemerci ve diğerleri, 2020). Ancak bu bölgede yapılan bir çalışmada *O. japonica*'nın çayda beslenmesi sonucunda siyah çayın kalite parametrelerinden; su ekstraktı, toplam kül, selüloz, toplam polifenol, theaflavin/thearubigin oranı, dem rengi, % demde parlaklık, dem renk koyuluğu ve kafein değerleri ile alüminyum, bakır, demir, mangan, çinko, kalsiyum ve magnezyum değerlerinin olumsuz etkilendiğini belirlemişlerdir (Bayramoğlu ve diğerleri, 2023).

*Orosanga japonica* polifag bir zararlıdır. Çay bitkisinin yanı sıra; sebze ve meyve ağaçları içerisinde hıyar (*Cucumis sativus* L.), fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), kabak (*Brassica oleracea* L.), domates (*Solanum lycopersicum* L.), patlıcan (*Solanum melongena* L.), lahanası (*Brassica oleracea* L.), biber (*Capsicum annuum* L.), incir (*Ficus carica* L.), üzüm (*Vitis vinifera* L.), kivi (*Actinidia chinensis* Planch.), çilek (*Fragaria* sp.), yabani böğürtlen (*Rubus* sp.), turunçgiller (*Citrus sinensis* L.), mısır (*Zea mays* L.), dut (*Morus alba* L.), fındık (*Corylus avellana* L.), kestane (*Castanea sativa* Mill.), elma (*Malus domestica* Borkh.), armut (*Pyrus communis* L.), şeftali (*Persica vulgaris* Mill.), kiraz (*Prunus cerasifera* Ehrh.), yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.), akasya (*Acacia* spp.), defne (*Laurus nobilis* L.), lavanta (*Lavandula* sp.), çalı formundaki bitkiler ve yabancı otlarda beslenmektedir. (Ak, Güçlü, Eken ve Sekban, 2015; Akıner ve diğerleri, 2019; Cebir, 2016; Demir, 2009, 2018; Ismaylova, 2021; Karataş, Karataş, Yavuz ve Genç, 2020; Öztürk, 2014).

Çayın dışında konukçusu olduğu bu bitkilerde beslenmesinin yanı sıra tatlımsı madde salgılayarak da fumajine neden olduğu saptanmıştır. Fumajin şekerli içerikteki bu madde üzerinde saprofit fungusların gelişmesiyle siyah bir yapı oluşur. Bu yapı bitkinin fotosentez yapımını engellemekte ve bitkinin zarar görmesine neden olmaktadır (Cebir, 2016). Akıner, Öztürk ve Sevgili, (2022) tarafından *O. japonica*'nın moleküler çalışmalarında; Karadeniz ve Marmara sahil hattında 163 kayıt noktasına göre, potansiyel dağılım ve habitat tercihleri

değerlendirilmiş, zararlının konukçu bitki tercihlerinin geçmişteki ve günümüzdeki kayıtlarıyla, Türkiye'nin Karadeniz ve Marmara kıyılarında geniş bir bitki yelpazesinin tehlike altında olduğunu ve türün ekonomik açıdan önemli bitki türleri için ciddi bir tehdit oluşturduğu bildirilmektedir. Akıner, Kılıçkaya Selvi, Öztürk, Güney ve diğerleri (2021) tarafından *O. japonica* nimf ve erginlerinin mücadelesinde *Cuscuta campestris* Yunck. (Solanales: Convolvulaceae) ve *Lupinus albus* L. (Fabales: Fabaceae)'un ham özütlerinin laboratuvar koşullarında toksik etkileri belirlenmiş ve *O. japonica* erginlerinin LT<sub>50</sub> değerleri nimflere göre daha düşük bulunmuştur. Her iki bitkinin *O. japonica*'nın mücadelesinde umut verici olduğu bildirilmektedir.

Ayrıca zararlının nimf ve erginlerinin bazı önemli bitki patojeni fungusların (*Cylindrocarpon* sp., *Fusarium* sp., ve *Pestalotiopsis quepinii*) vektörlüğünü de yaptığı bilinmektedir (Eken, Ak, Güçlü, Genç ve diğerleri, 2013; Göktürk ve Mihli, 2015).

**Mücadelesi:** Dünyada *O. japonica* mücadelesinde yaygın olarak geniş spektrumlu pestisitler kullanılmaktadır (Wojciechowska, Stepnowski ve Gołębowski, 2016). Ancak Türkiye çayda kimyasal uygulama yöntemlerinin uygulanmadığı tek Ülkedir. Ayrıca Doğu Karadeniz Bölgesi'nde kimyasal mücadele uygulanmaması nedeniyle zararlıya karşı alternatif mücadele yöntemlerini belirlemek amacıyla, Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından desteklenen projeler kapsamında kültürel uygulamalar, biyolojik ve biyoteknik mücadele çalışmaları yürütülmüştür.

**Kültürel Önlemler:** Zararlının kışı bitki dokusu içerisinde yumurta döneminde geçirmesi nedeniyle çay bahçelerinde üretim sezonu sonunda bulaşık sürgünlerin kesilerek yok edilmesi, zararlı popülasyonunu %90 azaltmaktadır (Altaş ve Ak., 2019).

**Mekanik Mücadele:** Doğal düşman popülasyonu oluşmadan, *O. japonica* nimflerinin Mayıs ayında görülmeye başlamasıyla birlikte, vakumlu böcek toplama aleti olan D-vac (Şekil 5) düzenli kullanılarak zararlı popülasyonu yıldan yıla azaltılabilir (Özsemerci ve diğerleri, 2020; 2021).



Şekil 5. D-vac aleti (Fotoğraf: Fatma Özsemerci).

**Biyolojik Mücadele:** Çay alanlarında yapılan çalışmada aşağıdaki doğal düşmanlar saptanmıştır (Tablo 1 ve Tablo 2).

Tüfekli, Tireng Karut, Akmeşe ve Sekban (2021) tarafından Trabzon, Rize ve Artvin illerinde zararlının farklı konukçularından elde edilen doğal düşmanlardan başta Arachnida (Örümcekler) türleri olmak üzere çok sayıda predatör tür saptanmıştır (Tablo 1). Bu türlerden Coccinellidae familyasına ait bireylerin *O. japonica*'nın ilk dönem nimfleri ile beslendikleri bildirilmektedir. Potansiyel parazitoitlerden *Aprostocetus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) ve *Polynema* sp. (Hymenoptera: Mymaridae) belirlenmiştir (Tablo 2). Ayrıca; parazitoit türlere ek olarak ümitvar entomopatojen fungus *Baeuveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitacea) saptanmıştır. Karataş, Karataş, Yavuz ve Genç (2020) tarafından predatörlerden Araneidae, Mantidae ve Libellulidae familyalarına ait bireyler saptanmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1.** *Orosanga japonica*'nın predatörleri

| Bilimsel Adı                                    | Takım ve Familyası        |
|---|---------------------------|
| <i>Propylaea quatuordecimpunctata</i> (L.)      | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Harmonia axyridis</i> (Palas)                | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Chilocorus renipustulatus</i> (L.G. Scriba)  | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Pysllobora vigintiduopunctata</i> (L.)       | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Pysllobora bisoctonotata</i> (Muls.)         | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Platynaspis luteorubra</i> (Goeze)           | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Hlyzia sedecimguttata</i> (L.)               | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Coccinella septempunctata</i> L.             | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Brumus (Exochomus) quadripustulatus</i> (L.) | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Vibidia duodecimguttata</i> (Poda)           | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Chrysopa</i> sp.                             | Neuroptera: Chrysopidae   |
| <i>Argiope bruennichi</i> (Scopoli)             | Araneae: Araneidae        |
| <i>Mantis religiosa</i> (Linnaeus)              | Mantoidea: Mantidae       |
| <i>Orthetrum brunneum</i> (Fonscolombe)         | Odonata: Libellulidae     |

(Kaynak: Karataş, Karataş, Yavuz ve Genç, 2020, Özsemerci ve diğerleri, 2020; Tüfekli, Tireng Karut, Akmeşe ve Sekban, 2021).

Ayrıca; Güçlü, Ak, Eken, Akyol ve diğerleri (2010) laboratuvar koşullarında entomopatojen fungus *Lecanicillium muscarium*'un çay bitkisindeki nimflerinde  $1 \times 10^7$  konidi/ml dozun %50,95-74,7 ölüm meydana getirdiğini,  $LT_{50}$ 'nin 2,34- 3,90 gün olduğunu belirlemişlerdir.

Ak, Eken, Güçlü, Genç ve diğerleri (2014) tarafından laboratuvar koşullarında çay bitkisi üzerinde *Conidiobolus coronatus*'un *R. simulans*'ın nimflerine karşı etkisinin belirlendiği çalışmada;  $1 \times 10^7$  / mL dozda zararlının nimflerinde %100 ölüm meydana getirdiği,  $LT_{50}$ 'in 3,19 -3,66 gün olduğu, zararlının entegre mücadelesinde başarılı bir şekilde kullanılabileceği bildirilmektedir.



**Şekil 6.** *Propylaea quatuordecimpunctata* ergini. ([https://arthropodafotos.de/dbsp.php?lang=eng&sc=0&ta=t\\_35\\_coleo\\_pol\\_coc&sci=Propylaea&scisp=quatuordecimpunctata](https://arthropodafotos.de/dbsp.php?lang=eng&sc=0&ta=t_35_coleo_pol_coc&sci=Propylaea&scisp=quatuordecimpunctata)).



**Şekil 7.** *Harmonia axyridis* ergini. (<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompndium.26515>).



**Şekil 8.** *Chilocorus renipustulatus*.  
(<http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/species?id=10>).



**Şekil 9.** *Pysllobora vigintiduopunctata*.  
(<https://www.ukbeetles.co.uk/pysllobora-vigintiduopunctata>).

**Tablo 2.** *Orosanga japonica*'nın parazitoitleri

| Bilimsel Adı                           | Takım ve Familyası         |
|--|----------------------------|
| <i>Tetrastichus agrilocidus</i> Graham | Hymenoptera: Eulophidae    |
| <i>Aprostocetus</i> sp.                | Hymenoptera: Eulophidae    |
| <i>Chrysocharis</i> sp.                | Hymenoptera: Eulophidae    |
| <i>Entedon</i> sp.                     | Hymenoptera: Eulophidae    |
| <i>Pediobius</i> sp.                   | Hymenoptera: Eulophidae    |
| <i>Sympiesis</i> sp.                   | Hymenoptera: Eulophidae    |
| <i>Cheiloneurus</i> sp.                | Hymenoptera: Encyrtidae    |
| <i>Diadegma semiclausum</i> (Hellen)   | Hymenoptera: Ichneumonidae |
| <i>Eupelmus</i> sp.                    | Hymenoptera: Eupelmidae    |
| <i>Eurytoma</i> sp.                    | Hymenoptera: Eurytomidae   |
| <i>Polynema</i> sp.                    | Hymenoptera: Mymaridae     |
| <i>Pteromalus</i> sp.                  | Hymenoptera: Pteromalidae  |
| <i>Podagrion</i> sp.                   | Hymenoptera: Torymidae     |

(Kaynak: Tüfekli, Tireng Karut, Akmeşe ve Sekban, 2021).



**Şekil 10.** *Tetrastichus agrilocidus*.  
([https://sv.wikipedia.org/wiki/Tetrastichus\\_agrilocidus](https://sv.wikipedia.org/wiki/Tetrastichus_agrilocidus)).



**Şekil 11.** *Diadegma semiclausum*.  
(<https://www.biologicalservices.com.au/products/diadegma-20.html>).

Biryol ve diğerleri (2021) tarafından laboratuvar ve arazide çayda kafes denemelerinde *O. japonica*'nın biyolojik mücadelesinde yerli *Metarhizium brunneum* ve *Beauveria bassiana* izolatlarının etkinliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada; yağda formüle edilen iki izolat arazi koşullarında etkili bulunmuştur. Bu izolatların  $10^8$  spor/ml konsantrasyonu, *O. japonica*'nın nimf ve erginlerinde %97'den fazla ölüm meydana getirmiş ve ticari fungal biyopestisitlerden daha fazla etki sağladığı belirlenmiştir.

**Biyoteknik Mücadele:** *Ricania speculum* erginlerinin görsel yapışkan tuzaklara yönelimlerinin belirlenmesi amacıyla Çin'de yapılan bir çalışmada, 10 farklı renk (kırmızı, sarı, yeşil, cam göbeği, mavi, mor, beyaz, gri, pembe ve siyah) denenmiş ve zararlının en fazla sarı renkli yapışkan tuzakta yakalandığı ve mücadelesinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Wang ve diğerleri, 2015).

Göktürk ve Mıhlı (2015) tarafından 2013-2014 yıllarında yapılan çalışmada zararlının mücadelesinde ışık tuzakları ve renk tuzaklarını denemişler, ışık tuzaklarının *O. japonica*'nın mücadelesinde kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Bu çalışmalardaki sonuçlardan yararlanılarak; *O. japonica*'nın mücadelesinde kullanılmak üzere; TAGEM projesi kapsamında ‘‘Yerli ışık+sü kombine tuzakları’’ tasarlanmıştır (Şekil 12 a). Tuzaktaki ışık, güneş enerjisinden sağlanırken, tuzak yapısında sarı renk kullanılmıştır (Özsemerci ve diğerleri, 2020; 2021).

Gece ışığı, gündüz ise sarı renge yönelimle su tuzağına düşen zararlı popülasyonu azalmaktadır (Şekil 12 b). Bu tuzaklar; zararlının erginlerinin görülmesiyle birlikte 1 adet/dekar yerleştirildiğinde zararlı popülasyonunun azaltılmasında etkili olmaktadır (Özsemerci ve diğerleri, 2020; 2021).

Ayrıca; sarı renge yönelen *O. japonica* nimflerinin yakalanmasında sarı su tuzakları da kullanılmaktadır (Şekil 13). Su ile doldurulan sarı renkteki leğenlerin içerisine birkaç damla sıvı yağ konularak alana 10 adet tuzak/dekar olarak kullanılır. Bu tuzakların *O. japonica* nimflerinin Mayıs ayında görülmesiyle kullanılmasının, zararlı popülasyonunun azaltılmasında etkili olduğu belirlenmiştir (Özsemerci ve diğerleri, 2017; 2020; 2021).





Şekil 12 a. Yerli ışık+su kombine tuzağı (Fotoğraf: Öncül K. Caner).



Şekil 12 b. Yerli ışık+su kombine tuzağındaki su tuzağına düşen erginler ve nimfler (Fotoğraf: Fatma Özsemerci).



Şekil 13. Sarı su tuzağı (Fotoğraf: Fatma Özsemerci).

**Kimyasal Mücadele:** Kültürel önlemler ve Biyoteknik mücadele yöntemleri ile zararlı kontrol altında tutulabildiğinden kimyasal mücadele önerilmemektedir.

### 8.1.2. Turunçgil siyah yaprakbiti [(*Toxoptera aurantii*) (B.d.f.) (Hemiptera: Aphididae)]

Dünya genelinde Turunçgil siyah yaprakbiti olarak bilinen bu zararlı, Çay yaprakbiti olarak da adlandırılmaktadır (Zhang ve Zhong, 1983). Çay



alanlarının en önemli zararlısı olarak bildirilen bu tür, her yıl çay üretiminde önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Zararının 120'den fazla subtropik ve tropik bitkilerden oluşan konukçusu bilinmekle birlikte en önemli konukçuları turunçgiller ve çaydır (Anonim, 2008; Wang, Chen, Yin, Chen ve diğerleri, 2022).

**Tanınması:** *Toxoptera aurantii*'nin vücut uzunluğu, kanatlı ve kanatsız formlarda (Şekil 14) değişmekle beraber yaklaşık 2 mm boydadır. Kanatsız olan formu parlak siyah, kahverengimsi siyah veya kırmızımsı kahverengi renktedir. Antenleri ince uzun siyah-beyaz bantlıdır. Kanatlı bireylerin abdomenleri daha koyu renkli olup vücutları biraz daha incedir. Kanatlı bireylerin görülme sıklığı popülasyonun yoğunluğuna ve yaprağın tazeliğine, yaşına bağlı olarak değişmektedir. Vücut, oval ve yumuşak olup abdomende yağ ve mum salgılayan bir çift silindirik şekilde mum borusu (kornikulus) bulunmaktadır. Zararlı koloniler halinde yaşamaktadır (Anonim, 2008; 2024 b).

**Biyolojisi ve Zarar Şekli:** Yaprakbitleri, üreme güçleri çok yüksek ve döl sayısı çok fazla olan konukçu bitkiye bağlı olarak yaşayan, birçok türü kültür bitkilerinde ve yabancı otlarda zarar yapan bir böcek grubudur. Yaprakbitleri kışı genellikle yumurta halinde geçirmektedir. İlkbaharda yeni açılan yumurtalardan çıkan kanatsız bireyler, çay bitkilerinin taze sürgün ve yapraklarında beslenmeye başlar. Dişiler ergin olduktan kısa bir süre sonra üremeye başlarlar, üreme parthenogenetik (döllemsiz)'tir (Anonim, 2008).

Bir *Toxoptera aurantii* ergin dişisi, 12 günlük ömrü boyunca günde 5-7 olmak üzere yaklaşık 55 adet canlı doğurmaktadır (Wang, Chen, Yin, Chen ve diğerleri, 2022) (Şekil 15). Kanatsız döllere sonra kanatlı parthenogenetik dişiler oluşmaktadır. Bazen kanatlı ve kanatsız bireyler birlikte görülmektedir. Parthenogenetik olarak üreyen dişi yaprakbitleri yeni koloniler meydana getirmektedir (Şekil 16).

Kanatlı erkek ve kanatsız dişi bireyler sonbaharda çiftleşerek kışlayacak yumurtalar bırakılmaktadır. Zararlı, optimum 20-23 °C'de gelişmekte olup iklim koşullarına göre yılda 10-15 döl verebilmektedir (Anonim; 2008).



**Şekil 14.** *Toxoptera aurantii*'nin kanatsız ve kanatlı formları (Fotoğraflar: UK © Bob Dransfield & Bob Brightwell, [https://influentialpoints.com/Gallery/Toxoptera\\_aphids.htm](https://influentialpoints.com/Gallery/Toxoptera_aphids.htm)).

*Toxoptera aurantii*, bitkilerde havaların ısınmasıyla birlikte görülmeye başlamakta ve en yoğun popülasyona ilkbahar ve sonbahar başlarında ulaşmaktadır. Çay bitkilerinde yeni oluşan sürgünlerde bitki özsuğunu emerek beslenmesi sonucu taze sürgünlerin gelişmesini önlemektedir (Anonim, 2008).



**Şekil 15.** Canlı doğuran yaprakbiti (Fotoğraf: Tülin Kılıç).

*Sokup emerek bitkilere zarar veren yaprakbitleri bitkilerde gal ve ur oluşturabilmekte, balı madde salgılayarak basra veya karaballık diye de adlandırılan fumajine neden olmaktadır. Fumajin, bitkinin ekonomik değerinin azalmasına yol açmaktadır. Böceklerin bazılarında beslenme sonucu böcek vücuduna alınan şekerli*

maddeler hemen dışarıya atılır. Karbonhidrat bakımından zengin olan bu madde yaprakbitleri, koşniller, unlubitler, beyazsinekler ve psyllidler gibi Hemiptera takımına bağlı bazı böcek türlerine özgü bir boşaltım ürünüdür. Böcekler tarafından kısa sürede vücutlarından atılan ballı madde bitki yüzeyinde bir film tabakası halinde yayılmakta, bitkinin parlak ve şıraya batırılmış gibi görünmesine neden olmaktadır. Daha sonra bu salgı üzerinde saprofit ve patojen funguslar gelişerek bitkide fumajin oluşmaktadır (Toros, 1973; Durovic ve Ülgentürk, 2014).



**Şekil 16.** *Toxoptera aurantii*'nin çay bitkisindeki kolonileri (Fotoğraf: Keziban Yazıcı).

Toz ve küçük parçalar yapışarak da bitkinin kirlenmesine ve ekonomik değerinin azalmasına neden olmaktadır. Fumajinin bitki üzerinde birçok olumsuz etkisini belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada; fumajinin güneş ışığını %90 oranında engellediği, yaprak yüzeyindeki ısıyı ise %4 oranında arttırdığı ve fotosentezi %70 oranında azalttığı saptanmıştır. Fotosentezdeki azalma, yaprak ve meyvelerde erken dökülmeye, meyvede küçülmeye, ürün kalite ve kantitesinde düşmeye neden olmaktadır (Anonim 2018; Durovic ve Ülgentürk, 2014; Toros, 1973).

*Toxoptera aurantii*, çay bitkisinin genç sürgünlerinde beslenerek sürgünlerin küçülmesine, büyümede duraklamaya neden olarak verimin

azalmasına neden olmaktadır. Çay bitkisinde fumajin, işlenen çayın koyu renkli, bulanık ve balık kokusuna sahip olmasına da neden olabilmektedir (Wang ve diğerleri, 2022).

**Biyolojik Mücadele:** Tarım ve Orman Bakanlığı Zirai Mücadele Teknik Talimatı'nda belirtildiği üzere; Karadeniz Bölgesi çaylıklarında zararlının saptanan doğal düşmanları Tablo 3.'te verilmektedir. Bunlar içinde *Syrphus* spp. (Şekil 17) ve *Coccinella septempunctata* L. (Şekil 18; 19) en önemli ve etkin doğal düşmanları olarak saptanmıştır. *T. aurantii*'nin predatörleri arasında *Orius* spp. de yer almaktadır (Şekil 20), (Anonim, 2008).

**Tablo 3.** Turunçgil siyah yaprakbiti'nin predatörleri

| Bilimsel Adı                                   | Takım ve Familya          |
|--|---------------------------|
| <i>Coccinella septempunctata</i> L.            | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Adalia bipunctata</i> L.                    | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Exochomus quadripustulatus</i> L.           | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Halyzia sedecimguttata</i> Poda.            | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Psyllobora vigintiduopunctata</i> L.        | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Propylea quatuordecimpunctata</i> L.        | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Harmonia conglobata</i> L.                  | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Scymnus</i> (Pullus) <i>ferrugatus</i> Moll | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Syrphus</i> spp.                            | Diptera: Syrphidae        |
| <i>Orius</i> spp.                              | Hemiptera: Anthocoridae   |

(Kaynak: Anonim, 2008).



**Şekil 17.** *Syrphus* spp. ergini (a) larvası yaprakbiti ile beslenirken (b) (Fotoğraflar: Tülin Kılıç).

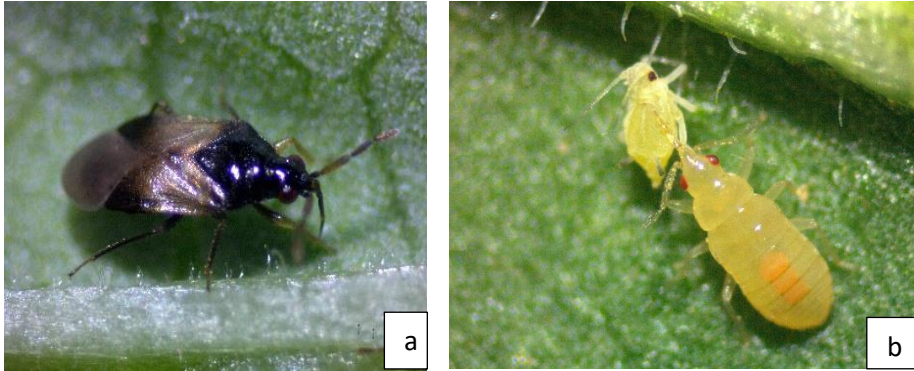


**Şekil 18.** *Coccinella septempunctata* ergini (a), yumurtası (b), larvası (c) ve pupası (d) (Fotoğraflar: Tülin Kılıç).



**Şekil 19.** Yaprakbiti ile beslenen *Coccinella septempunctata* larvası (Fotoğraf: Tülin Kılıç).





**Şekil 20.** *Orius* spp. ergini (a), yaprakbiti ile beslenen *Orius* spp. nimfi (b) (Fotoğraflar: Tülin Kılıç).

### **Mücadelesi:**

#### **Kültürel Önlemler:**

• Azotlu gübreler çaylıklarda yüksek miktarlarda kullanıldığında yaprakbiti popülasyonu yüksek olmakta ve zarar artmaktadır. Bu nedenle gübrelemenin analiz sonucuna göre dengeli yapılması gereklidir.

• Zararı, daha çok ürün oluşturan taze sürgünlerde görüldüğünden sürgünler hasat edildikten sonra popülasyon doğal olarak düşmektedir (Anonim, 2008).

#### **Kimyasal Mücadele:**

• Tarım ve Orman Bakanlığı, Ziraî Mücadele Teknik Talimatları uyarınca Ülkemiz koşullarında faunada var olan doğal düşmanlar ve alınan kültürel önlemler ile zararlı baskı altında tutulduğundan kimyasal mücadele önerilmemektedir (Anonim, 2008).

### **8.1.3. Çay filiz güvesi [*Parametriotes (=Haplochrois) theae*] (Lepidoptera: Coleophoridae)]**

Çay filiz güvesi, çay bitkilerine zarar veren önemli ve monofag bir zararlıdır. *Parametriotes (=Haplochrois) theae*, Coleophoridae familyasından bir güve türüdür. Anavatanı Güneydoğu Asya olup buradan çay bitkisiyle birlikte Rusya'ya taşınmıştır (Koster ve Sinev, 2003; Sinev, 2007). Gürcistan'da çay bitkisine zarar verdiğine dair bilgiler 1910-1915 yıllarına dayanmaktadır. Yeni kurulan plantasyonlarda hızla yayılmıştır. Gürcistan'da çay bitkisinde

yaygın olarak bulunmaktadır. Gürcistan ve Türkiye'deki çay bitkilerine zarar vermiştir (Maslyakov ve Izhevskiy, 2011).

**Tanınması:** Ergin bireylerin genel vücut rengi kahverengimsi veya sarımsı tonlarda olup, küçük boyutlu ve yaklaşık 9-12 mm kanat açıklığına sahiptir. Ön kanatlar genellikle açık kahverengi tonlarında olup üzerinde biri ortada diğeri uç kısma yakın koyu lekeler ve bantlar bulunur. Arka kanatlar daha soluk renkte ve daha az belirgin damarlara sahiptir. Kanatlar dar, uzun ve tüylüdür. Vücutları ince ve uzun yapılıdır. Erginlerin baş kısmı küçük ve oval olup antenler vücuttan uzun veya aynı uzunlukta, ince yapıda, ip şeklindedir (Şekil 21).



**Şekil 21.** *Haplochrois* sp. ergini (Fotoğraf: David G. Barker).

Yumurtalar, 0,3-0,5 mm boyutta oldukça küçük olup, oval ve düz bir yapıya sahiptir. Rengi başlangıçta parlak beyazdır, ancak yumurta gelişimi ilerledikçe hafif sarımsı veya kahverengimsi turuncu bir renk alabilir. Yumurtalar genellikle bitki yapraklarının alt yüzeyine tek tek veya küçük gruplar halinde bırakılır. Larvalar, ilk çıktıklarında oldukça küçük olup 0,8 mm boyda ve soluk kirli beyaz renktedir. Zamanla büyüyerek yaklaşık 6-9 mm uzunluğa ulaşır. Vücutları silindirik ve segmentlidir. Baş kısmı belirgin ve vücudun geri kalanına oranla daha koyu renklidir. Larvanın rengi genellikle krem veya açık yeşilimsi bir tondadır. Gelişiminin ilerleyen aşamalarında vücut daha şeffaf hale gelir ve sindirilen bitki parçaları vücudun içinden görülebilir. Larvaların vücudunda kısa kıllar bulunur. Beslenme sırasında yaprak dokusunun içine girerler, burada galeri oluşturarak ve beslenerek bitkiye zarar

verirler. Pupa, 6,5-8,5 mm boyda, ilk oluştuğunda açık balmumu renginde olup, zamanla rengi koyulaşabilir (Anonim, 2008; Maslyakov ve Izhevskiy, 2011).

**Biyolojisi ve Zarar Şekli:** Zararlının biyolojisi ve zarar şekli Türkiye koşullarında Tarım ve Orman Bakanlığı Zirai Mücadele Teknik Talimatları esas alınarak açıklanmıştır. Erginler haziran ve eylül ayları arasında görülür ve yaşam süresi 3-8 gündür. Ergin dişi yumurtalarını çay bitkisinin yaprak koltuklarına ve sürgünlerin çatlak arasına 2-8 adetlik gruplar halinde 23-65 adet yumurta bırakır. Yumurtalar birkaç gün içinde olgunlaşır ve larvalar çıkmaya başlar.

Larvalar yaz sonundan sonbahara kadar ve mart ayının ikinci yarısından itibaren (kışlama sonrası) görülebilir. Yumurtadan çıkan larvalar, çay yapraklarıyla beslenmeye başlar. Yeni larva özellikle sert yaprakları tercih eder. Bitkideki zararı, larvalar meydana getirir. Yeni çıkan larva yaprağın alt yüzeyinden giriş yaparak, iki epidermis arasında beslenerek galeriler oluşturur. Birinci dönem larvanın tamamı, ikinci ve üçüncü dönem larvaların bir kısmı yapraklarda, diğer kısmı ve dördüncü dönem larvaların tamamı sürgünlerde beslenmektedir. Larvalar ekim ayından itibaren yaprakları terk ederek sürgünlere geçer. Bir yaprakta 1-46 ve bir sürgünde 1-5 larva bulunabilmektedir. Her galeride tek larva vardır. Bir larva birkaç sürgünde zarar yapabilmektedir (Şekil 22).



**Şekil 22.** *Parametriotes* (=Haplochrois) *theae*'nin biyolojisi ve zararı. (Fotoğraf: <https://baike.baidu.com/item/%E8%8C%B6%E6%A2%A2%E5%B0%96%E8%9B%BE/4713182>).



Larvaların beslenmesi, yaprakların sararmasına, kurummasına ve dökülmesine neden olur. Yapraklarda 5'ten fazla galeri bulunduğu yapraklar dökülür ancak, önemli düzeyde zarar meydana gelmemektedir.

Zararlı kışı çoğunlukla larva döneminde yapraklarda açtığı galerilerde geçirir. İlbaharda bu galerilerden çıkarak sürgünlere geçer. Larvaların sürgünlerde beslenmesi ile kurumalar ve genç bitkilerde çalıışmalara neden olur. Sürgün içinde olgunlaşan larva 1,5–2 mm çapında çıkış deliği açarak burada pupa olur.

Pupa dönemi, mayıs ayının sonundan temmuz ayı sonuna kadar 19–30 gün sürmektedir. Erginler haziran ayı sonunda doğada görülmeye başlar. Ergin çıkışı eylül ayı sonuna kadar devam eder. Zararlı yılda bir döl vermektedir. Bu zararlı, Türkiye'de çay alanlarında yaygın olarak görülmemektedir (Anonim, 2008; Maslyakov ve Izhevskiy, 2011).

**Mücadelesi:** Türkiye'de 1960 ve 70'li yıllarda görülen ve zarar oluşturan Çay filiz güvesi ile ilgili mücadele çalışmaları yürütülmüştür (Bozan, Zoral ve Aslıtür, 1974). Ancak son yıllarda ülkemizdeki çay alanlarında zararına ve zararlıya rastlanmamıştır. Zararlının çay alanlarında saptanması durumunda; çay bitkilerine zarar verebilir ve ekonomik kayıplara yol açabilir. *Parametriotes theae* ile mücadelede bütün mücadele yöntemlerinin bir arada kullanıldığı entegre zararlı yönetimi stratejisi, en etkili yöntemlerden biridir. Mücadele stratejilerinin doğru zamanda uygulanması büyük önem taşımaktadır. Yumurta, larva ve pupa dönemlerinin dikkatlice izlenmesi, mücadelenin etkili olmasını sağlamaktadır. Bu amaçla *P. theae*'nin popülasyon yoğunluğu izlenmeli ve erken teşhis edilmelidir. Zararlının popülasyonu düşükken yapılan mücadele, yayılmasını önlemede daha etkilidir. Entegre mücadele yaklaşımı, çevre dostu ve sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır (Maslyakov ve Izhevskiy, 2011). Bu zararlıyla mücadelede uygulanan başlıca yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

#### **Kültürel Önlemler:**

- Zararlı, gölge yerleri tercih ettiğinden çay alanlarında ağaç bulundurulmamalıdır.
- Düzenli budama: Larva dönemini yaprak ve sürgünlerdeki galerilerde geçiren zararlının popülasyonu sonbaharda derin budama ile %100'e

yakın oranda azaltılabilir. Çay bitkilerinin düzenli olarak budanması, zararlıların yaşam alanını azaltır, ayrıca larva ve pupaların yayılmasını önleyebilir.

- Tarla temizliği: Yeni oluşturulan çay alanlarında zarar görmüş galerili yaprakların toplanarak uzaklaştırılması ve bulaşık sürgünlerin kesilerek yok edilmesi, zararlı yoğunluğunu büyük oranda (%80–90) azaltmaktadır (Anonim, 2008).

**Bitki Sağlığının Korunması:** Bitkilerin sağlıklı ve dirençli olması, zararlılara karşı doğal bir savunma mekanizması oluşturur. Çay bitkilerinin dengeli gübrenmesi zararlı ile mücadelede önemlidir (Maslyakov ve Izhevskiy, 2011).

**Biyolojik Mücadele:** Tarım ve Orman Bakanlığı Zirai Mücadele Teknik Talimatı'nda belirtildiği üzere; Karadeniz Bölgesi çaylıklarında *P. theae*'nin kontrol altında tutulmasına yardımcı olabilecek parazitoitleri Tablo 4 ve predatörleri Tablo 5'de verilmektedir.

**Tablo 4.** *Parametriotes theae*'nin parazitoitleri

| Bilimsel Adı                                    | Takım ve Familyası         |
|---|----------------------------|
| <i>Encarsia formosa</i> Gahan                   | Hymenoptera: Aphelinidae   |
| <i>Bracon</i> sp. nr. <i>suspectus</i> Szepi.   | Hymenoptera: Braconidae    |
| <i>Bracon</i> sp. nr. <i>crocatu</i> s Tschmied | Hymenoptera: Braconidae    |
| <i>Chelonus</i> sp.                             | Hymenoptera: Braconidae    |
| <i>Pritomerus</i> sp.                           | Hymenoptera: Braconidae    |
| <i>Agathis</i> sp.                              | Hymenoptera: Braconidae    |
| <i>Scambus</i> sp.                              | Hymenoptera: Ichneumonidae |

(Kaynak: Anonim, 2008; Maslyakov ve Izhevskiy, 2011).

**Tablo 5.** *Parametriotes theae*'nin predatörleri

| Bilimsel Adı                        | Takım ve Familyası             |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| <i>Chrysoperla carnea</i> Steph.    | Neuroptera: Chrysomelidae      |
| <i>Coccinella septempunctata</i> L. | Coleoptera: Coccinellidae      |
| <i>Orius</i> spp.                   | Hemiptera: <u>Anthocoridae</u> |
| <i>Mantid</i> spp.                  | Mantodea: Mantidae             |
| <i>Pardosa</i> spp.                 | Araneae: Lycosidae             |

(Kaynak: Anonim, 2008; Maslyakov ve Izhevskiy, 2011).

**Kimyasal Mücadele:** Tarım ve Orman Bakanlığı, Zirai Mücadele Teknik Talimatları uyarınca, Türkiye'de zararlıya karşı mücadelede çoğunlukla kültürel önlemlerin uygulanması ve doğal düşmanların varlığı nedeniyle kimyasal mücadele önerilmemektedir (Anonim, 2008).

#### 8.1.4. Çay koşnili [(*Chloropulvinaria floccifera* (Westw.) (Hemiptera: Coccidae)]

**Tanınması:** *Chloropulvinaria floccifera* (Westwood) (Hemiptera: Coccidae), sıcak iklimlerde bulunan kozmopolit bir türdür (Ben-Dov, Miller ve Gibson, 2014). Avrupa'da, özellikle Akdeniz Bölgesi'nde yaygın olarak bulunmaktadır. Zararlı en az 34 familyaya ait konukçusu bulunan, polifag bir türdür (Ben-Dov, Miller ve Gibson, 2008). En çok tercih ettiği konukçu bitkiler arasında *Pittosporum* spp. (Yıldız çalısı), *Euonymus* spp. (Taflan), *Ilex* spp. (Çoban püskülü), *Mahonia* spp. (Sarı boya çalısı) ve *Taxus* spp. (Porsuk ağacı) yer almaktadır (Milek ve Simala, 2009). Karadeniz Bölgesi'nde ise çayın yanı sıra portakal, mandarin, japon portakalı, limon ve kamelya gibi bitkiler de yer almaktadır (Anonim, 2008).

Ergin dişiler açık sarımsı renkten, yeşilimsi kahverengiye kadar değişen renktedir. Vücudu uzun oval şekilli, dışbükey bir görünüme sahiptir. Genç dişilerin vücutlarının ortasında koyu bir şerit ve yanlarda benekler bulunur (Şekil 23 a). Olgun dişiler koyu kahverengindedir (Şekil 23 b). Olgun dişiler genellikle 5-6 mm uzunluğunda olup vücutları üzerinde beyazımsı hafif krem renginde pamuk tabakası vardır (Şekil 24). Bu pamuk tabakası, onları dışarıdan gelen tehlikelerden korur. Olgun dişiler yumurtlama evresinden önce sırtın orta kısmı boyunca sarımsı yeşil bir alan ve burayı iki taraftan çeviren kahverengi siyahımsı iki hat meydana gelir. Antenler 8 segmentlidir. Anten ve bacaklar vücudun altına kıvrılmış halde dururlar. Yumurtalar, dişinin altında ve arkasında üretilen bir ovisakta (yumurta torbası) bulunur (Şekil 25). Ovisaklar vücuttan iki veya daha fazla kat daha uzundur ve nisbeten düz, beyaz ve tüylüdür. Mum iplikçiklerinden yapılmış kenarları hemen hemen paralel devam eden, uzunlamasına beyaz bir yastığı andıran pamuk demeti gibidir. Yumurtalar pürüzsüz oval şekilli olup ilk bırakıldıklarında şeffaf açık krem renkli açılmaya yakın ise koyu krem rengini almaktadır. Boyu ortalama 0,3 mm eni 0,2 mm.dir.

Yumurtadan çıkan nimfler kirli sarı renkli, oval şekilli olup, ortalama 0,4 mm boyda ve 0,2 mm enindedir (Anonim, 2008).

Erkekler daha küçük ve daha az belirgin özelliklere sahiptir. Erkeklerin ağız parçaları yoktur. Sonbaharda ortaya çıkar ve dişilerle çiftleşip ölürlür (Hallaji-Sani, Rasekh ve Golain, 2008).



**Şekil 23 a.** *Pulvinaria floccifera* genç dişi (Fotoğraf: A. Wojtyra, Oise).



**Şekil 23 b.** *Pulvinaria floccifera* ergin dişi (Fotoğraf: A. Wojtyra, Oise).



**Şekil 24.** *Chloropulvinaria floccifera* olgun dişi (Fotoğraf: A. Wojtyra, Oise).



**Şekil 25.** *Chloropulvinaria floccifera* olgun dişi ve ovisak (Fotoğraf: A. Wojtyra, Oise).

**Biyolojisi ve Zarar Şekli:** Kışı bitkilerin korunaklı yerlerinde, özellikle yaprakların altlarında veya gövde çatlaklarında yumurta veya nimf döneminde geçirir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde mart ayı sonlarında sürgünlere geçmeye başlayan nimfler, sürgünlerde gelişerek ergin dişi olurlar. Olgun dişiler yaprakların alt yüzeylerine kendilerini sabitleyerek mayıs ayı başında ilk yumurta paketlerini bırakır ve temmuz ortalarına kadar yumurtlama sürmektedir. Bir dişi bir yumurta paketi meydana getirir. Doğada minimum 44, maksimum 1246 olmak üzere ortalama 612 adet yumurta bırakır. Yumurtaların açılma oranı ortalama %88'dir. Yumurtadan çıkan birinci dönem nimfler hareketlidir. Nimfler yaprak ve sürgünlerde bir süre gezindikten sonra,

kendilerini yaprakların alt yüzeylerine sabitler (Şekil 26). Yaz aylarını birinci nimf döneminde geçiren zararlı, sonbahar başlarında gömlek değiştirerek 2. nimf dönemine geçer. Zararlı popülasyonun bir bölümü sonbahar sonlarında kök boğazına iner. Şubat ayı sonlarında 3. döneme geçen nimfler mart ayından itibaren bitkinin üst aksamına doğru ilerler. Bu dönemden sonra gelişimleri hızlanarak ergin dişi olurlar. Zararlı yılda bir döl verir (Anonim, 2008).



**Şekil 26.** *Chloropulvinaria floccifera* nimfleri (Fotoğraf: A. Wojtyra, Oise).

Çay koşnili bitki özsuğunu emerek zarar yapmaktadır. Beslenme sonucu salgıladığı tatlımsı madde fumajine neden olmaktadır (Şekil 27). Fumajin, çay yapraklarını ve sürgünlerini kaplayarak bitkinin fotosentezini önlemekte, verimden düşmesine ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Çay koşnilinin yoğun olduğu alanlarda fumajinden dolayı yaşlı yapraklar vaktinden önce dökülerek zarar yoğun olarak görülmektedir. Genel olarak yılda ortalama %9 ürün kaybına neden olmaktadır. Çay koşnili'nin kaliteye etkisini saptamak için yapılan kalite tayinlerinde bulaşık ürün ile temiz ürün arasında hissedilir bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesi çay alanlarının zararlı ile bulaşık olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2008).



**Şekil 27.** *Chloropulvinaria floccifera*'nın beslenmesi sonucu bitkide meydana gelen fumajin (Fotoğraf: Trisha Gensic).

## Mücadelesi

### Kültürel Önlemler:

- Verime girmiş çaylıkların 5 yılda bir budanması yetiştiricilik yönünden zorunludur.
- Zararlı populasyonunun büyük çoğunluğu yaprak ve dallarda bulunduğundan sonbahar veya ilkbaharda yapılacak derin budama zararlı ile mücadelede etkilidir.
- Budama artıkları ve sıra aralarındaki küçük bitkiler çay alanlarından uzaklaştırılarak imha edilmelidir (Anonim, 2008).

**Biyolojik Mücadele:** *Chloropulvinaria floccifera*'nın predatörleri Tablo 6'da verilmektedir. Ayrıca; parazitoiti *Microteys flavus* How. (Hymenoptera: Encyrtidae) ve entomopatojen fungus *Verticillium lecanii* (Zimb) (Moniliales: Moniliaceae) doğal düşmanları arasında yer almaktadır (Anonim, 2008).

**Tablo 6.** *Chloropulvinaria floccifera*'nın predatörleri.

| Bilimsel Adı                         | Takım ve Familyası        |
|--------------------------------------|---------------------------|
| <i>Exochomus quadripustulatus</i> L. | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Chilocorus bipustulatus</i> L.    | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Hyperaspis campestris</i> Hbst.   | Coleoptera: Coccinellidae |

(Kaynak: Anonim, 2008).

Doğal düşmanlardan *Hyperaspis campestris* zararlının mücadelesinde kullanılabilir (Şekil 28a ve 28b). Çay koşnili ile bulaşık çaylıklarda temmuz ayında *H. campestris* sayımı yapılmalıdır. Bitki başına bir veya daha fazla *H. campestris* ergini varsa bu bahçede çay koşnili kontrol altına alınabilir. Bahçede *H. campestris* ergini 1'in altında ise temmuz ayında sabah ve öğle saatleri arasında yoğun olarak bulunduğu çaylıklardan toplanarak salım yapılabilir (Anonim, 2008).

Ayrıca *Verticillium lecanii* ile bulaşık alanlarda etkinliğin %96 olduğu bulunmuştur. İlkbahar başlarında genç dişilerde görülen ölüm oranının, yaz aylarına doğru birinci dönem nimflerde en yüksek seviyeye ulaştığı ve özellikle sahile yakın çay bahçelerinde etkinliğin yüksek olduğu gözlenmiştir (Anonim, 2008).



Şekil 28 a. *Hyperaspis campestris* ergini. (Fotoğraf: Miroslav Deml).



Şekil 28 b. *Hyperaspis campestris* larvası. (Fotoğraf: J.R. Baker).

**Kimyasal Mücadele:** Tarım ve Orman Bakanlığı, Zirai Mücadele Teknik Talimatları uyarınca Ülkemiz koşullarında faunada var olan doğal düşmanlar ve alınan kültürel önlemler ile zararlı baskı altında tutulduğundan kimyasal mücadele önerilmemektedir (Anonim, 2008).



### 8.1.5. Sarı çayakarı (*Polyphagotarsonemus latus* (Banks)) (Prostigmata: Tarsonemidae)

**Tanınması:** Dişiler 200 µm uzunluğunda, oval ve geniş, erkekler ise daha ince ve sivri yapıdadır. Dişilerin vücutları şişkin ve açık sarıdan kehribar veya yeşile kadar değişen bir renkte olup, vücudun arka ucuna yakın bir yerde çatallanan belirsiz, açık renkli bir orta şerit bulunur. Ergin dişilerin iki arka bacağı kırbaç benzeri uzantılar şeklindedir (Şekil 29). Erkek birey dişiden daha küçüktür (110 µm) ve daha hızlı hareket eder (Peña ve Campbell, 2005; CABI, 2008).

Yumurta oval, sivri, yarı saydam, 0,7-0,8 µm uzunluğundadır. Yaprak yüzeyine tutunduğu kısım düz ve pürüzsüzdür. Yumurtanın üst yüzünde uzunlamasına sıra halinde 29-37 adet şeffaf görünümlü gözle görülmeyen kabarcıklar bulunur (Anonim, 2008; Denmark, 1980; Peña ve Campbell, 2005; Baker, 1997; Zhang, 2003).

Larva armut biçiminde olup 3 bacağı vardır ve yumurtadan ilk çıktığında şeffaftır. Ancak kısa bir süre sonra yarı saydam hale gelirler. Yavaş hareket ederler. Daha sonra erkekler sarımsı kahverengi, dişiler sarımsı yeşil veya koyu yeşil renk alır. (Anonim, 2008; Jeppson, Baker ve Keifer, 1975; Meyer ve Smith, 1981; Roditakis ve Drossos, 1987; Costilla, Willink, Osoreo ve Venditti, 1994; Cho ve diğerleri, 1996; Zhang, 2003; Peña ve Campbell, 2005). Bir gün sonra larva, berrak nimf haline gelir. Nimf evresi yaklaşık bir gün sürer. Aktif nimf dönemi dişide 24 saat, erkekte 18 saat sürmektedir (Fasulo, 2022).



**Şekil 29.** *Polyphagotarsonemus latus*. (Fotoğraflar: <https://bugguide.net/node/view/904024>; <https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/Insecte?imageId=3646>).



**Biyolojisi ve Zarar Şekli:** *Polyphagotarsonemus latus* yıl boyunca aktivitesine ve çoğalmasına devam eder. Nemli yerlerde sayıca çok fazla bulunurlar. Erginlerin ömrü 25°C'de konukçuya göre değişmekle beraber 4-17 gündür. Erkeklerin ömrü genel olarak dişilerden daha uzundur. Dişiler yumurtalarını yaprakların, genç sürgünlerin ve meyvelerin üzerine bırakırlar. Dişi ergin ömrü boyunca ortalama 40 yumurta bırakır. Çiftleşmemiş dişiler erkek olan yumurtalar bırakırken, çiftleşmiş dişiler ise genellikle her erkek yumurtasına karşılık dört dişi yumurtası bırakır. Yumurtalar ortalama 1-2 günde açılır. Erkek dişi oranı 1:4'dür (CABI, 2008; Jangra, Gulati ve Batra, 2017).

Ergin ve nimfler yaprak üzerinde çok fazla hareket etmemelerine rağmen yaşlı yapraklarda koloni oluşturmazlar. Daha genç yapraklarda ve tepe noktalarında yoğunluk gösterirler. Erkekler olgun yapraklardan genç yapraklara taşınabilirler (CABI, 2008; Jangra, Gulati ve Batra, 2017).

Bir dölünü tamamlama süresi yazın 4-5 gün, kışın 7-10 gün sürmektedir. Yılda 20-30 döl verir (CABI, 2008).

*Polyphagotarsonemus latus* bitkilerin büyüme noktalarında, genç yaprak ve sürgünlerinde, çiçek ve meyvelerde zararlı olmaktadır (CABI, 2008).

Beslenme sonucu yapraklarda kıvrılma, kırılma, renk açılması ve herbisit fitotoksisite etkisine ve virüs belirtilerine benzer oluşumlar meydana gelir. Bitkilerde ilk zarar belirtisi yaprakların alt yüzeylerinde renk açılması ve bronzlaşma ile görülür. Gelişmekte olan yapraklar buruşur, incilir ve bazen bu kısımlar kuruyabilir, yapraklarda benek şeklinde lekeler oluşur, genç gövde hafifçe şişebilir, pürüzlenir veya koyu kırmızı hale gelir ve zamanla grimsi yeşil renge döner. Yaşlı yaprakların boğum araları uzayabilir ve zamanla bitki bodur kalır. Bitkilerde ayrıca beslenme sonucu çiçeklerin döküldüğü, meyvenin gelişemediği görülmektedir. Ayrıca çay bitkisinde üst 2 yaprak ve tomurcuk kısımlarında beslenmektedir. Bu nedenle çay plantasyonlarında hem kalite hemde miktar açısından ciddi zararlara neden olmaktadır (Şekil 30). (CABI, 2008; Tunç ve Göçmen, 1995; Dağlı, 1997; Zhang, 2003, Yükselbaba ve Göçmen, 2013; Jangra, Gulati ve Batra, 2017; Akyazı ve diğerleri, 2019; Diler ve diğerleri, 2020; Fasulo, 2022).

Zararının yayılması bulaşık bitkilerle, böceklerle ve rüzgar yardımıyla olmaktadır. Sarı çayakarı'nın beyazsinekler ile foretik olarak taşınması ve bu

taşınmanın beyazsineklere özelleştiği belirtilmiştir (CABI, 2008; Yükselbaba ve Göçmen, 2013).

*Polyphagotarsonemus latus* polifag olup, geniş bir konukçu aralığına sahiptir. Önemli konukçuları; *Camellia sinensis* L., *Capsicum annuum* L., *Cucumis sativus* L., *Solanum melongena* L., *Solanum lycopersicum* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Solanum tuberosum* L., *Abelmoschus esculentus* L., *Gossypium hirsutum* L., *Ficus elastica* Roxb. ex Hornem, *Nicotiana tabacum* L., *Citrus* spp., *Malus domestica* L., *Persea americana* Mill., *Cucumis melo* L., *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai, *Vitis vinifera* L., *Citrus limon* (L.), *Mangifera indica* L., *Carica papaya* L., *Pyrus communis* L., *Sesamum indicum* L., *Saintpaulia ionantha* H.Wendl., *Rhododendron simsii* Planch., *Begonia semperflorens* Link & Otto, *Cyclamen graecum* Link, *Hedera helix* L., *Jasminum officinale* L., *Lantana camara* L., *Tagetes erecta* L., *Verbena officinalis* L., *Gerbera jamesonii* Adlam, *Dahlia pinnata* Cav., *Chrysanthemum* sp. ve *Hibiscus sabdariffa* L.'dır (CABI, 2008; Tunç ve Göçmen, 1995; Zhang, 2003; Yükselbaba ve Göçmen, 2013; Jangra, Gulati ve Batra, 2017; Diler ve diğerleri, 2020; Fasulo, 2022).



**Şekil 30.** *Polyphagotarsonemus latus* zararı (Fotoğraflar: [https://plafert.com/Zar\\_SebzelerdeSariCayAkari.aspx](https://plafert.com/Zar_SebzelerdeSariCayAkari.aspx); Keziban Yazıcı).

*Polyphagotarsonemus latus* Dünyada Avustralya, Asya, Afrika, Avrupa, Kuzey Amerika, Güney Amerika ve Pasifik Adaları'nda yaygındır (Dağlı, 1997; Zhang, 2003; Jangra, Gulati ve Batra, 2017). Türkiye'de ise Akdeniz ve

Karadeniz Bölgesi'nde yayılmıştır (CABI, 2008; Özman-Sullivan, Öcal ve Mıcık, 2006; 2007).

**Mücadelesi:** *Polyphagotarsonemus latus*'un mücadelesinde yaygın olarak akarisitler kullanılsa da (Akyazı ve diğerleri, 2019; Fasulo, 2022), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde kimyasal mücadele uygulanmaması nedeniyle zararlıya karşı alternatif mücadele yöntemlerini belirlemek amacıyla, TAGEM tarafından desteklenen projeler kapsamında biyolojik mücadele çalışmaları ve organik tarımda ruhsatlı akarisit olan % 80'lik Kükürt uygulaması yapılmıştır.

Ayrıca bu zararlıya karşı arazide veya serada insektisidal yağlar veya sabunlar da etkili ve çevre için daha az toksiktir. Tütün ve sarımsak ekstraktları kullanılmaktadır. Buna ek olarak, bitkilere zarar vermeden akarları kontrol altına almak için sıcak su uygulamaları da yapılabilir (Akyazı ve diğerleri, 2019; Diler ve diğerleri, 2020; Fasulo, 2022).

**Biyolojik Mücadele:** Zhang (2003) ve Akyazı ve diğerleri (2019) tarafından çok sayıda predatör akar (Şekil 31) tespit edilmiş ve Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7.** *Polyphagotarsonemus latus*'un doğal düşmanları

| Bilimsel Adı   | Takım ve Familyası  |
|--|---------------------|
| <i>Amblyseius (Neoseiulus) californicus</i> (McGregor) | Acari: Phytoseiidae |
| <i>Amblyseius swirskii</i> (Athias-Henriot)            | Acari: Phytoseiidae |
| <i>Typhlodromus athiasae</i> Porath and Swirski        | Acari: Phytoseiidae |
| <i>Neoseiulus barkeri</i> Hughes                       | Acari: Phytoseiidae |
| <i>Neoseiulus cucumeris</i> (Oudemans)                 | Acari: Phytoseiidae |
| <i>Euseius ovalis</i> (Evans)                          | Acari: Phytoseiidae |
| <i>Neoseiulus agrestis</i> (Karg)                      | Acari: Phytoseiidae |
| <i>Neoseiulus longispinosus</i> (Evans)                | Acari: Phytoseiidae |
| <i>Typhlodromalus peregrinus</i> (Muma)                | Acari: Phytoseiidae |

(Kaynak: Zhang, 2003; Akyazı ve diğerleri, 2019).



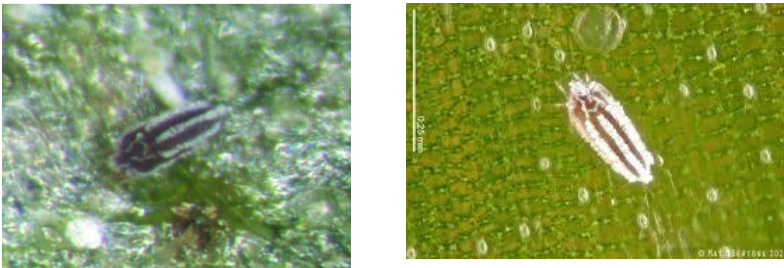
**Şekil 31.** *Amblyseius (Neoseiulus) californicus* (a), *Amblyseius swirskii* (b). (Fotoğraflar: a. <https://www.indoororganics.co.uk/product/amblyseius-californicus-100x-slow-release-satchet/>; b. [https://entnemdept.ufl.edu/creatures/beneficial/swirksi\\_mite.htm](https://entnemdept.ufl.edu/creatures/beneficial/swirksi_mite.htm)).

**Kimyasal Mücadele:** Yapılan incelemelerde yaprak başına 8-10 canlı Sarı çayakarı görüldüğünde organik tarımda ruhsatlı akarisit olan %80'lik Kükürt ile ilaçlama yapılır (Diler ve diğerleri, 2020).

### 8.1.6. *Calacarus carinatus* (Green) (Prostigmata: Eriophyidae)

**Tanınması:** Erginlerin vücudu kurtçuk şeklindedir. Dişiler genellikle morumsu renkte ve diğer akarlardan da bu renkle ayrılır. Dişi 190-240 µm uzunluğunda, 79-93 µm genişliğindedir. Opisthosoma üzerinde üç veya beş uzunlamasına balmumu şeklinde çıkıntıya sahiptirler (Şekil 32). Bu akar, iki noktali kırmızıörümceklerden daha küçüktür ve yapraklarda neden oldukları bronzlaşma nedeniyle “pas akarları” olarak adlandırılır (Beverley, 2014).

Larvalar krem renğinde ve armut şeklindedir. Olgunlaştıkça daha koyu bir renk alırlar (Beverley, 2014).



**Şekil 32.** *Calacarus carinatus* ergini. (Fotoğraflar: J. Lee).

**Biyolojisi ve Zarar Şekli:** Yumurtalar genellikle yaprak damarları boyunca ve tek tek bırakılır. Bırakılan yumurtalar yaklaşık 6-8 gün içinde açılır, yumurta döneminden ergin döneme kadar toplam gelişim süresi 10-12 gündür. Sıcaklığa bağlı olarak ocak ayında 13-14 güne kadar çıkabilmektedir. İki nimf dönemi vardır ve dişiler ergin olduktan sonraki üçüncü günde yumurta bırakmaya başlarlar. Oliver ve Cancienne (1980) 'e göre 8 günde ortalama 7,5 adet yumurta bırakılır; King (1937) dişilerin günde 1-2 adet olmak üzere 13 adete kadar yumurta bıraktığını bildirmiştir. Shiao (1976) bir dölün sırasıyla 28,5 ve 16,5°C'de 20 ve 50 gün sürdüğünü bildirmiştir (Beverley, 2014).

*Calacarus carinatus*, yapraklarda bronzlaşmaya veya mor renk değişimine neden olur. Bu durum yaprak kenarlarında daha belirgindir. Yaprak alt yüzeyinde serbest olarak yaşarlar. Zarar görmüş yapraklar tozlu ve çizgilerden oluşan bir görünüme sahiptir. Daha sonra yapraklar tamamen kahverengiye döner, kurur ve ağır zararlar yaprak dökümü meydana gelir (Şekil 33) (Beverley, 2014; Lee, Jung ve Lee, 2014, Han, Zuo, Xue ve Hong, 2015; Bhardwaj, Sharma, Sur ve Gupta, 2023).



**Şekil 33.** *Calacarus carinatus* zararı. (Fotoğraflar: <https://mrec.ifas.ufl.edu/ISO/ERIO-MITE/Erio-mite.htm>).

*Calacarus carinatus* genellikle kamelyalara zarar verir. Ancak Florida seralarında *Spathiphyllum* bitkilerine de zarar verdiği tespit edilmiştir. *Calacarus* cinsine ait türler arasında en geniş konukçu aralığına sahip tür *Calacarus carinatus*'dur. *Camellia sinensis* (L.), *C. japonica* L. ve *C. sasanqua* Thunb.'da tespit edilmiştir. Diğer konukçuları: ABD'de *Viburnum opulus* L. yaprakları, Mauritius'ta *Capsicum annum* L. ve Hindistan'da *Camellia kissi* (Wallich) ve *Camellia caudate* (Wallich)'dir (Beverley, 2014; Han ve diğerleri, 2015; Lee ve diğerleri, 2014, Bhardwaj ve diğerleri, 2023).

*Calacarus carinatus*, Dünyada Hindistan, ABD, Çin, Mauritius, Kore, Kamboçya, Japonya, Endonezya, Laos, Malezya, Sri Lanka, Tayvan, Vietnam,

İtalya, Portekiz, İspanya, SSCB, Avustralya ve Yeni Zelanda'da yayılmıştır (Channabasavanna, 1996; Lee ve diğerleri, 2014, Han ve diğerleri, 2015; Bhardwaj ve diğerleri, 2023). Türkiye'de ise Karadeniz Bölgesi'nde yaygındır (Özman-Sullivan ve diğerleri, 2006, 2007; Diler, Yazıcı, Saçtı, Yücel ve diğerleri, 2022).

**Mücadelesi:** *Calacarus carinatus* (özellikle yumurtaları) bitkinin farklı kısımlarında yer almasından dolayı ve bu nedenle bitki ticaretinde kazara bulaşma riski oluşturduğundan, bulaşmaya karşı önlemlerin alınması önemlidir (Beverley, 2014).

Bu zararlının mücadelesi için akarisitler olsa da geniş alan veya sera da insektisidal yağlar veya sabunlar da genellikle aynı derecede etkili olup çevre için daha az toksiktir. *Bidens pilosa* L., *Ageratum conyzoides* (L.) L., *Equisetum arvense* L. ve *Capsicum annum* L.'un farklı formdaki ekstraktları, ilaçlamadan 96 saat sonra akarisidal etki göstermektedir (Beverley, 2014). Ayrıca tütün ve sarımsak ekstraktları kullanılmaktadır (Akyazı ve diğerleri, 2019; Fasulo, 2022).

Kükürt bileşikleri uzun yıllardır çaydaki Eriophyidae familyasına bağlı akaralara karşı kullanılmakta, ancak ilaçlamadan sonra ve hasattan önce yeterli zaman bırakılmazsa, bu mücadele yöntemi yaprakta lekelenmelere neden olabilmektedir (Channabasavanna, 1996; Beverley, 2014).

**Kültürel Önlemler:** Çay alanlarında bu akarları kontrol altında tutmak için geç budamanın yapılması ve iyi drenajın sağlanması gerekmektedir (Beverley, 2014).

**Biyolojik Mücadele:** Channabasavanna (1996) ve Beverley (2014) tarafından saptanan doğal düşmanlar Tablo 8 ve Şekil 34'de verilmiştir.

**Tablo 8.** *Calacarus carinatus*'un doğal düşmanları

| Bilimsel Adı                             | Takım ve Familyası        |
|--|---------------------------|
| <i>Amblyseius rhabdus</i> Denmark        | Acari: Phytoseiidae       |
| <i>Amblyseius deleoni</i> Muma & Denmark | Acari: Phytoseiidae       |
| <i>Amblyseius ovalis</i> (Evans)         | Acari: Phytoseiidae       |
| <i>Exothorhis caudata</i> Summers        | Acari: Eupalopsellidae    |
| <i>Coccinella septempunctata</i> L.      | Coleoptera: Coccinellidae |
| <i>Lestodiplosis oomen</i> Harris        | Diptera: Cecidomyiidae    |
| <i>Syrphus</i> spp.                      | Diptera: Syrphidae        |
| <i>Oxyopes</i> sp.                       | Araneae: Oxyopidae        |
| <i>Diaeretiella</i> sp.                  | Hymenoptera: Braconidae   |

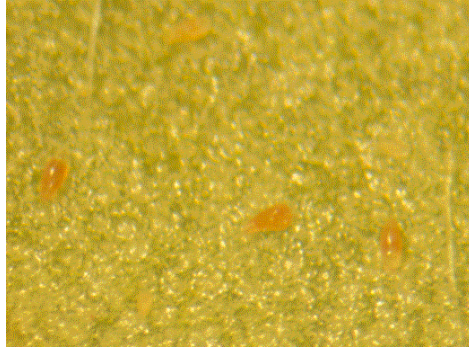
(Kaynak: Channabasavanna, 1996; Beverley, 2014).



**Şekil 34.** *Syrphus* spp. (Fotoğraf: [https://arthropodafotos.de/dbsp.php?lang=en&sc=0&ta=t\\_38\\_dipt\\_bra\\_syr&sci=Syrphus&scisp=sp.](https://arthropodafotos.de/dbsp.php?lang=en&sc=0&ta=t_38_dipt_bra_syr&sci=Syrphus&scisp=sp.)).

### 8.1.7. *Acaphylla theae* (Watt) (Prostigmata: Eriophyidae)

**Tanınması:** Erginlerin vücudu iğ şeklinde ve turuncu rengindedir (Şekil 35). Dişiler 170-194  $\mu\text{m}$  uzunluğunda, 70-75  $\mu\text{m}$  genişliğindedir. Erkekler dişilerden daha küçük, yaklaşık 150  $\mu\text{m}$  uzunluğunda, 55  $\mu\text{m}$  genişliğindedir (Channabasavanna, 1996; Lee ve diğerleri, 2014).



**Şekil 35.** *Acaphylla theae* (Fotoğraf: J. Lee).

**Biyolojisi ve Zarar Şekli:** Yumurtalar özellikle yaprakların alt yüzeylerindeki orta damar boyunca bırakılır. İki dönem arasındaki süre 6-7 gündür. Bir dölünü mart ayında 8,0-8,7 gün, temmuz-ağustos aylarında 5,6-7,0 gün ve aralık-ocak aylarında 12,0-13,5 günde tamamlar. Erginler ortalama 12 gün yaşar. İki nimf dönemi vardır ve bu dönemde beyaz renklidirler (Channabasavanna, 1996).

*Acaphylla theae* yaprakların alt yüzeyinde serbest olarak ve çiçek tomurcuğu pullarının altında yaşarlar. Yapraklarda pas görünümüne neden olur, fakat kenarları ve damarları pembe renk alır. *Calacarus carinatus* türü ile sık sık karıştırılır. *Acaphylla theae* yaprak üzerinde çok fazla döküntü bırakmaz. Fakat *Calacarus carinatus* döküntü bırakır, her iki akar türü de kışı yapraklarda geçirir. En fazla zarar genç çay bitkilerinde görülür. Bitkinin genellikle üst aksamını tercih ederler ve popülasyon yüksek olduğunda çok büyük zararlara neden olurlar (Channabasavanna, 1996; Lee ve diğerleri, 2014; Han ve diğerleri, 2015).

*Acaphylla theae*'nin en yaygın konukçuları *Camellia japonica* L., *C. sasanqua* Thumb. *C. oleifera* Abel, *C. reticulata* Lindl., *C. sinensis* (L.) Kuntze, *C. sinensis* var. *assamica* (J.W. Mast.) Kitam., *Toxicodendron* sp., *Dalbergia hancei* Benth., *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Brassica integrifolia* (H. West) Rupr. ve *Lysimachia fortunei* Maxim.'dir (Channabasavanna, 1996; Hong Ma ve Dong, 1998; Lee ve diğerleri, 2014; Han ve diğerleri, 2015).

*Acaphylla theae* dünyada; Nearktik ve Palearktik bölge, Avusturalya, Gürcistan ve Kaliforniya'da yayılmıştır (Channabasavanna, 1996; Lee ve diğerleri, 2014; Han ve diğerleri, 2015). Türkiye'de ise Artvin, Trabzon ve Rize illerinde tespit edilmiştir (Özman-Sullivan ve diğerleri, 2006; 2007).

**Biyolojik Mücadele:** Channabasavanna (1996) tarafından çok sayıda predatör akar tespit edilmiş ve Tablo 9'da verilmiştir.

**Tablo 9.** *Acaphylla theae*'nin predatör akarları

| Bilimsel Adı                             | Takım ve Familyası  |
|--|---------------------|
| <i>Amblyseius rhabdus</i> Denmark        | Acari: Phytoseiidae |
| <i>Amblyseius deleoni</i> Muma & Denmark | Acari: Phytoseiidae |
| <i>Amblyseius ovalis</i> (Evans)         | Acari: Phytoseiidae |

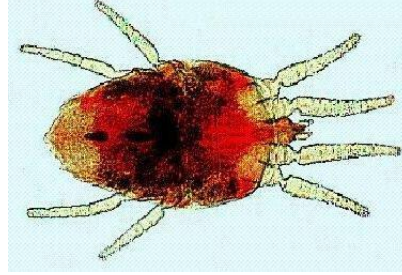
(Kaynak: Channabasavanna, 1996).

### 8.1.8. *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Prostigmata: Tenuipalpidae)

**Tanınması:** Dişiler 217–277 µm uzunluğunda, 147-158 µm genişliğinde, gövde yassı, yeşil veya kırmızımsı-turuncu renktedir (Şekil 36). Bacakların iki çifti öne, iki çifti ise arkaya doğru uzanır. Erkekler 268 µm



uzunluğunda, 140 µm genişliğinde, dişiye göre daha yassı, kırmızımsı rengindedir (Haramoto, 1969; Denmark ve Fasulo, 2021).



**Şekil 36.** *Brevipalpus phoenicis* ergini. (Fotoğraflar: [https://www.agrolink.com.br/problemas/acaro-da-leprose\\_95.html](https://www.agrolink.com.br/problemas/acaro-da-leprose_95.html)).

Yumurtalar tek tek bitki yüzeyindeki çatlaklara, yarıklara ve diğer korunaklı alanlara bırakılır. Yumurtalar açılmadan bir gün önce opak beyaz olur ve larvaların kırmızı gözleri içeride görünür (Haramoto, 1969; Denmark ve Fasulo, 2021).

Larvalar altı bacaklıdır ve yumurtadan yeni çıktıklarında parlak turuncu-kırmızı renklidirler (Haramoto, 1969; Denmark ve Fasulo, 2021).

Protonimf ve deutonimf olmak üzere iki nimf dönemi vardır. Protonimf larvadan daha büyüktür ve sekiz bacağı vardır. Vücutta açık yeşil, turuncu, siyah ve sarı renkte lekeler görülebilir. Deutonimf, protonimfe benzer görünümde, ancak biraz daha büyük ve fazladan bir çift bacağı ve iki ek setaları bulunmaktadır (Haramoto, 1969; Denmark ve Fasulo, 2021).

**Biyolojisi ve Zarar Şekli:** Ortalama olarak erginler 20°C'de maksimum 47 gün, 30°C'de ise minimum 7,5 gün yaşarlar (Haramoto, 1969; Denmark ve Fasulo, 2021).

*Brevipalpus phoenicis*, Güneydoğu Asya'da altı ay süren kurak mevsim boyunca çayın başlıca zararlılarından biridir. Çayda %13'lük verim kayıplarına neden olmaktadır. Çay plantasyonlarına ait yüksek rakımlarda (1500 m'nin üzerinde) bu akarın popülasyonu ve zararı azalmaktadır (Lehmann-Danzinger, 2000).

Yıl boyunca yaşlı yaprakları, saplarını ve odunlaşmamış dalları tercih ederler. Özellikle de yaprak alt yüzeyindeki ana damarlarda ve çatlaklarda bulunurlar. Nekrotik alanlar oluştururlar, yaprağın alt yüzeyinde bronzlaşma

olur ve yapraklar dökülür. Zararı, yaşlı çaylıklarda ve zayıflamış bitkilerde daha fazla olmaktadır (Şekil 37) (Lehmann-Danzinger, 2000; Anonim, 2022).



**Şekil 37.** *Brevipalpus phoenicis* zararı (Fotoğraflar: Childers, French ve Rodrigues, 2003).

Yaprak epidermisine zarar vererek o bölgede kabarcık benzeri bir yapı oluşur. Daha sonra etkilenen doku kurur, ölür ve rengi değişir. *Brevipalpus phoenicis* çay, papaya ve turunçgillerde diğer ürünlerden daha fazla zarar yapar (Anonim, 2022). Ayrıca *Turunçgil leprosis virüsü (Citrus Leprosis Rhabdovirus – CitLV)* ve *Kahve halkalı leke virüsü (Coffee Ring Spot Virüsü–CoRSV)*'nin vektörlüğünü de yapmaktadır (Teodoro ve Reis, 2006; Şevik ve Akyazı, 2011). *Brevipalpus phoenicis* polifag zararlı olup, geniş bir konukçu dizisine sahiptir. Konukçuları; *Acalypha hispida* Burm.f., *Acalypha wilkesiana* Müll.Arg., *Ageratina adenophora* (Spreng.) R. M. King & H. Rob., *Aglaonema commutatum* Schott, *Aglaonema costatum* N.E.Br., *Alcea rosea* L., *Allamanda cathartica* L., *Alpinia purpurata* (Vieill.) K.Schum., *Anacardium occidentale* L., *Annona muricata* L., *Annona squamosa* L., *Anthurium andraeanum* Linden ex André, *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg, *Arundina graminifolia* (D.Don) Hochr., *Bauhinia variegata* L., *Buxus sempervirens* L., *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, *Canna indica* L., *Carica papaya* L., *Cestrum nocturnum* L., *Cinchona pubescens* Vahl, *Cinnamomum camphora* (L.) J.Presl, *Citharexylum spinosum* L., *Citrus aurantium* Lour., *Citrus limon* (L.) Osbeck, *Citrus medica* L., *Citrus reticulata* Blanco, *Citrus sinensis* (Mill.) Pers., *Clerodendrum japonicum* (Thunb.) Sweet, *Clerodendrum speciosissimum* Jacob-Makoy, *Cocos nucifera* L., *Codiaeum variegatum* (L.) Rumph. ex A.Juss., *Coffea arabica* L., *Combretum indicum* (L.) De Filippis, *Cordyline fruticosa* (L.) A.Chev., *Dendrobium phalaenopsis* Fitzg., *Dracaena marginata* Lem., *Elaeis guineensis* Jacq., *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl., *Eugenia*

*uniflora* L., *Ficus carica* L., *Fragaria vesca* L., *Gardenia jasminoides* J. Ellis, *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm., *Grevillea banksii* R.Br., *Helianthus annuus* L., *Hibiscus rosa-sinensis* L., *Hibiscus syriacus* L., *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser., *Ipomoea batatas* (L.) Lam., *Jasminum sambac* (L.) Aiton, *Jatropha curcas* L., *Justicia adhatoda* L., *Lantana camara* L., *Ligustrum sinense* Lour., *Litchi chinensis* Sonn., *Magnolia champaca* (L.) Baill. ex Pierre, *Malpighia glabra* L., *Malus domestica* (Suckow) Borkh., *Malvaviscus arboreus* Cav., *Mangifera indica* L., *Melicoccus bijugatus* Jacq., *Mimosa caesalpinifolia* Benth., *Monstera deliciosa* Liebm., *Mussaenda erythrophylla* Schumach. & Thonn., *Myrica cerifera* Bigelow, *Nerium oleander* L., *Olea europaea* subsp. *europaea* L., *Passiflora edulis* Sims, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* O.Deg., *Phoenix canariensis* H.Wildpret, *Phoenix dactylifera* L., *Pithecellobium avaremotemo* Mart., *Polyscias guilfoylei* (W.Bull ex Cogn. & Marchal) Bailey, *Prunus persica* (L.) Stokes, *Psidium guajava* L., *Pyrostegia venusta* (Ker Gawl.) Miers, *Rhapis excelsa* (Thunb.) A. Henry, *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., *Schefflera actinophylla* (Endl.) Harms, *Schefflera arboricola* Hayata, *Senna siamea* (Lam.) H. S. Irwin & Barneby, *Senna siamea* (Lam.) H. S. Irwin & Barneby, *Solanum melongena* L., *Spathodea campanulata* Beauverd, *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr., *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth, *Theobroma cacao* L., *Trachelospermum jasminoides* (Lindl.) Lem., *Zea mays* L.'dir (Anonim, 2022; Haramoto, 1969; Lehmann-Danzinger, 2000; Şevik ve Akyazı, 2011; Teodoro ve Reis, 2006). *Brevipalpus phoenicis* Dünyada Amerika, Arjantin, Avustralya, Avusturya, Bangladeş, Brezilya, Costa Rica, Çin, Endonezya, Etiyopya, Fas, Filipinler, Fransa, Güney Afrika, Gürcistan, Hawaii, Hindistan, Hollanda, İran, İspanya, İsrail, İtalya, Japonya, Kenya, Kıbrıs, Kolombiya, Kongo, Kosta Rika, Küba, Lübnan, Macaristan, Malavi, Malezya, Mauritius, Meksika, Mısır, Moritanya, Mozambik, Myanmar, Nijerya, Pakistan, Paraguay, Peru, Polonya, Portekiz, Ruanda, Sicilya, Sri Lanka, Sudan, Suriye, Tacikistan, Tanganika, Tayland, Tayvan, Trinidad, Tunus, Türkiye, Uganda, Ukrayna, Umman, Venezuela, Yemen, Yeni Zelanda, Yunanistan ve Zimbabve'de tespit edilmiştir (Anonim, 2022; Haramoto, 1969; Lehmann-Danzinger, 2000). Türkiye'de ise Ankara, Giresun ve Rize illerinde yaygındır (Diler ve diğerleri, 2022; Düzgüneş, 1963; Sağlam ve Çobanoğlu, 2010; Şevik ve Akyazı, 2011; Yazıcı ve Akıner, 2024).

**Mücadelesi:**

**Biyolojik Mücadele:** Anonim (2022), Haramoto (1969), Lehmann-Danzinger (2000), Teodoro ve Reis (2006) tarafından çok sayıda doğal düşman tespit edilmiş (Şekil 38;39) ve Tablo 10'da verilmiştir.

**Tablo 10.** *Brevipalpus phoenicis*'in doğal düşmanları

| Bilimsel Adı                                  | Takım ve Familyası     |
|---|------------------------|
| <i>Agistemus</i> spp.                         | Acari: Stigmaeidae     |
| <i>Amblyseius herbicolus</i> (Chant)          | Acari: Phytoseiidae    |
| <i>Amblyseius largoensis</i> (Muma)           | Acari: Phytoseiidae    |
| <i>Metaseiulus occidentalis</i> (Nesbitt)     | Acari: Phytoseiidae    |
| <i>Phytoseiulus macropilis</i> (Banks)        | Acari: Phytoseiidae    |
| <i>Phytoseiulus persimilis</i> Athias-Henriot | Acari: Phytoseiidae    |
| <i>Zetzellia</i> spp.                         | Acari: Stigmaeidae     |
| <i>Lestodiplosis oomeni</i> Harris            | Diptera: Cecidomyiidae |

(Kaynak: Anonim, 2022; Haramoto, 1969; Lehmann-Danzinger, 2000; Teodoro ve Reis, 2006).



**Şekil 38.** *Phytoseiulus persimilis* (Fotoğraf: [https://www.gbif.org/es/occurrence/gallery?taxon\\_key=2186348](https://www.gbif.org/es/occurrence/gallery?taxon_key=2186348)).



**Şekil 39.** *Zetzellia* spp. (Fotoğraf: <https://cals.cornell.edu/new-york-state-integrated-pest-management/outreach-education/fact-sheets/zetzellia-mali-predatory-mite>).

**Kimyasal Mücadele:** *Brevipalpus phoenicis*'in ekonomik zarar eşiği yaprak başına 25 yumurta veya ergin olup bu eşik % 13 verim kaybına neden olmaktadır.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çay alanlarında Türkiye'de bugüne kadar yapılan araştırmalarda toplam sekiz adet zararlı böcek ve akar türü saptanmıştır. Ancak bu zararlılar içerisinde günümüzde yüksek popülasyon veya zarar oluşturabilenler Yalancı kelebek ve Sarı çay akarı'dır.

Çay alanlarında zararlı tür sayısının az olmasına karşılık, doğal düşmanlardan predatör, parazitoit ve entomopatojen fungus türlerinin sayısının ve çeşitliliğinin zengin olduğu saptanmıştır.

Bilindiği gibi; son yıllarda uluslararası ticaretin, insan hareketliliğinin artması ve iklim değişikliği nedeniyle farklı zararlı veya istilacı türlerin çay alanlarımıza bulaşması olasıdır. Bu konuda bölge halkının bilinçli olması, karantina önlemlerine uyararak çay alanlarına yeni zararlı türlerin girişine yol açacak faaliyetlerden kaçınması, bu türlerin bulaşması durumunda da hazırlıklı olması son derece önemlidir. Bunun için;

✓ Üreticilerimiz başta olmak üzere bölge halkı ile İl ve İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinde görevli teknik personelin üretim alanlarında düzenli olarak gözlem yapması gerekmektedir.

✓ Çay alanlarımıza bulaşabilecek zararlı tür ya da türlerin bölge halkına tanıtılması önemlidir.

Zararlılarla mücadelede başarı; mücadele zamanının doğru belirlenmesine bağlıdır. Bu nedenle; zararlı popülasyonunun izlenerek ve tüm etkenler birlikte değerlendirilerek, kimyasal mücadeleye alternatif mücadele yöntemlerine öncelik verilmelidir. Bu bağlamda; sırasıyla kültürel önlemler, mekanik, biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemlerine başvurulmalıdır. Diğer bir ifade ile var olan bütün mücadele yöntemlerinin bir arada ve uyumlu bir şekilde kullanıldığı Entegre Mücadele esas alınmalı, uygulamaya dönük araştırma çalışmaları da bu yönde yoğunluk kazanmalıdır.

Çay alanlarında kimyasal mücadele uygulanmaması nedeniyle varlığını sürdürebilen doğal düşmanlar mevcut zararlıların baskı altına alınmasında önemli rol oynamaktadır. Bu doğal düşmanların etkinliğinin artırılması ve doğal dengenin korunması için zararlılara karşı kimyasal mücadele uygulanmaması ve dolayısıyla entegre mücadele stratejisinin izlenmesi çok önemlidir.

Kimyasal mücadeleye alternatif metotların uygulanması ile ilgili gerekli bilgilerin üreticilerle paylaşılması ve farkındalık yaratmak için kapsamlı eğitimler verilmelidir.

Dünyada kimyasal mücadele uygulanmayan tek ülke ve ürün olarak Türk Çayı'nın benzersiz olma özelliğinin sürdürülebilirliği ve sağlıklı çay tüketimi için zararlılarla mücadelede dikkatli ve özenli olmamız gerekmektedir.

### **TEŞEKKÜR**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen Bornova Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ve Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü liderliklerinde 2017-2019 yıllarında Rize'de yürütülen “*Ricania* sp.’e karşı Biyoteknik Mücadele Yöntemlerinin Araştırılması, TAGEM/BSAD/Ü/17/A2/P6/75” ve “Rize İlinde Çaylarda Zararlı Sarı Çay Akarı [*Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae)] Sürveyi ve Mücadele Olanakları, TAGEM/BSAD/G/17/A2/P1/848” projelerinin arazi çalışmalarında destek olan; Çaykur Genel Müdürlüğü, Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Rize İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Pazar İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, İyidere İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Rize Ziraat Odası Başkanlığı yöneticileri ve teknik personeli ile Prof. Dr. Temel GÖKTÜRK (Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi)’e teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

- Ak, K., Güçlü, Ş., Sekban, R. (2013). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yeni bir zararlı *Ricania simulans* (Walker, 1851) (Hemiptera: Ricaniidae)'a karşı azadirachtin ve spinosad etki maddeli biyopestisitlerin etkinliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 10-14.
- Ak, K., Eken, C., Güçlü, S., Genç, T., Sekban, R. (2014). Laboratory and field evaluation of the entomopathogenic fungus, *Conidiobolus coronatus* for controlling *Ricania simulans* (Walker, 1851) (Hemiptera: Ricaniidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 24(2), 455-459.
- Ak, K., Güçlü, Ş., Eken, C., Sekban, R. (2015). Türkiye için yeni bir zararlı *Ricania simulans* (Walker, 1851) (Hemiptera: Ricaniidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 39(2), 179-186.
- Akner, M. M., Beriş F. Ş., Seyis, F., Öztürk, M. Sevgili, H. and Demir, E. (2019). Annual variation of the *Orosanga japonica* Melichar 1898 (Hemiptera: Ricaniidae) populations in the eastern Black Sea region of Turkey and possible molecular separation based on 28S rDNA sequences from other Ricaniidae groups. *Plant Protection Bulletin*, 59(4), 11-19.
- Akner, M.K., Kılıçkaya Selvi, E., Öztürk, M., Güney, İ., Usta, A. (2021). Toxic Efficacy Of *Cuscuta Campestris* Yunck. (Solanales: Convolvulaceae) and *Lupinus Albus* L. (Fabales: Fabaceae) Plant Crude Extracts Against Nymphs And Adults of *Orosanga Japonica* (Melichar, 1898) (Hemiptera: Ricaniidae) under Laboratory Conditions. *Türk. entomol. derg.*, 45(1): 65-75.
- Akner, M. M., Öztürk, M., and Sevgili, H. (2022). Invasion history of *Orosanga japonica* (Melichar, 1898) (Hemiptera: Ricaniidae) in Turkey, comparisons with other Ricaniidae family members using molecular tools and modeling of potential global distribution. *Türk. entomol. derg.*, 46(1), 99-114 DOI: <http://dx.doi.org/10.16970/entoted.1022151>.
- Akyazı, R., Sekban, R., Soysal, M., Akyol, D., Colee, J. and Bostan, S. Z. (2019). Ecofriendly control approaches for *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae) on tea (*Camellia sinensis* L.). *International Journal of Acarology*, 45(1-2), 79-89.
- Altaş, K., and Ak, K. (2019). Effect of cultural management methods against fake butterfly [*Ricania japonica* (Hemiptera: Ricaniidae)]. *Artvin Çoruh*

- Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 229-238.  
<https://doi.org/10.17474/artvinofd.583374>
- Anonim (2008). Zirai Mücadele Teknik Talimatları. Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara, Cilt 5, 301s. Ankara.
- Anonim, (2011). <https://www.tb.org.tr/en/turk-cayi-kimyasal-kullanilmayan-tek-cay>. Erişim Tarihi: 30.10.2024.
- Anonim, (2018). Tarım ve Orman Dergisi (Kasım-Aralık 2018). <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/159/uretiminde-ilac-kullanilmayan-tek-cay-turk-cayi> Erişim Tarihi: 30.10.2024.
- Anonim, (2022). *Brevipalpus phoenicis* (false spider mite). <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompndium.10178> Erişim Tarihi: 30.10.2024.
- Anonim,2024a.<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/2023%20C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/%C3%87ay%20C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%202023-383%20TEPGE.pdf> Erişim Tarihi: 30.10.2024.
- Anonim,(2024b).<http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/toxopter.htm>.Erişim Tarihi: 30.10.2024.
- Arslangündoğdu, Z. and Hızal, E., (2018). New distribution area and host plants for invasive alien insect species, *Orosanga japonica* (Melichar) in Turkey (Hemiptera: Ricaniidae). *Entomologica Americana*, 124 (1-4): 26-30.
- Bayramoğlu, Z., Öztürk Yılmaz, Y., Çavuş, D., Er, H., Cam, Ş., Demir, İ., Biryol, S. ve Polat, A. (2023). *Orosanga japonica* (Hemiptera Ricaniidae)'nın Çayda Kalite Parametreleri Üzerine Etkisinin Araştırılması. 25. Ulusal Biyoloji Kongresi Bildiri Özetleri. 13-15 Temmuz 2023. İYTE/İzmir, ISBN: 978-605-73470-1-5, 69. s.
- Baker, J. R. (1997). Cyclamen mite and broad mite. Ornamental and Turf Insect Information Notes. pp 21-23.
- Ben-Dov, Y., Miller, D.R. and Gibson, G.A.P. (2008). ScaleNet, Host of a scale query. Available on: <http://www.sel.barc.usda.gov/scalecgi/hostsof.exe?Family=Coccidae&genus=Pulvinaria&specie=s=floccifera&subspecies>



- Ben-Dov Y, Miller D.R., and Gibson G.A.P. (2014). ScaleNet. <http://www.sel.barc.usda.gov/catalogs/coccidae/Pulvinariafloccifera.htm>.
- Beverley, C. (2014). *Calacarus carinatus* (purple tea mite). <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompndium.21848>
- Bhardwaj, S., Sharma, I., Sur, S. and Gupta, S.K. (2023). Eriophyoid mites (Acari: Eriophyoidea) from Himachal Pradesh, India: New mite and host plant records. *The Pharma Innovation Journal*, 12(10), 689-694.
- Biryol, S., Güney, E., Eski, A., Bayramoğlu, Z., Sezen, K., Demirbağ, Z., Demir, İ. (2021). Development of mycoinsecticide formulations with *Beauveria bassiana* and *Metarhizium brunneum* for the control of *Orosanga japonica* (Hemiptera: Ricaniidae). *Annals of Applied Biology* 179 (3), 319-330.
- Bozan, İ., Zoral, A., Aslıtür, H. (1974). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Çay Filiz Güvesi (*Parametriotes Theae* Kusn.) Nin İlaçlı Mücadele Metodu Üzerinde Araştırmalar Bitki Koruma Bülteni. 14 (1), 55-65
- CABI, (2008). *Polyphagotarsonemus latus* (broad mite). <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompndium.26876>
- Cebir, Y. (2016). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde dağılan *Ricania japonica*'nın populasyon durumlarının belirlenmesi ve sistematik durumlarının moleküler yöntemlerle analiz edilmesi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 50 s.
- Channabasavanna, G.P. (1996). Sugarcane, coffee and tea. In: Eriophyoid mites – their biology, natural enemies and control. Lindquist E.E., Sabelis M.W., Bruin J. (Eds.). Elsevier Science Publ., Amsterdam, 634-636 p.
- Childers, C., French, J.V. and Rodrigues, J.V. (2003). *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, *B. phoenicis*, and *B. lewisi* (Acari: Tenuipalpidae): a Review of their Biology, Feeding Injury and Economic Importance. *Experimental and Applied Acarology*, 30(1-3), 5-28. DOI:10.1023/B:APPA.0000006543.34042.b4.
- Cho, M.R., Jeon, H.Y., Kim, D.S., Chung, B.S., Yiem, M.S. and Kim, S.B. (1996). Host plants and damage of broad mite (*Polyphagotarsonemus latus*) on horticultural crops. *RDA Journal of Agricultural Science, Crop Protection*, 38(1), 516-525.

- Costilla, M.A., Willink, E., Osores, V.M. and Venditti, M.E. (1994). The white mite *Polyphagotarsonemus latus* on pepper. *Avance Agroindustrial*, 14(56), 33-34.
- Dağlı, S. (1997). *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae)'un Biyolojisi Üzerine Araştırmalar. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 57 s.
- Demir, E. (2009). *Ricania germar*, 1818 species of western palaeartic region (Hemiptera: Fulgoromorpha: Ricaniidae). *Munis Entomology and Zoology*, 4(1), 271-275.
- Demir, E. (2018). The economically important alien invasive planthoppers in Turkey (Hemiptera: Fulgoromorpha). *Acta Entomologica Slovenica*, 26(2), 231-240.
- Denmark, H.A. (1980). Broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks). FDACS-DPI Bureau of Entomology Circular No. 213. 2 pp.
- Denmark, H.A. and Fasulo, T.R. (2021). Red and Black Flat Mite, A False Spider Mite, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae). EDIS. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN685>.
- Diler, H., Barış, A., Yücel, C., Yazıcı, G., Saçtı, Z., Sekban, R., Aygün, K. and Kalcioğlu, Z. (2020). Rize İlinde Çaylarda Zararlı Sarı Çay Akarı [*Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae)] Sürveyi ve Mücadele Olanakları, TAGEM/BSAD/G/17/A2/P1/848 Numaralı Proje Sonuç Raporu, 47 s.
- Diler, H., Yazıcı, G., Saçtı, Z., Yücel, C. and Barış, A. (2022). Survey of mite species of tea plantations in Rize. *Bitki Koruma Bülteni / Plant Protection Bulletin* 62(3), 37-49.
- Durovic, G. and Ülgentürk, S. (2014). Ballı madde salgısı Honeydew *Türk. entomol. bült.*, 4(2), 121-137 ISSN 2146-975X DOI: <http://dx.doi.org/10.16969/teb.67717>.
- Düzgüneş, Z. (1963). Türkiyede yeni bulunan akarlar. *Bitki Koruma Bülteni*, 3, 237-246.
- Eken, C., Ak, K., Güçlü, Ş., Genç, T. and Sekban, R. (2013). *Ricania simulans* (Hemiptera: Ricaniidae)'ın fungal florası. XI. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, 01-04 Ekim, Samsun, Türkiye, s. 208.

- EPPO (2016). *Ricania japonica*: a new polyphagous insect found in the EPPO region (2016/100). European and Mediterranean Plant Protection Organization Reporting Service No.5 Paris, 2016-05-Pests, 17-18.
- Fasulo, T.R. (2022). Broad Mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Arachnida: Acari: Tarsonemidae). EDIS. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN340>.
- Gjonov. I. (2011). *Ricania japonica* Melichar, 1898 a representative of family Ricaniidae (Homoptera, Fulgoromorpha), new to the fauna of Bulgaria. *ZooNotes*, 23, 1-3.
- Göktürk, T. ve Mihli, A. (2015). Doğu Karadeniz sahil şeridinin önemli zararlısı *Ricania simulans* (Walker,1851) (Hemiptera: Ricaniidae)'ın mücadelesi üzerine araştırmalar. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(1), 89-93.
- Göktürk, T. ve Aksu Y. (2014). Tarım ve orman alanlarında zarar yapan *Ricania simulans* (Walker, 1851) (Hemiptera: Ricaniidae)'un morfolojisi, biyolojisi ve zararı. *Türkiye II. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu*, 7-9 Nisan, Antalya, Türkiye, s. 282-285.
- Güçlü, S., Ak, K., Eken, C., Akyol, H., Sekban, R., Beytut, B. and Yıldırım, R. (2010). Pathogenicity of *Lecanicillium muscarium* against *Ricania simulans*. *Bulletin of Insectology*, 63(2), 243-246.
- Hallaji-Sani, M. F., Rasekh, A. and Golain B. (2008). Biology and seasonal fluctuation of cottony camellia scale, *Pulvinaria (Chloropulvinaria) floccifera* (Hemiptera: Coccidae) in Citrus orchards of northern Iran. *Journal of Entomological Research*, 4(4), 289-296.
- Han, X., Zuo, Y., Xue, X.-F. and Hong, X.-Y. (2015). Eriophyoid mites (Acari, Eriophyoidea) associated with tea plants, with descriptions of a new genus and two new species. *ZooKeys*, 534, 1-16.
- Haramoto, F.H. (1969). Biology and control of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acarina: Tenuipalpidae). Hawaii Agricultural Experiment Station Technical Bulletin, No. 68, 1-63.
- Hong, X., Ji, J., Ma, J. and Dong, H. (1998). Tests of host plant suitability of the tea pink mite, *Acaphylla theae* (Eriophyoidea: Eriophyidae), at different temperatures. *Systematic and Applied Acarology*, 3, 63-68.

- Ismaylova, G. (2021). New record of *Orosanga japonica* (Melichar, 1898) (Hemiptera: Fulgomorpha: Ricaniidae) from Azerbaijan. *Punjab Univ. J. Zool.*, 36(2): 141-145.
- Jangra, M., Gulati, R. and Batra, S. V. K. (2017). Bioecological studies of *Polyphagotarsonemus latus* (banks) (acari: Tarsonemidae): A review. *Annals of Biology*, 33(2), 319-324.
- Jeppson, L. R., Baker, E. W. and Keifer, H. H. (1975). Mites Injurious to Economic Plants. University of California Press, Berkeley, California, 614 pp.
- Karataş, A., Karataş, A., Yavuz, N. and Genç, M. (2020). Distribution and activity period of the invasive *Orosanga japonica* (Melichar, 1898) (Hemiptera: Ricaniidae) in Turkey. *Zoology in the Middle East*, 66(3), 246-252.
- King, C.B R. (1937). Notes on the Life-history of *Eriophyes carinatus*, Green. *Bulletin of Entomological Research* ,28 (pt. 2), 311-314.
- Koster, J.C. and Sinev, S.Y. (2003). Momphidae, Batrachedridae, Stathmopodidae, Agonoxenidae, Cosmopterigidae, Chrysopeleidae. Vol 5. In: P. Huemer, Karsholt O. and Lyneborg L. (Eds) Microlepidoptera of Europe. P. 1-387.
- Lee, J., H., Jung, S. H., Lee, S. H. (2014). Three newly recorded species of the genera *Acaphylla* Keifer and *Calacarus* Keifer (Prostigmata: Eriophyidae) from *Camellia* spp. (Theaceae) in Korea. *Korean Journal of Applied Entomology*, 53(1), 59-64.
- Lehmann-Danzinger, H. (2000). Diseases and Pests of Tea: Overview and Possibilities of Integrated Pest and Disease Management. *Journal of Agriculture in the Tropics and Subtropics*, 101, 13-38.
- Maslyakov, V.Yu., and Izhevskiy, S.S. (2011). Invasions of phytophagous insects in the European part of Russia. Institute of Geography, Russian Academy of Science.
- Meyer, M., Smith, K. P. (1981). Mites pests of crops in Southern Africa. Science Bulletin Department of Agriculture and Fisheries Republic of South Africa, 397, 1-92.
- Milek, M.T.I. and Simala, M. (2009). The genus *Pulvinaria* Targioni Tozzetti, 1866 (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) with special regard to

- Pulvinaria hydrangea* Steinweden 1946 as a newly recorded species in the fauna of Croatia. *Natur Croat* 18, 267-278.
- Oliver, A.D., Cancienne, E.A. (1980). Status of two species of rust mites as pests on *Camellia japonica* L. in Louisiana. *Journal of the Georgia Entomological Society*, 15(2), 210-214.
- Özman-Sullivan, S. K., Öcal, H. and Mıcık, M. (2006). Mites of tea plantations in Turkey. VIII. European Congress of Entomology; Sept 2006; Izmir, p. 45.
- Özman-Sullivan, S. K., Öcal, H. and Mıcık, M. (2007). Occurrence of mite species in tea plantations in Turkey. XVI International Plant Protection Congress; Oct 2007; Glasgow, Scotland. 2: 764–765.
- Özsemerci, F., Kılıç, T., Tanyolaç, S., Akkan, Ü., Keskin, N., Tolga, M. F., Göktürk, T., Sekban, R., Aygün, K., Yüksel, E., Karadeniz, Ş., Bilgili, S. and E. Balta, (2017). Çay ve Kivi Bahçelerinde *Ricania* sp. (Hemiptera: Ricaniidae)'ya Karşı Kitle Halinde Tuzakla Yakalama Çalışmaları. Uluslararası Katılımlı İç Anadolu 3. Tarım ve Gıda Kongresi, 26-28 Ekim 2017, Sivas, s: 349.
- Özsemerci, F., Kılıç, T., Tanyolaç, S., Sekban, R., Aygün, K., Yüksel, E., Karadeniz, Ş., E. Balta ve Bilgili, S. (2018). Rize İli Çay Alanlarında *Ricania japonica* Melichar (Hemiptera: Ricaniidae)'nın Popülasyon Değişimi. Uluslararası katılımlı Türkiye VII. Bitki Koruma Kongresi 14-17 Kasım 2018, Muğla Bildiri özetleri, s:52.
- Özsemerci, F., Kılıç, T., Caner, Ö. K., Tanyolaç, S., Sekban, R., Yüksel, E., Karadeniz, Ş., Aygün, K., Tolga, M. F., Aydoğan, M., Demirer, Ü. A., Keskin, N., Göktürk, T., Güncan, A. ve Gümüş, E. (2020). *Ricania* sp.'e karşı Biyoteknik Mücadele Yöntemlerinin Araştırılması, TAGEM/BSAD/Ü/17/A2/P6/75 Numaralı Proje Sonuç Raporu, 117 s.
- Özsemerci, F., Sekban, R., Yüksel, E., Karadeniz, Ş., Caner, Ö. K., Kılıç, T., Tanyolaç, S., Bilgili, S., Balta, E., Duman, N., Sipahioğlu, O., Ömür, R., Kanbur, H. ve Bacioğlu, H. (2021). Yalancı Kelebek (*Orosanga* (*Ricania*) *japonica*)'e Karşı Biyoteknik Mücadele Uygulamaları, "Ülkemizde Önemli İstilacı Böcek Türlerinin Mevcut Durumu, Mücadelesi ve Olası Riskleri Çalıştayı", Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Online /21.12.2021/ Sözlü Bildiri.

- Öztemir, E. (2014). Doğu Karadeniz bölgesinde tarım zararlısı olan *Ricania japonica*'ya karşı kullanılan alternatif biyositlerin etkinliklerinin araştırılması, Yüksek lisans tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye 56 s.
- Öztemiz, S. (2018). *Ricania japonica* (Hemiptera: Ricaniidae): Found in the Western Black Sea, Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 13(1), 326-328.
- Peña, J.E. and Campbell, C.W. (2005). Broad mite. EDIS. <http://edis.ifas.ufl.edu/CH020>.
- Roditakis, N. E. and Drossos, N. I. (1987). First record of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks 1904) (Acari: Tarsonemidae) on greenhouse peppers in Crete. *Entomologia Hellenica*, 5, 35-36.
- Sağlam, H.D. and Çobanoğlu, S. (2010). Determination of Tenuipalpidae (Acari: Prostigmata) species in parks and ornamental plants of Ankara, Turkey. *Türkiye entomoloji dergisi*, 34(1), 37-52.
- Sinev, S. (2007). New and little known species of gray moth (Lepidoptera; Gelechioidea, Blastobasidae) from Eurasia. *Entomological Review*. – N 87. P. 1064-1073.
- Shiao, S.N. (1976). An ecological study of the tea purple mite, *Calacarus carinatus* Green. *Plant Protection Bulletin, Taiwan*, 18(2), 183-198.
- Şevik, M.A. and Akyazı, R. (2011). Akarlar ile taşınan bitki patojeni virüsler. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 1(1), 49-65.
- Teodoro, A.V. and Reis, P.R. (2006). Reproductive performance of the mite *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) on citrus and coffee, using life table parameters. *Brazilian Journal of Biology*, 66(3), 899-905.
- Toros, S. (1973). Bitki Patojen Virüslerinin Aphidlerle Nakil Mekanizması. *Bitki Koruma Bülteni*. Cilt: 13, No: 2.
- Tunç, İ. ve Göçmen, H. (1995). Antalya'da bulunan iki sera zararlısı *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) ve *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) üzerine notlar. *Türk. Entomol. Derg.*, 19(2), 101-109.
- Tüfekli, M., Tireng Karut, Ş., Akmeşe, V. ve Sekban, R. (2021). *Ricania japonica* (Hemiptera: Ricaniidae)'nın Biyolojik Mücadelesinde Kullanılabilecek Potansiyel Doğal Düşmanların Belirlenmesi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 36(1), 59-70.

- Wang Y., Gao, N., Shi, L., Qin, Z. Y., He, P., Hu, D. Y., Tan, X., F. and Chen, Z. (2015). Evaluation of the Attractive Effect of Coloured Sticky Traps for *Aleurocanthus Spiniferus* (Quaintance) and Its Monitoring Method in Tea Garden in China. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 47(3), 86-90.
- Wang, Y.X., Chen, H.F., Yin, Z.Y., Chen, W.L. and Lu, L.T. (2022). The genetic adaptations of *Toxoptera aurantii* facilitated its rapid multiple plant hosts dispersal and invasion, *Genomics*, 114(6), 110472, ISSN 0888-7543, <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.110472>.
- Wojciechowska, M., Stepnowski, P. and Gołębiowski, M. (2016). The use of insecticides to control insect pests. *Invertebrate Survival Journal*, 13(1), 210-220.
- Yazıcı, F. and Akıner, M.M. (2024). Mite species exceeding the economic damage threshold in the tea plantation areas in Türkiye and population dynamics in the 2nd and 3rd harvesting periods. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 9(1), 119-126.
- Yükselbaba, U. ve Göçmen, H. (2013). Sarı çayakarı *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae)'un sebze seralarına bulaşma yolları üzerine bir araştırma. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1), 1-4.
- Zhang, G.X. and Zhong, T.S. (1983). Economic insects in China—Homoptera—Aphids. Science Press, Beijing, China, pp. 4–15.
- Zhang, Z.Q. (2003). Mites of greenhouses: identification, biology and control. Wallingford (UK): CAB International. p. 244.

## **BÖLÜM 9**

### **ÇAY BAHÇELERİNDE GÖRÜLEN YABANCI OTLAR ve MÜCADELE YÖNTEMLERİ**

Öğr. Gör. Yeşim ÖZTÜRK YILMAZ<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14290964>

---

<sup>1</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Pazar Meslek Yüksekokulu, Çay Tarımı ve İşleme Teknolojisi Programı Rize, Türkiye. [yesim.ozturk@erdogan.edu.tr](mailto:yesim.ozturk@erdogan.edu.tr), Orcid ID: 0000-0001-6823-707X





## GİRİŞ

Yabancı otlar: insanoğlunun istemediği yerde ve zamanda yetişen, önemli ekonomik, ekolojik ve/veya sağlık sorunları oluşturan veya oluşturma riski bulunan, zararı yararından fazla olan bitki türleridir (Önen, 2021). Bitkisel üretimde yabancı otlar önemli bir sorundur ve modern tarımda yabancı otların yönetimi, oluşabilecek verim kayıplarının önlenmesi ve gıda güvenliğinin sağlanması çok önemlidir (Mahajan, 2015). Çay yetiştiriciliğinde hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede kimyasal mücadelenin uygulanmaması gıda güvenliğini sağlama açısından ülkemize bir avantaj sağlarken, sentetik kimyasallar olmadan yabancı otların yönetilmesi ve bu süreçte oluşabilecek verim kayıplarının önüne geçilmesi çay tarımında güncelliğini koruyan önemli bir konudur.

Çay tarımında yabancı ot, yetiştiricilik sürecinde çay bahçesi kurma, budama ve hasat gibi önemli işlemleri olumsuz etkilemesinin yanı sıra kuru çay üretiminin çok önemli bir kriteri olan yaş çay yaprağı kalitesini de olumsuz etkilemektedir. Makas ve çay toplama motorları aracılığıyla yaş çay hasadı esnasında ürün içerisine karışan yabancı otlar kaliteli hammadde temininde sorun oluşturmakta ve ayrıca randımanı da düşürmektedir.

Çay bahçeleri ilk kurulduğu zamandan yaklaşık 3 yıla kadar ocaklar tam oluşmadığı için, yabancı otlar büyük sorun oluşturmaktadır. Yabancı otlar, öncelikle çay bitkisi ile ışık, su ve mineral besin maddeleri açısından rekabete girmekte, çaylık alanlarda uygulanan kültürel işlemleri zorlaştırmakta, ek işçilik gerektirmektedir.

Bu bölümde, yapılan araştırmalar doğrultusunda çay bahçelerinde görülen yabancı ot türleri ve bu türlerle mücadele yöntemleri ele alınmıştır. Ayrıca ülkemizde ve diğer önde gelen çay üreticisi ülkelerdeki uygulamalardan örnekler sunulmuştur. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü ve Ziraat Fakültesi tarafından yapılan tespitlere dayalı olarak, çay alanlarında yaygınlaşmaya başlayan yabancı ot türleri ve bu türlerle mücadele yöntemleri hakkında bilgilere de yer verilmiştir.

## **9.1. ÇAY BAHÇELERİNDE GÖRÜLEN YABANCI OTLAR ve MÜCADELE YÖNTEMLERİ**

Çay bitkisi Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yetiştirildiği alanlarda pek çok hastalık etmeni ve zararlılar tarafından doğrudan etkilenirken, yabancı otlar tarafından ise hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkilenmektedir. Yabancı otlar çay bitkisinin gelişimini engelleyerek verim ve kaliteyi düşürmek suretiyle doğrudan, hastalık etmenlerine ve zararlılara konukçuluk yaparak da dolaylı bir şekilde etki göstermektedir (Öztürk Yılmaz, 2014).

Ülkemizde çay tarımında yabancı ot mücadelesi, yerel olarak koşullara uygun, hedef otlar tanınarak yapılan bir yaklaşımla daha verimli hale getirilebilir. Farklı uygulamaların bir arada kullanılması büyük önem taşır. Çünkü önde gelen çay üreticisi ülkelerde yabancı ot mücadelesi bu yaklaşıma doğru evrilmiştir ve daha etkili sonuçlar elde edileceği düşüncesi hakimdir. Mahajan (2015)' e göre hiçbir strateji mükemmel değildir ve bu nedenle entegre bir yaklaşım daha iyi sonuçlar sağlayabilir. Bu stratejilerin potansiyelinin keşfedilmesi ve bunları teknolojik ve kültürel temellerde optimize edilmesi için gelecekte yapılacak araştırmalara ihtiyaç olduğunu ifade etmiştir.

### **9.1.1. Çay Bahçelerindeki Yabancı Otların Zarar Şekli ve Ekonomik Önemi**

Çay tarım alanlarında verimliliği sınırlayan kritik faktörler arasında yabancı otlar oldukça önemlidir. Yabancı ot sorunu öncelikle tarımsal iklim koşulları, yetiştirilen çay çeşidi, genel yabancı ot yönetim koşulları, özel yabancı ot yönetim programı vb. tarafından yönetilmektedir (Deka ve Barua, 2015).

Küresel olarak yabancı otların verim kaybına yol açma oranının yaklaşık % 10 civarında olduğu tahmin edilmektedir (Froud ve Williams, 2002). Çay veriminde kontrolsüz yabancı ot büyümesinin ise % 50-70 oranında ciddi kayıplara yol açabileceği bildirilmektedir. Yabancı otlardan kaynaklanan bu verim kayıpları; besinde rekabet, sınırlı dallanma ve gövde gelişimine neden olma, hastalık oluşturan patojen ve zararlıların alternatif konukçusu olma, toplanan sürgünlere karışma ve drenaj çıkışlarında büyüyerek suyun akışını engellemesi nedenleriyle ortaya çıkabilmektedir (Deka ve Barua, 2015).

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çay bitkisi yetiştiriciliği 100 yıllık bir geçmişe sahiptir. Ülkemizdeki çay tarım alanları, Asya ülkeleri ile olan yoğun

ticari faaliyetler ve diğer doğal nedenlerle birçok egzotik bitki taksonuna ev sahipliği yapmaktadır (Terzioğlu ve Coşkunçelebi, 2017; Farooq ve ark., 2017; Önen ve ark, 2015a;). Bu durumun yanı sıra çay bitkisinin çok yıllık bir kültür bitkisi olması, münavebe yapmaya uygun olmaması ve yetiştiği bölgelerde yıllık yağış ortalamasının 2000 mm'yi aşması gibi faktörler, ülkemizde çay tarım alanlarında yoğun yabancı otlanma sorununa yol açmaktadır (Öztürk Yılmaz ve Kolören, 2015).

Çay tarım alanlarında, hasat öncesi en önemli kültürel uygulamalardan biri olan yabancı otlarla mücadele, üreticiler için zaman kaybına ve ek maliyetlere neden olmakta diğer taraftan da fabrikasyon sürecinde işlenen çayların arasına karışarak ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir (Öztürk Yılmaz, 2014).

### 9.1.2. Çay Bahçelerindeki Önemli Yabancı Otlar

Ülkemizde çay tarım alanlarında mevcut olan türlerin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar Öztürk Yılmaz (2014) ve Terzioğlu ve Bozkurt (2020) tarafından yapılmıştır.

Öztürk Yılmaz (2014), 2012 yılında yapmış olduğu çalışmada Rize ili ve bağlı ilçelerdeki çay üretim alanlarında bulunan yabancı ot türlerini, bu türlerin yoğunluklarını (%) ve rastlama sıklıklarını (%) belirlemiştir. 2012 yılında hasat öncesinde 28 çay bahçesinde 1, 2. ve 3. sürgün öncesi yapılan survey çalışmaları sonucunda 24 familyaya ait 58 yabancı ot türü belirlenmiştir (Tablo1).

Öztürk Yılmaz (2014), her 3 sürgün döneminde de *Artemisia vulgaris* L.(Kaba Yavşan), *Bidens tripartita* L. (Üç suketeni), *Commelina communis* L. (Mahmuza), *Calystegia silvatica* (Kit.) Griseb. (Bürük), *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H. P. Fuchs (Pilunç) , *Duchesnea indica* (Andrews) Focke (Sabun çileği), *Juncus effusus* L. (Cilotu), *Oplismenus undulatifolius* (Ard.) P. Beauv. (Fırfırlot), *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (Eğrelti), *Poa compressa* L. (Yassı salkım otu), *Polygonum convolvulus* L.(Fasulyeotu), *Rubus caucasicus* Focke (Zarif böğürtlen), *Rumex obtusifolius* L. (Kökükızıl), *Smilax excelsa* L. (Dikenucu), *Setaria glauca* (L.) P. Beauv. (Siçansaçı), *Sonchus oleraceus* L. (Zoko), *Salvia verticillata* L. (Dadırak), *Tradescantia fluminensis* Vell. (Ak Telgraf Çiçeği) (Tablo1) türlerini tespit etmiştir. Türlerin Türkçe isimleri Bizimbitkiler (2024)'den alınmıştır.

**Tablo 1.** Çaylık alanlarda yabancı ot türlerinin sürgün dönemlerine göre bulunma durumları (Öztürk Yılmaz, 2014, Çizelge 4.1)

| Yabancı Otlar ve Ait Oldukları<br>Familyalar<br>(1., 2., 3. Sürgün) | 1. sürgün | 2.sürgün | 3.sürgün |
|---|-----------|----------|----------|
| <b>AMARANTHACEAE</b>  |           |          |          |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> L.                                    |           |          | ×        |
| <b>ARALIACEAE</b>   |           |          |          |
| <i>Hedera helix</i> L.  |           | ×        |          |
| <b>ASPIDIACEAE</b>  |           |          |          |
| <i>Dryopteris carthusiana</i><br>(Vill.) H. P. Fuchs                | ×         | ×        | ×        |
| <b>ASTERACEAE</b>   |           |          |          |
| <i>Artemisia vulgaris</i> L.  | ×         | ×        | ×        |
| <i>Bidens tripartita</i> L.   | ×         | ×        | ×        |
| <i>Cicerbita racemosa</i> (Will.) Beauverd                          |           | ×        |          |
| <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist                             |           |          | ×        |
| <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.)<br>S. Moore             |           | ×        | ×        |
| <i>Dichrocephala integrifolia</i> (L.Fil.)<br>Kuntze                |           | ×        | ×        |
| <i>Lapsana communis</i> L.  |           | ×        |          |
| <i>Sonchus oleraceus</i> L.   | ×         | ×        | ×        |
| <b>BORAGINACEAE</b>   |           |          |          |
| <i>Symphytum ibericum</i> Steven                                    | ×         |          |          |
| <i>Trachystemon sp.</i> D.Don                                       | ×         | ×        |          |
| <b>BRASSICACEAE</b>   |           |          |          |
| <i>Alyssum sp.</i>  | ×         |          |          |
| <b>CARYOPHYLLACEAE</b>  |           |          |          |
| <i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.                                 | ×         | ×        |          |
| <i>Stellaria media</i> (L.) Medik.                                  | ×         |          |          |
| <b>COMMELINACEAE</b>  |           |          |          |
| <i>Commelina communis</i> L.  | ×         | ×        | ×        |
| <i>Tradescantia fluminensis</i> Vell.                               | ×         | ×        | ×        |
| <b>CONVOLVULACEAE</b>   |           |          |          |
| <i>Calystegia silvatica</i> (Kit.) Griseb.                          | ×         | ×        | ×        |
| <b>FABACEAE</b>   |           |          |          |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <i>Trifolium pratense</i> L.                      |   | × | × |
| <b>HYPOLEPIDACEAE</b>                             |   |   |   |
| <i>Pteridium aquilinum</i> . (L.) Kuhn            | × | × | × |
| <b>JUNCACEAE</b>                                  |   |   |   |
| <i>Juncus bufonius</i> L.                         | × |   |   |
| <i>Juncus effusus</i> L.                          | × | × | × |
| <b>LAMIACEAE</b>                                  |   |   |   |
| <i>Lamium purpureum</i> L.                        | × |   |   |
| <i>Mentha</i> sp.                                 | × | × |   |
| <i>Prunella vulgaris</i> L.                       | × | × |   |
| <i>Salvia verticillata</i> L.                     | × | × | × |
| <b>LILIACEAE</b>                                  |   |   |   |
| <i>Smilax excelsa</i> L.                          | × | × | × |
| <b>ONAGRACEAE</b>                                 |   |   |   |
| <i>Circaea lutetiana</i> L.                       |   |   | × |
| <b>OXALIDACEAE</b>                                |   |   |   |
| <i>Oxalis corniculata</i> L.                      |   | × |   |
| <b>PLANTAGINACEAE</b>                             |   |   |   |
| <i>Plantago major</i> L.                          |   | × | × |
| <b>POACEAE</b>                                    |   |   |   |
| <i>Agrostis gigantea</i> Roth                     | × | × |   |
| <i>Anthoxanthum odoratum</i> L.                   |   | × | × |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv.       | × |   |   |
| <i>Avena sterilis</i> L.                          | × | × |   |
| <i>Bromus tectorum</i> L.                         | × |   |   |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.           |   | × | × |
| <i>Echinochloa cruss- galli</i> (L.) P. Beauv.    |   |   | × |
| <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertner              |   |   | × |
| <i>Holcus lanatus</i> L.                          | × | × |   |
| <i>Lolium perenne</i> L.                          | × | × |   |
| <i>Lolium temulentum</i> L.                       |   | × |   |
| <i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) P. Beauv. | × | × | × |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <i>Paspalum dilatatum</i> Poiret        |   | × | × |
| <i>Poa annua</i> L.                     | × | × |   |
| <i>Poa compressa</i> L.                 | × | × | × |
| <i>Setaria glauca</i> (L.) P. Beauv.    | × | × | × |
| <b>POLYGONACEAE</b>                     |   |   |   |
| <i>Polygonum convolvulus</i> L.         | × | × | × |
| <i>Polygonum hydropiper</i> L.          |   | × | × |
| <i>Polygonum persicaria</i> L.          |   | × | × |
| <i>Polygonum sp.</i> L.                 |   | × | × |
| <i>Rumex obtusifolius</i> L.            | × | × | × |
| <b>RANUNCULACEAE</b>                    |   |   |   |
| <i>Ranunculus repens</i> L.             | × | × |   |
| <b>ROSACEAE</b>                         |   |   |   |
| <i>Duchesnea indica</i> (Andrews) Focke | × | × | × |
| <i>Rubus caucasicus</i> Focke           | × | × | × |
| <b>SCROPHULARIACEAE</b>                 |   |   |   |
| <i>Scrophularia sp.</i>                 | × |   |   |
| <b>SOLANACEAE</b>                       |   |   |   |
| <i>Solanum nigrum</i> L.                |   |   | × |
| <b>URTICACEAE</b>                       |   |   |   |
| <i>Urtica dioica</i> L.                 | × | × |   |

Yapılan srvey çalışmalarında, her 3 sürgün döneminde tespit edilen Genel Yabancı Otlanma (%) değerleri karşılaştırılmış ve % 49.10 değeriyle 2. sürgün (Temmuz) dönemi en yüksek genel yabancı otlanmanın olduğu dönem (şekil 2) olarak belirlenmiştir. 2. sürgün döneminde sırasıyla % 43.50 değeriyle 3. sürgün (Eylül) ve % 38.85 değeriyle 1.sürgün (Mayıs) dönemleri izlemiştir.



**Şekil 1. 2.** Sürgün döneminde yoğun yabancı otlanma olan çay bahçeleri  
**Kaynak:** Orjinal Resim, Y. ÖZTÜRK YILMAZ

Terzioğlu ve Bozkurt (2020), çalışmalarında Türkiye'deki çay (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) tarım alanlarında bulunan yerli ve doğallaşmış damarlı bitki taksonlarını tespit etmiş ve hem ürün kalitesi hem de verimini olumsuz etkileyen bu taksonların kritik kontrol dönemlerini belirlemiştir. Bu çalışmada, çay tarım alanlarında yayılış gösteren toplam 114 adet doğal ve doğallaşmış damarlı bitki taksonu tespit edilmiştir (Tablo 2). Ayrıca hasat edilen sürgünlere kasıt olmaksızın karıştırılan ve çay kalitesini olumsuz etkileyen en zararlı bitki taksonları vurgulanmıştır. Çay bahçelerinde en çok yayılan taksonlar; *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn., *Smilax excelsa* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt., *Crassocephalum crepidioides* (Benth) S. Moore, *Calystegia silvatica* (Kit.) Griseb, *Commelina communis* L., *Microstegium vimineum* (Trin.) A. Camus., *Oplismenus undulatifolius* (Ard.) P. Beauw. ve *Rubus* spp. türleri olarak belirlenmiştir. Bu taksonların çoğunun ekolojik toleransları yüksek ve ülkemizde doğallaşmış bitkiler olduğu belirtilmiştir. Belirlenen taksonlardan 9'u tırmanıcı, 14'ü ise odunsu bitki özelliği göstermektedir.



**Tablo 2.** Belirlenen taksonların Türkçe isimleri, familyaları, yaşam formlar, zarar şekilleri ve kontrol dönemleri (Terzioğlu ve Bozkurt, 2020, Tablo1).

| Taxa  | Türkçe adı      | Familya        | Hayat Formu         | Zarar Türü | Kontrol dönemi |
|---|-----------------|----------------|---------------------|------------|----------------|
| <i>Acalypaustrali L.</i>  | Burtam          | Euphorbiaceae  | Yıllık              | BO         | Ağustos-Ekim   |
| <i>Ailanthus Altissima (Mill.) Swingle</i>                          | Kokarağaç       | Simaroubaceae  | Ağaç                | BO,G       | Mayıs-Haziran  |
| <i>Ajuga reptans L.</i>   | Meryemsaçı      | Lamiaceae      | Rizomlu, çok yıllık | BO         | Mart-Haziran   |
| <i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn. subsp. barbata (C.A.Mey.) Yalt.</i> | Yeykin          | Betulaceae     | Ağaç                | BO,G       | Nisan          |
| <i>Amaranthus retroflexus L.</i>                                    | Tilkikuyruğu    | Amaranthaceae  | Yıllık              | BO,G       | Mayıs-Temmuz   |
| <i>Ambrosia artemisifolia L.</i>                                    | Arsız zaylan    | Asteraceae     | Yıllık              | BO,G       | Haziran        |
| <i>Artemisia verlotiorum Lamotte</i>                                | Laz yavşanı     | Asteraceae     | Çok yıllık          | Bo,G       | Ekim           |
| <i>Athyrium filix-femina (L.) Roth</i>                              | Yel eğreltisi   | Athyriaceae    | Rizomlu, çok yıllık | BO         | Haziran        |
| <i>Bidens frondosa L.</i>   | Yaprak suketeni | Asteraceae     | Yıllık              | BO         | Temmuz- Eylül  |
| <i>Blechnum spicant (L.) Sm.</i>                                    | Tarak eğreltisi | Blechnaceae    | Rizomlu, çok yıllık | BO         | Nisan-Mayıs    |
| <i>Brachypodium sylvaticum (Huds.) P. Beauv.</i>                    | Koru kılcanı    | Poaceae        | Çok yıllık          | BO         | Haziran-Eylül  |
| <i>Brassica oleracea L.</i>   | Lahana          | Brassicaceae   | Yıllık              | BO         | Mart-Mayıs     |
| <i>Calystegia sylvatica (Kit.) Griseb.</i>                          | Bürük           | Convolvulaceae | Rizomlu, çok yıllık | BO         | Nisan-Ağustos  |
| <i>Campanula lactiflora M. Bieb.</i>                                | Kuspida         | Campanulaceae  | Çok yıllık          | BO         | Temmuz- Eylül  |
| <i>Campanula rapunculoides L.</i>                                   | Elmacık         | Campanulaceae  | Çok yıllık          | BO         | Temmuz.- Eylül |
| <i>Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.</i>                          | Çobançantası    | Brassicaceae   | İki yıllık          | BO         | Ocak-Aralık    |
| <i>Castanea sativa Mill.</i>  | Kestane         | Fagaceae       | Ağaç                | BO,G       | Haziran-Temmuz |
| <i>Chenopodium album L.</i>   | Aksirken        | Amaranthaceae  | Yıllık              | BO         | Mayıs-Ağustos  |
| <i>Cirsium arvense (L.) Scop.</i>                                   | Köygöçüren      | Asteraceae     | Çok yıllık          | BO         | Mayıs-Eylül    |

|  |                 |               |                      |      |                |
|--|-----------------|---------------|----------------------|------|----------------|
| <i>Clinopodium grandiflorum</i> (L.) Kuntze          | Kaba fesleğen   | Lamiaceae     | Çok yıllık           | BO   | Haziran.-Ekim  |
| <i>Clinopodium vulgare</i> L.                        | Yabani fesleğen | Lamiaceae     | Çok yıllık           | BO   | Haziran-Eylül  |
| <i>Commelina Communis</i> L.                         | Mahmuza         | Commelinaceae | Çok yıllık           | BO   | Ağustos-Eylül  |
| <i>Conyza albida</i> Willd. ex Spreng.               | Ak çakalotu     | Asteraceae    | Yıllık               | BO   | Temmuz-Aralık  |
| <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist              | Selviotu        | Asteraceae    | Yıllık               | BO   | Temmuz- Aralık |
| <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore | Duduka          | Asteraceae    | Yıllık               | BO   | Ağustos-Kasım  |
| <i>Cucurbita maxima</i> Duch.                        | Helvacı kabağı  | Cucurbitaceae | Yıllık               | BO   | -              |
| <i>Cyclamen coum</i> Mill.                           | Yer somunu      | Primulaceae   | Yumru, Çok yıllık    | BO   | Şubat- Mayıs   |
| <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.                   | Köpekdişi       | Poaceae       | Rizomlu, çok yıllık  | BO   | Nisan-Eylül    |
| <i>Cyperus longus</i> L.                             | Karatopalak     | Cyperaceae    | Rizomlu, çok yıllık  | BO   | Mayıs-Eylül    |
| <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i> | Domuzayrığı     | Poaceae       | Rizomlu, çok yıllık  | BO   | Mayıs-Temmuz   |
| <i>Daucus carota</i> L.                              | Yabani havuç    | Apiaceae      | İki yıllık           | BO   | Mayıs-Eylül    |
| <i>Dichrocephala integrifolia</i> (L.f.) Kuntze      | Kırtıkotu       | Asteraceae    | Yıllık               | BO   | Mayıs-Eylül    |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.              | Kızıl çatalotu  | Poaceae       | Yıllık               | BO   | Mayıs-Ekim     |
| <i>Dioscorea communis</i> (L.) Caddick & Wilkin      | Dolanbaç        | Dioscoreaceae | Yumru, çok yıllık    | BO,G | Nisan-Haziran  |
| <i>Duchesnea indica</i> (Andrews) Focke              | Sabunçileği     | Rosaceae      | Stolonlu, çok yıllık | BO   | Temmuz         |
| <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.            | Dancan          | Poaceae       | Yıllık               | BO   | Haziran-Ekim   |
| <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.                  | Kazotu          | Poaceae       | Yıllık               | BO   | Ağustos- Ekim  |
| <i>Elsholtzia ciliata</i> (Thunb.) Hyl.              | Köriyaprağı     | Lamiaceae     | Yıllık               | BO   | Mayıs-Temmuz.  |
| <i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.                    | Hemşin şifaotu  | Asteraceae    | İki yıllık           | BO   | Haziran-Eylül  |
| <i>Fragaria vesca</i> L.                             | Dağ çileği      | Rosaceae      | Çok yıllık           | BO   | Nisan-Haziran  |

|   |                       |                |                         |      |                     |
|---|-----------------------|----------------|-------------------------|------|---------------------|
| <i>Frangula dodonei</i><br>Ard. subsp. <i>dodonei</i> | Barutağacı            | Rhamnaceae     | Çalı                    | BO,G | Haziran-<br>Temmuz. |
| <i>Galanthus rizehensis</i> Stern                     | Rize kardeleni        | Amaryllidaceae | Soğanlı                 | BO   | Ocak-Nisan          |
| <i>Galinsoga parviflora</i><br>Cav.                   | Kıllı<br>beşpatçiçeği | Asteraceae     | Yıllık                  | BO   | Nisan-Ağustos       |
| <i>Geum urbanum</i> L.                                | Meryemotu             | Rosaceae       | Çok yıllık              | BO   | Mayıs-Temmuz.       |
| <i>Hypericum calycinum</i><br>L.                      | Koyunkıran            | Hypericaceae   | Çalı                    | BO   | Mayıs- Ekim         |
| <i>Hypericum perforatum</i> L.                        | Binbirdelik<br>otu    | Hypericaceae   | Çok yıllık              | BO   | Nisan-Eylül         |
| <i>Ipomoea purpurea</i><br>(L.) Roth                  | Kahkaha<br>çiçeği     | Convolvulaceae | Çok yıllık              | BO,G | Temmuz-Eylül        |
| <i>Iris lazica</i> Albov                              | Laz süseni            | Iridaceae      | Rizomlu                 | BO   | Şubat- Nisan        |
| <i>Lactuca racemosa</i><br>Willd.                     | Çayır marulu          | Asteraceae     | Çok yıllık              | BO   | Haziran-Eylül       |
| <i>Lamium album</i> L.                                | Bahçak                | Lamiaceae      | Stolonlu,<br>çok yıllık | BO   | Mayıs- Ağustos      |
| <i>Lamium galeobdolon</i><br>(L.) L.                  | Sarı bahçak           | Lamiaceae      | Çok yıl.                | BO   | Mayıs- Haziran      |
| <i>Lapsana communis</i><br>L.                         | Şebrek                | Asteraceae     | Çok yıl.                | BO,G | Mayıs- Ekim         |
| <i>Lolium perenne</i> L.                              | Çim                   | Poaceae        | Çok yıl.                | BO   | Nisan- Ağustos      |
| <i>Luzula forsteri</i><br>(Sm.) DC.                   | Gevşek luzul          | Juncaceae      | Stolonlu-<br>çok yıllık | BO   | Mart-Temmuz.        |
| <i>Lycopus europaeus</i> L.                           | Kurtayağı             | Lamiaceae      | Çok yıl.                | BO   | Haziran-Ekim        |
| <i>Mercurialis annua</i> L.                           | Parşen                | Euphorbiaceae  | Yıllık                  | BO   | Şubat.-<br>Temmuz   |
| <i>Microstegium vimineum</i> (Trin.)<br>A. Camus      | Çin sakalotu          | Poaceae        | Yıllık                  | BO   | Ağustos- Kasım      |
| <i>Muscari armeniacum</i><br>Leichtlin ex Baker       | Gâvurbaşı             | Asparagaceae   | Soğanlı                 | BO   | Mart-Temmuz         |
| <i>Omphalodes cappadocica</i> (Willd.)<br>DC.         | Gök süreyre           | Boraginaceae   | Çok yıllık              | BO   | Mart- Mayıs         |
| <i>Oplismenus undulatifolius</i><br>(Ard.) P.Beauv.   | Fırfırlot             | Poaceae        | Çok yıllık              | BO   | Temmuz-Ekim         |
| <i>Oxalis corniculata</i> L.                          | Sarı<br>ekşiyonca     | Oxalidaceae    | Çok yıllık              | BO   | Mart- Ağustos       |
| <i>Paspalum dilatatum</i><br>Poir.                    | Kürdan darısı         | Poaceae        | Rizomlu,<br>çok yıllık  | BO   | Ağustos.- Ekim      |

|   |                  |                  |                            |      |                 |
|---|------------------|------------------|----------------------------|------|-----------------|
| <i>Paspalum distichum</i> L.  | Yalan darısı     | Poaceae          | Rizomlu, Stolonlu çok yıl. | BO   | Haziran-Ekim    |
| <i>Phaseolus vulgaris</i> L.  | Fasülye          | Fabaceae         | Yıllık                     | BO,G | -               |
| <i>Phytolacca americana</i> L.  | Şekerciboyası    | Phytolaccaceae   | Çok yıllık                 | BO,G | Haziran.-Eylül  |
| <i>Plantago major</i> L.  | Sinirotu         | Plantaginaceae   | Çok yıllık                 | BO   | Nisan-Eylül     |
| <i>Polygonum aviculare</i> L.   | Köyotu           | Polygonaceae     | Çok yıllık                 | BO   | Temmuz.-Kasım   |
| <i>Polygonum hydropiper</i> L.  | Su biberi        | Polygonaceae     | Yıllık                     | BO   | Ağustos         |
| <i>Polygonum nepalense</i> Meissn.  | Oğlakotu         | Polygonaceae     | Yıllık                     | BO   | Mayıs- Eylül    |
| <i>Polygonum perfoliatum</i> L.   | Kaplıçotu        | Polygonaceae     | Yıllık                     | BO,G | Nisan-Temmuz    |
| <i>Polygonum persicaria</i> L.  | Söğütotu         | Polygonaceae     | Yıllık                     | BO   | Ağustos-Aralık  |
| <i>Polygonum thunbergii</i> Siebold & Zucc.                                     | Gül madımak      | Polygonaceae     | Yıllık                     | BO   | Ekim            |
| <i>Polystichum aculeatum</i> (L.) Roth  | Sivri pilunç     | Dryopteridaceae  | Rizomlu, çok yıllık        | BO,G | Mayıs           |
| <i>Primula acaulis</i> (L.) L.  | Çuhaçiçeği       | Primulaceae      | Çok yıllık                 | BO   | Mart-Haziran    |
| <i>Prunella vulgaris</i> L.   | Gelincikleme otu | Lamiaceae        | Çok yıllık                 | BO   | Mayıs- Eylül    |
| <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.   | Eğrelti          | Dennstaedtiaceae | Rizomlu, çok yıllık        | BO,G | Haziran         |
| <i>Ranunculus ficaria</i> L. subsp. <i>bulbifera</i> (Marsden-Janchen) Lawalréé | Buğdaycık        | Ranunculaceae    | Çok yıllık                 | BO   | Mart- Nisan     |
| <i>Rhus chinensis</i> Mill. var. <i>chinensis</i>                               | Çin sumacı       | Anacardiaceae    | Çalı                       | BO,G | Haziran-Temmuz  |
| <i>Rhododendron luteum</i> Sweet  | Zifin            | Ericaceae        | Çalı                       | BO,G | Nisan-Eylül     |
| <i>Rhododendron ponticum</i> L.   | Kumar            | Ericaceae        | Çalı                       | BO,G | Mart- Ağustos   |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.  | Yalancı akasya   | Fabaceae         | Ağaç                       | BO,G | Nisan-Haziran   |
| <i>Rubus canescens</i> DC.  | Çoban kösteği    | Rosaceae         | Çalı                       | BO,G | Mayıs- Ağustos  |
| <i>Rubus hirtus</i> Waldst. & Kit.  | Tüntürük         | Rosaceae         | Çalı                       | BO,G | Haziran-Temmuz  |
| <i>Rubus ibericus</i> Juz.  | Malina           | Rosaceae         | Çalı                       | BO,G | Haziran-Ağustos |

|  |                  |                 |                         |      |                     |
|--|------------------|-----------------|-------------------------|------|---------------------|
| <i>Rumex pulcher</i> L.                          | Ekşilik          | Polygonaceae    | Çok yıllık              | BO   | Mayıs-Ağustos       |
| <i>Salvia forskahlei</i> L.                      | Dolma yaprağı    | Lamiaceae       | Çok yıllık              | BO   | Haziran -Eylül      |
| <i>Salvia glutinosa</i> L.                       | Oklu şalba       | Lamiaceae       | Çok yıllık              | BO   | Temmuz.-Ekim        |
| <i>Sambucus ebulus</i> L.                        | Mürver otu       | Adoxaceae       | Rizomlu,<br>Çok yıllık  |      | Temmuz-<br>Ağustos. |
| <i>Sanicula europaea</i> L.                      | Sanikel          | Apiaceae        | Çok yıllık              | BO   | Mayıs- Ağustos      |
| <i>Seneco vernalis</i><br>Waldst. & Kit.         | Kanaryaotu       | Asteraceae      | Yıllık                  | BO   | Mart- Ağustos       |
| <i>Senecio vulgaris</i> L.                       | Taşakçilotu      | Asteraceae      | Yıllık                  | BO   | Mart- Ağustos       |
| <i>Setaria glauca</i> (L.) P.Beauv.              | Siçansaçı        | Poaceae         | Yıllık                  | BO   | Temmuz-Ekim         |
| <i>Sicyos angulatus</i> L.                       | İtdolanbacı      | Cucurbitaceae   | Yıllık                  | BO,G | Temmuz-Ekim         |
| <i>Sigesbeckia orientalis</i><br>L.              | Saruteçan        | Asteraceae      | Yıllık                  | BO   | Ağustos             |
| <i>Smilax excelsa</i> L.                         | Dikenucu         | Smilacaceae     | Tırmanıcı               | BO,G | Mayıs               |
| <i>Solanum americanum</i><br>Mill.               | İtüzümü          | Solanaceae      | Yıllık                  | BO   | Haziran-Kasım       |
| <i>Solanum dulcamara</i> L.                      | Sofur            | Solanaceae      | Çok yıllık              | BO,G | Mayıs-Eylül         |
| <i>Sonchus asper</i><br>(L.) Hill                | Eşekgevreği      | Asteraceae      | İki yıllık              | BO   | Mart- Ağustos       |
| <i>Stachys sylvatica</i> L.                      | Hamsırgan        | Lamiaceae       | Çok yıllık              | BO   | Haziran-Eylül       |
| <i>Stellaria media</i><br>(L.) Vill.             | Kuşotu           | Caryophyllaceae | Yıllık                  | BO   | Mart-Haziran        |
| <i>Symphytum ibericum</i><br>Steven ex M.Bieb.   | Orman kafesotu   | Boraginaceae    | Stolonlu,<br>çok yıllık | BO   | Mart-Temmuz         |
| <i>Tanacetum parthenium</i><br>(L.) Schultz-Bip. | Beyaz papatya    | Asteraceae      | Çok yıllık              | BO   | Mayıs- Eylül        |
| <i>Teucrium chamaedrys</i><br>L.                 | Kısamahmut       | Lamiaceae       | Rizomlu,<br>çok yıllık  | BO   | Haziran-Eylül       |
| <i>Tradescantia fluminensis</i> Vell.            | Ak telgrafçiçeği | Commelinaceae   | Çok yıllık              | BO   | Mayıs               |
| <i>Trifolium pratense</i> L.                     | Çayır üçgülü     | Fabaceae        | Çok yıllık              | BO   | Mayıs- Eylül        |
| <i>Trifolium repens</i> L.                       | Ak üçgül         | Fabaceae        | Çok yıllık              | BO   | Mart- Eylül         |
| <i>Tussilago farfara</i> L.                      | Öksürtikotu      | Asteraceae      | Çok yıllık              | BO   | Mart- Nisan         |

|                                       |            |                |                        |      |                  |
|---------------------------------------|------------|----------------|------------------------|------|------------------|
| <i>Urtica dioica</i> L.               | Isırgan    | Urticaceae     | Çok yıllık             | BO,G | Haziran-Eylül    |
| <i>Vaccinium arctostaphylos</i> L.    | Likarpa    | Ericaceae      | Çalı                   | BO,G | Mayıs-<br>Temmuz |
| <i>Veronica anagallis-aquatica</i> L. | Sugedemesi | Plantaginaceae | Çok yıllık             | BO   | Mart- Kasım      |
| <i>Veronica beccabunga</i> L.         | At teresi  | Plantaginaceae | Rizomlu,<br>çok yıllık | BO   | Mayıs-Ekim       |
| <i>Veronica persica</i> Poiret        | Cırcamuk   | Plantaginaceae | Çok yıllık             | BO   | Mart- Kasım      |
| <i>Vicia cracca</i> L.                | Kuş fiği   | Fabaceae       | Çok yıllık             | BO   | Nisan- Ağustos   |
| <i>Zea mays</i> L.                    | Mısır      | Poaceae        | Yıllık                 | BO,G | -                |

BO: Besin ortaklığı; G: Gölgelendirme

Çay tarım alanlarında yabancı otların tespiti ve yoğunluklarının belirlenmesi ile ilgili ülkemizde yapılan bu bilimsel çalışmalar sonucunda *Commelina communis* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn., *Calystegia silvatica* (Kit.) Griseb, *Oplismenus undulatifolius* (Ard.) P. Beauw en yaygın türler olarak belirlenmiştir (Öztürk Yılmaz, 2014; Terzioğlu ve Bozkurt, 2020). Bu türlerin yanı sıra *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H. P. Fuchs, *Rumex obtusifolius* L. (Öztürk Yılmaz, 2014), *Smilax excelsa* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt., *Crassocephalum crepidioides* (Bentham) S. Moore, *Microstegium vimineum* (Trin.), *Rubus* spp. (Terzioğlu ve Bozkurt, 2020) türleri de diğer yaygın türlerdir. Öztürk Yılmaz (2014) tarafından yapılan çalışmada *Commelina communis* L.'nin her üç sürgün döneminde, diğer türlerden daha yüksek genel kaplama alanına sahip bir tür olduğu tespit edilmiştir.

Hajiboland ve arkadaşları (2024), çay bitkisinin asidik topraklarda (pH<5.5) yetiştiğini ve yüksek verim elde etmek için yapılan aşırı gübrelemelerin istemeden çeşitli ot türlerinin çoğalmasını teşvik ettiğini, diğer ot türlerine kıyasla *Commelina communis* L. ve *Tradescantia fluminensis* Vell. (Commelinaceae) türlerinin çay tarım alanlarında yüksek tahribata neden olarak, büyük tehdit oluşturduklarını bildirmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çay bitkisinde hasat mevsimi Mayıs-Ekim ayları arasında olup genel olarak yılda üç kez yapılmaktadır. Mart ve Nisan ayları çiçeklenme ve/veya tohum ile spor olgunlaşma dönemi ve yabancı ot kontrolünün başladığı aylardır. Bu süreç aynı zamanda mahsul gelişiminin

kritik döneminin başlangıcını oluşturmaktadır (Terzioğlu ve Bozkurt, 2020). Yabancı ot rekabetinin kritik dönemi olan bu dönemlerde yabancı otun kontrolü sırasında verimin etkilenmemesi için azami özen gösterilmesi gerekmektedir (Rajkhowa ve ark., 2005).

Bu bölümde, geçmiş yıllarda çay bahçelerinde belirlenen yabancı ot türlerinin yanı sıra, günümüz koşullarında üreticilerin sorun olarak ifade ettiği yabancı ot türlerine de yer verilmiştir. Çay tarımı yapılan alanlarda üreticilerin zorluk yaşadıklarını ifade ettikleri ve yapılan incelemeler sonucunda tespit edilen önemli iki yabancı ot türü, *Tradescantia fluminensis* Vell. ve *Persicaria perfoliata* L. (H.) Gross türleridir. Bu iki tür, tarımsal alanlarda hem ürün kaybına yol açmaları hem de kontrol altına alınmalarının zorluğu nedeniyle dikkat çekmektedir. Bu nedenle bu yabancı otların biyolojisi, yayılma şekilleri ve mevcut kontrol yöntemlerinin etkinliği üzerinde de durulmuştur.

#### 9.1.2.1. *Commelina communis* L. (Mahmuza)

##### Tanımı ve Biyolojisi:

*Commelina communis* L. (Mahmuza) Commelinaceae familyasından, çok yıllık, otsu bir bitkidir (Ekim, 2012; Farooq ve ark., 2015). Yaygın bilinen adı Asya gün çiçeğidir. Adını sadece bir gün süren çiçeklenmesinden almıştır (*Commelina communis*, 2024). Gövdesi dik (15-40 cm), dalı ve tüysüzdür. Yapraklar yumurta şeklinden mızrak şekline (2-8 cm) değişen, sivri uçlu, geniş zarımsı kılıflı, çoğunlukla alt tarafta ince kısa tüylerle kaplıdır. Çiçek salkımları, üst yaprak koltuklarında bulunan ince pedinküller üzerindedir. Çanak yapraklar yeşilimsi, zarımsı, yumurta şeklindedir (2 tanesi tabanda birleşiktir). Korolla 3 farklı taç yapraktan oluşmuştur: ikisi büyük, koyu mavi, ters yumurta biçiminde, tabanda birleşmemiş, üçüncüsü daha küçük, ters yumurtamsı-mızrak şeklinde ve soluktur (Agroatlas, 2009) (Şekil 1). Tohumlar çoğunlukla yarı elips şeklindedir ve bir uçları sivri diğer uçları yuvarlakçadır. Her iki tarafı yuvarlak ve daha büyük olan elips şeklindeki tohumlara ise son derece az rastlanmaktadır. Geçirimsiz olan tohum kabuğu oldukça sert yapılıdır. Bir tarafları düzgün iken diğer tarafları pütürlüdür (Baranov, 1964).



**Şekil1.** *Commelina communis* (Mahmuza) yabancı otunun çiçek ve yaprakları  
**Kaynak:** Orjinal fotoğraf, Y. ÖZTÜRK YILMAZ

### **Ekolojik İstekleri ve Dağılım Alanları**

*Commelina communis* L., büyüme ve gelişme için kısmi güneş ışığı alan nemli alanları, hafif dokulu (kumlu veya balçık) ve besin açısından zengin toprakları tercih etmektedir. Çok çeşitli ekolojik ve iklimsel koşullara başarıyla uyum sağlayabildiği bildirilmiştir (Farooq ve ark, 2015).

*Commelina communis* L., Çin, Tayvan, Japonya, Kore, Doğu Rusya, Kamboçya, Laos, Malezya, Tayland ve Vietnam'dan Hindistan'a kadar uzanan Doğu ve Güneydoğu Asya'ya özgü bir bitkidir. Tür, Avrupa ve Kuzey Amerika'nın doğusunda yaygın olarak bulunmaktadır (Sajedi, 2019).

Mahmuzanın yabancı ot olarak bulunduğu bölgelerde en yaygın olduğu yerler boş alanlar olmakla birlikte, tarla kenarları, ormanlar, bataklıklar ve bazen de ormanların iç alanlarıdır (Faden, 2006). Anavatanı olan Çin'de bitkinin maden artıklarının biriktirildiği döküntü alanlarında dahi geliştiği ve yüksek oranda bakır biriktirdiği belirtilmektedir (Shu ve ark., 2001).

Bitkinin artık özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde son derece yüksek yoğunluk gösterdiği ve tarım alanlarında önemli sorunlara yol açtığı belirlenmiştir. Çay plantasyonları, kivi ve fındık bahçeleri, meyvelik ve sebzelik vb. tarımsal amaçlı kullanılan alanların yanında bitkinin tarım dışı alanlarda da (dere ve orman kenarlarında, boş alanlar ve yol kenarları gibi tarım dışı alanlarda) yaygın olarak bulunduğu saptanmıştır. Dolayısıyla bitkinin Karadeniz Bölgesi'nin özellikle yoğun yağış alan bölgelerinde çok farklı yaşam



alanlarında bulunduğu ve bölgeye tamamen yerleştiği gözlemlenmiştir (Farooq ve ark., 2015).

### Yayılma Şekli ve Zararı

Öncelikle tohumla, ancak yaz aylarında vejetatif olarak da çoğalabilmektedir (MISIN, 2024). Ekili alanlarda bitki sulama suyu ve su yolları ile yayılmaktadır (Isaac ve ark., 2013).

Özellikle nemli ve suya doygun alanlara daha iyi uyum sağlayan *Commelina* türleri böyle alanlarda son derece güçlü gelişme göstererek kültür bitkileriyle rekabet etmektedir. (Holm ve ark., 1977). Ayrıca bu yabancı otlar sıra araları alçak çay ocaklarının aralarını kaplayarak hasat ve diğer kültürel işlemleri zorlaştırmaktadır.

Mahmuza ve Ak Telgraf Çiçeği yabancı otları çay bahçelerinde, bitkiyle rekabet etmelerinin yanı sıra özellikle çiçeklenme dönemi öncesinde çay yapraklarına benzer yaprak yapılarıyla (özellikle 1. ve 2. Sürgün dönemlerinde) ayırt edilmeleri oldukça zordur. Başka ülkelerden veya ülkemizin farklı bölgelerinden gelerek çay yaprağını hasat edenler, hasat sırasında bu yabancı otları ürün içerisine karıştırabilirler. Bu durum, hem alım yerinde ürünün teslimi sırasında yaş çay ürün normu açısından, hem de kuru çay kalitesi açısından sakıncalıdır.



**Şekil 2.** Çay yaprakları içerisindeki Mahmuza ve Ak telgraf çiçeğinin ayırt edilmesi zor yaprakları

**Kaynak:** Orjinal fotoğraf, Y. ÖZTÜRK YILMAZ

### **Kontrol Yöntemleri**

#### **Kültürel Önlemler**

Örtü bitkisi ekimi yeni çıkan ve yerleşik olan yabancı otları baskılayabilir. Baklagillerin yoğunluğunu arttırmak ve *Commelina*' yı gölgelemek için mısır sıralarını iki katına çıkarma tavsiye edilmektedir (Jackson ve ark., 2018).

#### **Mekanik Mücadele**

Geride kalan küçük parçalar yeniden büyüdüğü için elle kontrol edilmesi zor bir yabancı ottur. Çekme veya elle çapalama bu otu kontrol etmek için sıklıkla kullanılmaktadır (Jackson ve ark., 2018).

#### **Kimyasal Kontrol**

Gomez (2012), *Commeline communis* L.'in kimyasal yolla kontrolünün, bitkinin çok yıllık yapısı ve hızlı büyüme stratejisi nedeniyle oldukça zor olduğunu, bu bitkinin özellikle glyphosate gibi yaygın herbisitlere karşı direnç gösterme eğiliminde olduğunu bildirmiştir. Gomez (2012) ayrıca, glyphosate'a toleranslı (GT) kültür bitkilerinin yetiştirildiği alanlarda *C. communis* L. 'in giderek daha büyük bir problem haline geldiğini belirtmiştir. Bitkinin çok hassas olduğu erken gelişim dönemlerinde (örneğin, 2 yapraklı dönemde), glyphosate uygulaması yalnızca %28 etkinlik sağlamakta; ancak önerilen doz 16 kat arttırıldığında tam kontrol elde edilebilmektedir (Ulloa ve Owen, 2009). Bu sebeple tek başına kimyasal kontrolün *Commelina* türlerinin kontrolü için yeterli olamayacağı düşünülmektedir. Bitkinin başarılı bir şekilde idaresi için entegre mücadele stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Farooq ve Önen, 2015).

#### **Biyolojik mücadele**

*Commelina communis* L. 'nin biyolojik mücadelesi amacıyla yürütülen çalışmalar sonucunda ümit verici olan bazı biyolojik kontrol ajanlarına rastlanmıştır (Zheng ve ark., 2006). *Kordyana commelinae* ve *Phyllosticta commelinicola*'nın *C. communis* (L)'e özgü konukçu mantarlar olduğu kaydedilmiştir (Zheng ve ark., 2006). Ancak mevcut biyolojik mücadele çalışmalarında başarı ile kullanılabilecek bir etmen bulunmamaktadır (Farooq ve Önen, 2015).

### 9.1.2.2. *Tradescantia fluminensis* Vell. (Ak telgraf çiçeği)

#### Tanımı ve Biyolojisi:

*Tradescantia fluminensis* Vell. (Ak telgraf çiçeği) Commelinaceae familyasından çok yıllık bir bitkidir (Terzioğlu ve Bozkurt, 2020). Yarı sulu gövdelere sahiptir ve nodlarından kök üretebilmektedir. Sürünücü bir bitkidir (Walsh ve Entwisle, 1994).

*Tradescatis fluminensis* Vell.'in ince (2-3 mm çapında), geniş yumurtamsı dikdörtgen mızrak şeklindeki yaprakları (Şekil 2), zayıf bir şekilde yükselen (veya sarkık) sürgünler üzerinde sarmal olarak dizilmiştir. Nodlarında kökleri olan yapraksız gövdeler oluşturmakta ve 60 cm'ye kadar boylanmaktadır. Yaprak damarları (3-10) paraleldir. Basit, parlak yeşil renkli olan yaprakların bazen alt kısmı mor renklidir, üst kısmı tüysüz ya da az tüylüdür. Bireysel bitkilerin (yapraklı sürgün + yapraksız gövde) uzunluğu 30 cm ile 1,5 m arasında değişir ve yapraklı sürgün boyunca dallar ortaya çıkmaktadır (Maule ve ark., 1995; Standish ve ark., 2004; Karaer ve ark., 2015).

Çiçekler beyazdır (Şekil 2) ve çiçek durumları küçük salkımlar hâindedir ve gövde uçlarında bulunmaktadır. Çiçekler, gövde yapraklarına benzeyen 1 ila 3 adet çiçek yaprağı (brakte) ile çevrelenmiştir. Çanak yapraklar (sepaller) oval şekilli, 3 adet, 2-5 mm uzunluğunda ve 1-2 mm genişliğindedir ve yaprakların yüzeyleri tüylüdür. Taç yapraklar (petaller), 3 adet, 7-10 mm uzunluğunda ve üçlü çevrel dizilimlidir. Erkek organlar (stamenler) 6 adet olup taç yapraklara zıt olarak dizilmiştir ve yüzeylerinde yumuşak tüyler bulunmaktadır. Dişi organ (ovaryum) 3 parçalıdır (Karaer ve ark., 2015). Meyve küçük 3 parçalı kapsülden oluşur. Oyuklu, siyah, 6 adet olabilen tohumları bir sıra halinde dizilmiştir. Geçirimsiz bir katmana sahip olduğundan tohumlar yıllarca çimlenmeden kalabilmektedir. (Faden ve Hunt, 1991; Langeland ve Burks, 2003; Karaer ve ark., 2015).



**Şekil 3.** *Tradescantia fluminensis* (Ak telgraf çiçeği) yabancı otunun yaprak ve çiçekleri

**Kaynak:** Orjinal fotoğraf, Y. ÖZTÜRK YILMAZ

### **Ekolojik İstekleri ve Dağılım Alanları**

*Tradescantia fluminensis* Vell. 'in doğal ortamı, yağmur ormanları, yol kenarları ve bahçeler dahil diğer nemli, rutubetli ve gölgeli yerlerdir (Global Invasive Species Database (GISD, 2005)). Genel olarak yarı gölge veya hafif güneşli, azotça zengin, döküntü alanları, nehir yatakları ve tahrip edilmiş orman altlarında bulunan ak telgraf çiçeği, en fazla orman açıklıklarında ve diğer bitki örtüsünün azaldığı açık alanlarda bulunmaktadır. Özellikle ışık ve azot varlığına çabuk tepki gösteren (Maule ve ark., 1995) ak telgraf çiçeğinin kenar habitatlarda, nemli, drenajı iyi topraklarda büyüme hızı artmaktadır (Smale ve Gardner, 1999; Standish ve ark., 2004).

Güney Amerika'ya özgü bir bitkidir (Karaer ve ark., 2015). Yeni Zelanda, Güney Doğu Asya, Güney Afrika ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yabancı ot olarak kaydedilmiştir (Blood, 2001). Eminağaoğlu ve ark. (2012) *Tradescantia fluminensis* Vell.'in Türkiye florası için doğallaşmış bir istilacı yabancı tür olarak ilk kez Doğu Karadeniz Bölgesi'nde kaydedildiğini bildirmiştir.

### **Yayılma Şekli ve Zararı**

Tohumla (generatif) çoğalmayı nadiren, stolonla (vejetatif) çoğalmayı her zaman yapabilen bir bitkidir. Yıllık ortalama 60-70 cm kadar uzamaktadır (Maule ve ark., 1995).

*Tradescantia fluminensis* Vell.'in yayılmasını sağlayan en önemli unsurların başında süs bitkisi olarak kullanılması gelmektedir. Özellikle soğuk şartlar, çok sıcak ve güneşli şartlar ak telgraf çiçeğinin gelişmesini yavaşlatmaktadır, gölgeye toleranslı bir bitkidir ancak don olayına toleransı bulunmamaktadır (Karaer ve ark., 2015; GISD, 2005). Nemli topraklarda iyi gelişme göstermektedir. Suyu depolama özelliği sayesinde de belli bir süre kuraklığa karşı toleransı bulunmaktadır. Dolayısıyla ak telgraf çiçeğinin yayılımını arttıran özellikler çok farklı iklim ve toprak koşullarına rahatlıkla uyum sağlayabilen yapısıyla süs bitkisi olarak taşındığı alanlarda hızla vejetatif yolla çoğalması olmuştur. Ayrıca adventif özelliği (Kelly ve Skipworth, 1984) sayesinde yaprak boğumlarından kolayca kırıldığından bulunduğu alanlarda hayvan, insan ve hatta güçlü rüzgârlar tarafından taşınarak hızla yeni alanları istila edebilmektedir (GISD, 2005). Sonuç olarak bu özellikler *Tradescantia fluminensis* Vell.'i günümüzde hemen tüm kıtalarda ve çok farklı bölgelerde istilacı bir yabancı ot konumuna getirmiştir (Karaer ve ark., 2015).

Ak telgraf çiçeği yerli bitki örtüsünü baskılamakta ve fidelerin büyümesini engelleyen yoğun örtüler oluşturmaktadır. Bu durum yerli bitkilerin tür zenginliğini ve bolluğunu kısıtlayabilir (McAlpine ve ark, 2015; Standish ve ark., 2001). Yerel biyoçeşitlilik üzerindeki etkileri nedeniyle önemli bir çevresel yabancı ot olarak kabul edilmektedir (GISD, 2005).

### **Kontrol Yöntemleri**

#### **Kültürel Önlemler**

Ak telgraf çiçeğinin artıkları herhangi bir yere atılmamalıdır (GISD, 2005). Çünkü yabancı otların yayılmasında ve sorun oluşturmasında kontrolsüz atılan bitki artıkları yer almaktadır. Çaylıklardan temizleme sırasında geride bitki parçalarının kalmamasına dikkat edilmelidir. Yabancı ot temizlenirken geride kalacak 1 cm'lik bir gövde parçası dahi başarılı bir şekilde yeni bir bitki oluşmasına neden olabilir ve bitki vejetatif çoğalarak tekrar alanda yoğunluğunu artırabilir (Maule ve ark., 1995; Standish, 2002). Bu nedenle bitki parçalarının bahçede kalmamasına ve yenilenen bitki kısımlarının tekrarlanan sökülme işlemleriyle mücadelesine devam edilmelidir.

### **Mekanik Mücadele**

Elle söküm yöntemi ve sökülün yabancı otları halı gibi yuvarlama, henüz yayılma göstermemiş bulaşmaların olduğu ve nispeten küçük alanlarda tavsiye edilmektedir (Porteous, 1993; GISD, 2005). En küçük parça bile yeniden büyüyebileceğinden, her bir parçayı çıkarmaya dikkat etmek gerekmektedir (Standish, 2002; Dudgale ve ark., 2015).

### **Fiziksel Mücadele**

*Tradescantia fluminensis* Vell.'in başarılı bir şekilde kontrol altına alınmasının anahtarı, diğer yabancı otların istilasını da azaltan gölgelik örtüsünü iyileştirerek ışık mevcudiyetini azaltmaktır. Gölgelemedenin (yapay) *Tradescantia fluminensis* Vell.'in biyokütlesinde bir azalmaya neden olduğunu gösteren deneysel kanıtlar vardır (Standish, 2002). Özellikle yeni tesis edilmiş ya da budanmış bahçelerde oluşan ışık yoğunluğu yabancı ot yayılımını teşvik edeceğinden bu tarz bahçelerde yapay ya da doğal malç örtüsü kullanımı ile yayılımı azaltılabilir. Uygulanacak malç örtüsüyle oluşturulacak bir gölgeleme sistemi ak telgraf çiçeği ve/veya diğer istilacı türlerin popülasyonlarını azaltabilmektedir (Standish ve ark., 2001; Standish, 2002). Ancak son derece etkili olan malç uygulamasının başarılı olabilmesi için malçlama işleminin tekrarlanması gerekmektedir (Önen, 2015).

Ayrıca Ak telgraf çiçeğinin sökülün bitki parçalarının 12 ay veya daha uzun süre kompostlaması önerilmektedir (Environment Canterbury Regional Council, 2024).

### **Kimyasal Mücadele**

Ak telgraf çiçeğinin büyük istilaları herbisit uygulamaları ile kontrol edilmektedir. Ancak yerel flora üzerinde olabilecek olumsuz etkileri üzerine dikkat çekilmektedir (Standish, 2002). Bu kontrol tekniklerinin bir diğer dezavantajı da, genellikle istilalarının sürekli ve uzun vadeli olarak bastırılmasının mümkün olmamasıdır (Morin, 2022). Standish'in (2002) bildirdiğine göre Yeni Zelanda'da herbisit uygulamaları ve elle mücadelenin, üç ardışık uygulanması Ak telgraf çiçeğinin yeniden büyümesini engellememiştir.

### **Biyolojik Mücadele**

Ak telgraf çiçeğinin Brezilya'da doğal düşmanlarına yönelik kapsamlı araştırmalar yürütülmüş ve sonuç olarak dört umut verici aday biyokontrol ajanına öncelik verilmiştir. Bunlar yaprakları enfekte eden bir sarı yaprak leke mantarı olan bir *Kordyana tradescantiae* (Brachybasidiaceae) türü ile tradescantia yaprak böceği *Neolema ogloblini* (Monrós), tradescantia uç böceği *Neolema abbreviata* (Lacordaire) ve gövde böceği *Lema basicostata* Monrós olan üç krizomelid böcek türleridir (Fowler ve ark., 2013). Macedo ve arkadaşları (2016) *Kordyana brasiliensis* ve *Uromyces commelinae* mantarlarının biyolojik kontrol için potansiyele sahip olduklarını bildirmiştir.

#### **9.1.2.3. *Oplismenus undulatifolius* (Ard.) P. Beauw. (Fırfırlot)**

##### **Tanımı ve Biyolojisi:**

*Oplismenus undulatifolius* (Ard.) P. Beauw (Fırfırlot) (Cabi ve Doğan, 2012), Poaceae familyasından yüzeysel köklere sahip çok yıllık bir bitkidir (Scholz, 1981). 20-30 cm boyunda, 1,5-2 cm genişliğinde ve 4-8 cm uzunluğunda alternatif yaprakları olan bir bitkidir. Üst ve alt yaprak yüzeylerinde dağınık 1-2 mm tüyler bulunmaktadır ve yapraklar yatay olarak dalgalı veya kıvrımlıdır (Şekil 4). Tipik olarak 20 ila 27 cm boyunda, 4 ila 8 cm uzunluğunda yoğun tüylü bir çiçek salkımına sahiptir. Bu salkımlar 3-7 başakçıktan oluşmaktadır. Başakçıklar, geçen hayvanlara yapışarak dağılmak için özelleşmiş yapışkan bir madde salgılayan çok uzun kılçıklara (uzun sivri uçlu) sahiptir. 1-3 mm çapındaki narin stolonlar, yaprak döküntülerinin altında sürünerek köklenir ve boğumlardan dallanmaktadır (GISD, 2010).

##### **Ekolojik İstekleri ve Dağılım Alanları**

Ilıman ortamlarda yaşar ve kıyı ovası, dağ eteği ve dağlık bölgelerden kaydedilmiştir. Tipik olarak tam gölgelikli sert ağaç ormanlarında, orman kenarlarında ve gölgeli nehir kenarı bölgelerinde bulunabilmektedir. Doğrudan güneş ışığına toleransı yoktur ve oldukça geniş bir pH aralığına uyum sağlayabilir (GISD, 2010). Dünyanın ılıman, subtropikal ve tropikal bölgelerinde yayılmıştır (Scholz, 1981). Türkiye'de kuzeydoğuda ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunmaktadır (TUBİVES, verileri).

### Yayılma Şekli ve Zararı

Ağustos'tan Kasım'a kadar başakçıklı salkımlar üretmektedir. Kılçıklar (Şekil 4) geçen hayvanlara yapışan ve tohum dağılımını büyük ölçüde artıran yapışkan bir madde salgılar. Ayrıca stolonlar üreterek yoğun koloniler oluşturabilmektedir (GISD, 2010). Saha gözlemleri, fırfırlı ot tohumlarının en az üç yıl hayatta kaldığını göstermektedir (Virginia Department of Conservation and Recreation, 2018).



Şekil 4. *Oplismenus undulatifolius* (Ard.) P. Beauw (Fırfırlı ot) yabancı otunun dalgalı yaprak ve kılçıklı başakçıkları

**Kaynak:** Orjinal fotoğraf, Y. ÖZTÜRK YILMAZ

### Kontrol Yöntemleri

#### Mekanik Mücadele

Elle çekme (manuel kontrol) yöntemi fırfırlı ot gibi türlerin kontrolünde küçük alanlarda etkili olabilir. Araştırmalar, bu yöntemin birkaç yüz metrekareden küçük alanlarda, köklerin tam olarak çıkarılması koşuluyla belirli bir başarı sağladığını göstermektedir. Fırfırlı ot kök parçalarından yeniden filizlenebileceğinden, kök sisteminin mümkün olduğunca çıkarılması gerekmektedir (GISD, 2010). Eğer bitki sayısı azsa, kökler veya dalları güneşe maruz bırakılarak kurumaya ve ölmeye bırakılabilir. Büyük miktarlarda çekilen veya tohum halindeki bitkiler torbalanmalı ve alandan uzaklaştırılmalıdır. Bitkilerin ölmesini sağlamak ve bitki parçalarının yeniden büyümesini önlemek için torbalar birkaç saat güneşte bırakılabilir (Virginia Department of Conservation and Recreation, 2018).



### **Kimyasal Mücadele**

Yapılan araştırmalara göre, %1-2 glifosat çözeltisi önerilmektedir (GISD, 2010).

### **Biyolojik Mücadele**

Şu anda bilinen bir biyolojik kontrol ajanı bulunmamaktadır.

#### **9.1.2.4. *Calystegia silvatica* (Kit.) Griseb (Bürük)**

##### **Tanımı ve Biyolojisi:**

*Calystegia silvatica* (Kit.) Griseb (Bürük), Convolvulaceae familyasından çok yıllık, çiçekli bir bitkidir (Aykurt, 2012; TUBİVES, verileri.). Saat yönünün tersine, 5 m yüksekliğe kadar kıvrılan tüysüz, otsu bir bitkidir. Yapraklar, 15 cm'ye kadar olan yaprak saplarıyla sarmal gövde üzerinde dönüşümlü olarak dizilmiştir. Yapraklar üstte donuk yeşil, altta daha soluk, basit ve sarkık (ok başı şeklinde) (Şekil 3), 15 cm uzunluğunda ve 9 cm genişliğindedir (Atlas of Living Australia, 2024). Çiçek salkımı, 8-20 (bazen 30) cm uzunluğunda, dar kanatlı bir pedinkül üzerinde beşli parçalar halinde taşınan tek bir çiçektir (Voss, 1985). Çiçekler beyazdır (Şekil 3) ve bazen sadece dış kısımları pembe olup, ilkbaharın sonundan yaz sonuna kadar açmaktadır. Tomurcuklar büyük (4,8 cm uzunluğunda), oval, yeşil brakteollerle çevrilidir. Açık çiçekleri 6-9 cm çapında ve trompet şeklindedir. Çiçeklenmeden sonra meyve, brakteler tarafından gizlenen neredeyse küresel bir kapsül olarak gelişmektedir. Meyve, 1 cm çapında olup, çeyrek portakal şeklinde iki ile dört kadar büyük, koyu kahverengi veya siyah tohum içermektedir. (Atlas of Living Australia, 2024).



**Şekil 5.** *Calystegia sylvatica* (Bürük) yabancı otunun çiçek, yaprakları ve çay ocağındaki yayılımı

**Kaynak:** <https://kocaelibitkileri.com/calystegia-silvatica/> (Çiçek)

**Kaynak:** Orjinal fotoğraf, Y. ÖZTÜRK YILMAZ

### **Ekolojik İstekleri ve Dağılım Alanları**

Çalılıklarda ve göl kenarlarında, hem terk edilmiş hem de aktif olan ekili ve otlak arazilerde, yerleşim yerlerine yakın çitlerin, orman ve plantasyon kenarlarının yakınında bulunmaktadır ve bahçelerde de sorun olan bir yabancı ottur (Iverson ve ark., 1999; Moore ve Edgar, 1970). Bu türün doğal yayılış alanı Akdeniz'den Kuzey İran'a, Güney Çin'e, Güney Kanada'dan Orta ve Doğu ABD'ye kadardır (POWO, 2024).

### **Yayılma Şekli ve Zararı**

Geniş mesafelere yayılabilen kalın, beyaz kökleri vardır. Diğer bitkilerin üstünde tırmanır ve onları baskı altında tutarak rekabet etmektedir. Genellikle bitki parçalarıyla yayıldığı için kontrol çalışmaları sırasında tüm kök parçalarının doğru bir şekilde yok edilmesine dikkat edilmelidir (Northland Regional Council, 2019).

### **Kontrol Yöntemleri**

#### **Mekanik Mücadele**

Toprağı düzenli olarak çapalamak yabancı otların kontrol altında tutulmasına yardımcı olan bir yöntemdir. Bu yöntem bürük yabancı otunun kök

sistemini bozarak bitkinin ortama yerleşmesini ve yayılmasını zorlaştırır. Ancak, yeni bitkilere yol açabileceğinden gövde parçalarının veya dikey köklerin yayılmamasına dikkat edilmelidir (Pino, 2024). Ayrıca derin çapalamamaya, çapalama sırasında çay bitkisinin kök ve gövde kısmına zarar vermemeye özen gösterilmelidir.

Bürük yabancı otunu topraktan sökmek önemlidir, dikey kökler ve yan kökler dahil olmak üzere tüm kök sistemini topraktan soküldüğünden emin olunmalıdır (Pino, 2024). Sökülen yabancı otlar bahçeden uzaklaştırılmalıdır.

### **Fiziksel Mücadele**

Malçlama, *Calystegia sylvatica* (Kit.) Griseb'nın kontrolü için önerilen bir yöntemdir. Kalın bir malç tabakası, yeni fidelerin ve yeni istilaların ortaya çıkmasını önleyebilir. Saman veya odun yongaları gibi organik malçlar kullanılabilir, ancak daha etkili bir kontrol için peyzaj kumaşları kullanılmalıdır. Bu malzemeler güneş ışığını engelleyebilir ve sarmaşık bitkilerini baskılayarak büyümelerini önleyebilir (Pino, 2024).

### **Kimyasal Mücadele**

Gawn'a göre (2013) *C. sylvatica* (Kit.) Griseb'nın kimyasal mücadelesi ile ilgili bilgiler sınırlıdır. *Calystegia sylvatica* (Kit.) Griseb'nın kontrolüyle ilgili yapmış olduğu çalışmada, özellikle triklopyr/pikloram/aminopirid ve 2,4-D/dikamba karışımlarının bitkinin bahar dönemi yeniden büyümesine karşı etkili olduğunu belirlenmiştir. Bununla birlikte, bu yöntemler tam anlamıyla başarı sağlayamamış, yalnızca kısmi kontrol sağlamıştır. Diğer herbisitlerden metsülfuron ve klopiralid ise genelde düşük başarı oranı göstermiştir. Ayrıca, herbisitlerin bitkinin hangi bölgesine uygulandığının, etkinlik üzerinde genelde belirgin bir fark yaratmadığını bildirmiştir.

### **Biyolojik Mücadele**

*Calystegia sylvatica* (Kit.) Griseb'nın tespit edilmiş olan doğal düşmanları Tablo3'te listelenmiştir.

**Tablo 3.** *Calystegia silvatica* (Kit.) Griseb'in tespit edilmiş doğal düşmanları ve etki şekilleri (Ellis, 2024).

| Organ  | Etki Şekli | Ana Grup | Grup           | Familiya         | Parazit  |
|--------|------------|----------|----------------|------------------|--|
| Çiçek  | Gal        | Mantar   | Basidio mycota | Glomo sporiaceae | <i>Thecaphora seminis-convolvuli</i>               |
| Yaprak | Tozlaşma   | Mantar   | Ascomycota     | Erysiphaceae     | <i>Erysiphe convolvuli</i> var. <i>calystegiae</i> |
| Yaprak | Serbest    | Böcek    | Lepidoptera    | Noctuidae        | <i>Aedia leucomelas</i>                            |
| Kök    | Serbest    | Böcek    | Coleoptera     | Chrysomelid ae   | <i>Longitarsus pellucidus</i>                      |
| Kök    | Serbest    | Böcek    | Coleoptera     | Chrysomelid ae   | <i>Longitarsus rubiginosus</i>                     |
| Çiçek  | Gal        | Mantar   | Basidio mycota | Glomo sporiaceae | <i>Thecaphora seminis-convolvuli</i>               |
| Yaprak | Tozlaşma   | Mantar   | Ascomycota     | Erysiphaceae     | <i>Erysiphe convolvuli</i> var. <i>calystegiae</i> |
| Yaprak | Serbest    | Böcek    | Lepidoptera    | Noctuidae        | <i>Aedia leucomelas</i>                            |
| Kök    | Serbest    | Böcek    | Coleoptera     | Chrysomelid ae   | <i>Longitarsus pellucidus</i>                      |
| Kök    | Serbest    | Böcek    | Coleoptera     | Chrysomelid ae   | <i>Longitarsus rubiginosus</i>                     |

### 9.1.2.5. *Persicaria perfoliata* L. (H.) Gross (Kaplıçotu) (Sinonimi: *Polygonum perfoliatum* L.) (Tewksbury, 2019)

*Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross (Kaplıçotu), Polygonaceae (Madımgiller) (Keskin, 2012) familyasına dahil sarılıcı-tırmanıcı otsu bir bitkidir ve dünyanın önemli istilacı yabancı ot türleri arasında yer almaktadır. Bitkinin tek yıllık olduğu ve sadece tohumla çoğaldığı bilinmektedir. Ancak, Çin'in ılıman iklime sahip bölgelerinde gövde üzerindeki nodlardan köklenerek vejetatif olarak yeni bitkiler oluşturabildiği belirtilmektedir (Önen ve ark., 2015b).

Kaplıçotu dikenli bir sarmaşıktır. Çalılarının ve alt katmandaki ağaçların üzerine tırmanarak 6 m veya daha fazla yüksekliğe ulaşabilmektedir (Zheng ve ark., 2006). *Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross, yaprak kanatlarının alt tarafında da bulunan aşağı doğru bakan dikenlerle donanmış kırmızımsı bir gövdeye sahiptir (Şekil 6). Dar, narin gövdeleri boyunca yaprakları dönüşümlü olarak dizilmiştir (Okay, 1999). Üst yüzeyi tüysüz, alt yüzeyinde orta damar boyunca dikenler bulunan ince, kâğıtsı yaprakları üçgen şeklinde, yaklaşık 3-7 cm uzunluğunda ve 2-5 cm genişliğindedir (Zheng ve ark., 2006). Okrea adı verilen dairesel, daire şeklindeki yapraklı yapılar, düğüm noktalarında gövdeyi çevrelemektedir. Çiçek salkımları, 2 cm uzunluğunda olup kapitat veya başak benzeri bir yapıya sahiptir. Bu salkımlar, 10 ila 15 küçük çiçekten oluşur veya terminalde (dal uçlarında) ya da üst yaprakların koltuklarında bulunur (Kumar ve DiTommaso, 2005).



**Şekil 6.** *Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross (Kaplıçotu) yabancı otunun dikenli kırmızımsı gövdesi, yaprakları, parlak mavi renkli meyveleri ve çay bahçesindeki yayılımı.

**Kaynak:** Orjinal fotoğraf, Y. ÖZTÜRK YILMAZ

Kendi kendini dölleyen bir bitkidir ve Haziranın ilk yarısı ile Temmuz arasında çiçeklenmektedir (Önen ve ark, 2015b). Çiçekler, 1-3 cm uzunluğundadır ve salkımlar üzerinde bulunur (Şekil 6). Meyveleri çekici, koyu mavi renklidir ve uç kısımlarda salkımlar halinde dizilmiştir ve her biri aken adı verilen tek bir parlak, siyah veya kırmızımsı siyah sert tohum içermektedir (NPS, 2009). İlk meyve oluşumu erken Ağustosta başlar, yoğun olarak tohum

üretimi sonbaharda meydana gelmektedir. Erken ilkbaharda çimlenen tohumlardan oluşan fideler yaz boyunca son derece hızlı bir şekilde büyümektedir (Önen ve ark, 2015b). Tür sığ lifli köklere sahiptir ve uygun şekilde kesilmezse bazal gövdeden yeniden filizlenebilir (Travis ve Kiviat, 2016; Glover, 2013). Çok hassas yıllık bir bitkidir, Temmuz ayından ilk don gerçekleşene kadar başarılı bir şekilde çoğalıp ve ardından solmaktadır (GISD, 2011). Bitki don olana kadar 6 metreye kadar (günde 15 cm) uzamakta ve yaklaşık 50-100 tohum üretebilmektedir (Stahl, 2002).

### **Ekolojik İstekleri ve Dağılım Alanları**

*Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross genellikle soğuk kuzeydoğu Çin'den, tropikal Asya'ya kadar yayılım gösteren ve bu nedenle geniş bir sıcaklık aralığına dayanabilen bir bitkidir.

Bitki açık alanları tercih etmekte fakat bazı gölgeli yaşam alanlarında da bulunabilmektedir. Islak yaşam alanlarında büyümeyi tercih etse de, geniş bir nem aralığına iyi uyum sağlayabilmektedir (Zheng ve ark., 2006). Mevcut ışık ve toprak nemi, bu türün başarılı bir şekilde kolonileşmesini sağlayan ekolojik koşullardır. Günün bir kısmında gölgeyi tolere edebilmektedir ancak mevcut ışığın iyi bir yüzdesine (% 63-100) ihtiyaç duymaktadır (Van Clef, 2001)

Daha yüksek ışık yoğunluğuna sahip alanlara kıvrımlı dikenleri ile diğer bitkilere tutunarak ve üzerlerine tırmanarak ulaşabilir. Nispeten düşük toprak nemine sahip alanlarda da hayatta kalabilir ancak yüksek toprak nemini tercih etmektedir. *Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross genellikle toprak yüzeyinde yaprak döküntülerinin bol miktarda bulunduğu alanlarda yetişmektedir (Okay, 1999).

Kaplıçotu günümüzde yol kenarlarında, orman ve çalılıkların kenarlarında, demiryollarında, fidanlıklarda, çimenli yamaçlarda, alçak çayırlarda, dere kenarlarında, sulak alanlarda ve ekilmemiş açık alanlarda yayılım göstermektedir (Mountain, 1989; Okay, 1997; Wu vd., 2002).

### **Yayılma Şekli ve Zararı**

*Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross'nın meyvelerinin ve tohumlarının doğal yollarla akarsu ve nehir ortamlarında dağılması için su, önemli bir araçtır (GISD, 2011). Meyvelerin 7 gün boyunca su yüzeyinde yüzerek

taşınabildiği ve farklı bölgeleri istila edebildiği sıklıkla görülmektedir (Önen ve ark, 2015b).

*P. perfoliata* (L.) H. Gross tohumları öncelikle kuşlar, sincaplar ve geyikler gibi vahşi hayvanların vektörlüğüyle taşınabilmektedir. Karıncalar tohumları taşımakta ve tohumların hayatta kalmasında ve çimlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (NPS, 2009). Tohumlar ayrıca tarım alet ve ekipmanları ile orman ve tarım ürünlerini taşıyan araçlar vasıtasıyla, fidan gibi üretim materyalleriyle de taşınabilmektedir. Ölü bitki artıkları üzerinde çok sayıda tohum bulunduğundan, hayvan yemi olarak kullanılan bulaşık kuru otlar yeni alanlar istila edilebilmektedir.

*Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross hızla büyüyerek, çalılarının ve diğer bitki örtüsünün üzerine tırmanır, örtülü bitkilerin yaprakların ışığını engeller ve fotosentez yapma yeteneklerini azaltır, bu durumun da bitkileri strese soktuğu ve zayıflattığı bilinmektedir. Kontrol edilmezse, gölgede kalan bitkileri öldürmekte ve büyük istilalar sonunda doğal alanlardaki yerli bitki türlerini azaltmaktadır. Son derece nadir bitkilerin küçük popülasyonları tamamen ortadan kaldıracaktır (GISD, 2011). Bir yetiştirme uygulaması olarak düzenli olarak sürülmeyen fidanlık ve bahçe bitkileri için bir sorun olma potansiyeline sahiptir (IPANE, 2001). Kapçıkotu diğer türlerden daha fazla büyüme yeteneğine sahip olduğu için ekosistemler için bir tehdit olarak görülmektedir (Oliver, 1996).

Çaldıran ve arkadaşları (2015), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bitkinin istila ettiği alanları belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalar sonucunda bitkinin; kivi, fındık ve meyve bahçeleri, çay plantasyonları, sebzelik alanlar vb. tarım alanları ile dere ve orman kenarları, yol kenarları, döküntü alanları ve tahrip edilmiş boş alanları istila ettiğini belirlemişlerdir. Bitkinin dikenli bir yapıya sahip olması nedeniyle tarım alanlarında kontrolünü güçleştirdiğini ve önemli işgücü kayıplarına neden olduğunu bildirmişlerdir. Yoğun istilaların olduğu bölgelerde bitkinin 4-5 km'lik bir hat boyunca kesintisiz olarak bulunduğunu ve tamamen bitki ile kaplı bahçelere rastlanabildiğini saptamışlardır. Çaldıran ve ark.'nın (2015) yapmış oldukları çalışmanın sonuçlarına göre bitki özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Rize-Artvin illerine yerleşmiş olup tarım alanlarında önemli sorunlara yol açmaktadır ve bitkinin sahilden iç kesimlere doğru yayılma eğilimi bulunmaktadır. Çaldıran ve ark. (2015) bitkinin

oluşturduğu sorunları dikkate alarak bölgede bitkiye karşı acil olarak idare stratejilerinin oluşturulması ve uygulanmasının gerekli olduğunu bildirmiştir.

### **Kontrol Yöntemleri**

#### **Kültürel Önlemler**

Bitki gövdesi oldukça kolay bir şekilde toprak haline getirilmeli ve imha edilmeden önce birkaç gün susuz bırakılabilecek yığınlar halinde toplanmalıdır (GISD, 2011). Bitki artıklarında bulunan toprağa dökülen tohumlarının çimlenmesini önlemek için artıkların uzaklaştırılmasında yarar vardır (Önen ve ark, 2015b).

#### **Mekanik Mücadele**

Kaplıçotu bitkileri sonbaharda ölür ve ilkbaharda filizlenen tohumlardan yeni bitkiler meydana gelir. Uzun vadeli kontrolün önemli bir yönü, mevcut tohum bankasını tüketmek ve ek tohum üretimini en aza indirmektir. Zayıf kök sistemine sahip olduklarından küçük fidelerin elle çıkarılması nispeten kolaydır. Ancak sarılıcı yapısıyla diğer bitki örtüsünün üzerinde ve içinden hızla büyür, bu da arzu edilen bitki örtüsüne zarar vermeden elle çekme veya biçme yoluyla mücadele yapılmasını zorlaştırır (Hough-Goldstein ve Lake, 2024). Ancak elle yolma işleminde bitkilerin keskin dikenleri dikkate alınarak uygun bir eldiven kullanılmalıdır. Özellikle tohum oluşumunu engellemek ve tohum üretimini azaltmak amacıyla bu işlemler, Ağustos veya Eylül gibi tohum oluşumundan önce yapılmalıdır (Önen ve ark, 2015b).

Fideler ortaya çıktıktan sonra bir çapa yardımıyla temizlenebilir veya bitkiler biçme makinası veya tırpan ile biçilebilir. Ancak yapılan işlemlerin tekrarlanması bitkinin çiçek bağlamasını önlemek ve tohum üretimini azaltmak veya ortadan kaldırmak bakımından önemlidir (Önen ve ark, 2015b). Biçme esnasında çay bitkisine zarar vermemeye dikkat edilmelidir.

#### **Biyolojik Mücadele**

Amerika Birleşik Devletleri'nde, *Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross için yapılan biyolojik mücadele çalışmalarında, *Rhynoncomimus latipes* Korotyaev (Coleoptera: Curculionidae) konukçuya özgü bir böcek türü olduğu için umut verici bir biyolojik kontrol ajanı olarak kabul edilmiştir (Colpetzer ve ark. 2004). *Rhynoncomimus latipes* Korotyaev, Kaplıçotu ile beslenen bir böcek türü



olup, bitkinin büyümesini ve üremesini önemli derecede engellemektedir. *R. latipes* Korotyev'in beslenmesi sonucunda bitkinin uç sürgünleri zarar gördüğünden küçük yan dallar oluşmasına rağmen bitkinin uzaması ve diğer bitkilere sarılarak tırmanmasını kısıtlayarak bitkinin güneş ışığına ulaşmasını engellemektedir (Hough-Goldstein ve ark., 2008b). Sonuç olarak, zarar gören bitkiler diğer bitkilerin rekabetinden olumsuz etkilenmekte ve kısa zaman içerisinde ölmektedir. Dolayısıyla *Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross'nın biyolojik mücadelesinde *R. latipes* Korotyev türü başarı ile kullanılmaktadır (Önen ve ark., 2015b).

### **Kimyasal Mücadele**

*Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası uygulanan herbisitler de dahil olmak üzere bir dizi herbisite karşı oldukça hassastır. Çıkış öncesi herbisitler, tohum filizlenirken bitkiye zarar vererek bitkileri topraktan çıkmadan önce kontrol etmektedir. Toprağa uygulanabilirler ve çimlenen tohumdan çıkan kökler veya sürgünler yoluyla bitkiye girerler (Fryberger ve Gaver, 2008). *Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross tohumları, altı yıl gibi uzun bir süre toprakta canlı kalabilme yeteneğine sahiptir. (Önen ve ark., 2015b). Bitkinin kısa zaman içerisinde çok geniş alanlara ve çok farklı habitatlara yayılabilmesi, gerek ekonomik gerekse de iş gücü yönüyle herbisit kullanımının imkansız hale gelebildiğini göstermektedir (Önen ve ark., 2015b). Zira bitkinin kontrolünde kültürel önlemlerle birlikte kimyasal mücadele yapılmasına rağmen yeterli düzeyde başarı sağlanamamıştır (Hough-Goldstein ve ark., 2008a; Hough-Goldstein ve ark., 2008b). Bu durum biyolojik mücadeleyi gündeme getirmiştir (Önen, 2015b).

#### **9.1.2.6. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (Eğrelti)**

##### **Tanımı ve Biyolojisi:**

*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (Eğrelti), Dennstaedtiaceae familyasına ait bir türdür (Güner, 2012). Çok yıllık, otsu, çiçeksiz bir bitkidir (Şekil 2). Yapraklarının rengi sarımsı-yeşilden koyu yeşile değişen renktedir. Yapraklar üçgen biçimindedir ve toprakaltı organlardan (rizom) çıkmaktadır. Yapraklar sağlam bir yapıda 5 parçaya ayrılmış olup 0,6-2 m civarında uzunluğa erişmektedir. Rizomlar 1 m fazla uzunluğa ulaşabilir ve toprağın 0,5-1 m

derinliğinde bulunurlar. Bitki sporlar ile ürer ve spor keseleri yaprakların kenarında bir çizgi halinde toplanmıştır (Atlamaz, ve Gökçe, 2011).

Bitkinin, hayvanlar ve insanlarda toksik etkiler yaptığı bildirilmiştir. Güçlü bir zehirliliği olmamakla birlikte, özellikle genç hayvanların bitkiyi tüketmesi halinde üç-dört gün içinde iç kanamaya bağlı ölümlere yol açabilmektedir. Yaşlı hayvanlar genellikle taze bitkiyi tüketmez. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde kurutulmuş bitkinin hayvan yemi olarak kullanılması, safra kesesi, bağırsak ve mide tümörleri gibi hayvan sağlığında sorunlarına neden olabilmektedir (Atlamaz ve Gökçe, 2011).



**Şekil 7.** *Pteridium aquilinum* (Eğrelti) yabancı otu

**Kaynak:** Orjinal fotoğraf, Y. ÖZTÜRK YILMAZ

### **Ekolojik İstekleri ve Dağılım Alanları**

Aşırı derecede suya doymuş topraklar haricinde çeşitli topraklarda yetişmektedir (Brown, 1986). Geleneksel anlamda istilacı olmasa da, eğrelti otunun, yoğun topluluklar oluşturduğu, özellikle besin açısından fakir, asidik topraklar ve yüksek nem bulunan alanlarda diğer bitki türleriyle rekabet ettiği bazı bölgelerde sorunlu hale gelebildiği belirtilmiştir. (Marrs ve Watt, 2006).

Dünyanın her tarafına yayılmıştır. Karadeniz bölgesinde yoğun olarak bulunmaktadır (Atlamaz ve Gökçe, 2011).

### **Yayılma Şekli ve Zararı**

*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn 'un üremesi, tek bir yaprak tarafından 300 milyona kadar spor üretilebilmesine rağmen, esas olarak vejetatif yollarla gerçekleşmektedir (Van der Burg, 2024). Agresif rizom sistemi

eğrelti otuna vejetatif üreme yeteneği kazandırmakta ve bitkinin üremesi için suya olan bağımlılığını azaltmakadır (Cooper-Driver, 1976). Rizomlar yüksek oranda uyuyan tomurcuklara sahiptir (Watt, 1940). Rahatsız edildiğinde ya da koparıldığında, rizomun tüm kısımları filizlenebilir. Küçük rizom parçalarından büyüyen bitkiler geçici olarak genç bir morfolojiye geri dönebilmektedir (Daniels, 1985; Page, 1986). Bir kez yerleştikten sonra, toprak yüzeyinin 60 cm kadar altında bulunabilen yeraltı rizomları uzun yıllar boyunca yeni yapraklar üretebilir (Van der Burg, 2024). Toprak nemi ve besin maddeleri için etkili bir şekilde rekabet etmektedir (Crouch, 1974; Hines ve Land, 1974; Levy, 1970; McCulloch, 1942).

Eğrelti otları, özellikle *P. aquilinum* (L.) Kuhn, azot ediniminde toprak ekosistemlerini değiştirmede önemli bir rol oynayarak çeşitli bölgelere başarıyla yerleşmiştir. Azot gereksinimlerini toprak azot seviyelerinden bağımsız olarak karşılama yetenekleri, onlara yerel bitki türlerine karşı rekabet avantajı sağlamaktadır (Werkman ve Callaghan, 2002). Bitki yerli türlerin yerini almasının yanı sıra, besin döngüsünü bozabilir ve toprak özelliklerini değiştirerek, habitatın bir bütün olarak değişmesine veya tahrip olmasına neden olabilir (Önen, 2015).

### **Kontrol Yöntemleri**

*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn kontrol edilmesi çok zor bir yabancı otur (Marrs & Watt, 2006; Robinson, 2000). Temelde üç mücadele yöntemi öne çıkmaktadır. Bunlar; mekanik mücadele, kimyasal mücadele (herbisitler) (Milligan ve ark., 2016) veya (3) biyolojik mücadeledir (Burge ve Kirkwood, 1992; Lawton, 1988).

### **Mekanik Mücadele**

Kesim, yaygın uygulanan bir mekanik mücadele yöntemidir. Yapraklar yaz başında, maksimum yaprak genişlemesinden önce ve bu genişleme noktasına kadar kesilmelidir. Burada amaç, rizom rezervlerinden karbonhidrat ve besin maddelerinin maksimum düzeyde çekilmesini sağlamaktır (Hunter 1953; Williams ve Foley 1976). Bu strateji kullanıldığında, yeni özümleme maddeleri yapraklardan rizomlara büyük miktarlarda taşınmaya başlamadan önce yaprakların kesilmesi tavsiye edilmektedir (Williams ve Foley 1976)

(Ülkemizde Haziran ayı, bkz. Tablo 2). Kesim üç yıl boyunca tekrarlanacak şekilde yılda bir, iki veya üç kez yapılabilir (Braid 1959; Williams 1980).

Marrs ve ark. (2000) yılda iki kez yapılan kesimin, rizomun ikinci bir yaprak örtüsü oluşturmasına izin verecek şekilde yaz aylarının erken saatlerinde yapılması gerektiğini ve ardından yeniden kesimin rizomun kaynaklarını çok daha hızlı tüketeceğini ifade etmiştir. 5 yıl sonra yılda bir ya da iki kez yapılan kesimlerden sonra birim alandaki eğreliliği toplam kuru ağırlığı yaklaşık % 60 oranında azaltılabilir (Le Duc et. al., 2000).

### **Kimyasal Mücadele**

Herbisitle eğreltili otunun kontrolü genellikle zordur. Ancak birçok ülkede herbisit uygulaması mekanik mücadele yönteminden daha geniş alanlarda kullanılmaktadır (Pakeman ve ark., 2002). Kimyasal mücadele için rutin olarak kullanılan iki herbisit bulunmaktadır. Bunlar seçici bir herbisit olan asulam ve seçici olmayan bir herbisit olan glifosattır (Pakeman ve ark., 2005).

### **Biyolojik Mücadele**

Štefanić ve ark. (2022), İlkbaharda yapraklara ciddi şekilde zarar verebilecek birkaç biyolojik kontrol ajanının mevcut olduğunu ancak rizomu hasara uğratabilecek hiçbir biyolojik kontrol ajanının henüz tanımlanmadığını bildirmiştir. Lawton'da (1988) biyolojik mücadele açısından potansiyel eklembacaklı türlerini ve bunların kullanımıyla ilgili sorunları değerlendirmiştir. İki yaprak döken güve, *Panotina angularis* ve *Conservula cinisigna* türlerini ümit verici olarak bildirmiştir. Ancak araştırma yerli yabancı otları yönetmek için biyolojik mücadeleyi kullanma endişesi ve saha testlerinin maliyeti nedeniyle uygulamadan vazgeçilmiştir (Cruttwell McFayden, 1998).

### **9.1.3. Çay Bahçelerindeki Yabancı Otların Mücadelesi**

Tarımın başlangıcından bu yana sorun oluşturan yabancı otlara karşı ülkemizde ve dünyada; kültürel, fiziksel, mekanik, biyolojik ve kimyasal olmak üzere değişik mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Tarımsal üretimde verimi büyük oranda düşüren yabancı otları belli sınır değerlerinin altında tutmak için kullanılan herbisit miktarının artmasıyla herbisitlere dayanıklılık, çevre kirliliği, kalıntı ve biyolojik çeşitlilikte azalma gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu durumun dünya çapında

sorun oluşturmasıyla birlikte alternatif mücadele yöntemleri geliştirilmeye ve sentetik herbisitlerin yerine doğal bileşiklerin kullanılması arayışına gidilmiştir (Arıkan ve Elibüyük, 2015). Dünyada çay tarım alanlarında yabancı otlarla mücadelede etkili, ekonomik ve çevre dostu bir şekilde mücadele etmek için kültürel, mekanik ve biyolojik yabancı ot kontrol yöntemlerinin bir kombinasyonunu içeren entegre bir yaklaşım da benimsenmektedir (Singh ve ark., 2014).

Kültürel ve biyolojik mücadele yöntemleri diğer mücadele yöntemleri arasında büyük öneme sahiptir. Çünkü bu tekniklerden bazıları ek bir maliyete gerektirmeden benimsenebilmekte, ayrıca bu yöntemler toprak ıslahı, arazi hazırlama, dikim, yetiştirme, budama ve doğru toplama yöntemleri gibi çay yetiştiriciliğinde temel bileşenler olan geleneksel tarımsal ve kültürel uygulamaları içermektedir. Toprak maruziyeti, genç çaylıklarda, yani özellikle ilk, ikinci, üçüncü-dördüncü yıl ile budamadan sonraki ilk yıl yabancı otların yoğun şekilde büyümesine neden olan en kritik faktör olarak görülmektedir. Bu nedenle kültürel ve biyolojik mücadele yöntemlerinin toprak örtüsünün korunması yoluyla çay bitkisinin fide döneminden itibaren yabancı ot büyümesini baskılanması amaçlanmaktadır (Prematilake, 2003). Yabancı otların büyümesi için koşulların elverişli olması nedeniyle, genç çay bahçelerinde yabancı ot kontrolü, olgun çaylara kıyasla daha öncelikli bir işlemdir (Bahadur ve ark, 2015; Tea Research Foundation of Kenya (2024)) Yabancı otlar, çiçeklenmeden ve tohum oluşturmadan önce kontrol edilmelidir (Cowan-ve Sein, 2020).

### **9.1.3.1.Kültürel Önlemler**

Dünyada ve ülkemiz çay tarım alanlarında yabancı ot mücadelesinde kullanılan kültürel önlemler; genellikle kültür bitkilerinin başarılı bir şekilde üretim alanına kurulmasını ve tarlalarda yetişen yabancı otlara karşı mahsulün rekabet gücünü artırılmasını amaçlayan yöntemlerdir (Akhter, ve ark., 2020). Toprak örtüsü sağlamak için ideal budama yüksekliğinin ayarlanması, budanan bitki materyallerinin malç malzemesi olarak kullanılması, temizlenen bitki artıklarının ortamdan ugun şekilde uzaklaştırılması veya yok edilmesi, gübreleme için kullanılan hayvansal gübrelerin yeterince yandıktan sonra kullanılması, bitkinin ihtiyacından fazla gübre kullanılmaması, tohum kaynakları olabilecek bahçe kenarlarındaki yabancı otların temizlenmesi,

zemindeki çöküntü alanlar ya da bahçe kenarlarındaki tümsekler, yerel su birikintilerine ve suyu seven bitkilerin istilasına yol açabileceğinden, uygun zemin tesviyesi ve yeterli drenaj sağlanması, çaylıkların boş kısımlarının sürekli bitki örtüsü oluşturma amaçlı doldurulması (yeni çay fidanlarının dikilmesi) vb. yöntemlerden oluşmaktadır (Tea Board India, 2024).

### 9.1.3.2. Mekanik Mücadele

Yabancı otların kontrolünde mekanik mücadelenin başarısı kanıtlanmıştır (Bahadur ve ark, 2015; Kewat, 2014). Mekanik yabancı ot mücadelesi: toprak işleme, yabancı otları kesme ve yabancı otları çekme gibi üç ana teknikten oluşur (Cloutier ve ark., 2008) Bu yöntemde, yabancı otların yoğun olduğu geniş alanların temizlenmesi için bazı aletler kullanılmaktadır (Bahadur ve ark, 2015).

Elle yolma yöntemi, kökler de dahil olmak üzere yabancı otun tamamını topraktan çıkarmayı amaçlar. Küçük ölçekli istilalar için bu yöntemin kullanışlı olduğu ifade edilmektedir (Bahadur ve ark, 2015). Genç çay bitkilerinin her birinin çevresinde en az 40 cm çapında bir alanın tamamı yabancı otlardan temizlenmelidir. Bu işlemi güvenli bir şekilde gerçekleştirmek için yabancı otların elle tek tek çekildikten sonra çekilen yabancı otlar bir çuvalda toplanarak bahçeden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu yöntem, köklere zarar vermeyi en aza indirirken yabancı ot kontrolünün etkili bir şekilde yapılmasını sağlar (Tea Research Foundation of Kenya, 2024).

Elle yolma yöntemi yeraltı soğanı olan yabancı ot türleri için uygun değildir. Yabancı otların yeniden filizlenebilecek yeraltı kısımlarını (soğanlar gibi) çıkarmak için geniş bıçaklar ve çapa gibi el aletleri kullanmak daha uygundur (Bahadur ve ark, 2015). Ayıklama işlemini yaparken toprağın minimum derecede bozulmasına özen gösterilmelidir. Çünkü çay köklerinin zarar görmesi bitkinin besin alımını azaltır ve *Armillaria* veya diğer toprak kaynaklı patojenlerin girebileceği noktalar oluşturur (Nyabundi ve Ayiemba, 2011).

Ülkemizde çay tarım alanlarında yabancı otlarla mücadelede elle yolma, orak vb. kesici aletlerle yapılan mücadelenin yanı sıra günümüzde motorlu tırpan gibi aletler de kullanılmaktadır. Ancak bazı çaylıklarda ocak aralarının çok sık olması nedeniyle mücadele esnasında kesici aletlerin çay bitkisine

verebileceği hasarlar, motorlu tırpanın kullanımını sınırlamaktadır (Öztürk Yılmaz, 2014).

Deka ve Barua (2015) organik çay tarımında optimum verimlilik için, yabancı ot yönetiminde allelopati ve robotik kullanımı gibi yeni yöntemlerin etkili çözümler sunabileceğini belirtmişlerdir. Günümüzde yabancı otların kontrolünde, yapay zekâ destekli robotlarında içinde olduğu çeşitli otonom sistemleri kullanılmaktadır. Tarım arazilerinde yabancı otlarla mücadelede bu robotlar, iş gücü kullanımını, toprak işleme yoğunluğunu ve herbisit kullanımını azaltarak üretimde sürdürülebilirliği sağlamaktadır. Robotların sağladığı bu avantajlar, yabancı ot kontrolünde daha verimli ve çevre dostu bir yaklaşım olarak görülmektedir. Ataş ve Alhajahmad (2023), bu teknolojilerin başlangıç maliyetlerinin yüksek olduğunu, ancak uzun vadede iş gücü ve diğer girdilerle kıyaslandığında daha ekonomik bir seçenek sunabileceğini belirtmişlerdir. Bu yöntemler, ülkemiz çay tarımında yabancı ot mücadelesi açısından yeni konulardır. Bu nedenle, uygulamaların doğru bir şekilde yönetilmesi ve yerel koşullarda çay tarımına uygulanabilirliğinin araştırılarak yabancı ot mücadelesine adapte edilmesi gerekmektedir.

### 9.1.3.3. Fiziksel Mücadele

Malçlama ve örtü bitkisi çay tarım alanlarında kullanılan fiziksel mücadele yöntemleridir.

Malçlar, toprağın yüzeyine serilen örtülerdir. Malçlama, yabancı otları ışığı engelleyerek ve çıkışlarını zorlaştıran fiziksel bir bariyer sağlayarak bastırır (Kumar ve ark., 2019). Malçlama işlemi, yabancı ot büyümesini baskılamanın yanı sıra parçalanma sırasında toprağa organik madde sağlama, toprak nemini koruma ve toprak sıcaklığını düzenleme gibi faydalar sunar. Genç çaylıklarda, çay bitkileri iyice gelişip toprağı kaplayana kadar yabancı ot kontrolünde önemli bir rol oynamaktadır (Darjeeling Tea Research and Development Centre, 2003). Bu nedenle, özellikle bitkilerin fide döneminde uygulanması tavsiye edilmektedir (Nyabundi & Ayiamba, 2011).

Esas olarak organik ve inorganik olmak üzere 2 tip malç bulunmaktadır (Kumar ve ark., 2022). Organik malç malzemesi olarak saman, ağaç kabuğu ve kompostlanmış malzeme gibi malzemelerin etkili yabancı ot kontrolü sağlayabileceği bildirilmiştir (Kumar ve ark.,2019). Nyabundi ve Ayiamba (2011), özellikle olgun çay bahçelerinde bitkinin budama artıklarının malç

örtüsü olarak kullanılabilceğini ifade etmişlerdir. Ülkemizde her yıl budanan bahçelerden elde edilen budama artıkları üreticiler tarafından malç malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ancak hastalık ya da zararlılar yönünden problem yaşanan bahçelerde bu artıkların kullanılmaması ve uygun şekilde bahçeden uzaklaştırılması gerekmektedir.

İnorganik malç olarak plastik malç gibi malzemeler uzun sürede ayrışan ve oldukça yaygın olarak kullanılan malçlama malzemeleridir (Ray ve Biswasi; Kumar ve ark, 2022). Özellikle siyah polietilen, örtüler düşük fiyatı ve üretimde kanıtlanmış olumlu sonuçları nedeniyle hemen her yerde kullanılmaktadır (Ray ve Biswasi, 2016). Fidanlıklarda, çay çeliklerinin çember destekli bir polietilen kumaş örtünün altına (alçak tünel) siyah bir polietilen malç yerleştirildikten sonra dikim yapılmasının, tatmin edici bir yabancı ot kontrolü sağladığı bildirilmiştir. Ayrıca genç ve olgun çay bahçelerinde, siyah, düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) örtü ile malçlama da yabancı ot kontrolü için çok etkili bulunmuştur (Darjeeling Tea Research and Development Centre, 2003).

Örtü bitkileri, yabancı ot baskılama yetenekleri nedeniyle yıllık ve çok yıllık ekim sistemlerinde entegre yabancı ot yönetimi programlarında kullanılmaktadır. Yabancı ot popülasyonlarını, kolaylaştırıcı veya baskılayıcı olabilen farklı bitki etkileşim mekanizmaları kullanarak etkilerler (Fernando, ve Shrestha, 2023). Çay sıralarında örtü bitkilerinin ekilmesi, çay sıralarının temizlenmesini ve doğal yabancı ot örtüsünü geride bırakmaktadır; burada gelişmiş bir çay üretimi ve biyolojik zararlı kontrolü, örtü bitkisinin ek faydaları olarak kabul edilmektedir. Baklagiller ve aromatik bitkiler, olağanüstü faydaları nedeniyle monokültür çay bahçelerinde ekilebilecek en güçlü örtü bitkisi türleridir. Kenya'da yabancı ot mücadelesinde sadece fidanlıklarda uygulanabilen bir yöntem olarak sıra aralarında yulaf gibi örtü bitkilerinin yetiştirilmesi önerilmektedir (Nyabundi ve Ayiamba 2011). Ülkemizde çay tarım alanlarında örtü bitkisi yetiştiriciliği yapılmamaktadır.

#### **9.1.3.4. Biyolojik Mücadele**

Yabancı otlarla Biyolojik mücadele, yabancı otun sağlığını etkileyen böceklerin veya patojenlerin (hastalıkların) mücadele amaçlı kullanılmasının yanı sıra yabancı otun sağlığını etkileyen veya yabancı ot popülasyonlarını azaltan böcekler, nematodlar, bakteriler, patojenler veya mantarlar gibi canlı organizmaların kullanılmasını da kapsamaktadır (Bahadur ve ark., 2015).



Allelopati, iki bitki arasındaki etkileşimleri içeren biyolojik bir süreçtir. Bu etkileşim, bitkilerin kimyasal bileşikler (allelkimyasal maddeler) üretmesiyle gerçekleşir ve bu bileşikler, bitkilerin yapraklarından sızma, buharlaşma, ayrışma veya kök salgıları yoluyla meydana gelir (Kalinova, 2010). Belirli bitkilerin allelopatik etkilerinden faydalanarak, yabancı otların büyümesini engellemek mümkündür.

Geleneksel tarımın sürdürülebilirliğini sağlamak ve sertifikalı organik tarım için herbisitler dışında başka ürünlere de ihtiyaç vardır. Biyoherbisitler, sentetik herbisitlere olan bağımlılığı azaltmada ve tarımsal çevreyi korumada uygun alternatifler arasındadır. Bu ürünler, entegre yabancı ot mücadelesi içerisinde biyolojik mücadelenin bir parçasıdır. Bu ürünler konvansiyonel herbisitler gibi ticari formülasyona ve kullanım şekline sahip hale getirilmektedir. Herbisit kullanımının mümkün olmadığı organik tarım sistemlerinde veya herbisitlerden kaynaklanan toprak kirliliğinin yüksek derecede olduğu alanlarda bu ürünler büyük öneme sahiptir. Biyoherbisit tekniklerinde kontrol mekanizması olarak allelokimyasallar, doğal yan ürünler, bitki özleri, mikroorganizmalar ve böcekler kullanılmaktadır (Müller-Schärer ark, 2020).

### **9.1.3.5. Kimyasal Mücadele**

Yabancı ot kontrolünde kullanılan ve bitkiye etki eden bütün maddelerin kullanılmasına kimyasal mücadele, yabancı otların kontrolünde kullanılan bütün kimyasallara da Herbisit adı verilmektedir (İşler, ve Kılınç, 2016). Günümüzde yabancı ot mücadelesi için en çok tercih edilen yöntem kimyasal mücadele olup, sürekli herbisit kullanımı sonucunda; dayanıklılık, çevresel kirlilik, kalıntı gibi birçok sorunu da ortaya çıkartmaktadır. Bu nedenle de biyolojik preparatların ağırlıklı olarak kullanıldığı organik tarıma ve iyi tarım uygulamalarına olan ilgi sürekli artmaktadır (Budak ve Işık, 2022).

## **9.2. SONUÇ ve ÖNERİLER**

Çay üreticilerinin çay tarım alanlarının çoğunda ve her sürgün döneminde yaşadıkları en temel sorunlardan biri yabancı otlardır. Ülkemiz çay tarım alanlarında yaygın olan yabancı otların birçoğu istilacı türler olarak tanımlanmıştır. Bu türlerin yaygınlaşmasında, çay tarımında kullanılan azotlu gübrelerin önemli bir etkisi olduğu görülmektedir.

Dünya genelindeki önemli çay üreticisi ülkelerde yabancı otlarla mücadelede herbisitlerin yaygın olarak kullanıldığı gözlemlenmektedir. Ancak Türkiye'de çay tarımında herbisit kullanımına izin verilmemektedir. Bu karar, Türk çayının "doğal ürün" özelliğini koruma amacı taşımaktadır ve büyük öneme sahiptir. Mücadele açısından geliştirilecek yeni ürünlerde bu amaç doğrultusunda belirlenmelidir.

Türkiye çay tarımında yabancı otların neden olduğu kalite ve verim kayıplarını tam olarak ortaya koymak ve bu kayıplara karşı yapılan mücadelelerin ekonomik etkilerini analiz etmek için daha fazla bilimsel çalışmaya ihtiyaç vardır. Gelecekte gerçekleştirilecek bu tür araştırmalar, değişen iklim koşullarıyla birlikte yabancı ot kompozisyonundaki değişiklikleri takip ederek, öncelikli yabancı otlara karşı çevre dostu, etkili, ekonomik ve güncel mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

- Akhter, M. J., Jensen, P. K., Mathiassen, S. K., Melander, B., & Kudsk, P. (2020). Biology and management of *Vulpia myuros*—an emerging weed problem in no-till cropping systems in Europe. *Plants*, 9(6), 715.
- Arıkan, N., & Elibüyük, İ. Ö. (2015). Yabancı otlarla mücadelede allelopatinin kullanımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 8(1), 46-50.
- Ataş, M., & Alhajahmad, B. (2023). Yabancı otlarla mücadelede yapay zekanın rolü. *AS-Proceedings*, 1(1), 284–289.
- Atlamaz, A. Gökçe, A. Y. (Ed.). (2011). Fındık Teknik Talimatı. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı-Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü [https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/008\\_findik.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/008_findik.pdf).
- Atlas of Living Australia [ALA], (2024). *Calystegia silvatica* (Kit.) Griseb. 20 Kasım 2024 tarihinde <https://bie.ala.org.au/species/https://id.biodiversity.org.au/node/apni/2897810#overview> adresinden edinilmiştir.
- Aykurt, C. (2012). Bürük. Bizimbitkiler. <http://www.bizimbitkiler.org.tr>
- Bahadur, S., Verma, S. K., Prasad, S. K., Madane, A. J., Maurya, S. P., Verma, V. K., & Sihag, S. K. (2015). Eco-friendly weed management for sustainable crop production—A review. *Crop and Weed*, 11(1), 181-189. [https://www.researchgate.net/publication/322400367\\_Eco-friendly\\_weed\\_management\\_for\\_sustainable\\_crop\\_production-A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/322400367_Eco-friendly_weed_management_for_sustainable_crop_production-A_review)
- Baranov, AI (1964) A contribution to the knowledge of life history of *Commelina communis* . *Q J Taiwan Mus* 17:82–113.
- Bizimbitkiler, (2024) 1 Kasım 2024 tarihinde <https://bizimbitkiler.org.tr/yeni/demos/technical/edca1f758b8852a3474c7cf42fea0a5f.pdf> adresinden edinilmiştir.
- Blood, K. (2001). *Environmental weeds: A field guide for SE Australia* (p. 232). C.H. Jerram Scientific Publishers.
- Budak, İ., & Işık, D. (2022). Biyolojik mücadelenin yeni yüzü: Biyoherbisitler. *Turkish Journal of Weed Science*, 25(2), 151-160.
- Burge, M. N., & Kirkwood, R. C. (1992). The control of bracken. *Critical reviews in Biotechnology*, 12(4), 299-333.

- Brown, R. W. (1986). Bracken in the North York Moors: its ecological and amenity implications in national parks. In R. T. Smith & J. A. Taylor (Eds.), *Bracken: Ecology, land use and control technology* (pp. 77-86). The Parthenon Publishing Group Limited.
- Cabi, E., Doğan, M. (2012). Fırfırlıot. Bizim Bitkiler. <https://bizimbitkiler.org.tr/yeni/demos/technical/>
- Cloutier, D., van der Weide, RY, Peruzzi, A. ve Leblanc, ML (2008). Mekanik yabancı ot yönetimi. *İktisat*
- Colpetzer, K., & Hough-Goldstein, J. (2004). A rapid germination protocol for mile-a-minute weed, *Polygonum perfoliatum* L. *Seed Science & Technology*, 32(3), 749-757.
- Commelina communis (2024, 7 Kasım). Wikipedia içinde. [https://en.wikipedia.org/wiki/Commelina\\_communis#cite\\_note-1](https://en.wikipedia.org/wiki/Commelina_communis#cite_note-1)
- Cooper-Driver, G. (1976) Chemotaxonomy and phytochemical ecology of bracken. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 73(1-3), 35-46. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1976.tb02011.x>
- Crouch, G. L. (1974). *Interaction of deer and forest succession on clearcuttings in the Coast Range of Oregon*. In Wildlife and Forest Management in the Pacific Northwest; Proceedings of a Symposium.
- Cruttwell McFadyen, R. E. (1998). Biological control of weeds. *Annual Review of Entomology*, 43(1), 369-393.
- Çaldıran, U., Önen, H., & Özaslan, C. (2015). *Persicaria perfoliata*'nın Karadeniz'deki mevcut durumu. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 18(3), 65-66. <https://doi.org/10.374164>
- Daniels, R. E. (1985). Studies in the growth of *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.(bracken) 1. Regeneration of rhizome segments. *Weed research*, 25(5), 381-388.
- Deka, J. and Barua, I.C., (2015, Şubat). *Weeds of tea fields and their control*. Plant Protection in Tea: Recent Advances Conference, Assam, India. doi: 10.13140/RG.2.1.5150.9845
- Darjeeling Tea Research and Development Centre. (2003). *Tea Board of India, Ministry of Commerce and Industry, Government of India*. West Bengal. <https://www.dtrdc.org/wmanagement.htm>

- Dugdale, T. M., McLaren, D. A., & Conran, J. G. (2015). The biology of Australian weeds 65.'Tradescantia fluminensis' Vell. *Plant Protection Quarterly*, 30(4), 116-125.
- Ellis, W. N. (2024). *Plant parasites of Europe*. Amsterdam, The Netherlands. Erişim adresi: <https://bladmineerders.nl>
- Environment Canterbury Regional Council. (2024). Kaunihera taiao ki Waitah. 3 Kasım 2024 tarihinde <https://www.ecan.govt.nz/pest-search/tradescantia/> adresinden edinilmiştir.
- Eminağaoğlu, Ö., Özcan, M., & Kültür, ř. (2012). Contributions to the leaf and stem anatomy of Tradescantia fluminensis: an alien species new to the flora of Turkey. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 13(2), 270-277.
- Ekim T. (2012). Mahmuza. Bizimbitkiler. <http://www.bizimbitkiler.org.tr>
- Faden, R. B., & Hunt, D. R. (1991). The classification of the Commelinaceae. *Taxon*, 19-31.
- Faden, R. B. (2006). *Commelinaceae*. In Flora of North America Editorial Committee (Eds.), *Flora of North America online* (Vol. 22, pp. 173). Oxford University Press.
- Farooq, S., Önen, H., Akyol, N. (2015, 22 Mayıs). *Commelina communis: an aut of sight invader* [Bildiri sunumu]. İstilacı Bitkiler Çalıştayı, Tokat
- Farooq, S., & Önen, H. (2015). *Commeline communis L.* In H. Onen (Ed.), Türkiye istilacı bitkiler kataloğu (pp. 239-249). T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, TAGEM, Bitki Sağlığı Araştırma Daire Başkanlığı.
- Farooq, S., Tad, S., Onen, H., Gunal, H., Caldiran, U., & Ozaslan, C. (2017). Range expansion potential of two co-occurring invasive vines to marginal habitats in Turkey. *Acta Oecologica*, 84, 23-33. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2017.08.004>
- Fernando, M., Shrestha, A., (2023). Yabancı ot yönetiminde örtü bitkilerinin potansiyeli: Entegre yabancı ot yönetim sisteminin tek aracı mı yoksa bileşeni mi? *Bitkiler*, 12(4), 752. <https://doi.org/10.3390/plants12040752>
- Fowler, S. V., Barreto, R., Dodd, S., Macedo, D. M., Paynter, Q., Pedrosa-Macedo, J. H., & Forrester, G. (2013). Tradescantia fluminensis, an exotic weed affecting native forest regeneration in New Zealand:

- ecological surveys, safety tests and releases of four biocontrol agents from Brazil. *Biological Control*, 64(3), 323-329.
- Froud-Williams, R. J. (2002). *Weed competition*. R. E. L. Naylor (Ed), Weed management handbook, (16-38).  
<http://dx.doi.org/10.1002/9780470751039.ch2>
- Fryberger, K., & Gaver, A. (2008). *Biology and biological control of mile-a-minute weed*. In *Mile-a-minute weed management: Biological control as a component of an integrated management program* (Chapter 4). Brandywine Conservancy & Penn State University.  
[https://bugwoodcloud.org/resource/pdf/Mile-a-Minute\\_Weed.pdf](https://bugwoodcloud.org/resource/pdf/Mile-a-Minute_Weed.pdf)
- Gawn, T. (2013). *Aspects of the biology, taxonomy and control of Calystegia silvatica: A thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of AgriScience in Agriculture at Massey University, Palmerston North, New Zealand* (Master's Thesis). Massey University.  
Erişim adresi: <http://mro.massey.ac.nz>
- Global Invasive Species Database [GISD] (2005, Aralık 30). Tür profili: *Tradescantia fluminensis*. 6 Kasım 2024 tarihinde <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=497> adresinden edinilmiştir.
- Global Invasive Species Database [GISD], (2010, Mart 19). *Oplismenus undulatifolius*. 2 Kasım 2024 tarihinde <https://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Oplismenus+undulatifolius> adresinden edinilmiştir.
- Global Invasive Species Database [GISD] (2011, Kasım 9) Species profile: *Tradescantia fluminensis*. 7 Kasım 2024 tarihinde on 18-11- <https://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=582> adresinden edinilmiştir.
- Glover, A. (2013). *Invasive plant species management quick sheet 7: Asiatic tearthumb (Persicaria perfoliata)*. Penn State Wildland Weed Management, College of Agricultural Sciences.  
<https://plantscience.psu.edu/research/projects/wildland-weed-management/publications/invasive-species-worksheets/mile-a-minute/view>
- Gomez, J. M. (2012). Glyphosate-tolerant Asiatic dayflower (*Commelina communis* L.): Ecological, biological, and physiological factors contributing to its adaptation to Iowa agronomic systems. *Graduate Theses and Dissertations*, Iowa State University.  
<http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3339&context=etd>
- Güncan, A. (2016). *Yabancı Otlar ve Mücadele Prensipleri*. Selçuk Üniversitesi Basımevi.

- Güner, A. (2012). Eğrelti. Bizimbitkiler. <http://www.bizimbitkiler.org.tr>
- Gruberg, D., Morris, W. , Seaton, N.(2020) *Herbaceous plants- Gowanus field guide*. Gowanus Canal Conservancy <https://gowanuscanalconservancy.org/wp-content/uploads/2020/04/2020-Herbaceous-Plants-Gowanus-Field-Guide.pdf>
- Hajiboland, R., Nazari, F., Mohammadzadeh, P., Kahneh, E., Shafagh, Z., Nezhadasad, B., & Moradi, A. (2024). Effect of aluminum on growth and herbicide resistance in *Commelina communis* and *Tradescantia fluminensis*, two invasive weed species in tea gardens. *Biological Invasions*, 1-21.
- Hines, W. W., & Land, C. E. (1974). *Black tailed deer and Douglas fir regeneration in the Coast Range of Oregon*. In *Wildlife and Forest Management in the Pacific Northwest; Proceedings of a Symposium*.
- Holm, L. G., Plucknett, D. L., Pancho, J. V., Herberger, J. P. (1977). *The world's worst weeds: Distribution and biology*. University Press of Hawaii.
- Hough-Goldstein, J., Lake, E., Reardon, R., & Wu, Y. (2008a). Biology and biological control of mile-a-minute weed (USDA Forest Service, FHTET-2008-10). U.S. Department of Agriculture Forest Service.
- Hough-Goldstein, J., Schiff, M., Lake, E., & Butterworth, B. (2008b). Impact of the biological control agent *Rhinoncomimus latipes* (Coleoptera: Curculionidae) on mile-a-minute weed, *Persicaria perfoliata*, in field cages. *Biological Control*, 46, 417–423. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.04.001>
- Hough-Goldstein, J., & Lake, E. (2024). Suppression of mile-a-minute weed, *Persicaria perfoliata*, in the eastern United States. In R. G. Van Driesche, J. S. Elkinton, & M. Hoddle (Eds.), *Contributions of classical biological control to U.S. food security, forestry, and biodiversity*. USDA Forest Service.
- Hunter, J. G. (1953). The composition of bracken: some major-and trace-element constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 4(1), 10-20.
- Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries [Agroatlas],(2009)., *Weeds Commelina communis L. – Common commelina blue-eyed grass*. 1 Kasım 2024 tarihinde [https://agroAtlas.ru/en/content/weeds/Commelina\\_communis/index.htm](https://agroAtlas.ru/en/content/weeds/Commelina_communis/index.htm) l adresinden edinilmiştir.
- Invasive Plant Atlas of New England [IPANE], (2001). *Polygonum perfoliatum*. <http://webapps.lib.uconn.edu/ipane/browsing.cfm?descriptionid=13#>

- Isaac, W.-A., Gao, Z., Li, M. (2013). Managing Commeline species: Prospects and limitations. Price A. J. and Kelton J. A. (eds.), *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use* (s. 123-145). <https://www.intechopen.com/chapters/44759>
- Iverson, L. R., Ketzner, D., & Karnes, J. (1999). *Illinois plant information network*. Illinois Natural History Survey and USDA Forest Service. <http://www.fs.fed.us/ne/delaware/ilpin/ilpin.html>
- İşler, N., & Kılınç, M. (2016). *Tarla tarımı*. Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. <https://www.mku.edu.tr/files/898-45fba308-31e9-41e3-a927-8e622ac97149.pdf>
- Jackson, G., Deesh, A., & Mua, M. (2018) Pacific Pests, Pathogens & Weeds. *Commelina (460)*. CABI. 4 Kasım 2024 tarihinde [https://apps.lucidcentral.org/ppp\\_v9/pdf/web\\_full/commelina\\_460.pdf](https://apps.lucidcentral.org/ppp_v9/pdf/web_full/commelina_460.pdf) adresinden edinilmiştir.
- Kalinova, J. (2010). *Allelopathy and organic farming*. In Sociology, organic farming, climate change and soil science (Vol. 3, pp. 379–418). Sustainable Agriculture Reviews
- Karaer, F., Kutbay, H. G., & Terzioğlu, S. (2015). *Tradescantia fluminensis Vell.* In H. Önen (Ed.), Türkiye istilacı bitkiler kataloğu (505–513). T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, TAGEM, Bitki Sağlığı Araştırma Daire Başkanlığı. ISBN: 978-605-9175-05-0.
- Keskin, M. (2012). *Polygonum*. Bizimbitkiler. 5 Kasım tarihinde <http://www.bizimbitkiler.org.tr> adresinden edinilmiştir.
- Kelly, D. and Skipwort, J.P. (1984). *Tradescantia fluminensis* in a Manawatu (New Zealand) forest: I. Growth and effects on regeneration. *New Zealand Journal of Botany*, 22, 393-397.
- Kewat, M. L. (2014). Improved weed management in Rabi crops. *National Training on Advances in Weed Management*, 32, 22-25.
- Kumar, V., & DiTommaso, A. (2005). Mile-a-minute (*Polygonum perfoliatum* L.): An increasingly problematic invasive species. *Weed Technology*, 19(4), 1071–1077.
- Kumar, D., Kumar, S., & Shekhar, C. (2022). Importance of mulching in crop production. *The Scientific Agriculture*, 1(1). [https://www.researchgate.net/publication/371856813\\_Importance\\_of\\_Mulching\\_in\\_Crop\\_Production\\_The\\_Scientific\\_Agriculture](https://www.researchgate.net/publication/371856813_Importance_of_Mulching_in_Crop_Production_The_Scientific_Agriculture)
- Langeland K.A., Burks C.K., 2003. *Identification and biology of non-native plants in Florida's natural areas*. Florida, USA. Institute of Food and Agricultural Sciences Publications. <http://aquat1.ifas.ufl.edu/traflu.html>.



- Lawton, J. H. (1988). Biological control of bracken in Britain: constraints and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 318(1189), 335-355.
- Le Duc, M. G., Pakeman, R. J., Putwain, P. D., & Marrs, R. H. (2000). The variable responses of bracken fronds to control treatments in Great Britain. *Annals of Botany*, 85, 17-29.
- Levy, G. F. (1970). The phytosociology of northern Wisconsin upland openings. *The American Midland Naturalist*, 83(1), 213-237. <https://doi.org/10.2307/2424018>
- Mahajan, G. (2015). Nonconventional Weed Management Strategies for Modern Agriculture. *Weed Science*.
- Maule, H.G.; Andrews, M.; Morton, J.D.; Jones, A.V.; Daly, G.T. (1995). Sun/shade acclimation and nitrogen nutrition of *Tradescantia fluminensis*, a problem weed in New Zealand native forest remnants. *New Zealand Journal of Ecology*, 19, 35-46.
- Marrs, R. H., Le Duc, M. G., Mitchell, R. J., Goddard, D., Paterson, S., & Pakeman, R. J. (2000). The ecology of bracken: its role in succession and implications for control. *Annals of Botany*, 85, 3-15.
- Marrs, R. H., & Watt, A. S. (2006). Biological flora of the British Isles: *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. *Journal of Ecology*, 94(6), 1272-1321.
- McAlpine, K. G., Lamoureaux, S. L., & Westbrooke, I. (2015). Ecological impacts of ground cover weeds in New Zealand lowland forests. *New Zealand Journal of Ecology*, 39(1), 50-60. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01167.x>
- Macedo, D. M., Pereira, O. L., Hora Júnior, B. T., Weir, B. S., & Barreto, R. W. (2016). The microbiota of *Tradescantia fluminensis* in its natural distribution in Brazil, with special reference to classical biological control. *Australasian Plant Pathology*, 45(1), 45-56. <https://doi.org/10.1007/s13313-015-0388-x>
- Midwest Invasive Species Information Network [MISIN] (2024). Asiatic dayflower *Commelina communis*. 1 Kasım 2024 tarihinde <https://www.misin.msu.edu/facts/detail/print.php?id=505> adresinden edinilmiştir.
- Milligan, G., Cox, E. S., Alday, J. G., Santana, V. M., McAllister, H. A., Pakeman, R. J., & Marrs, R. H. (2016). The effectiveness of old and new strategies for the long-term control of *Pteridium aquilinum*, an 8-year test. *Weed Research*, 56(3), 247-257.
- McCulloch, W. F. (1942). The role of bracken fern in Douglas-fir regeneration. *Ecology*, 23, 484-485.

- Moore, L. B., & Edgar, E. (1970). *Flora of New Zealand. Volume II. Indigenous Tracheophyta - Monocotyledons except Graminae* (Electronic ed.). Landcare Research. (Original work published 1970)
- Morin, L., Incoll, B., Lester, J., Zeil-Rolfe, I., & Gooden, B. (2022). Biological control of the invasive plant *Tradescantia fluminensis* with the fungus *Kordyana brasiliensis* in Australia: Host range and initial releases. *Biological Control*, 172, Article 104978. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104978>
- Mountain, W. L. (1989). Mile-a-minute (*Polygonum perfoliatum* L.) update-distribution, biology, and control suggestions. *Regulatory Horticulture*, 15, 21-24.
- Müller-Schärer, H., Bouchemousse, S., Litto, M., McEvoy, P. B., Roderick, G. K., & Sun, Y. (2020). How to better predict long-term benefits and risks in weed biocontrol: An evolutionary perspective. *Current Opinion in Insect Science*, 38, 84-91.
- National Park Service [NPS], 2009. *Weeds gone wild: Alien plant invaders of natural areas*. Washington, DC: US Department of the Interior. <http://www.invasiveplantatlas.org/index.html>
- Northland Regional Council (2019, Kasım 3). Greater bindweed. 3 Kasım 2024 tarihinde <https://www.nrc.govt.nz/search/?q=calystegia#gsc.tab=0&gsc.q=calystegia&gsc.sort=date> adresinden edinilmiştir.
- Nyabundi, K. W., & Ayiamba, P. O. (2011). *Tea cultivation manual for good agricultural practices* (1st ed.). Tea Research Foundation of Kenya. <https://teaboard.or.ke/images/downloads/manuals-handbooks/tea-cultivation-manual-for-good-agricultural-practices.pdf>
- Okay, J. A. G. (1999). *Mile-a-minute weed: Polygonum perfoliatum* L. National Park Service, Plant Conservation Alliance, Alien Plant Working Group.
- Oliver, J. D. (1996). Mile-a-minute weed (*Polygonum perfoliatum* L.), an invasive vine in natural and disturbed sites. *Castanea*, 61(3), 244-251.
- Önen, H. (Ed.). (2015). *Türkiye istilacı bitkiler katalogu*. Ankara: TC Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı.
- Önen, H. (2021). *Herboloji (Yabancı ot Bilimi) ilkeler, kavramlar, Uygulamalar*. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10113.99688>
- Önen, H., Özaslan, C., Tad, S. (2015a). *Sicyos angulatus* L. H. Önen (Ed.), *Invasive plants catalogue of Turkey* (pp. 458-472). Ministry of Food, Agriculture and Livestock.
- Önen, H., Özaslan, C., Çaldıran, U. (2015b). *Persicaria perfoliata*. In H. Önen (Ed.), *Türkiye istilacı bitkiler katalogu* (t.y.). Ankara, Türkiye (410-423)

- Özaslan, C., Önen, H., & Farooq, S. (2017). Mile-a-minute weed: A lurking peril for tea plantations in the Black Sea region. In *2nd International Balkan Agriculture Congress* (p. 28). Tekirdağ, Turkey.
- Özer, Z., Kadioğlu, İ., Önen, H., Tursun, N., 2001. *Herboloji (Yabancı Ot Bilimi)*. Genişletilmiş 3. Baskı. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 20. Kitaplar Serisi No:10. GOP. Üniversitesi Basımevi. Tokat. ISBN:975.7328.16.2.
- Öztürk Yılmaz, Y. (2014). *Rize ili çay dikim alanlarında görülen yabancı ot türlerinin ve yoğunluklarının belirlenmesi* [Yayınlanmamış, Yüksek Lisans Tezi]. Ordu Üniversitesi. YÖK Tez No: 565458
- Öztürk Yılmaz, Y., & Kolören, O., (2015). *Rize İli Çay Dikim Alanlarında Görülen Yabancı Ot Türleri ve Benzerlik İndeksi*. Ekoloji 2015 sempozyumu (pp.239). Sinop, Turkey <https://avesis.erdogan.edu.tr/yayin/4da36407-f9a6-40ee-b947-2d17ca6df859/rize-ili-cay-dikim-alanlarinda-gorulen-yabanci-ot-turleri-ve-benzerlik-indeksi>
- Page, C. N. (1986). The strategies of bracken as a permanent ecological opportunist. In R. T. Smith & J. A. Taylor (Eds.), *Bracken: Ecology, land use and control technology* (pp. 173-181). Royal Botanic Garden, Edinburgh, UK.
- Pakeman, R. J., Le Duc, M. G., & Marrs, R. H. (2002). A review of current bracken control and associated vegetation strategies in Great Britain. *Web Ecology*, 3(1), 6–11. <https://doi.org/10.5194/we-3-6-2002>
- Pakeman, R. J., Le Duc, M. G., Marrs, R. H., Condliffe, I., Enright, D., & Smallshire, D. (2005). *Bracken control, vegetation restoration and land management*. Rural Development Services Technical Advice Note No. 23. [http://www.defra.gov.uk/rds/publications/technical/tan\\_23.pdf](http://www.defra.gov.uk/rds/publications/technical/tan_23.pdf)
- Pino, M. (2024, 29 Ağustos). *Controlling bindweed: What is it and best control methods*. Planet Natura Research Center. 4 Kasım 2024 tarihinde <https://www.planetnatura.com/controlling-bindweed> adresinden edinilmiştir
- Plants of the World Online [POWO], (2024). *Calystegia silvatica* (Kit.) Griseb. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:143196-3/general-information>
- Pokharel, S. S., Yu, H., Fang, W., Parajulee, M. N., & Chen, F. (2023). Intercropping cover crops for a vital ecosystem service: A review of the biocontrol of insect pests in tea agroecosystems. *Plants*, 12(12), 2361

- Porteous T, 1993. *Native forest restoration: a practical guide for landowners*. Native forest restoration: a practical guide for landowners, (184 pp.; 5 pp. of ref).
- Prematilake, K. G. (2003). Weed management in tea-recent developments. *Tropical Agriculture Research & Extension*, 6, 98-107.
- Rajkhowa, D. J., Barua, I. C., Bhuyan, R. P., & Yaduraju, N. T. (2005). *Weed management in tea* (Technical bulletin), NRC for Weed Science, Jabalpur, 1-19
- Ray, M., & Biswasi, S. (2016). Impact of mulching on crop production: A review. *Gramin Krishi Mausam Sewa Regional Research and Technology Transfer Station (OUAT)*, Keonjhar, Odisha. *Üç ve Biyolojik Bilimler*, 9(14).
- Sajedi, S. (2019). *First report of the commelina ommunis from iran*. Iranian Research Institute of Plant Protection. [https://rostaniha.areeo.ac.ir/article\\_121032\\_5420a3da7a2b4514dc31311fde75b3fc.pdf](https://rostaniha.areeo.ac.ir/article_121032_5420a3da7a2b4514dc31311fde75b3fc.pdf)
- Scholz, U. (1981). Monographie der Gattung *Oplismenus* (Gramineae). *Phanerogamarum monographiae*,( t. 13) J. Cramer.
- Shu WenSheng, S. W., Yang KaiYan, Y. K., Zhang ZhiQuan, Z. Z., Yang Bing, Y. B., Lan ChongYu, L. C. (2001). Flora and heavy metals in dominant plants growing on an ancient copper spoil heap on Tonglushan in Hubei Province. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 7(1), 7-12.
- Singh, R. D., Sud, R. K., Pal, P. K. (2014). Integrated weed management in plantation crops. S. C. Chauhan and G. Mahajan (Eds.), *Recent advances in weed management* (s.255-281). Springer.
- Smale, M.C Gardner, R. (1999). Survival of a Mount Eden Bush, an urban forest remnant in Auckland, New Zealand. Pacific, *Conservation Biology*, 5, 83-93.
- Stahl, C. (2002). *Introduced species summary project: Mile-a-minute weed, devil's tail tearthumb (Polygonum perfoliatum)*. Columbia University.
- Standish, R. J., Robertson, A. W., & Williams, P. A. (2001). The impact of an invasive weed *Tradescantia fluminensis* on native forest regeneration. *Journal of Applied Ecology*, 38(6), 1253–1263.

- Standish, R. J. (2002). Experimenting with methods to control *Tradescantia fluminensis*, an invasive weed of native forest remnants in New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 161-170.
- Standish, R. J., Williams, P. A., Robertson, A. W., Scott, N. A., & Hedderley, D. I. (2004). Invasion by a perennial herb increases decomposition rate and alters nutrient availability in warm temperate lowland forest remnants. *Biological Invasions*, 6, 71-81.
- Štefanić, E., Japundžić-Palenkić, B., Antunović, S., Gantner, V., & Zima, D. (2022). Botanical characteristics, toxicity and control of bracken fern (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). *Zb. Veleuc. Rij*, 10, 467-478. <https://doi.org/10.31784/zvr.10.1.26>
- Tea Board India. (2017). *Plant protection code: Policy on usage of plant protection formulations in tea plantations of India*. Ministry of Commerce and Industry, India. [https://www.indiatea.org/uploads/safety\\_norms/PPC\\_VERSION\\_8.0.pdf](https://www.indiatea.org/uploads/safety_norms/PPC_VERSION_8.0.pdf)
- Tea Research Foundation of Kenya. (2024). *Tea growers handbook* (5. bas.). The Tea Board of Kenya. <https://teaboard.or.ke/images/downloads/manuals-handbooks/tea-growers-manual-5th-edition.pdf>
- Terzioğlu, S., & Anşın, R. (2001). A chorological study on the taxa naturalized in the Eastern Black Sea Region. *Turkish journal of Agriculture and Forestry*, 25(5), 305-309.
- Terzioğlu, S., & Coşkunçelebi, K. (2017). *Rhus chinensis* var. *chinensis* (Anacardiaceae): a new alien record for the flora of Turkey. *Phytologia Balcanica*, 23(2), 167-170.
- Terzioğlu, S., Ergül Bozkurt, A. (2020). The weed flora of Turkish tea plantations. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 621-630. DOI: 10.17714/gumusfenbil.655157
- Tewksbury, L. (2019). *The management of Asiatic tearthumb (Persicaria perfoliata): Measures and associated costs*. Technical note prepared by IUCN for the European Commission.
- Türkiye Bitkileri Veri Servisi [TUBİVES]. (verileri). <http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php>
- Travis, K. B., & Kiviat, E. (2016). *Best management practices for priority invasive plants in the Lower Hudson Valley*. Report to the Lower Hudson Partnership for Regional Invasive Species Management.
- Ulloa, S. M., & Owen, M. D. K. (2009). Response of Asiatic dayflower (*Commelina communis*) to glyphosate and alternatives in soybean. *Weed Science*, 57(1), 74-80.

- Van Clef, M., & Stiles, E. W. (2001). Seed longevity in three pairs of native and non-native congeners: Assessing invasive potential. *Northeastern Naturalist*, 8(3), 301–310.
- Van der Burg, W. J. (2024). *Cryptogams: Ferns and fern allies* [PROSEA 15(2)]. PROTA Network Office Europe, Wageningen University, P.O. Box 341, 6700 AH Wageningen, Netherlands.
- Virginia Department of Conservation and Recreation, (2018). *Best management practices: Wavyleaf grass (Oplismenus undulatifolius)*. Division of Natural Heritage. <https://www.invasivespeciesva.org/document/nh-management-wavyleaf-201806.pdf>
- Voss, E. G. (1985). *Michigan flora: Part III* (Vol. 3). Cranbrook Institute of Science.
- Walsh, N. G., Entwisle, T. J. (Eds.). (1994). *Flora of Victoria. Volume 2: Ferns and allied plants, conifers and monocotyledons*. Inkata Press.
- Watt, A. S. (1940). Contributions to the ecology of bracken (*Pteridium aquilinum*). I. The rhizome. *The New Phytologist*, 39(4), 401-422.
- Werkman, B. R., & Callaghan, T. V. (2002). Responses of bracken and heather to increased temperature and nitrogen addition, alone and in competition. *Basic and Applied Ecology*, 3(3), 267-276.
- Williams, G. H., & Foley, A. (1976). Seasonal variations in the carbohydrate content of bracken. *Botanical journal of the Linnean Society*, 73(1-3), 87-93.
- Williams, G.H. (1980). *Bracken Control: a Review of Progress, 1974-79*, Research & Development Publication No. 12. West of Scotland Agricultural College, Auchincruive.
- Wu, Y., Reardon, R. C., & Ding, J. (2002). Mile-a-minute weed. In R. van Driesche, B. Blossey, M. Hoddle, S. Lyon, & R. Reardon (Eds.), *Biological control of invasive plants in the Eastern United States* (pp. 331–342). USDA Forest Service.
- Zheng, H., Wu, Y., Ding, J., Binion, D., Fu, W., & Reardon, R. (2006). *Invasive plants of Asian origin established in the United States and their natural enemies*. Chinese Academy of Agricultural Sciences. <https://www.invasive.org/weeds/asianv1.pdf>



**BÖLÜM 10**  
**ÇAY ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ**

Dr. Şaziye ILGAZ<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14290988>

---

<sup>1</sup> Avrupa Çay Birliği (ESTA), Ar & Ge ve İnovasyon Komitesi Türkiye Temsilcisi, Bursa, Türkiye. aylailk@gmail.com, Orcid ID: 0009-0000-4838-1197





## GİRİŞ

Çay bitkisinin işlenmesi ve içecek olarak kullanılmaya başlaması MÖ 2700'lü yıllara dayanır ve orijini Çin'dir. O dönemde Çin imparatoru Shen Nung'nun içme suyu güvenlik açısından kaynatılmaktadır. Evsaneye göre imparator ağacın altında serinlerken, kaynamakta olan suya bugün *Camellia sinensis* olarak bilinen ağaçtan birkaç yaprak düşer ve demlenmeye başlar. Kendisi aynı zamanda şifalı bitkiler konusunda uzman olan imparator bu ilk çay infüzyonunu içer ve çok hoşlanır. Artık ilk *yeşil çay* icat edilmiş ve içilmiştir. İmparatorun sürekli içmeye başladığı çay, mucizevi sağlık yararları görüldükçe ve duyuldukça önceleri sadece imparator ve hanedan üyeleri tarafından sıklıkla tüketilirken, MS 7. yüzyıldan itibaren Budist rahipler tarafından düzenli tüketilmeye başlanmış ve bu dönemde Japon rahipler de çayla tanışmış ve ülkelerine götürdükleri çay tohumları ile çay tarımına ve yeşil çay üretimine başlamışlardır. 8. yüzyılda yeşil çay yalnızca rahiplerin ve soyluların tükettiği sağlığa yararları ile ün yapmış lüks tüketim maddesi iken 13. ve 14. yüzyıllarda artık Çin'de çay içme kültürü yerleşmiştir. İmparator çayı olarak bilinen beyaz çay ise ilk olarak Tang Hanedanlığı (MS 618-907) döneminde özellikle sarayda tüketilmek üzere üretilmiştir. Beyaz çayın prestij kazanması Song Hanedanlığı (MS 960-1279) döneminde başlamıştır (Lu ve ark., 2016; Harbowy ve ark., 1997; Mao, 2013).

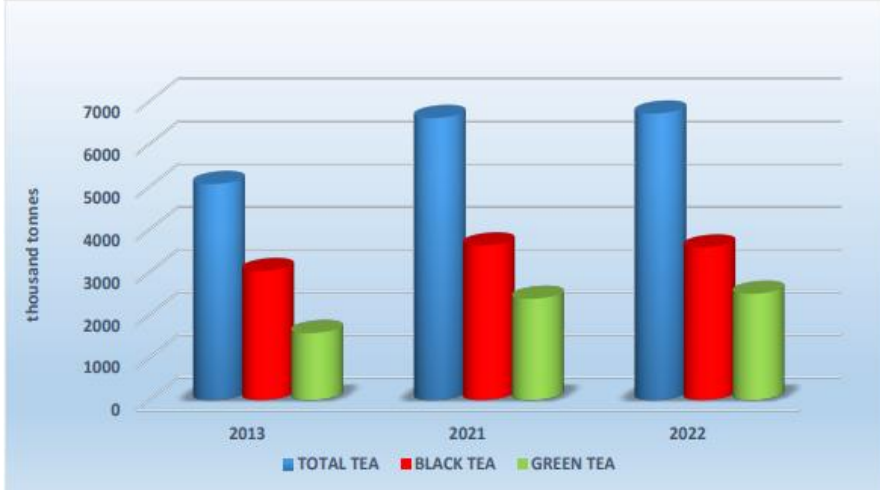
Yeşil çayın tarihi bu kadar eskiyken, tablet çaylar dahil fermente çaylar ilk kez 14. yüzyılda yine Çin'de Ming Hanedanı döneminde üretilmeye başlanmıştır. Quing Hanedanı döneminin başlarında (1644) ise kısmen oksitlenmiş bir çay çeşidi olan oolong çay ilk kez Çin'in Kuzey Fujian bölgesinde Wu Yi Dağlarında üretilmeye başlanmıştır (Ng ve ark., 2017).

Siyah çay ise 17. yüzyılda Avrupa'ya çay taşıyan gemilerden birinde çayların ıslanması, gemi Avrupa'ya ulaşınca ıslanmış ve oksitlenmiş çayların kurutulması ile ortaya çıkmıştır. Böylece ilk siyah çay icat edilmiş ve Avrupa'da çok beğenilmiştir. Bu dönemde II. Charles'ın Portekizli çay tiryakisi bir prenses olan Catherine ile evlenmesi sonucu çay önce sarayda, sonra da zengin sınıflar arasında moda bir içecek haline gelmiştir. 18. yüzyılda Avrupa'da çay içme kültürü hızla yayılmıştır. Avrupa'daki siyah çay talebini karşılamak amacıyla 17. ve 18. yüzyılda İngiliz tüccarlar tarafından Çin'den Hindisyan'a getirilen seçkin Çin çayları, buradaki yerli türlerle melezlenerek

bugün Hindistan, Sri Lanka, Endonezya ve Kenya'daki çaylıkların çoğunun gen kaynağını oluşturmuştur ( Ellis, 1983).

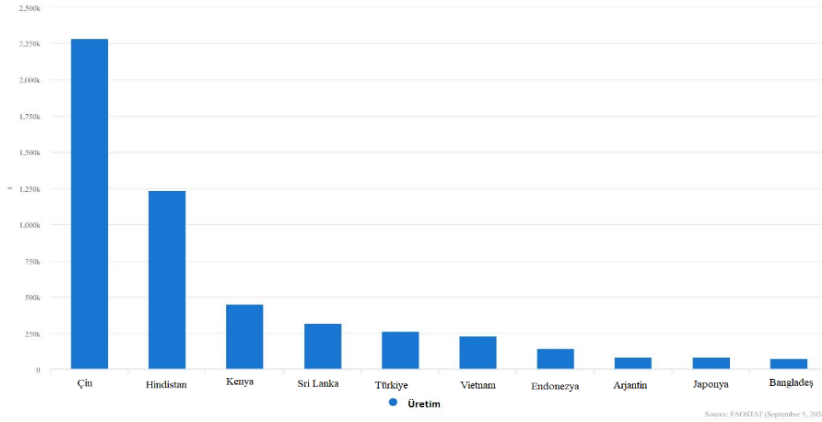
Botanikteki ismi *Camellia sinensis* olan çay bitkisinin bilinen 3 varyetesi vardır. Bunlardan *C. sinensis var. assamica* Hindistan orijinli olup siyah çay üretimine daha uygunken, *C. sinensis var. sinensis* Çin orijinlidir ve yeşil çay üretimine daha uygundur. *C. sinensis var. cambodiensis* ise Kamboçya orijinli olup oolong çay üretimine daha uygundur (Heiss, 2007; Nair,2010).

Bugün dünya çay üretimi 6.7 milyon ton olup, bunun 3.6 milyon tonunu siyah çay, 2.3 milyon tonunu yeşil çay oluşturmaktadır ( Şekil 1). Kalan 800 bin ton ise diğer tüm çayları içermektedir (Anonymous, 2024).



**Şekil 1.** Dünyada Toplam Çay, Siyah Çay ve Yeşil Çay Üretim Miktarları (Kaynak : Anon., 2024) )

Türkiye dünyada siyah çay üretiminde Hindistan, Kenya ve Sri Lanka'nın ardından dördüncü sırada yer alırken, toplam çay üretiminde beşinci sıradadır (Şekil 2). Zira dünyanın en büyük çay üreticisi olan Çin'in üretiminin % 90'dan fazlası siyah çay dışındaki çaylar ( yeşil, pu'erh, oolong, beyaz çaylar ile artisanal çaylar) dır.



Şekil 2. Ülkelere Göre Çay Üretimi ( Kaynak: Anon., 2024)

## 10.1. SİYAH ÇAY ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Kronolojik olarak bakıldığında siyah çayın icadı diğer konvansiyonel çay çeşitlerine göre yeni olsa da, siyah çay dünya genelinde % 54 ile en yüksek pazar payına sahip olan çaydır (Anonymous, 2024).

Önceleri sadece ortodoks yöntemle siyah çay üretimi yapılırken, 1931'de Assam'da Sir William McKercher tarafından CTC çay üretim yöntemi icat edilmiştir. Bugün siyah çay üretimi bu iki temel yöntemle yapılmaktadır (Poudel, 2014; Graham, 1984).

### 10.1.1. Orthodoks Yöntemi

Tüm diğer çay üretim yöntemlerinde olduğu gibi ortodoks yöntemle siyah çay üretiminde de kaliteli üretimin ilk ve en önemli işlem basamağı uygun hammadde kullanımınıdır. *Camellia sinensis* çay bitkisinin özellikle Assam kanı taşıyan klonları ortodoks yöntemle siyah çay üretimi için idealdir. Körpe çay sürgünlerinin hasat standardına uygun şekilde elle, makasla veya makine ile hasat edilerek uygun şartlarda muhafaza edilmesi ve mümkün olan en hızlı şekilde üretime alınması gerekir (Graham, 1984; Cloughley, 1983).

Kıvrırma esaslı bir üretim yöntemi olarak bilinen ortodoks yöntemde üretim aşamaları şu şekilde sıralanabilir:

- Soldurma
- Kıvrırma
- Yaş Çay Kalburlama
- Oksidasyon

- Kurutma
- Tasnif

### 10.1.1.1. Soldurma İşlemi

Standarta uygun şekilde hasat edilen taze çay yaprağının ağırlıkça %75-80'ini oluşturan suyun, uygun sıcaklıkta, kontrollü veya normal atmosfer şartlarında %60- 65 seviyesine kadar indirgenmesi işlemine soldurma adı verilir. Çay imalatında en önemli üretim basamaklarından biri olan soldurma işlemi için ideal sıcaklık 32 °C'tır. Kaliteli siyah çay üretebilmek için solma sıcaklığı asla 38 °C'ı geçmemelidir (Poudel, 2014; Deb ve Jolvis Pou, 2016; Obanda ve ark., 2004).

Soldurma işlemi doğal yollarla veya kontrollü şartlarda gerçekleştirilir. Doğal yollarla yapılan soldurma işleminde yapraklar kerevetlere m<sup>2</sup>'ye 500-600 gram kadar serilerek soldurmaya bırakılır.

Günümüzde hem standart kalitede siyah çay üretebilmek ve hem de üretimin sürdürülebilirliğini sağlayabilmek amacıyla kontrollü şartlarda yapılan soldurma işlemi yaygın olarak kullanılır. Kontrollü şartlarda soldurma işlemi için tünel tipi soldurma makineleri, döner silindir kazan şeklindeki soldurma makineleri, sabit traflar ve kontinü traflar kullanılır ( Şekil 3). Yaprak serme kalınlığı soldurma makinalarının özelliklerine ve yaş yaprağın içerdiği su oranına göre değişir. Sabit ve kontinü traflarda bu değer 20-25 cm'dir (Ntezimana ve ark., 2021; Tomlins ve Mashingaidze,1997).

İster doğal yolla, isterse kontrollü şartlarda olsun soldurma işlemi yaprağın tipine, yaprağın durumuna (ıslak ve kuru oluşu, zedelenmiş olup olmaması, vs), toplama standardına, serme kalınlığına, solmayı sağlayacak havanın sıcaklığına, debisine ve nem içeriğine, soldurma süresine bağlı olarak değişir.



**Şekil 3.** Kontinü Traflarda Soldurma İşlemi

(Kaynak: Rugabano Tea Factory, 2022)

Dünyada soldurma işleminin elektronik olarak kontrol ve denetlenmesi için hazırlanmış bilgisayar yazılım ve donanımları (TWMAC = Tea Withering Monitoring And Control) kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 4).

Soldurma işlemi sırasında, yaprakta iki şekilde solma oluşmaktadır. Bunlar:

- Fiziksel Soldurma
- Kimyasal Soldurma

#### **10.1.1.1. Fiziksel Soldurma**

Yapraktaki su miktarının arzulanan seviyeye düşürülmesinin sağlanmasıdır. Fiziksel solma sürecini etkileyen başlıca faktörler zaman, sıcaklık ve bağıl nemdir (Obanda ve ark., 2004). Sıcaklık arttıkça süre kısalırken, bağıl nem arttıkça solma süresi uzar. Bu parametreler kullanılarak fiziksel solma süresinin kimyasal solma süresi ile eş zamanlı gerçekleşmesi sağlanır. Solmuş çay yapraklarında su miktarının azalması nedeniyle hücre özsuyunun yoğunluğu artarken, yaprağın kırılmaksızın ağır ağır kıvrılıp bükülmesini ve aynı zamanda hücre özsuyunun yapraktan dışarı çıkmasını kolaylaştıran fiziksel bir ortam oluşur. İçerdikleri suyun bir bölümünü yitiren yaprak hücreleri esnek bir yapı kazanır. Böylece çay yapraklarının kırılıp parçalanması engellenir. % 75-80'den %60-65'e düşen ve konsantrasyonu artan hücre özsuyu kıvrırma işleminde uygulanan basınç nedeniyle yapraktan

dışarı çıkar ve ince bir tabaka halinde çay yapraklarının dış yüzeyini kaplar. Bu esnada siyah çayın nitelik kazanmasında çok önemli olan enzimler de yaprakların yüzeylerine iyi bir şekilde dağılmış olur (Tomlins ve Mashingaidze,1997; Anonymous, 1995a; Anonymous, 1995b).



**Şekil 4.** Çayda Soldurma İzleme ve Kontrol Sistemi (TWMAC)

(Kaynak: Indiamart, 2024)

#### 10.1.1.1.2. Kimyasal Soldurma

Kimyasal solma hasattan hemen sonra başlar. Optimum kimyasal solma süresi 14 saat olup maksimum 18 saat ile sınırlandırılmalıdır. Zira solma süresinin 20 saat ve üzerinde olması, mamül siyah çay kalitesini olumsuz etkiler. Çay sürgünlerinde hasat edilme ile başlayan katabolik değişimler kimyasal soldurma süresince devam eder. Oksijence zengin hava akımına maruz bırakılan yapraklarda, bu süre içinde büyük organik moleküller daha basit yapılara parçalanırlar.

*Solma esnasında başlıca şu kimyasal değişiklikler olur:*

- Yaprığın yapısındaki makromoleküllerin parçalanması ile karbon dioksit ve su açığa çıkar.
- Proteinlerin amino asitlere kısmi parçalanması ile aroma oluşumunun ön maddeleri oluşur.
- Karbonhidratlar basit şekerlere parçalanır. Basit şekerler de amino asitlerle reaksiyona girerek aroma oluşumunda rol alır.
- Enzim aktivitesi artar.
- Çimensi ve çiçeksi aromayı oluşturan uçucu aroma bileşenleri ortaya çıkar.

- Klorofil miktarı azalır.
- Çay deminin dolgunluğuna, canlılığına katkıda bulunan kafein miktarı artar.

Çay yapraklarının protein içeriğinin solma esnasında azaldığı ve çayın hoş koku kazanmasına neden olan serbest amino asit kapsamlarının arttığı saptanmıştır. Yine siyah çayın hoş koku kazanmasına neden olan ketoasitleri ve mevalonik asitin soldurma anında olduğu saptanmıştır. Soldurma esnasında polisakaritlerin parçalanıp, karbondioksitin açığa çıkması sonucu kuru maddede %3- 4 oranında bir azalma görülür. Çay yaprağının %25 civarında olan kuru maddesi de %24'e kadar düşebilir. Polisakaritlerin parçalanması çay yaprağında nişasta ile çözülebilir zatk maddelerinin azalmasına ve şeker miktarının artmasına neden olur. Soldurma anında çayın polifenol kapsamında değişme olmaz. Fakat *polifenol oksidaz* enzim aktivitesi önemli ölçüde artar. Siyah çay için büyük önem taşıyan oksidasyonun oluşmasında *polifenol oksidaz* enziminin rolü bilinmektedir. Soldurma işlemi bu enzimin aktivitesini artırarak başarılı bir oksidasyon işlemi için hazırlar. Mamül çayın nitelik ve tadını olumlu yönde etkileyen kafein oluşumu soldurma anında artarken, organik asit kapsamlarında da artış olmaktadır. İnorganik fosfat miktarı, çay yaprağındaki enzim aktivitesine bağlı olarak artarken klorofil içeriğinde ise parçalanma sonucu % 15 civarında azalma olur. Kısacası siyah çay üretiminde aroma oluşumunda soldurma işlemi büyük önem taşır (Deb ve Jolvis Pou, 2016; Tomlins ve Mashingaidze,1997; Jolvis Pou ve ark., 2019; Jabeen ve ark., 2015).

Soldurma ile hem fiziksel hem de kimyasal reaksiyonlar cereyan ederken yaprağın su içeriği % 15-20 oranında azalır. Ayrıca çay yaprağındaki suyun azaltılması, kurutma verimliliğini artırır ve üretim maliyetini düşürür.

### 10.1.1.2. Kıvrırma İşlemi

Ortodoks imalat yönteminde en belirleyici işlemlerden biri kıvrırma işlemidir. Kıvrırma işlemi iki aşamada gerçekleşir. **Birinci kıvrırma işlemi**, düz kıvrırma makinalarında yapılır (Şekil 5). Bu işlemin amacı solmuş çay yapraklarını presli veya göbekli kıvrırma için hazırlamaktır. Bu ön koşullandırma işlemi esnasında yapraklar hafifçe kıvrılmaya ve yaprağın epidermis hücrelerini birbirinden ayıran duvarlar yıkılmaya başlar. Düz kıvrırma süresi 45-60 dakikadır. Düz kıvrırmadan boşaltılan çay yaprakları



oluşan toprakların parçalanması, yaprakların soğutulması ve oksijenle temas edebilmesi için yaş çay eleğinden veya toprak parçalayıcılardan geçirilerek ikinci kıvırmaya alınır.



**Şekil 5.** Düz Kıvırma Makinaları  
(Kaynak: ÇAYKUR, 2020)

**İkinci kıvırma işlemi** ya presli kıvırma makinelerinde veya göbekli kıvırma makinelerinde yapılır (Şekil 6; Şekil 7). Presli kıvırmada süre 40 dakika iken göbekli kıvırmada 15 dakikadır. Kıvırmadaki çayın sıcaklığı 28-29 °C olmalı, asla 32 °C'yi geçmemelidir. Bu amaçla presli kıvırmadaki yapraklara 5-6 dakika boyunca 200-300 libre'lık (90-135 kg) pres uygulanır. Daha sonra pres kaldırılarak 5-6 dakika boyunca çayın ortam havası ile serinlemesi ve oksijenlenmesi sağlanır. Bu uygulama presli kıvırma işlemi süresince 3 kez tekrarlanır.

*Presli veya göbekli kıvırma işlemlerinin ortak amacı:*

- Hücre zarı ve hücre duvarlarını parçalayarak hücre özsuğunu açığa çıkarmak ve böylece yaprağın epidermis hücrelerinde bulunan *polifenol*

*oksidaz* enzimi ile palisad hücrelerinde lokalize olan polifenollerini hücre özsuyu aracılığı ile bir araya getirmek

- Yaprak hücresi özsuyununun hava ile temasını sağlayarak oksidasyon işlemini başlatmak
- Solmuş yapraklara arzu edilen kıvrımı ve görünümü kazandırmak
- Kıvrılmayan büyük parçaları, daha küçük parçalara ayırmak ve bu şekilde homojen bir görünüm elde edilmesine yardımcı olmaktır. Yapılan bir çalışmada kıvrırma işleminde basınç arttıkça, theaflavinler (TF'ler), thearubiginler (TR'ler) ve theabrowninlerin (TB'ler) önemli ölçüde yükseldiği belirlenmiştir (Zhang ve ark., 2023).



**Şekil 6.** Presli Kıvrırma Makinası  
(**Kaynak:** Indiamart, 2024)

Kıvrırma makinaları ile ilgili en önemli gelişme 1873 yılında tablalı kıvrırma makinasının araştırmacı W. Jakson tarafından icadıdır. Bu makina disk şeklindeki yatay bir tabla ile tabla üzerinde dikey konumdaki silindir kazandan oluşur. Bu silindir kazan üç noktadan krankla yataklanmıştır. Kazan, krankların dönme hareketine bağlı olarak sabit tabla üzerinde devir yapar.

Kazana doldurulan yapraklar tablanın üzerine oturmuşlardır. Kazan dönerken tabla sabit (single action) kaldığından yapraklar tabla yüzeyine sürtünüp kıvrılır (Jolvis Pou ve ark., 2019).

Bugün de aynı prensiple çalışan kıvrırma makinalarının kullanımına devam edilse de, Türkiye dahil bazı ülkelerde hem kıvrırma kazanı, hem de kıvrırma tablası hareketlidir (double action). Dönüş yönleri birbirine ters yöndedir. Bu sayede yaprağın daha etkin şekilde kıvrılması sağlanmış olur.

**Tablo 1.** Kıvrırma Makinalarının Tabla Boyutları, Kapasiteleri ve Güç İhtiyaçları

| Tabla Çapı      | Solmuş Yaprak Kapasitesi (kg) | Kıvrılmış Yaprak Kapasitesi (kg) | Güç İhtiyacı HP |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| 34inch (0.86m)  | 150                           | 166                              | 4.5-8.0         |
| 36 inch (0.91m) | 170                           | 226                              | 7.5-10.0        |
| 40 inch (1.02m) | 215                           | 283                              | 10.0-12.5       |
| 45 inch (1.14m) | 283                           | 375                              | 12.5-15.0       |
| 47 inch (1.19m) | 317                           | 408                              | 15.0-20.0       |

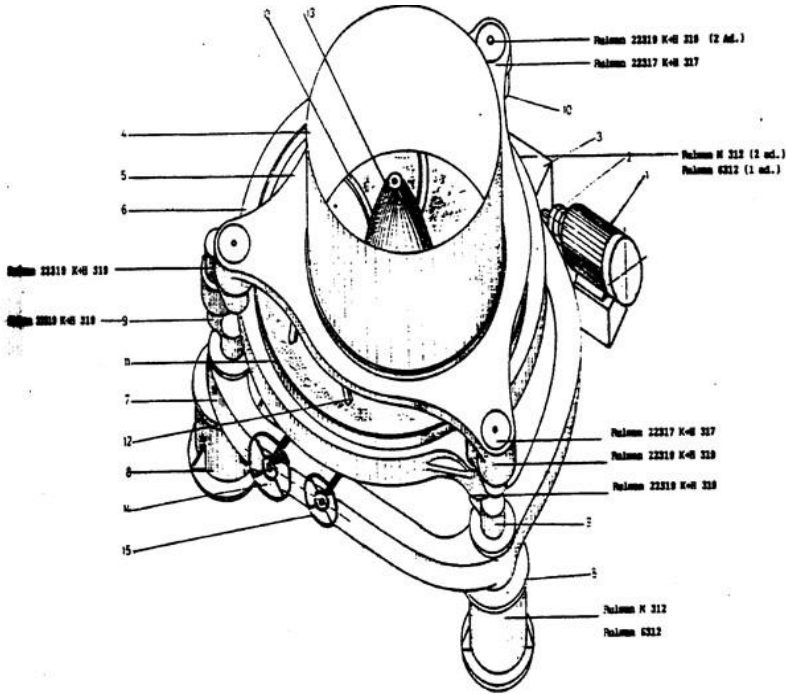
( Kaynak: Ş. ILGAZ, n.d)

Tablo 1’de görüldüğü gibi farklı çapta ve kapasitede kıvrırma makinaları mevcut ise de sanayi tipi üretim yapan yüksek kapasiteli işletmelerde siyah çay üretiminde en yaygın kullanılanlar 45 inch ve 47 inch çaplarındaki tablalara sahip kıvrırma makineleridir.

Özellikle düşük kapasiteli işletmelerde siyah çay üretiminde kullanılan kıvrırma makineleri daha küçük kapasitelidir ve 34 inch veya 36 inch tabla çapına sahiptir. Bu makineler genellikle kıvrırma tablasının sabit, kıvrırma

kazanının hareketli olduğu (single action) makinelerdir. Uzak Doğu ülkelerinde yaygın olarak kullanılır.

Üretim esnasında kıvrırma makineleri her kıvrırma işleminden sonra kıvrılmış yaprakların boşaltılmasının ardından hava kompresörü ile hızlı ve etkin şekilde temizlenir. Aksi takdirde kıvrırma tablasının kenarlarında kalan yapraklar bozularak mikrobiyal ve kalite açısından sorun yaratabilir. Japonlar bu sorunu önlemek ve verimliliği artırmak için kıvrırma kazanının alt kenarlarına kazan hareketine uyum sağlayabilen amortisörlü siliciler eklemiştir.



- |                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1- Tahrik Motoru 11 KW            | 9- Krank                 |
| 2- Yıldız Kaplin                  | 10- Tahrik Krankı        |
| 3- Kazan                          | 11- Muhafaza Çemberi     |
| 4- Kazan Çemberi                  | 12- Ay (Krom)            |
| 5- Ayak ve Krank Bağlantı Gövdesi | 13- Kıvrırma Göbeği (AL) |
| 6- Kıvrırma Tablası               | 14- Göbek Açma Kolu      |
| 7- Kıvrırma Tablası               | 15- Sabitleme Kolu       |
| 8- Ayak                           |                          |

**Şekil 7.** Göbekli Kıvrırma Makinasının Şematik Görünümü  
(Kaynak: M.Bıçakçı, 2002)

### 10.1.1.3. Yaş Çay Eleme İşlemi

Kıvrırma esnasında yaprak kitlesinin tablaya ve kazan cidarlarına sürtünmesi sonucu sıcaklığı yükselir. Aynı zamanda yaprakta devam eden oksidasyon sebebi ile de bir miktar ısı açığa çıkar. Bunun yanısıra kıvrırma esnasında yer yer topraklar meydana gelir. Hem toprakların parçalanması, hem de ısınmış yaprakların soğutulması için kıvrılmış çaylar yaş çay eleklerinden geçirilir. Yaş çay eleklerinin ilk modeli yatayla 20° lik açıya sahip olan ve bir eksen etrafında dönerek çalışan silindirik şeklindeki elekten oluşmaktaydı. Yeni tip yaş çay elekleri (Şekil 8) ise bir krank vasıtasıyla titreşimi sağlanan yatay elek tablası şeklindedir (Anonymous, 1995a; Anonymous, 1995b).



**Şekil 8.** Titreşimli Yaş Çay Eleği  
(Kaynak: M.Bıçakçı, 2002)

### 10.1.1.4. Oksidasyon İşlemi

Uzun yıllar fermentasyon işlemi diye adlandırılmış olan bu işlem, aslında çay yaprağında bulunan polifenollerin oksijenli ortamda ve oksidasyon enzimleri vasıtasıyla yükseltgenmesi işlemidir. Çay yaprağında bulunan ve oksidasyon reaksiyonunu katalizleyerek karakteristik siyah çay aromasının oluşumunu sağlayan iki önemli enzim *polifenol oksidaz* (PPO) ve *peroksidaz* (PO)'dır. Oksidasyon reaksiyonunun arzulanan düzeyde gerçekleşebilmesi için sıcaklık ve bağıl nemin, enzim aktivitesini maksimum düzeye çıkaracak şekilde ayarlanması ve bu seviyede tutulması gerekir. Kıvrılmış çay yaprakları tavalarda, arabalarda, sabit veya hareketli bantlar üzerinde oksidasyon şartları sağlanarak oksidasyona bırakılır (Şekil 9).

Çay yapraklarında altı farklı kateşin çeşidi bulunmaktadır. Bunlar Kateşin (C), Epikateşin (EC), Epikateşin Gallat (ECG), Gallokateşin (GC),

Epigallokateşin (EGC) ve Epigallokateşin Gallat (EGCG)'dır. Kateşinlerin epi- formları da kateşin ile aynı yapısal formüle sahip olmalarına rağmen üç boyutlu modellerine bakıldığında farklı yönelmeler gösterirler. Bu formlar farklı oksidasyon kapasitelerine sahip olup farklı kimyasal davranışlar sergilerler (Anonymous, 1995b; Chen ve ark., 2023).

Oksidasyon işlemi sırasında kıvrılmış çay yapraklarındaki kateşinler *polifenol oksidaz* katalizörlüğünde Orthoquinone adı verilen ve son derece reaktif olan ara bileşenlere dönüşürler. Bunlar da çifter çifter birleşerek daha büyük molekül yapısına sahip Theaflavin (TF)'leri oluştururlar. Böylece altı farklı TF oluşur.



**Şekil 9.** Oksidasyon Ünitesi  
(Kaynak : ÇAYKUR, 2020)

Bunlar :

- EGC + EC --- Theaflavin
- EGCG + ECG --- Theaflavin – 3'-3'- digallate
- EGCG + EC --- Theaflavin -3 –monogallate
- EGC + ECG --- Theaflavin -3' –monogallate
- GC + C --- Neotheaflavin
- GC + EC --- Isotheaflavin 'dir.

Theaflavinler çözeltili halinde iken parlak portakal kırmızısı bir renk gösterirler. Çay deminin niteliği üzerinde olduğu kadar parlaklığı üzerinde de önemli etkiye sahiptir. Bunlar içerisinde theaflavin monogallatlar diğerlerine göre daha parlak ve daha buruk tada sahiptir (Jolvis Pou, 2019; Jolvis Pou, 2016; Stodt ve ark.,2014; Ntezimana ve ark., 2021).

Thearubigin (TR)'ler ise hem kateşinlerin *peroksidaz* enzimi katalizörlüğünde oksidasyonu ile hem de TF'lerden oluşurlar. TR'lerin karmaşık olan kimyası tam olarak tesbit edilememiştir. Ancak TF ve TR kombinasyonunun doğru şekilde oluşması ile çay deminin parlaklık, dolgunluk ve renk değerlerinin oluştuğu bilinmektedir (Anonymous, 1995b; Chen ve ark., 2023).

#### 10.1.1.4.1. Oksidasyonu Etkileyen Etkenler

Çayın oksidasyonuna etki eden etmenlerin başlıcaları oksidasyon süresi, sıcaklık, solma derecesi, çay yapraklarının serilme kalınlığı, ortamdaki O<sub>2</sub> konsantrasyonu, oksidasyon odası koşulları ve diğer etmenlerdir (Jolvis Pou ve ark., 2019).

##### • *Oksidasyon Süresi*

Ortodoks yöntemine göre siyah çayın işlenmesinde kıvrırma dahil oksidasyon süresi genelde 3,5 ile 4 saat arasında değişir. Sürenin gereğinden fazla uzunluğu ya da kısalığı olumsuz etkilere yol açar. Oksidasyon süresi uzadıkça çay deminin burukluğu ve parlaklığı üzerinde etki yapan theaflavin (TF) içeriği azalır. Buna karşın çay deminin renk intensitesine etki yapan thearubigin (TR) içeriği artar. Kaliteli siyah çay üretimi için oksidasyon süresi dikkatle takip edilmelidir. Oksidasyon süresi uzatıldığında çay deminde fazla renk, daha az nitelik, süre kısıtlandığında ise daha az renk daha fazla nitelik oluşur. Bu durum çayda TF ve TR kapsamalarının uygun oranlarda bulunmasını gerektirir. Çayın TR kapsamının artması, yani sürenin uzatılması, TF'nin etkisini göstermesine engel olur ve çay deminin zayıf ve niteliksiz olmasına yol açar. Çay demindeki parlaklık, burukluk, renk ve nitelik dikkate alındığında iyi bir siyah çayda theaflavinlerin (TF), thearubiginlere (TR) oranının 1:10 olması istenir. Oksidasyon süresi ile oluşan aroma bileşiklerinin miktarının arasında da yakın bir ilişki vardır. Oksidasyon süresi uzadıkça, bir

kısım aroma maddeleri artarken, bir kısmı da azalmaktadır (Jolvis Pou ve ark., 2019; Jolvis Pou, 2016; Obanda ve ark.,2001; W. Wang ve ark., 2023).

- **Oksidasyon Sıcaklığı**

Oksidasyon aşamasında oluşan yükseltgenme reaksiyonları enzim aktivitesi için gerekli optimum sıcaklık ile yakından ilgilidir. Başta *polifenol oksidaz* olmak üzere çay yaprağındaki tüm yükseltgenme enzimlerinin aktivite gösterdikleri sıcaklık aralığına göre optimum oksidasyon sıcaklık aralığı belirlenir. Genel olarak çayın oksidasyonu 24°C ile 29°C arasında değişen sıcaklıklarda gerçekleşmektedir (Anonymous, 1995b, Jolvis Pou ve ark., 2019; Obanda ve ark., 2001).

- **Solma Derecesi**

Çay yapraklarının gereğinden fazla soldurulması, oksidasyonu yavaşlatır. Az olan solma ise kıvrırma işleminde yaprak hücre özsuynunun akarak yitmesine sebep olur. Her iki durum da oksidasyon reaksiyonlarını olumsuz etkiler. İdeal solma derecesi kıvrırmadan su akmayacak ve aynı zamanda yaprakta kuruma olmayacak şekilde belirlenir. Uygun olmayan şekilde aşırı solmuş çay yapraklarında optimum enzim aktivitesi için gerekli ortam oluşmaz (Anonymous, 1995a; Jolvis Pou ve ark., 2019).

- **Oksijen(O<sub>2</sub>) Konsantrasyonu**

Oksidasyon işlemi süresince bütün yükseltgenme tepkimelerinin temelini oksijen (O<sub>2</sub>) oluşturmaktadır. Bu nedenle oksidasyon reaksiyonları süresince çay yaprağı parçacıklarının hava ile iyi bir şekilde teması sağlanmalıdır. Polifonellerin, *polifenol oksidaz* enzimi ile yükseltgenmesi ve TF oluşumu için bol miktarda oksijen (O<sub>2</sub>) gereksinimi vardır. Oksidasyon anında oksijenin görevini en yüksek düzeyde yapabilmesi için yapraktaki kıvrırma işleminin iyi yapılmış olması gerekmektedir (Anonymous, 1995a; Jolvis Pou ve ark., 2019; Jolvis Pou, 2016).

- **Çay Yapraklarının Serilme Kalınlığı**

Oksidasyon işleminin başarısı soldurulmuş ve kıvrılmış yaprağın serme kalınlığı ile yakından ilgilidir. Zira bu işlem esnasında yaprakların gereğinden ince serilmesi, oksidasyon esnasında oluşan sıcaklığın kaybolmasına, serme kalınlığının artması ise sıcaklığın istenenden fazla olmasına ve yaprakların



arasından yeterli oksijen geçememesine dolayısıyla her iki durumda da yeterli oksidasyon elde edilememesine sebep olur. Buna göre serme kalınlığının 5-7,5cm arasında olması uygun olur (Anonymous, 1995a; Jolvis Pou ve ark., 2019).

- **Oksidasyon Odası ve Koşulları**

Oksidasyon odasının sıcaklığı 27°C'yi geçmemelidir. Oksidasyon odasında yeterli nemin sağlanamaması halinde ise üretilen çayda suda çözülme-yen siyah kahverengi bileşikler oluşur. Bu nedenle oksidasyon ister arabada, ister hareketli veya sabit teknelerde olsun, yaprağa verilen 24-29°C arasındaki sıcak havanın belli miktarda (%90-95) nem içermesine dikkat edilir (Zhang ve ark., 2023 Stodt, 2014).



**Şekil 10.** Oksidasyon Çıkışı  
(Kaynak: ÇAYKUR, 2020)

- **Oksidasyonu Etkileyen Diğer Etkenler**

Oksidasyona, yeşil çay yaprağının nitelikleri yanında uygulanan kültürel tedbirler ve coğrafi faktörler de etki eder. Çay yaprağının körpe veya kart oluşu, toplama standardı, çay ocağının budanma ve gübreleme durumu, gelişme koşulları, toprağın yapısı, çay yaprağının toplandığı bahçenin denizden yüksekliği gibi etmenler oksidasyona doğrudan veya dolaylı etki

eder. Soldurma ve kıvrıma işlemlerinin iyi yapılıp yapılmaması da oksidasyonu etkiler.

Enzimler yardımı ile bir seri kimyasal tepkimeler sonucu oluşan oksidasyonun tamamlanıp tamamlanmadığı çeşitli şekillerde belirlenir. Çay yapraklarında oluşan aromaya ve renk değişikliğine bakılarak oksidasyonun durumu üzerine karar verilmesi yaygın şekilde uygulanan bir yöntemdir. Fakat kişiden kişiye değiştiği için görecelidir. Oksidasyonun tamamlanıp tamamlanmadığı en iyi ve doğru şekilde theaflavin (TF) ve thearubigin (TR) oranlarının belirlenmesiyle anlaşılmaktadır. Bu oranın 1:10 olması fermantasyonun en iyi düzeyde olduğunu göstermektedir (Jolvis Pou, 2016; Obanda ve ark., 2001; Dong ve ark., 2018).

#### 10.1.1.5. Kurutma İşlemi

Oksidasyonu tamamlanan çaylar bantlarla kurutma bölümüne taşınarak kurutulur (Şekil 10). Kurutma işlemi, enzim aktivitesini durdurarak oksidasyona engel olmak ve mamül çayın kalitesini koruyabilmek ve böylece stabil bir ürün elde edebilmek amacıyla yapılır. Yaş çay yaprağının ağırlıkça %75-80'ini oluşturan su, soldurmada % 15-20 oranında, kurutmada da %55-57 oranında azalarak nihayi üründe %3-4'e düşer. Kurutma işlemi genellikle sonsuz zincir basınçlı (Endless Chain Pressure =ECP) kurutucularda gerçekleştirilir (Şekil 11).



Şekil 11. ECP Kurutucu  
(Kaynak: Indiamart, 2024)

ECP kurutucular 4 feet ve 6 feet olmak üzere iki standart genişlikte üretilmekte ve çay sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kurutma odası IS standartlara uygun yumuşak delikli çelik plakalardan oluşmaktadır. Bu plakalar birbirine geçmiş şekilde ve çayı taşıırken sıcak hava ile buluşturur kurutan formdadır (Şekil 12).

Kurutma işleminin kalitesine etki eden etkenler, kurutma giriş ve çıkış sıcaklığı, kurutma havasının debisi, dış hava sıcaklığı, kurutulacak çayın serme kalınlığı ve kurutmanın süresidir (Anonymous, 1995a; Jolvis Pou ve ark., 2019; Abhiram ve ark., 2023; Panchariya ve ark., 2002).

- ***Kurutma Giriş Çıkış Sıcaklığı***

Kurutma işleminde kullanılan havanın fırına giriş sıcaklığı 95-100 °C ve fırın çıkış sıcaklığı 50-55 °C arasında olmalıdır.

- ***Kurutma Havasının Debisi***

Kurutma havasının debisi, uzaklaştırılacak rutubet miktarına ve seçilecek kurutma süresi ve sıcaklığına göre değişir.

- ***Yaprağın Serme Kalınlığı***

Kurutulacak çay yaprakları, içerdikleri su miktarına, yaprağın kıvrılma durumuna, fırında kalacağı süreye ve kurutmada kullanılan havanın debisine bağlı olarak düzgün bir tabaka oluşturacak şekilde yayılır. Fırın içindeki çayın serme kalınlığı azaldıkça kurutma kalitesi artar.

- ***Kurutma Süresi***

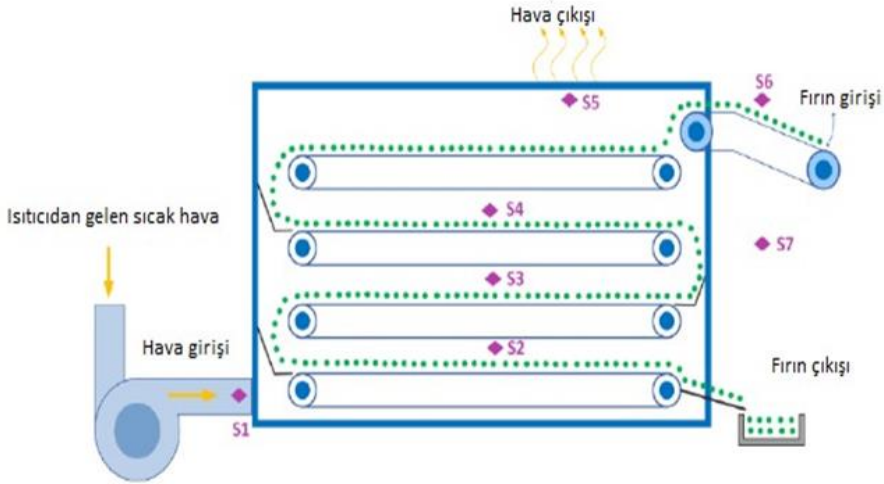
Çay yapraklarının kurutma süresi yaprağın solma derecesine, kullanılan sıcaklık derecesine, yaprağın serme kalınlığına ve kurutmada kullanılan havanın debisine bağlı olarak değişir. Nihayi ürünün rutubeti % 3-4 oluncaya kadar kurutma işlemine devam edilir.

Siyah çay üretiminde kurutma işleminde en yaygın olarak kullanılan fırınlar, 4 feet ve 6 feet genişlikteki fırınlardır. Bu fırınlar normal şartlar altında 400-450 kg/saat su buharlaştırma kapasitesine sahiptirler. Türkiye'de siyah çay üretiminde kullanılan fırınların büyük çoğunluğu 6 feet genişliktedir.

### ***Kurutma İşlemi Esnasında Oluşan Kimyasal Olaylar***

- Kurutma ile PPO ve PO gibi yükseltgenme enzimlerinin inaktive olmaları sonucu biyokimyasal olaylar sonlanır.

- Kurutmada sıcaklığın yükselmesi ile klorofil degradasyona uğrayarak feofitin ve feoforbide dönüşür. Bu durum siyah çay renginin oluşumuna katkı sağlar.
- Sıcaklığın yükselmesi ile proteinler ve polifenoller kompleks kimyasal yapılar oluşturur ve bu reaksiyon çaydaki burukluk düzeyini azaltır.
- Yine yüksek sıcaklıkta karbonhidratlar ve amino asitler arasında oluşan kimyasal reaksiyonlar aroma bileşenlerinin oluşumunu sağlar (Jolvis Pou ve ark., 2019; Abhiram ve ark., 2023; Shengxiao ve ark., 2024)



**Şekil 12.** ECP Kurutucunun Çalışma Prensibinin Şematik Gösterimi. S1:hava giriş sıcaklığı, S2-S4: çay yapraklarının kuruma sıcaklığı, S5: çıkan hava sıcaklığı, S6: giren çay sıcaklığı, S7: ortam hava sıcaklığı

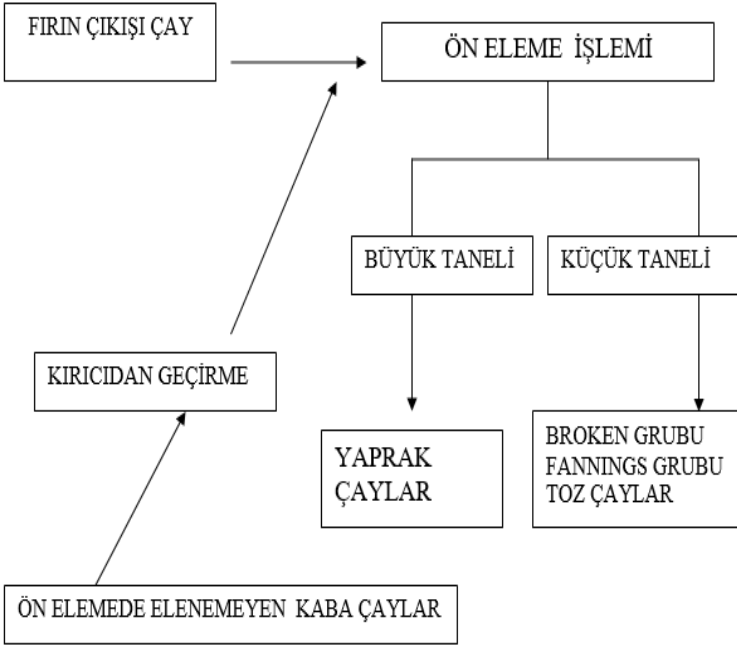
(Kaynak: Abhiram ve ark., 2023)

#### 10.1.1.6. Tasnif İşlemi

Fırın çıkışı çaylar, homojen değildirler. Değişik tanecik büyüklüğüne ve yoğunluğuna sahiptirler. Bunların belli şekilde tasnifi ve standardizasyonu gereklidir. Bu amaçla fırın çıkışı çaylar tasnife tabi tutulur.



**Şekil 13.** Midilton Eleği  
(Kaynak: Indiamart, 2024)



**Şekil 14.** Ortodoks Yöntemle Üretilen Siyah Çaylarda Tasnif Sisteminin Genel Akış Şeması (Kaynak: Ş. ILGAZ, n.d)

Bu amaçla çaylar tasnif sisteminden geçirilerek belli nevilere ayrılır ve tasnifte elenmeyen kaba çaylar kırıcılardan geçirilip kırılarak tekrar aynı tasnif

sisteminden geçirilir (Şekil 14). Bu işlem sonucunda tanecik büyüklükleri aynı fakat kalitesi daha düşük ikinci bir seri daha elde edilir (Baruah, 2015).

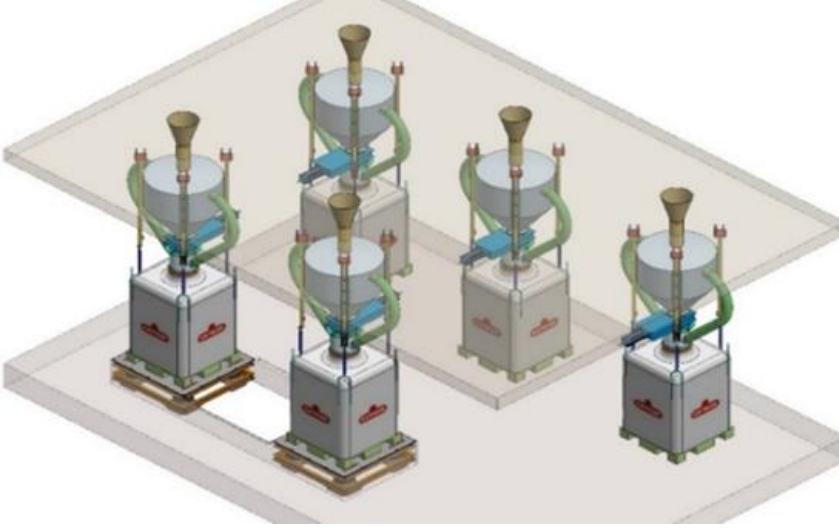
Fırın çıkışı çaylar önce midilton eleklerinden (Şekil 13), daha sonra ise pakka eleklerinden (Şekil 15) elenip en iyi kalitedeki çay neveleri elde edilir. Kalan kaba çaylar ise kırıcılardan geçirilerek tekrar aynı elek numaralı midilton ve pakka eleklerinden elenerek ikinci kalite çaylar elde edilir ve tasnif işlemi tamamlanır.

Tasnif edilen siyah çay neveleri standart torba ağırlıklarına göre kraft torbalarda veya big-bag adı verilen yüksek hacimli çuvallarda (Şekil 16) ambalajlanarak depolanır. Çaylar ya torbalı olarak veya önceden belirlenmiş reçetelere uygun şekilde harmanlanarak paketlenip pazara sunulur.



**Şekil 15.** Pakka Eleği  
(Kaynak: Indiamart, 2024)

Uluslararası ticarete genel kabul gören ortodoks siyah çay sınıflandırması Tablo 2’de verilmiştir. Gerek biyokimyasal kalite değerleri gerekse fiziki görünüş olarak değerlendirildiğinde en yüksek kaliteli çay, yaprak çaylardan olan OP (Orange Pekoe) iken en düşük kaliteli çay toz çay grubundan FD (Fine Dust)’tır.



Şekil 16. Big-baglerin Doldurulması  
(Kaynak: ÇAYKUR, 2023)

Tablo 2. Tasnif İşlemi Sonucu Elde Edilen Ortodoks Siyah Çay Nevileri

| ÇAY NEVİ       | DERECESİ | TERMİNOLOJİ                            |
|----------------|----------|--|
| Yaprak Çay     | FP       | Flowery Pekoe                          |
|                | FTGFOP   | Fine Tippy Golden Flowery Orange Pekoe |
|                | TGFOP    | Tippy Golden Flowery Orange Pekoe      |
|                | TGFOP-1  | Tippy Golden Flowery Orange Pekoe-1    |
|                | GFOP     | Golden Flowery Orange Pekoe            |
|                | FOP      | Flowery Orange Pekoe                   |
|                | OP       | Orange Pekoe                           |
| Broken Grubu   | BOP-1    | Broken Orange Pekoe-1                  |
|                | GFBOP    | Golden Flowery Broken Orange Pekoe     |
|                | BPS      | Broken Pekoe Souchang                  |
|                | GBOP     | Golden Broken Orange Pekoe             |
|                | FBOP     | Flowery Broken Orange Pekoe            |
|                | BOP      | Broken Orange Pekoe                    |
| Fannings Grubu | GOF      | Golden Orange Fannings                 |
|                | FOF      | Flowery Orange Fannings                |
|                | FOPF     | Flowery Orange Pekoe Fannings          |
|                | OPD      | Ortodoks Pekoe Dust                    |

|                             |       |                               |
|-----------------------------|-------|-------------------------------|
| <b>Dust (Toz Çay) Grubu</b> | OCD   | Ortodoks Churamoni Dust       |
|                             | BOPD  | Broken Orange Pekoe Dust      |
|                             | BOPFD | Broken Orange Pekoe Fine Dust |
|                             | FD    | Fine Dust                     |

(Kaynak: Ş. ILGAZ, n.d)

### 10.1.2. CTC ( Crush, Tear & Curl ) Yöntemi

Siyah çay üretiminde diğer yöntem CTC yöntemidir. Bu yöntemin ortodoks yöntemden en temel farkı, presli veya göbekli kıvrırma makineleri yerine, solmuş çay yapraklarına ezme, yırtma ve kıvrırma işlemini gerçekleştiren CTC makinesinin kullanılmasıdır.

CTC yöntemle siyah çay üretiminde işlem basamakları şu şekildedir:

- Soldurma
- Ön Koşullandırma
- CTC İşlemi
- Oksidasyon
- Kurutma
- Tasnif

#### 10.1.2.1. Soldurma İşlemi

CTC yöntemi ile siyah çay üretiminde uygulanan soldurma işlemi, ortodoks yöntemle aynıdır. Tek fark, ortodoks yöntemde soldurma işlemi sonunda yapraktaki özsu % 60-65'e düşürülürken, CTC yöntemde bu oran % 65-70'tir.

Siyah çay üretiminde solma derecesi oksidasyonun başarısını ve siyah çayın kalitesini belirleyen başlıca etkidir. Soldurma işleminde %55 nem içeriği kritik seviyedir. Gerek CTC, gerekse ortodoks yöntemde bu değer %55'in altına düştüğünde PPO enzim aktivitesi düşeceği için kateşinlerin oksidasyonu ve dolayısıyla TF oluşumu azalır. Üretimde yetersiz enzim aktivitesi, üretilen siyah çayın likörünün zayıf olmasına sebep olur (Aağil ve ark., 2023; Mazumder, 2023).

#### 10.1.2.2. Ön Koşullandırma İşlemi

Solmuş çay yapraklarının ön koşullandırması ortodoks yöntemde düz kıvrırma makineleri ile yapılırken, bu işlem CTC yöntemde ya düz kıvrırma



veya rotervan (Şekil 17) kullanılarak gerçekleştirilir. Solmuş çay yapraklarının ön koşullandırması, üretilecek siyah çayın kalitesi üzerinde belirleyici etkiye sahiptir (Jolvis Pou ve ark., 2019; Mazumder, 2023).



**Şekil 17.** Rotervan Makinası  
(Kaynak: Indiamart, 2024)

### 10.1.2.3. CTC İşlemi

Bu işlem için ikili, üçlü veya dörtlü CTC makineleri (Şekil 18) uygun konveyörler kullanılarak birbirine bağlanır. CTC makinası, birbirine ters yönde dönen ve üzerinde helezonik yivler bulunan ve düzgün dairesel hareketler yapan iki paslanmaz çelik tamburdan oluşmuştur. Bu iki tamburun hız diferansiyeli genellikle 1:10 olarak ayarlanır. Yavaş dönen tambur ile hızlı dönen tambur ikilisinin dönme hızı aralığı 70:700 rpm ile 100-1000rpm arasında değişir (Sarkar ve ark., 2016). Genellikle tambur çapları 20,30cm ile 20,95cm arasında değişmekle birlikte son yıllarda çapı 33cm olan tamburlara sahip büyük CTC makinaları kullanılmaya başlanmıştır. Tambur genişlikleri ise genellikle 61 cm ile 91 cm arasında değişir ( Jolvis Pou ve ark., 2019; Nsanabera ve ark., 2024; Deka ve ark., 2021).

Maserasyona hazır hale getirilen çay yaprakları CTC işlemi için konveyör yardımıyla CTC makinesine beslenir. Yaklaşık 0,050mm boşlukla ayarlanmış CTC'den geçirilen çaylar ezilmiş, yırtılmış ve kıvrılmış olup oksidasyon işlemine hazır hale gelir. Genellikle rotervandan geçmiş çay yaprağının boyutu 10 ila 75mm arasında iken, maserasyon sırasında boyutu 0,1 mm'nin altına düşer (Kushwaha ve ark., 2015).



**Şekil 18.** CTC Makinası  
(Kaynak: Indiamart, 2024)

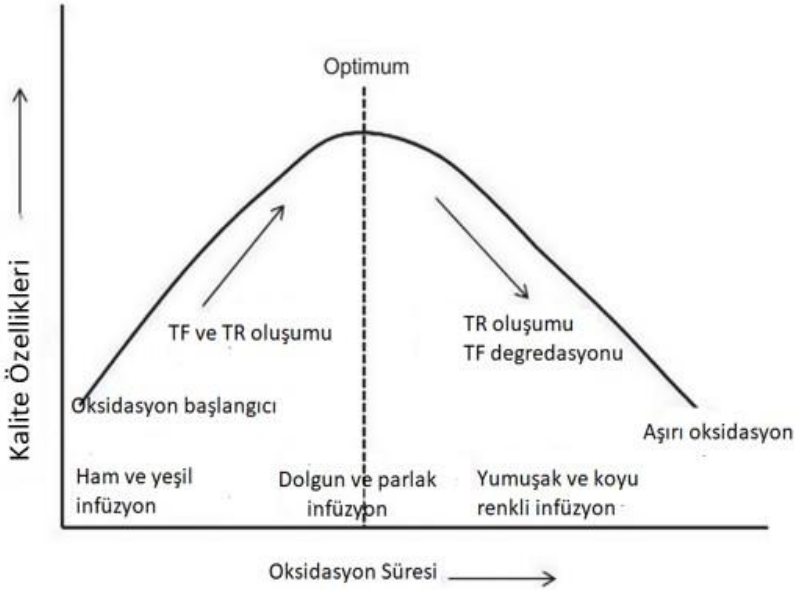
Solmuş yapraklar ön koşullandırma yapılmadan CTC'den geçirilirse yapraklar istenen şekilde kıvrılamaz ve pul pul bir yapıda olur. Bu durumda çay yaprakları istenen düzeyde maserasyona uğrayamadığından bitki hücreleri uygun oksidasyon için yeterli düzeyde atmosferik oksijene maruz kalmaz.

#### **10.1.2.4. Oksidasyon İşlemi**

CTC yöntemle siyah çay üretiminde oksidasyon süresi 55 ila 110 dakika arasındadır ve bu süre ortodoks yöntemle üretime göre daha kısadır. Süre dışında oksidasyon işlem parametreleri, oksidasyona etki eden etkenler ve oksidasyon sırasında meydana gelen biyokimyasal reaksiyonlar ortodoks yöntemle aynıdır. Uygun şekilde soldurulmuş ve ön koşullandırılmış çay yaprakları CTC'den geçirilerek oksidasyonun yapılacağı tünel, oda, sabit veya kontinü bantlardan herhangi birine yayılır ve yaprakların oksijenlenmesi sağlanır. Etki eden tüm etkenler göz önünde bulundurularak oksidasyon enzimlerinin (PPO ve PO) polifenollerini oksitlemesi ve oluşan TF:TR oranının 1:10 'a yakın olması sağlanmalıdır. Bu işlem tıpkı ortodoks yöntemde olduğu gibi 24-29°C arasında gerçekleşmeli, asla 32°C'yi geçmemelidir. Oksidasyonun optimum noktada kesilmesi üretilen siyah çayın kalitesi

üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Aksi halde yetersiz oksidasyon likörde ham tada ve yeşilimsi infüzyon rengine sebep olurken, aşırı oksidasyon istenenden daha yumuşak tada ve aşırı koyu infüzyon rengine sebep olur. Optimum oksidasyon noktasında ise TF:TR oranı 1:10'a en yakındır ve likörde dolgunluk ile infüzyonda parlaklık en üst düzeydedir (Şekil 19). Çayın rengi parlak bakır kırmızısıdır (Deb ve Jolvis Pou, 2016; Fard ve ark., 2015).

Ortodoks yöntemle siyah çay üretiminde Şekil 19'da gösterilen optimum oksidasyon seviyesine 3,5-4 saatte ulaşılabilirken, bu süre CTC yöntemle siyah çay üretiminde yarıya düşer. Bu da işletmelerde karlılığı ve verimliliği artırdığından dünyada çay üretiminde CTC yöntemin giderek daha fazla tercih edilir olmasına sebep olmaktadır.



Şekil 19. Oksidasyon Sürecinde Siyah Çay Kalite Özelliklerinin Gelişimi  
( Kaynak: Deb ve Jolvis Pou, 2016'dan adapte edilmiştir.)

#### 10.1.2.5. Kurutma İşlemi

Kurutma işleminde amaç ortodoks yöntemle üretilen çayların kurutulmasında olduğu gibi enzim aktivitesini durdurmak, paketleme, depolama, pazarlama ve tüketim zincirinde çayın kalitesini korumak ve

stabilitesini sağlamaktır. Kurutma çıkışında ürünün % 3-4 nem içermesi gerekir.

Çay endüstrisinde CTC yöntemle üretilen çayların kurutulmasında hem ECP hem de Şekil 20'de görüldüğü gibi akışkan yataklı kurutucular (Fluidized Bed Dryer = FBD) kullanılır. Bu kurutucuların kurutma hızı yüksek olduğundan kurutma süresi kısadır. FBD kurutucularda kurutmada kullanılan sıcak hava çay partiküllerinin çökme hızından daha yüksek bir hızla ve ters yönde hareket ettiğinden çaylar havada asılı kalarak kurutulur. ECP tipi kurutucularda kurutma sıcaklığı 100 °C iken FBD tipi kurutucularda kullanılan sıcaklık 140 °C'dır.



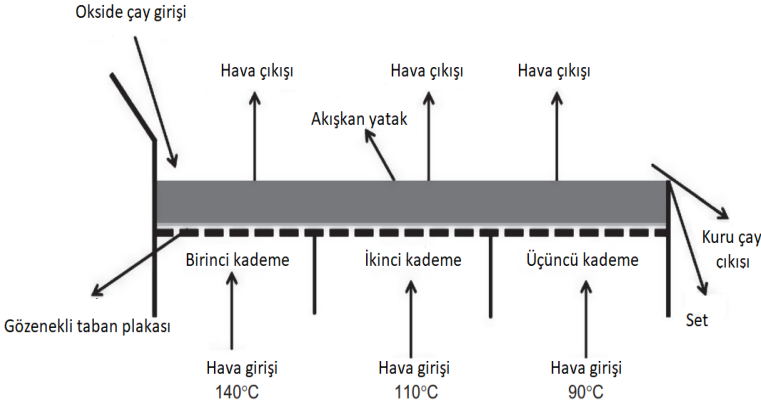
**Şekil 20.** FBD Kurutucu  
(Kaynak: Lalanenergy, 2024)

Ancak 140 °C gibi yüksek sıcaklıkta kurutma işlemi sırasında, bazı uçucu aroma bileşiklerinin miktarının azalması ve niteliklerinin bozulma olasılığı vardır (Teshome ve ark., 2013). Bu sebeple araştırmacılar kurutma işlemini gerçekleştirmek için alternatif yöntemler aramaktadır. Yapılan araştırmaların sonuçlarına göre dondurarak kurutma, vakumlu kurutma, mikrodalgalı kurutma ve radyo frekansı kurutma, çay yapraklarının düşük sıcaklıkta kurutulmasının başarılı bir şekilde gerçekleştirilebileceği yöntemlerden bazılarıdır (Konar ve ark., 2012; Lee ve ark., 2015; Y. Wang ve ark., 2013). Ancak bu teknolojilerin endüstriyel ölçekte daha geniş

uygulamaları henüz gerçekleştirilememiştir. Halen çay sanayinde en çok ECP ve FBD kurutma yöntemleri kullanılmaktadır.

Akışkan yataklı kurutucu (FBD) kullanarak kurutma işlemi yapılırken, daha kaliteli ve etkin kurutma sağlayabilmek için genellikle üç aşamalı sıcaklık uygulaması yapılır (Şekil 21). Bu aşamalarda sıcaklık her kademedede düşürülerek yüksek sıcaklığın olumsuz etkileri azaltılmaya çalışılır. Buna göre birinci aşamada 140 °C, ikinci aşamada 110 °C ve üçüncü aşamada 90 °C sıcaklık kullanılır.

Kurutma işlemine etki eden etkenler, ortodoks yöntemde belirtilenlerle aynıdır.



**Şekil 21.** Üç Aşamalı Akışkan Yataklı Kurutucunun (FBD) Şematik Görünümü  
(Kaynak: Jolvis et al.,2019)

### 10.1.2.6. Tasnif İşlemi

CTC yöntemle üretilen siyah çaylarda partikül boyutları daha küçük ve kurutulmuş çay daha homojen görünümündedir. CTC çayların özellikle dust ve fannings grubuna girenler daha küçük partikül boyutuna sahip olduklarından demlik poşet (teapot) ve fincan poşet (teabag) üretimine daha uygundur. Zira bu çayların infüzyon kabiliyeti yüksek olduğundan hızlı dem verirler.



**Şekil 22.** Vibrasyonlu Tasnif Eleği  
(**Kaynak:** Indiamart, 2024)

CTC çayların partikül boyutları küçük olduğundan tasnifinde vibrasyonlu elek (Şekil 22) kullanmak daha verimlidir. Hem zamandan tasarruf sağlar, hem de enerji kullanımı pakka eleklerinin kullanıldığı sistemden daha düşüktür. Ancak verimli bir sınıflama için standarta uygun hasat zorunludur. CTC çayların tasnifinde Tablo 3'te görüldüğü gibi yaprak çay grubu yoktur. Üretim şekli gereği tasnifte kırıcı kullanılmaz (Şekil 23).

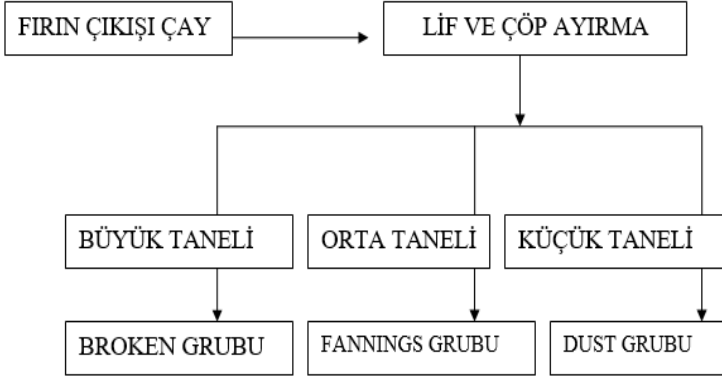
**Tablo 3.** Tasnif İşlemi Sonucu Elde Edilen CTC Siyah Çay Nevileri

| ÇAY NEVİ              | DERECESİ | TERMİNOLOJİ           |
|-----------------------|----------|-----------------------|
| <b>Broken Grubu</b>   | BP       | Broken Pekoe          |
|                       | BOP      | Broken Orange Pekoe   |
|                       | BPS      | Broken Pekoe Souchang |
| <b>Fannings Grubu</b> | OF       | Orange Fannings       |
|                       | PF       | Pekoe Fannings        |
|                       | PF-1     | Pekoe Fannings-1      |

|                            |      |                |
|----------------------------|------|----------------|
| <b>Dust(Toz Çay) Grubu</b> | PD   | Pekoe Dust     |
|                            | PD-1 | Pekoe Dust-1   |
|                            | CD   | Churamoni Dust |
|                            | D    | Dust           |
|                            | D-1  | Dust-1         |
|                            | RD   | Red Dust       |
|                            | FD   | Fine Dust      |

(Kaynak: Ş.İlgaz, n.d)

CTC siyah çaylar da ortodoks çaylar gibi tasnif edilip neville itibariyle standart torba ağırlıklarına göre kraft torbalarda veya big-bag adı verilen yüksek hacimli çuvallarda ambalajlanarak depolanır. Bu çaylar ya torbalı olarak veya önceden belirlenmiş reçetelere uygun şekilde harmanlanarak paketlenip pazara sunulur ( Mazumder, 2023; Sarkar ve ark., 2016).



**Şekil 23.** CTC Yöntemle Üretilen Siyah Çaylarda Tasnif Sisteminin Genel Akış Şeması (Kaynak: Ş.İlgaz, n.d)

### 10.1.3. Modifiye Yöntemler

Dünyada temel olarak kullanılan ortodoks ve CTC siyah çay üretim yöntemleri 10.1.1 ve 10.1.2’de verilmiştir. Bu iki temel yöntem iklim ve toprak şartlarının, hasat standartının ve hasat süresinin, işleme şartlarının farklılığına ve hitap ettiği ana tüketici kitlesinin damak tadına bağlı olarak farklı ülkelerde farklı şekillerde modifiye edilmiştir. Ortodoks veya CTC üretim yöntemlerinin

temel üretim mantığına bağlı kalmak koşulu ile modifiye edilmiş yöntemlerin ilki ve en önemlisi Çaykur Yöntemi ile siyah çay işlenmesidir.

### 10.1.3.1. Çaykur Yöntemi

Türk çay sektörünün öncü kuruluşu olan Çaykur 1938 yılından bugüne faaliyetlerini çay yetiştiriciliği, üretimi, paketlenmesi, pazarlanması ve Ar & Ge alanlarında aralıksız sürdüren bir kamu kuruluşudur. Türkiye’de 1984 yılına kadar çay sektörünün tekeli tek otorite olan Çaykur’un elinde iken 1984’te özel sektörün de devreye girmesi ile sektörün her alanında lider kuruluş olarak faaliyetlerini sürdürmeye başlamıştır. Çaykur halen ürettiği çayı kendi tesislerinde paketleyen ve pazarlama ağı sayesinde yurt içi ve yurt dışına pazarlayan ve günlük yaş çay işleme kapasitesi 9000 ton/gün’ün üzerinde olan dünyadaki tek kuruluştur.

Türk çay sektörünün en deneyimli ve güçlü kuruluşu olması sebebi ile sektördeki sorunları çözmede ve yeni teknolojiler kullanmada da öncü rolünü sürdürmektedir. Çaykur, yaş çay yaprağı işleme kapasiteleri 100 ila 360 ton/gün arasında değişen 49 yaş çay fabrikasında daha kaliteli ve daha verimli üretim yapabilmek için gerek ortodoks ve gerekse CTC yöntemle siyah çay işlemede bazı modifikasyonlar yapmıştır. Bu yöntemler *Kıvrırma Esaslı Çaykur Yöntemi* ve *CTC Esaslı Çaykur Yöntemi* olarak bilinmekte ve Türk çay sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (ÇAYKUR, 2023).

*Kıvrırma Esaslı Çaykur Yönteminde* ortodoks yöntemden farklı olarak solmuş çay yapraklarını ön koşullandırmak amacıyla hem düz kıvrırma hem de rotervan kullanılır. Ortodoks yöntemde ise ya düz kıvrırma veya rotervan kullanılır. Ayrıca ortodoks yöntemde presli veya göbekli kıvrırmadan sonra kıvrılmış yapraklar yaş çay eleğinden geçirilerek oksidasyon işlemine tabi tutulurken, Çaykur yönteminde presli veya göbekli kıvrırmadan sonra yaş çay eleğinden geçirilen çay yaprakları tekrar rotervandan geçirilir ve daha sonra yaş çay eleğinden geçirilerek oksidasyona alınır.

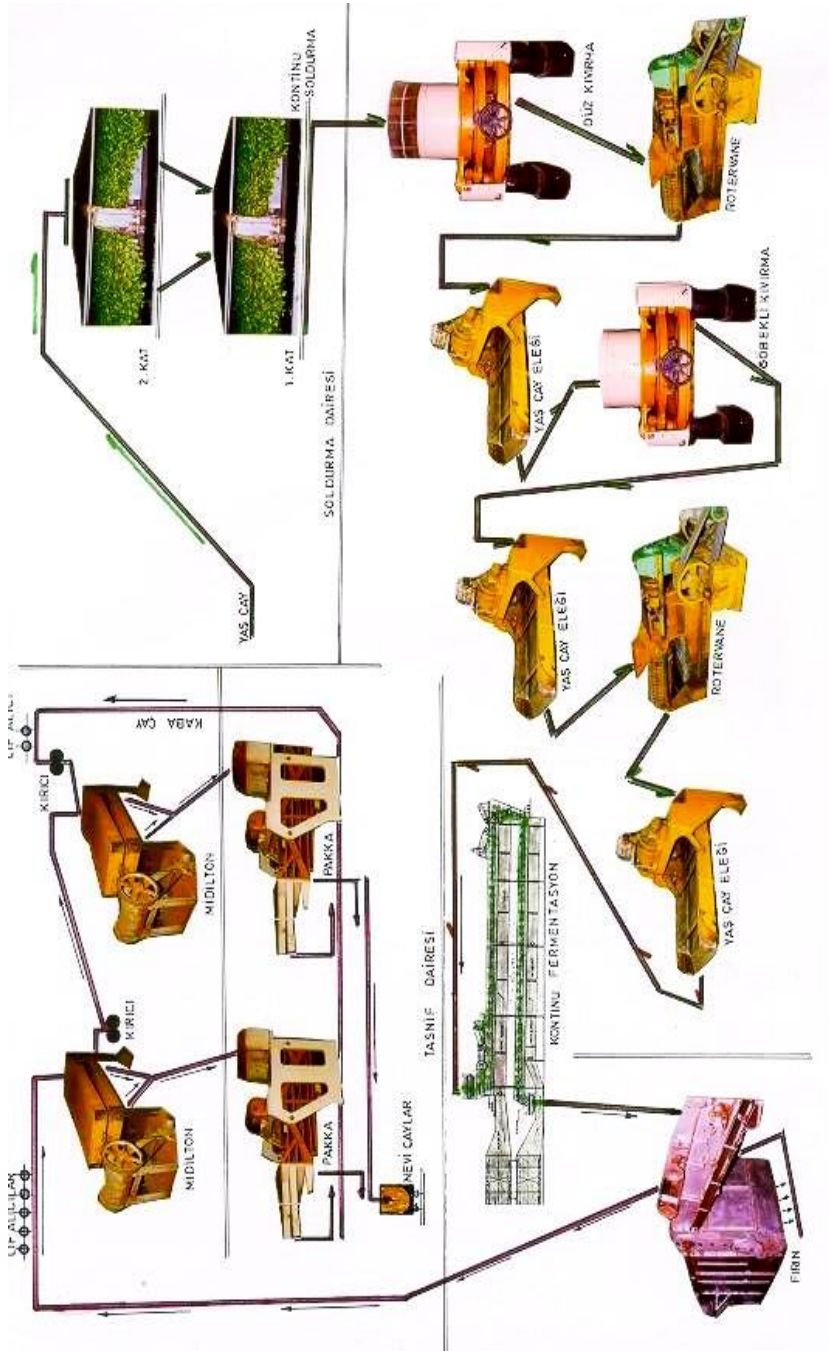
Kıvrırma esaslı Çaykur yöntemi kullanarak siyah çay üretim akış şeması Şekil 24’te gösterilmiştir.

*CTC esaslı Çaykur yönteminde* ise CTC yöntemle siyah çay üretiminden farklı olarak solmuş çay yapraklarının ön koşullandırmasında hem düz kıvrırma, hem de rotervan kullanılır. Halbuki CTC yöntemle siyah çay

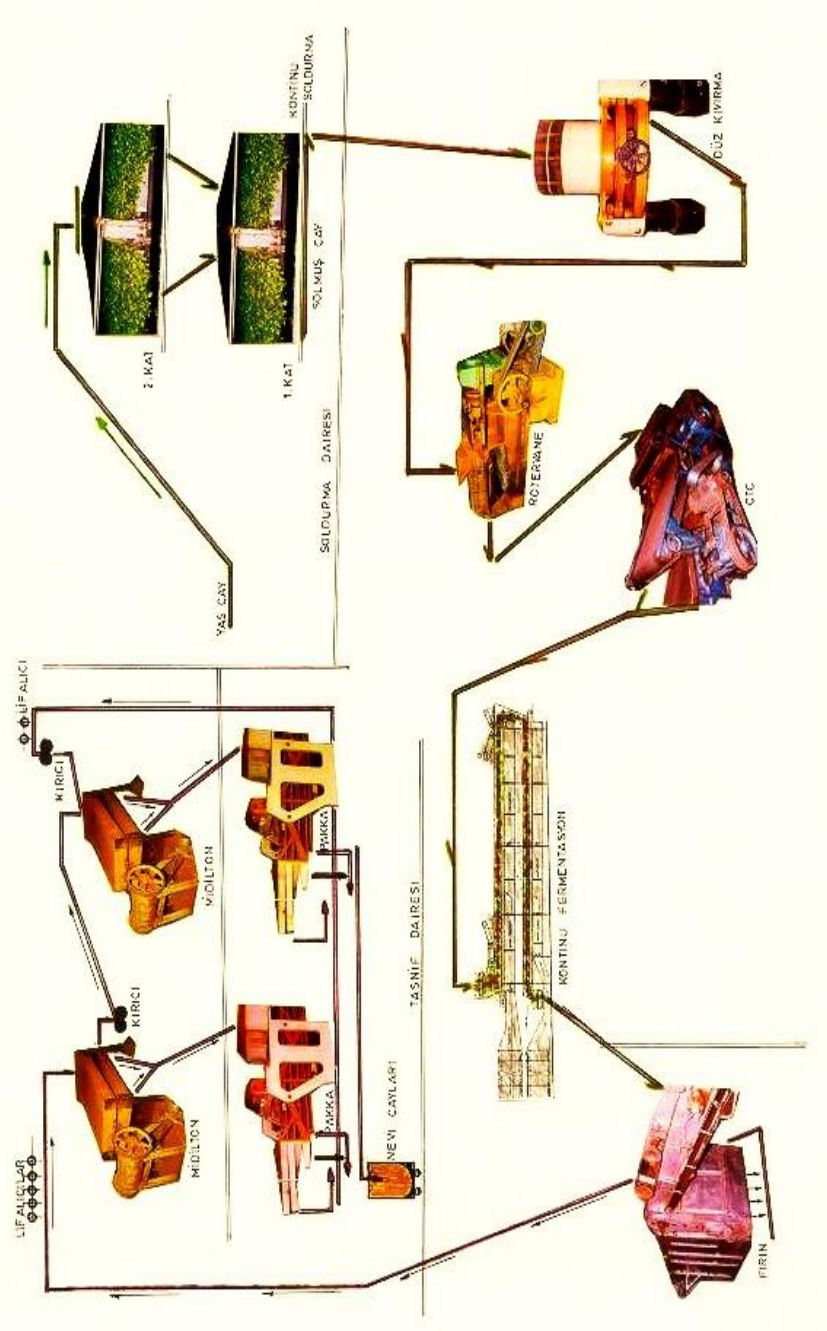


üretiminde solmuş yaprağın ön koşullandırması için ya düz kıvrırma veya rotervan kullanılır.

CTC esaslı Çaykur yöntemi kullanarak siyah çay üretim akış şeması Şekil 25'te verilmiştir (Bıçakçı, 2002). Şemadan da görüldüğü gibi soldurma teknelerinde solma işlemi tamamlandıktan sonra yapraklar düz kıvrırma makinesine yüklenir. 45-60 dakika ön koşullandırma amacıyla kıvrılır. Düz kıvrırmadan çıkan yapraklar, rotervandan geçirilerek CTC ünitesine yönlendirilir. CTC'den geçerken yapraklar istenen partikül boyutuna getirilir ve aynı zamanda ezilip kesilerek özsuynun yaprak yüzeyini kaplaması sağlanır. Oksidasyona hazır hale getirilen yapraklar kontinü oksidasyon ünitesinde 90-120 dakika süre ile oksidasyona bırakılır. Oksidasyon süresi dolan çaylar kurutulup tasnif edilir. Tasnif sistemi kıvrırma esaslı yöntemle aynıdır. Fırın çıkışı çaylar önce midiltondan, daha sonra pakka eleğinden elenerek tasnif edilir.



Şekil 24. Kıvrırma Esaslı Çaykur Siyah Çay Üretim Yöntemi  
(Kaynak: Bıçakçı, M. 2002)



Şekil 25. CTC Esaslı Çaykur Siyah Çay Üretim Yöntemi  
(Kaynak: Bıçakçı, M. 2002)

**Tablo 4.** Çaykur Yöntemi ile Üretilen Siyah Çay Nevileri

| ÇAY NEVİ | DERECESİ       | TERMİNOLOJİ                  |
|----------|----------------|------------------------------|
| 1        | İmalat kırığı  | Orange Fannings (OF)         |
| 2        | İmalat kırığı  | Broken Orange Pekoe-1 (BOP1) |
| 3        | İmalat kırığı  | Orange Pekoe (OP)            |
| 4        | Kırmadan geçen | Fannings (F)                 |
| 5        | Kırmadan geçen | Broken Orange Pekoe-2 (BOP2) |
| 6        | Kırmadan geçen | Broken Pekoe (BP)            |
| 7        | Toz Çay        | Dust (D)                     |

(Kaynak: ÇAYKUR, 2023)

Çaykur'un geliştirdiği ve 2015 yılına kadar kullandığı siyah çay nevelerinin sınıflaması Tablo 4'te verilmiştir. Halen Türkiye'de bu tasnif sistemine göre üretim yapan işletmeler olsa da Çaykur kendi tasnif sistemini 2015 yılında modifiye etmiştir. Modifiye sistemde nevelerden 1 nolu olan aynen kalırken, 2+3 nolu neveler birleştirilerek 2 nolu olarak adlandırılmış, 5+6 nolu neveler birleştirilerek 3 nolu ve 4+7 birleştirilerek 4 nolu olarak adlandırılmıştır (ÇAYKUR, 2023).

### 10.1.3.2. Diğer Modifiye Yöntemler

Bazı çay üreticisi ülkelerde özellikle CTC siyah çay üretiminde solmuş çay yapraklarının ön koşullandırılmasında düz kıvrırma veya rotervan yerine Barbora Yaprak Şekillendirici (Barbora Leaf Conditioner = BLC) veya Yaprak Parçalayıcı ( Leaf Shredder =LS) kullanılmaktadır.

Yine siyah çay üretiminde CTC makinasının kullanıldığı bir başka modifiye yöntemde ise işlem basamakları sırasıyla Soldurma → Düz Kıvrırma veya Rotervan → Oksidasyon → CTC → Kurutma → Tasnif şeklindedir (Jolvis Pou ve ark., 2019).

## 10.2. YEŞİL ÇAY ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Yeşil çay, *Camellia sinensis* çay bitkisinin tepe tomurcuğu ve onu takip eden iki yaprak esasına göre hasat edilmiş taze sürgünlerinden üretilen okside olmamış bir çay çeşididir. *Camellia sinensis* bitkisinin bilinen

varyetelerinden *C. Sinensis var. sinensis* küçük yapraklı yapısı ve tatlımsı yumuşak lezzeti ile yeşil çay üretimi için en ideal varyetedir. Dünyada ilk kez Çin'de üretilen, MS 800'lü yıllarda Çin'den Japonya'ya getirilen yeşil çayın, o yıllarda da güçlü bir ilaç ve sağlıklı bir içecek olarak tüketildiği bilinmektedir. Daha sonraki yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar, yeşil çayın insan sağlığı açısından mucizevi bir içecek olduğunu göstermiştir (Lu ve ark., 2016; Mao, 2013).

Dünyada yeşil çay üretimi ve ihracatı özellikle Çin, Japonya, Endonezya, Vietnam, Hindistan tarafından yapılmaktadır. En büyük yeşil çay üreticisi ülke Çin olup 2022 yılında üretimi 2,1 milyon tondur. Bunu 99.000 ton ile Vietnam ve 72.000 ton ile Japonya izlemektedir. Endonezya'nın üretimi ise 35.000 tondur. Dünyada toplam yeşil çay üretimi 2022 yılı rakamlarına göre 2,3 milyon ton olup bunun 407.000 tonu ihraç edilmektedir. Yeşil çay ihracatında da benzer biçimde Çin 311.000 ton ile dünyada lider konumdadır. Bunu sırasıyla Vietnam ve Endonezya izlemektedir (Anonymous, 2024).

Türkiye'de en büyük yeşil çay üreticisi olan Çaykur 2023 yılı itibariyle 116 ton yeşil çay üretmiş olup bunun 32 tonu organik yeşil çaydır (ÇAYKUR, 2023).

Dünyada tüketimi hızla artmakta olan yeşil çayın ülkemizde de pazar payı her geçen gün artmaktadır. Türkiye çaycılığına katkıda bulunmak ve Türk insanını yeşil çayla tanıştırmak amacıyla 2003 yılında Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü' ne bağlı Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü bünyesinde " Türk Yeşil Çayı Üretim Projesi" hayata geçirilmiş, Çaykur Taşlıdere Çay Fabrikasında kurulan pilot tesiste 2003 yılında deneme üretimleri gerçekleştirilmiştir. Çaykur'un kendi teknik altyapısı kullanılarak dizayn edilen pilot ölçekli üretim hattında yapılan denemelerin sonuçları değerlendirilmiş, başarılı bulunarak yeşil çay üretimine karar verilmiştir.

2004 yılında aynı fabrikada 20 ton kapasiteli yeşil çay işleme tesisi kurulmuştur. Halen Çaykur'a bağlı Cumhuriyet Çay Fabrikası bünyesinde bulunan yeşil çay işleme tesisinde üretime devam edilmektedir.

Yeşil çay üretiminde kullanılacak çay yapraklarının özenle toplanıp zedelenmeden ve bekletilmeden fabrikaya getirilmesi gerekir (Şekil 26). Aksi halde yaprakta oksidasyon başlayacağı için istenen kalitede yeşil çay üretilemez.



**Şekil 26.** Yeşil Çay Üretimi İçin *Camellia sinensis* Bitkisinin İdeal Hasat Biçimi (Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

Dünyada temel olarak iki yeşil çay üretim metodu mevcuttur. Bunlardan biri Japon usulü yeşil çay işleme metodu, diğeri ise Çin usulü yeşil çay işleme metodudur. Bu iki metod arasındaki temel fark, oksidasyon enzimlerinin inaktivasyon işlemindedir. Enzim inaktivasyonu için Japon usulünde buharla şoklama (*Steaming*) işlemi uygulanırken, Çin usulünde kuru sıcak hava ile şoklama (*Pan – Firing*) işlemi uygulanır. Kuru sıcak hava ile şoklanmış (pan – fired) çaylar kavrulmuş aromaya sahiptir ve bu çayların aroması buharla şoklanan (steamed) çaylardan daha yoğundur.

### 10.2.1. Çin Usulü Yeşil Çay Üretim Yöntemi

Dünyadaki en eski çay üretim yöntemidir. Yeşil çayın anavatanının Çin olduğu ve diğer çay çeşitlerinden daha eski bir tarihe sahip olduğu düşünüldüğünde çay ile ilgili ilk kitabın yeşil çay hakkında yazılmış olması yadırganamaz. Çinli yazar ve çay uzmanı *Lu Yu* (Şekil 27) MÖ 760-762 yılları arasında çay bitkisinin botanik özellikleri, yeşil çayın üretimi, demlenmesi, saklanması, depolanması ile yeşil çayın sağlığa yararlarını anlatan ve orijinal adı *Cha Jing* olan çayla ilgili ilk kitabı yazmıştır. O tarihten bu güne üretimde



teknolojiye dayalı gelişme ve değişimler olsa da üretimin temel mantığı değişmemiştir (Zhen, 2002).



Şekil 27. Çinli Yazar ve Çay Uzmanı Lu Yu'ya Ait Heykel -Hangzhou Ulusal Çay Müzesi, 2017 ( **Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

Çin'in geleneksel yeşil çay üretim kültüründe çay yaprakları tepe tomurcuğu ve açılmamış bir yaprak olacak şekilde özenle toplanıp bambu tepsilere yayılır ve odun ateşi veya elektrikle ısıtılan özel içbükey tavalarda (Şekil 28) şoklanır. Bu işlem sırasında bir yandan enzim inaktivasyonu gerçekleşirken, diğer yandan elle kıvrırma, şekillendirme ve kurutma işlemleri bir arada yapılır. Bu tip çaylara Longjing (Dragon well) diye bilinen yeşil çay en iyi örnektir.

Elle tavalama yöntemi ile yeşil çay üretimi, Çin kültüründe ve turizminde çok özel bir yere sahiptir. Çin'de turizme açık çay köylerinde

ziyaretçiler hem tavalama yöntemi ile yeşil çay üretimini deneyimleyip hem de tatma ve satın alma fırsatı bulmaktadır.

Dünyanın en büyük yeşil çay üreticisi olan Çin, seri üretim yapabilmek için teknolojinin imkanlarından yararlanarak fabrikasyon üretime başlamıştır.



**Şekil 28.** Çin'de Geleneksel Yeşil Çay Üretimi  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

Çin usulü yeşil çay üretiminde işlem basamakları;

- Kuru Sıcak Hava ile Şoklama
- Kıvrırma /Şekillendirme
- Kurutma
- Tasnif şeklindedir (Gökalp ve Çeper Ilgaz, 1990).

### 10.2.1.1. Kuru Sıcak Hava ile Şoklama İşlemi

Şoklama işlemi yeşil çay üretiminin en karakteristik işlemi olup çayların yüksek sıcaklıkta kısa süre ısıtılmasına tabi tutulması sebebi ile bu ifade kullanılmıştır. Çin usulü yeşil çay üretiminde şoklama işlemi iç sıcaklığı 150-



200°C olan döner tamburlu şoklama makinalarında (Şekil 29) yapılır. Bu makinaların dış kazan sıcaklığı 250-300°C'ye kadar çıkar (Ahmed ve Stepp, 2013; Zhen, 2002).



**Şekil 29.** Kuru Sıcak Hava ile Şoklama (pan-firing) İşlemi  
(**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

Kazan içine konan çayın miktarı, toplama standardı, uygulanan sıcaklık, kazanın devir sayısı (rpm) ve tüketici tercihlerine bağlı olarak değişmekle birlikte şoklama süresi yaklaşık 4-6 dakikadır. Şoklamanın optimizasyonu işletme bazında yapılmalıdır. Şoklamada amaç oksidasyon enzimlerinin özellikle de PPO'nun inaktivasyonudur. Ancak enzimler inaktive edilirken yapraktaki diğer bileşenlerin korunabilmesi için ısıl işlemin mümkün olan en kısa sürede tamamlanması ve şoklanan yaprakların hızlı bir şekilde soğutulması gereklidir.

Pan- firing yöntemi ile üretilen yeşil çayların aroması, kuru sıcak hava kullanıldığından pirol ve pirazin türevlerince zengindir ve steaming yöntemi ile üretilen çaylardan daha yoğun ve kavrulmuş bir aromaya sahiptir ( Yamanishi ve ark., 1988).

### 10.2.1.2. Kıvrırma & Şekillendirme İşlemi

Şoklanarak oksidasyon enzimlerinin aktiviteleri durdurulduktan sonra soğutulmuş çay yaprakları siyah çay üretiminde kullanılanlarla kıyaslandığında daha düşük kapasiteli olan presli kıvrırma makinalarında (Şekil 30) kıvrırma

işlemine tabi tutulur. Kıvrırma süresi şartlara bağılı olsa da yaklaşık 40 dakikadır.

Yeşil çay üretiminde kullanılan kıvrırma makinelerinde genellikle kıvrırma tablası sabittir. Sadece kıvrırma kazanı hareket halindedir. Yani bu kıvrırmalar single action diye bilinen tek etkili makinelerdir.



**Şekil 30.** Küçük Kapasiteli Presli Kıvrırma Makinesi  
(Kaynak: Xiamen Kuntuo, 2024)

### 10.2.1.3. Kurutma İşlemi

Kurutma işlemi iki kademede gerçekleştirilir. İlk kurutma işlemi 110-120 °C sıcaklıkta 20 dakika, ikinci kurutma işlemi ise 80 °C sıcaklıkta 1saattir. İlk kurutma işlemi döner kurutucularda (Şekil 31), nihayi kurutma işlemi ise tepsili kurutucularda ( Şekil 32) yapılır.



**Şekil 31. Döner Kurutucu**  
(Kaynak : CHAMA, 2024)



**Şekil 32. Tepsili Kurutucu**  
(Kaynak: CHAMA, 2024)

Son yıllarda yeşil çay üretimi yapan daha yüksek kapasiteli işletmeler kurulmuş ve kapasiteye cevap verecek sonsuz zincir basınçlı (ECP) kurutucular, mikrodalga kurutucular ( Şekil 33) da kullanılmaya başlanmıştır.



**Şekil 33.** Mikrodalga Kurutucu  
(Kaynak: Jinan FLD, 2024)

#### 10.2.1.4. Tasnif İşlemi

Kurutulan çaylar önce elenerek standart partikül boyutuna getirilir. Daha sonra winnowerdan (Şekil 34) geçirilerek özgül ağırlık esasına göre sınıflandırılır. Son olarak yeşil çayın renginde homojen ve parlak bir görünüm sağlamak için cilalama makinasında cilalanır.



**Şekil 34.** Winnower Tasnif Sistemi  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş.ILGAZ)

Tasnif edilen çaylar, paketlenip pazarlanmaya hazır hale getirilir. Bu üretim yöntemi ile üretilen Çin yeşil çaylarının nevelerinden bazıları Gunpowder, Chun-mee, Young Hyson, Sow-mee, Fong-mee, Fanning ve Dust'tır (İlgaz, 1992).

### 10.2.2. Japon Usulü Yeşil Çay Üretim Yöntemi

Japonya'da yeşil çay üretiminde kullanılan çay bitkisi gölgelendirilmiş koşullarda yetiştirilmekte, klorofil, kafein ve amino asit miktarı yüksek, polifenol miktarı düşük çay sürgünleri elde edilmektedir (Wickreimasinghie, 1968).

Üretim için hasat edilen yaş çay yaprakları üretime alınıncaya kadar ön koşullandırma amacı ile yaş çay depolama ünitesine (Şekil 35) alınır. Bu ünite hareketli perfore plakalı zemine sahip 2-3 katlı olup, yüklenen taze çay yapraklarının ısınmasını ve nem kaybını engelleyecek düzeneğe sahiptir. Çay yaprakları enzim inaktivasyonuna kadar bu üniteye 3 ila 8 saat boyunca yüksek nem ve soğuk havada tutulduğunda yaş çay yaprak tazeliğini ve kalitesini korur.



Şekil 35. Yaş Yaprak Depolama Ünitesi  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ )

Japon usulü yeşil çay üretiminde işlem basamakları şu şekildedir:

- Buharla Şoklama (Steaming) İşlemi

- I. Kıvrırma-Kurutma İşlemi
- II. Kıvrırma İşlemi
- II. Kurutma İşlemi
- Son Kıvrırma İşlemi
- Son Kurutma İşlemi
- Tasnif

### 10.2.2.1. Buharla Şoklama ( Steaming) İşlemi

Çay yaprakları şoklama makinesinin (Şekil 36) içinden helezon yardımı ile geçerken 15-20 saniye süre ile buhara maruz bırakılarak enzim aktivitesi durdurulur. İsteğe bağlı olarak derin şoklama (deep steaming) da yapılabilir. Bu durumda süre 30-40 saniyeye uzar. Eğer yaprak çok taze ise ve uçucu aroma bileşenleri korunmak isteniyorsa hafif şoklama, tatlımsı, hafif buruk tat isteniyorsa derin şoklama yapılır.

Sürenin pan-firing yöntemine göre çok daha kısa olma sebebi buhar sayesinde ısı penetrasyonunun çok hızlı ve homojen oluşudur. Şoklanan yapraklar çok hızlı bir şekilde soğutulur. Bu işlem şoklama çıkışındaki soğutma ünitesinde fanlar yardımı ile gerçekleştirilir.



Şekil 36. Buharla Şoklama ( Steaming) Makinesi  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

### 10.2.2.2. I.Kıvrırma-Kurutma İşlemi

Soğutulan yapraklar kıvrırma ve kurutma işleminin birlikte yapıldığı makinelerde ( Şekil 37) ön kurutma ve kıvrırmaya tabi tutulur. Bu işlem 55-60



dakika süre ile çaydaki su oranı %50'ye düşüncüye kadar devam eder. Bu işlem basamağı, şoklanmış çay yapraklarını kıvırmaya hazırlayan ön koşullandırma işlemidir. Yapraklardaki su oranı düşürülürken, aynı zamanda kolay kıvrılabilecek şekilde yumuşatılır.



**Şekil 37.** I.Kıvırma-Kurutma Makinesi  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ )

### 10.2.2.3. II. Kıvırma İşlemi

II. Kıvırma işlemi için kullanılan kıvırma makineleri en fazla 150kg kapasitelidir. Bu kıvırmalar “ single action” diye bilinen tablası sabit, kazanı hareketli tip kıvırmalardır ve kıvırma kazanına monte edilmiş pres düzeneğine sahiptir. I. Kıvırma işleminde zayıflatılmış ve kısmi kurutma ile diriliğini kaybetmiş, özsuğu daha konsantre hale gelmiş yapraklar, presli kıvırma makinelerinde (Şekil 38) 10 dakika süre ile pres uygulanarak kıvrılır. %50'lerde olan konsantre yaprak özsuğu kıvırma ile yaprak yüzeyine yayılır ve yapışkanlığı sayesinde yaprağın kıvrım almasını kolaylaştırır.

### 10.2.2.4. II. Kurutma İşlemi

Bu işlem 20 dakika süre ile su oranı %30'a düşene kadar yapılır. Bu amaçla kendi eksenini etrafında dönen kurutucular (Şekil 39) kullanılır. Döner kurutucuda hem kıvrılmış yaprağın su içeriği azaltılır, hem de şekillenme devam eder.



**Şekil 38.** Presli Kıvrırma  
(Kaynak: TERADA, 2024)

Kullanılan döner kurutucuların iç sıcaklığı, giren ve çıkan havanın debisi, kazan devri elektronik panodan kontrol edilir. Kurutucu içindeki çayın kırılıp parçalanmasını önlemek, bir sonraki aşamanın verimliliğini sağlamak amacı ile çaylar % 8-10 nem içeriğine sahipken işlem sonlandırılır.



**Şekil 39.** Döner Kurutucu  
(Kaynak: TERADA, 2024)



### 10.2.2.5. Son Kıvrırma İşlemi

Özel dizayn edilmiş bir seri makine (Şekil 40) ile yapraklara son şekli verilir. İşlem süresi 35 dakikadır. Ütöleme işlemine benzer şekilde çaya parlaklık ve ipeksi bir yapı kazandırır.



Şekil 40. Parlaklık Veren Özel Kıvrırma Makinesi  
(Kaynak: TERADA, 2024)

### 10.2.2.6. Son Kurutma İşlemi

Üretilen yeşil çay, nem içeriği % 5'e düşene kadar kurutularak "aracha" formunda satışa ve depolanmaya hazır hale getirilir. Bu aşamada ürün ham çay konumunda ve tasnifsizdir. Bu işlem için ECP kurutucu (Şekil 41) veya tepsilili kurutucu kullanılır.



Şekil 41. ECP Kurutucu  
( Kaynak: Hangzhou Jinzhu, 2024)

### 10.2.2.7. Tasnif

Aracha konumundaki ham çayın piyasaya sunulmaya hazır hale getirilmesi işlemidir. Eleme, santrifüj ve kesme işlemleri uygulanarak standart boyutta, kalitede ve görünümde ürün neveleri elde edilir. Nihayi ürünün nem içeriğini % 3-4'e düşürmek ve ürün stabilitesi sağlamak amacı ile çaylar fırından geçirilir ve paketlenerek piyasaya sunulmaya hazır hale getirilir (Ilgaz, 1992; Gökalp ve Çeper Ilgaz, 1990).

Dünya çay pazarında en tanınmış Japon çayları Gyokuro, Sencha, Bancha, Houjicha ve Genmaicha' dır. Her ne kadar Japon kültürünün önemli bir parçası olan matcha üretimi için tencha adı verilen kalite değeri yüksek, gölgede yetiştirilmiş ve özel bir şekilde kurutulmuş çay yaprakları kullanılsa da, yukarıda anlatılan yöntemle üretilen çaylardan da yeşil çay pudrası üretilmektedir. Matcha üretiminde temel prensip, çay yapraklarını partikül boyutu 50 µ'un altında olacak şekilde öğütmektir. Bu işlem soğutma sistemi olan değirmenlerde yapılarak çayın tadı korunur.

### 10.2.3. Türk Usulü Yeşil Çay Üretim Yöntemi

Çaykur Genel Müdürlüğünün 2003 yılında tamamen kendi teknolojisini kullanarak projelendirdiği ve 2004 yılında hayata geçirdiği *Türk Yeşil Çayı İşleme Teknolojisinde* temel olarak iki üretim yöntemi belirlenmiştir. Bunlardan birincisi *Kıvrıma Esaslı Yeşil Çay Üretimi*, ikincisi *CTC Esaslı Yeşil Çay Üretimidir*. Hammaddenin çok taze olduğu dönemlerde kıvrıma esaslı üretim, diğer dönemlerde ve ağırlıklı demlik veya fincan poşet üretimi yapılacağı dönemlerde CTC esaslı üretim tercih edilmektedir.

Türk usulü yeşil çay üretiminde enzim inaktivasyonu buhar verme (steaming) işlemi ile yapılırsa da tüketici tercihleri göz önünde bulundurularak nihayi ürünün tadının daha çok kavrulmuş (pan-firing) yeşil çay tadına benzemesi sağlanmıştır.

#### 10.2.3.1. Kıvrıma Esaslı Yeşil Çay Üretimi

Yeşil çay üretiminde kullanılan yaş yapraklar bahçeden itibaren özenli bir şekilde toplanır, özel kasalara yüklenerek yaprakların mümkün olduğunca zedelenmeden ve hızlı bir şekilde fabrikaya getirilmesi sağlanır. Kasalar bekletilmeden yükleme bantına boşaltılarak havalandırılır (Şekil 42).



**Şekil 42.** Yaş Yaprakların Şoklama Ünitesine Girişi  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

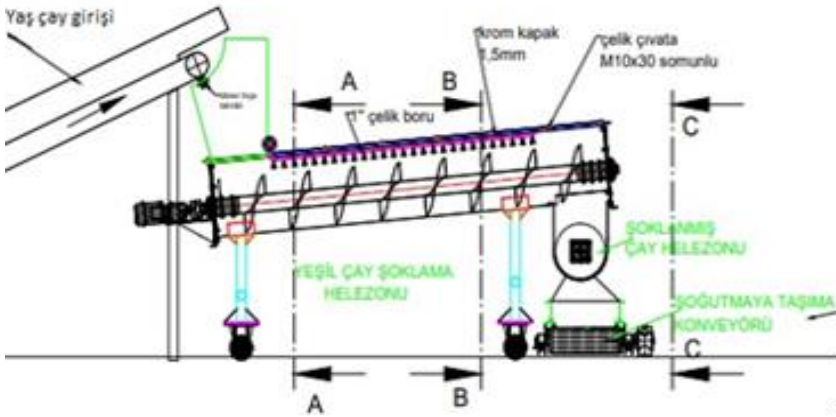
Kıvrırma esaslı üretim yönteminde amaç iri partikül boyutuna sahip granül çay üretmektir. İşlem basamakları aşağıda verilmiştir.

#### **10.2.3.1.1. Buharla Şoklama (Steaming) İşlemi**

Şoklama işlemi gerek Japon usulü ve gerekse Çin usulü yöntemde kullanılanlardan farklıdır. Yaş çay yaprakları kapalı kanal tipi şoklama tüneline (Şekil 43) geçerken 100–110 °C de 1,0-1,5 bar buhar basıncında 1-2 dakika süre ile şoklanır. Yapraklar tünel içindeki şoklama helezonu adı verilen helezon ile soğutma ünitesine taşınırken, bir taraftan da şoklanır. Bu işlemin amacı başta *polifenol oksidaz* enzimi olmak üzere tüm oksidasyon enzimlerinin inaktive edilmesidir.

İdeal şoklama işleminde yapraktaki oksidasyon enzimleri maksimum düzeyde inaktive edilirken, yararlı biyoaktif bileşenlerin dolayısıyla çay yaprağının bileşiminin en iyi şekilde korunması hedeflenir. Bu sebeple şoklama işleminin mümkün olan en yüksek sıcaklıkta ve en kısa sürede gerçekleşmesi gerekir.

Ayrıca şoklama işleminde kuru sıcak hava yerine buhar kullanılıyor olması, ısı penetrasyonunu hızlandırdığından daha homojen ve etkin bir enzim inaktivasyonu sağlar.



Şekil 43. Şoklama Ünitesi (a) ve Şoklama Helezonunun Yandan Kesiti (b)  
(Kaynak: ÇAYKUR, 2023)

### 10.2.3.1.2. Soğutma İşlemi

Soğutma işlemi şoklanmış yaprakların soğutma ünitesine taşınması ile başlar ve şoklanmış yapraklar soğutma ünitesinden (Şekil 44) geçerken hızlı bir şekilde 20-25 °C'nin altına soğutulur. İşlem süresi 2-3 dakikadır. Bu işlem hem soğutma hem de yaprak yüzeyindeki suyun buharlaştırılması amacıyla yapılır. Soğutma bantının hızı varyatörle ayarlanabilir.



**Şekil 44.** Soğutma Ünitesi  
(Kaynak: ÇAYKUR, 2023)

#### 10.2.3.1.3. Ön Kurutma İşlemi

Şoklanmış, soğutulmuş çay yaprakları konveyör bantla ön kurutmaya taşınır. Ön kurutma fırınında (Şekil 45) 60-70°C sıcaklıkta 15-20 dakika süre ile kısmi bir kurutma işlemi uygulanır. Böylece yaprak özsuyunun kıvrımda akıp gitmesi önlenir ve yaprak özsuyundaki yapışkan maddelerin yaprak yüzeyine tutunması sağlanır ve yaprak daha kolay kıvrılabilir yapı kazanır.



**Şekil 45.** Ön Kurutma Çıkışı  
(Kaynak: ÇAYKUR, 2023)

#### 10.2.3.1.4. I.Kıvrırma İşlemi

Şoklanmış, soğutulmuş ve içerdiği su oranı %50'lere düşürülmüş çay yapraklarına kıvrırma kazandırmak amacıyla presli kıvrırma (Şekil 46) uygulanır. İlk şekillendirme burada gerçekleşir. Uygulama süresi 45 – 50 dakikadır.



Şekil 46. Presli Kıvrırma Makineleri  
(Kaynak: ÇAYKUR, 2023)

#### 10.2.3.1.5. Eleme İşlemi

Kıvrırmadan alınan çaylar uygulanan presin de etkisi ile kısmen ısınmış ve topaklanmış olabilir. Bu çayların elenmeden döner kurutucuya alınması, hem tatta istenmeyen gelişmelere sebep olur, hem de oluşabilecek topaklar, homojen bir kurutma yapılmasını engeller. Oluşan topakların parçalanması ve çayın havalanmasının sağlanması amacıyla kıvrırılmış çaylar, kıvrırma çıkışında bulunan topak parçalayıcılardan geçirilir. Bu işlem için yaş çay eleği de kullanılabilir.

#### 10.2.3.1.6. Kıvrırma&Kurutma İşlemi

Tasniften önceki son işlem basamağı, kıvrırma&kurutma işlemidir. 100 – 120°C sıcaklıkta nihai şekillendirme ve kurutma işlemi gerçekleştirilir. Kullanılan kurutucular, döner tip kurutucu (Şekil 47) olup kurutma süresi 60 – 90 dakikadır. Buradan alınan çaya hamçay anlamına gelen *Aracha* denir.



Aracha, tasnif edileceği zamana kadar ışığa maruz kalmayacak ve rutubet almayacak şekilde paketlenip serin bir yerde depolanır.



Şekil 47. Döner Kurutucular  
(Kaynak: ÇAYKUR, 2023)

#### 10.2.3.1.7. Tasnif İşlemi

Aracha durumunda depolanarak saklanan çaylar, imalatın kesildiği ara dönemlerde tasnife tabi tutulmak üzere önce döner kurutucularda 30 – 35 dakika süreyle 80 – 90°C sıcaklıkta ısıtılır. Isıtılan yeşil çaylar lif tutucudan geçirilerek liflerinden temizlenir.



Şekil 48. Midilton Eleği  
(Kaynak: ÇAYKUR, 2023)

Lif tutucudan geçirilen çaylar ( 7 – 6 ) , ( 6 – 5 ) ve ( 5 – 4 ) nolu midilton eleklerinden (Şekil 48) geçirilerek, 7 nolu eleğin üzerinde kalan çaylar kesici (cutter) yardımı ile kesilip tekrar elenir. Midilton eleklerinde çöplerinden temizlenen çaylar, pakka eleğinden elenerek nevelerine ayrılır (Şekil 49).

Türk usulü yeşil çay üretiminde kıvrırma esaslı üretimin işlem basamakları Şekil 50'de gösterilmiştir.



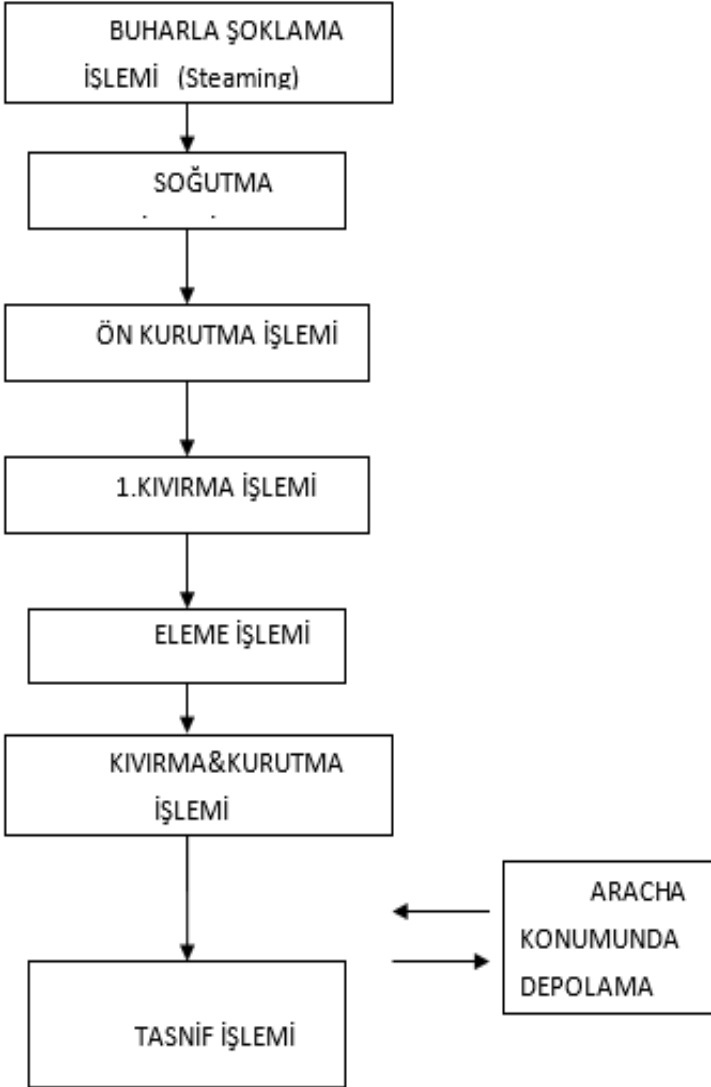
**Şekil 49.** Yeşil Çay Nevilerinin Tasnifi  
(Kaynak: ÇAYKUR, 2023)

Tasnif sonucu Kardelen-1, Kardelen-2, Turkuaz-1, Turkuaz-2 isimli neveler elde edilir. Kardelen-1 ve Kardelen-2 kıvrımlı ince partikül boyutuna sahip yeşil çay neveleridir. Turkuaz-1 ve Turkuaz-2 ise iri partikül boyutundadır. Turkuaz-1 az kıvrımlı, pulsü yapıda iken Turkuaz-2 kıvrımlı amorf yapıdadır.

Çaykur son yıllarda siyah çay üretiminde olduğu gibi yeşil çay üretiminde de modernizasyona gitmiş, yeşil çay üretiminde ve paketlemesinde kaliteyi yükseltmek, üretim akışını hızlandırmak, işçilik maliyetlerini düşürmek amacıyla bazı yenilemeler yapmıştır. Bunlardan birisi de tasnif sistemidir.



Çaykur artık üretilen yeşil çaylarını *Aracha* adı verilen ham yeşil çay konumunda depolamak yerine, üretime entegre tasnif sisteminde derhal tasnif etmekte ve paketleme fabrikasına göndermeye hazır halde depolarında muhafaza etmektedir.



**Şekil 50.** Kivırma Esaslı Yeşil Çay Üretimin İşlem Basamakları  
(Kaynak: Ş. ILGAZ, n.d)

### **10.2.3.2. CTC Esaslı Yeşil Çay Üretimi**

Bu yöntemle yeşil çay üretiminde amaç demlik poşet ve fincan poşet üretimine uygun küçük partikül boyutlu ve homojen görünümlü çaylar üretmektir. Bu çaylar kısa sürede infüzyon verdiği için tercih edilirler.

CTC esaslı üretimde işlem basamakları aşağıda verilmiştir.

#### **10.2.3.2.1. Buharla Şoklama (Steaming) İşlemi**

Şoklama işlemi kıvrırma esaslı yeşil çay üretiminde uygulanan parametreler ile aynıdır. Yani yaş çay yaprakları 1–2 dakika süreyle 100–110 °C de sıcak buharla şoklanır. Şoklanan yapraklardaki tüm enzimler inaktive olur.

#### **10.2.3.2.2. Soğutma İşlemi**

CTC üretim yönteminde de şoklama işlemi takiben yapraklar hızlı bir şekilde soğutulur hem 20-25 °C 'nin altına düşürülür, hem de yaprak yüzeyindeki fazla su buharlaştırılır.

#### **10.2.3.2.3. Ön Kurutma İşlemi**

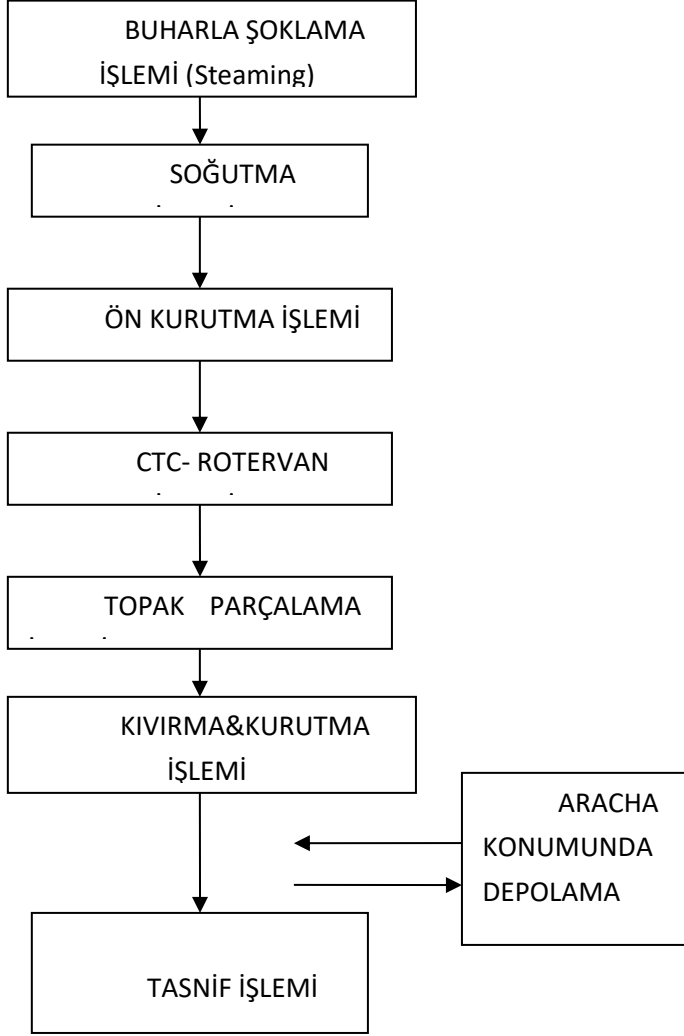
Kıvrırma esaslı üretimde olduğu gibi 60-70°C sıcaklıkta 15-20 dakika süre ile kısmi bir kurutma uygulanır.

#### **10.2.3.2.4. CTC – Rotervan İşlemi**

Ön kurutmadan çıkan çaylar önce rotervan, sonra CTC'den geçirilerek homojen görünümlü ince taneli bir yapı kazandırılır. Hücre özsuyunun ön kurutma sayesinde konsantre olması sebebiyle rotervan ve CTC'den geçirilen çaylar yapışkan bir yapıdadır. Ancak daha önce enzim inaktivasyonu sağlandığından çayın rengi yeşil kalır.

#### **10.2.3.2.5. Kıvrırma & Kurutma İşlemi**

CTC çıkış bantı üzerine monte edilen topak parçalayıcıdan geçen çaylar döner kurutucuya alınır. Kıvrırma esaslı üretimde olduğu gibi 100 – 120 °C sıcaklıkta 60 – 90 dakika süre ile döner kurutucuda kurutulur. Kurutucudan çıkan çaylar, tasnife tabi tutulur.



**Şekil 51.** CTC Esaslı Yeşil Çay Üretimin İşlem Basamakları  
(Kaynak: Ş. ILGAZ, n.d)

#### 10.2.3.2.6. Tasnif İşlemi

Tasnif edilecek ham çay, kıvrırma esaslı üretimde olduğu gibi önce lif tutucudan geçirilir, daha sonra ( 7 – 6 ) , ( 6 – 5 ) ve ( 5 – 4 ) nolu midilton eleklerinden elenir, 7 nolu eleğin üzerinde kalan çaylar kesici (cutter) yardımı ile kesilip tekrar elenir. Midiltonda sap ve çöplerinden ayrılan çaylar, pakka

eleğinden elenip standart torba kilolarında paketlenir. Türk usulü CTC esaslı yeşil çay üretimi işlem basamakları Şekil 51'de verilmiştir (İlgaz, 1992; Gökcalp ve Çeper İlgaz, 1990).

Türk usulü yeşil çay üretiminde Kardelen-1, Kardelen-2, Antik Yeşil-1, Antik Yeşil-2 ve Dust neveleri üretilir. Kardelen-1 ince çay olup 1 mm delik çaplı elekten geçen çay iken Kardelen-2 ise 2 mm delik çaplı elekten geçer ve Kardelen-1'den daha büyük tanecik yapısına sahiptir. 2,5 mm delik çaplı elekten geçen çay Antik Yeşil-2 iken bu elekten geçmeyip üstünde kalan çay ise Antik Yeşil-1 'dir. Organik Zümrüt Yeşil ise hiçbir kırma veya eleme işlemine tabi tutulmaz (ÇAYKUR, 2023).

### 10.3. BEYAZ ÇAY ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Beyaz çayın tarihçesi MS 600'lü yıllara dayanır. Çin'de ilk kez Tang Hanedanı döneminde (MS 618-907) beyaz çay üretilmiş ve yüzyıllar boyunca sadece hanedanın ve aristokrasinin içeceği olarak kalmıştır. Bu dönemde beyaz çay olarak tanımlanan çay, preslenerek kek haline getirilmiş çaydı. Bu özel Tang beyaz çayının hammaddesi, çay sürgünlerinin yeni büyümeğe başladığı ve gümüş iğneye benzer tomurcukların çok olduğu erken ilkbaharda hasat edilirdi. Preslenmiş beyaz çay yapımında, mutlak surette birinci sürgüne ait çay tomurcukları kullanılmaktaydı.

Song Hanedanlığı (MS 960-1279) döneminde beyaz çay üretimi ve hazırlanma yöntemleri değiştirilmiştir. Çay yaprakları özenle toplandıktan sonra rengini ve tazelik özelliğini koruyabilmek için şoklanmıştır. Şoklanan yapraklar kurutulmuş, üretilen çay geniş kaselerde rahatça çırpılabilir diye ince toz şeklinde öğütülmüştür. Böylece ilk çay pudrası üretimi beyaz çaydan yapılmıştır. Beyaz çay pudrasının kullanıldığı Song stili çay hazırlama işlemi, Song çay seramonisi diye bilinir ve ilk kez bu estetik çay seramonisinde toz çay ve seramik kapların birlikte kullanıldığı görülür. Bu dönemde Çin'e giden Japon rahipler, Song usulü çay hazırlamayı öğrenmiş ve ülkelerine döndüklerinde bu alışkanlığı devam ettirmişlerdir. Her ne kadar bu seramoni Çin'de yok olmuş olsa da, Song usulü çay seramonisi geliştirilerek, Japonya'da bugün de sürdürülmekte olan Japon çay seramonisine dönüştürülmüştür. Hanedanlar değişikçe beyaz çay üretim ve demleme şekilleri de değişmiştir. 1700'lü yıllara kadar karışık *Camellia sinensis* türlerinden üretilen beyaz çay için artık en uygun çay bitkisinin seçimi yani

seleksiyon başlamıştır. 1885'ten itibaren Çin'de beyaz çay üretimi için en uygun olan büyük etli tomurcuklara sahip 'Big White', 'Small White' ve 'Narcissus' çay klonları selekte edilmiştir. Bu klonlar kullanılarak başta 'Silver Needles' olmak üzere bugün de popüler olan beyaz çay çeşitleri üretilmeye başlanmıştır. 1890'larda Çin beyaz çay ihracaatına başlamıştır (Mao, 2013; Heiss, 2007).

En büyük beyaz çay üreticisi ülke Çin'dir. Çin'i Tayvan, Nepal, Tayland, Malavi, Vietnam, Sri Lanka ve Hindistan takip etmektedir.

### 10.3.1. Beyaz Çay Nevileri

Hammaddeye, yetiştiği bölgeye ve farklı toplama standartlarına bağlı olarak değişen en popüler beyaz çay çeşitleri şunlardır:

- Bai Hao Yin Zhen ( Silver Needle)
- Bai Mu Dan (White Peony)
- Gong Mei ( Tribute Eyebrow)
- Shou Mei (Noble, Long Life Eyebrow)

#### 10.3.1.1. Bai Hao Yin Zhen ( Silver Needle)

Silver Needle, *Big White* veya *Narcissus* çay klonlarının körpe etli tomurcuklarından dikkatli bir şekilde elle seçilerek üretilir. Silver Needle (Şekil 52) ismini üzerini kaplayan gümüş renkli tüylerden almıştır. Hafif tatlımsı aroması, mükemmel lezzeti ve açık bal rengi likörü, ile en ünlü beyaz çaydır. Deneyimli tadımcılar tarafından, beyaz çayın o enfes aroması, en yüksek kalitedeki yeşil çaydan bile kolayca ayırt edilebilir (Mao, 2013; Ilgaz ve ark., 2006).



Şekil 52. Silver Needle Kuru Çay ve Likör Görünümü

### 10.3.1.2. White Peony ( Bai Mudan)

İkinci en yüksek kalitedeki beyaz çay olan White Peony (Şekil 53), tomurcuk ve onu takip eden iki küçük yapraktan oluşur. En üstün kalitedeki



Şekil 53. White Peony Kuru Çay ve Likör Görünümü

White Peony çaylarının üretildiği hammaddede hem tomurcuklar, hem de yapraklar gümüşü beyaz tüylerle kaplıdır. Silver Needle'a göre daha sert bir tada sahiptir ve kuru çay Silver Needle'dan daha koyu renktedir (Mao, 2013; Ilgaz ve ark., 2006).

### 10.3.1.3. Long Life Eyebrow (Shou Mei)

Daha düşük kaliteli bir beyaz çay olan Long Life Eyebrow (Şekil 54), Silver Needle ve White Poeny hasat edildikten sonra kalan yapraklardan yapılır. Silver Needle ve White Peony'ye kıyasla daha fazla işlem gören bir çay olup daha koyu ve daha sert liköre sahiptir (Mao, 2013; Ilgaz ve ark., 2006).



Şekil 54. Long Life Eyebrow Kuru Çay ve Likör Görünümü

#### 10.3.1.4. Tribute Eyebrow (Gong Mei)

Tribute Eyebrow küçük tomurcuk ve yaprak yapısı olan *Small White* klonundan toplanan çaylar kullanılarak üretilir. Tribute Eyebrow beyaz çayı, Silver Needle ve White Peony çaylarından daha fazla işlem görmüş çaydır. Silver Needle ve White Peony'den daha düşük kaliteli bir çay olarak kabul edilen "eyebrow" çayları, üretimde kullanılan uzun, ince, hilal şeklindeki yapraklardan dolayı bu isimle anılır. Tribute Eyebrow (Şekil 55), topraksı bir tada ve koyu bir demleme sahiptir (Mao, 2013; Jiang, 2009).



Şekil 55. Tribute Eyebrow Kuru Çay ve Likör Görünümü

#### 10.3.1.5. Darjeeling White Tea

Hindistan'ın Darjeeling bölgesinde yetişen iri ve dolgun tomurcuklu tüylü bir varyeteden üretilen beyaz çaydır. Çin'in Silver Needle çayına benzer olup Silver Needle'in Darjeeling versiyonudur. Darjeeling beyaz çay (Şekil 56) yalnızca açılmamış tüylü tomurcuklardan oluşur. Beyaz çayın yumuşak tatlılığına ve bal renkli likörüne sahiptir. Darjeeling, Himalayaların yamaçlarında yüksek bahçelerde daha yavaş büyüdüğünden, bu benzersiz iklim çayın lezzetine katkıda bulunur (Mao, 2013; Ilgaz ve ark., 2006).



Şekil 56. Darjeeling White Tea Kuru Çay ve Likör Görünümü

### 10.3.1.6. Diğer Beyaz Çay Çeşitleri

Diğer beyaz çay çeşitlerinden bazıları adlarını yetiştirildikleri bölgeden alan, bazıları da tomurcuk ve yapraklara uygulanan özel işlemlerden ve eklenen özel katkılarından alır. Meyveler en popüler katkıdır ve beyaz çaya ekstra bir tatlılık katar (Ilgaz ve ark., 2006).

### 10.3.2. Beyaz Çay Üretim Yöntemleri

Beyaz çay tomurcuklardan ve klorofil üretimini engellemek için güneş ışığına maruz bırakılmayan küçük, gümüş renkli tüylere sahip genç yapraklardan üretilir. Beyaz çay üretiminde kullanılan tomurcuklar ve yapraklar her yıl ilkbaharın başlarında sadece bir kez hasat edilir.

Tüm çay çeşitleri içinde en az işlem gören çay, beyaz çaydır. Dünyada beyaz çay üretiminde temel işlem basamakları *soldurma* ve *kurutmadır*. Beyaz çayda herhangi bir oksidasyon işlem basamağı olmamasına rağmen enzim inaktivasyonu yapılmadığından hafif bir oksidasyon gerçekleşir. Böylece uzun süreli soldurma işlemi sırasında ortaya çıkan oksidasyon ürünleri beyaz çayın aromasını zenginleştirir. Dış ortamda gerçekleştirilen geleneksel soldurma yöntemi ile üretilen beyaz çayda, siyah çayın temel oksidasyon ürünlerinden biri olan teafavin ve türevleri tebit edilmiştir (Jiang, 2009; Wu ve ark., 2022; Kosińska ve Andlauer, 2014).

Son yıllarda hem işlem süresini kısaltmak, hem de beyaz çayın tüylü grimsi yeşil rengini korumak amacı ile enzim inaktivasyonu uygulanarak üretilen beyaz çaylar da vardır. Bu çaylar iç ortamlarda tamamen kontrollü



şartlarda ve makineler yardımı ile daha kısa sürede üretilir. Yapılan bir çalışmada dış ortamda güneşte soldurulan çayların aroması daha yoğun ve çiçeksi iken kontrollü şartlarda makinalar yardımı ile üretilen beyaz çayların çimensi bir aromaya sahip olduğu belirlenmiştir (Wu ve ark., 2022).

### 10.3.2.1. Geleneksel Beyaz Çay Üretim Yöntemi

Geleneksel beyaz çay üretiminde ilk ve en önemli işlem basamağı soldurmadır.

#### 10.3.2.1.1. Soldurma İşlemi

Tomurcuk ve tam açmamış bir veya iki yapraklı sürgünler toplandıktan sonra soldurulur. Geleneksel üretim yönteminde taze çay yaprakları bambu tepsilere eşit şekilde yayılır ve ardından dışarıda doğal soldurmaya tabi tutulur (Şekil 57). Güneş ışığında soldurma işlemi yaklaşık 30-40 saat sürer. Soldurma sıcaklığı 30 °C'yi geçmemelidir.



**Şekil 57.** Beyaz Çay Üretiminde Dış Ortamda Doğal Soldurma  
(Kaynak: SHUNTEC, 2024)

Güneş ışığında yapılan bu soldurmadan sonra çaylar tepsilerle soldurma odasında 10-15 saat süre ile solmaya devam eder (Şekil 58). Soldurma odasının sıcaklığı 20-25°C olmalıdır ( Dias ve ark., 2019; Mao, 2013; Kosińska ve Andlauer, 2014).



**Şekil 58.** Beyaz Çay Üretiminde Soldurma Odasında Doğal Soldurulması  
(Kaynak :HOJO, 2024)

Eğer beyaz çay üretiminde enzim inaktivasyonu uygulanmayacak ve üretim iç ortamlarda ve kontrollü şartlarda (Şekil 59a) gerçekleştirilecek ise soldurma işleminin ilk aşamasında, sıcaklığın ilk 10 saat boyunca 20-25°C'ye ayarlanması gerekir. İkinci aşamada, 10 saat boyunca 27-28°C'de soldurma devam eder. Daha sonra soldurma odasının sıcaklığı 35°C'ye ayarlanır. Soldurma odasının havalandırması tüm süreç boyunca eşit tutulmalıdır. Bu son süreç de 10 saat civarında devam eder. Soldurma işlemi 30 saatte tamamlanır (Dias ve ark., 2019; Kosińska ve Andlauer, 2014).

#### **10.3.2.1.2. Kurutma İşlemi**

Solmuş beyaz çaylar 75-80 °C'de kurutulur (Şekil 59b). Kurutma işlemi beyaz çayın nem içeriği %5'in altına düşünceye kadar devam eder (Mao, 2013).

#### **10.3.2.2. Enzim İnaktivasyonu ile Beyaz Çay Üretim Yöntemi**

Kateşin içeriği yüksek, parlak grimsi yeşil renkli beyaz çay üretiminde bu makineli yöntem kullanılır. Likör çimensi aromaya sahiptir. Tomurcuk ve narin yapraklar 100°C sıcaklıkta 10 dakika kadar kuru sıcaklık ile şoklanıp derhal kurutulur. Kurutma işlemi 75-80 °C'de beyaz çayın nem içeriği %5'in

altına düşünceye kadar devam eder ( Pettigrew, 2007; Mao, 2013; Kosińska ve Andlauer, 2014).



**Şekil 59.** Beyaz Çay Üretiminde Kontrollü Şartlarda Soldurma (a), kurutma (b)  
(Kaynak : Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

### 10.3.3. Türk Beyaz Çay Üretim Yöntemi

Türkiye’de beyaz çay üretim denemeleri bilimsel olarak ilk kez 2006 yılında Çaykur’a bağlı Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle Enstitüde seleksiyon çalışmaları ile elde edilmiş klonlardan beyaz çay üretimi için uygun olan Fener-3, Hamzabey ve Derepaazarı-7 klonları belirlenmiştir. Beyaz çay üretimi için en ideal hammaddenin erken ilkbahar dönemine ait olması sebebiyle üretim denemelerine Nisan ayında başlanmış, hasat işlemi Temmuz ayında bitirilmiştir (Ilgaz ve ark.,2006).

Hasat, çay ocakların üzerinde çiğ ve nemin olmadığı, açık ve güneşli günlerde yapılmıştır. Hasat olgunluğuna gelen dolgun ve tüylü tomurcuklar, özenle toplanarak derhal üretime alınmıştır.

Dünyada mevcut beyaz çay üretim yöntemleri Enstitünün Teknoloji Kısım Müdürlüğünde görevli araştırmacılar tarafından incelenmiş, yapılan denemeler sonucunda arzu edilen kuru çay görünüşü ve aromanın elde edildiği yöntem ‘Türk Beyaz Çay Üretim Yöntemi’ olarak belirlenmiştir.

Bu amaçla yukarıda belirtilen Fener-3, Hamzabey ve Derepaazarı-7 klonlarının hasat olgunluğuna gelen dolgun tomurcukları (Şekil 60) özenle toplanarak derhal oda sıcaklığında (22-24°C) doğal soldurmaya bırakılmıştır. 34 saat süre ile oda sıcaklığında doğal soldurmaya tabi tutulan tomurcuklarda



**Şekil 60.** Beyaz Çay için İdeal Hasat Olgunluğuna Gelmiş Çay Sürgünleri -Çaykur Çay Araştırma Enstitüsü Deneme Parseli-2006

**(Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)



**Şekil 61.** Hasat Sonrası ve Öncesi Derepazarı-7 Klonuna Ait Tüylü Tomurcuk

**(Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)



nem, %55 civarına düşürülmüştür. Solma işleminden sonra tomurcuklar, 34-37°C sıcaklıkta 24-34 saat süre ile kurutmaya tabi tutulmuştur. Nihayi üründe rutubet %5'e düşüncüye kadar etüvde 75-80°C'de kurutma işlemine devam edilmiştir. Nisbi nemi % 5 olan beyaz çay numuneleri, nem almayacak ve ışığa maruz kalmayacak şekilde paketlenmiş ve analizleri yapılmaya kadar serin bir yerde muhafaza edilmiştir (İlgaz ve ark.,2006).

Özellikle Derepazarı-7 klonu, Silver Needle üretiminde kullanılan Big White ve Narcissus klonlarına benzer şekilde iri, dolgun ve tüylü tomurcuklu olduğu (Şekil 61) için Silver Needle üretimine en uygun çay klonu olarak seçilmiştir. Fener-3 ve Hamzabey ise White Peony üretiminde kullanılan Small White klonuna daha benzer özelliklerde bulunmuştur.

Derepazarı-7 klonu kullanılarak üretilen beyaz çayın kuru çay görünüşü, likör rengi, tat ve aroması (Şekil 62) duysal değerlendirmede en yüksek puanı almıştır (İlgaz ve ark., 2006).



**Şekil 62.** Derepazarı-7'den Üretilen Silver Needle ve Likörü  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

Üretilen beyaz çay numuneleri Çaykur Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Biyokimya laboratuvarında analizlere tabi tutulmuş ve beyaz çayın kalite değerleri belirlenmiştir.

Derepazarı-7 klonundan üretilen prototip beyaz çayın toplam ekstrakt değeri % 47,35, polifenol değeri % 17,64 ve kafein değeri % 5,24 gibi yüksek bir değerlerde bulunmuştur. Ayrıca toplam kül değeri %5,8 iken bu oranın % 75,12'sinin suda çözünen kül olması ve % 10'luk HCl asitte çözünmeyen

kısımının %0,2 gibi çok düşük bir değerde olması üretilen beyaz çay prototipinin ne denli kaliteli olduğunu göstermiştir (İlgaz ve ark., 2006).

Çaykur proje sonuç raporu doğrultusunda 2014 yılında beyaz çay üretimine başlamış, Beyaz İksir adı altında ticarileştirmiştir (Şekil 63).



**Şekil 63.** Ticarileşen İlk Türk Beyaz Çayı Beyaz İksir  
(Kaynak: ÇAYKUR, 2022)

#### 10.4. OOLONG ÇAY ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Oolong çay *Camellia sinensis* çay bitkisinin uygun varyetelerinden üretilen yarı okside bir çay çeşididir. Değişen oksidasyon dereceleri ile üretiliyor olması oolong çayın aroma çeşitliliğini artırmaktadır. Yani oolong çay, siyah ve yeşil çay aromaları arasında geniş bir tat skalasına sahiptir. Yeşil ve siyah çaylardan farklı olarak, geleneksel oolong çay yumuşak ve ferahlatıcı bir tada, zarif meyvemsi ve çiçeksi kokuya sahiptir (Z. Wang ve ark., 2022a).

Siyah çay ve yeşil çay gibi oolong çayın da anavatanı Çin'in Fujian eyaletidir. İlk oolong çay Ming (MS 1386 - MS 1644) Hanedanının sonu ve Qing (MS 1644 - MS 1912) Hanedanının başlarında ortaya çıkmıştır. Oolong çay halen kuzey ve güney Fujian Eyaleti, Guangdong Eyaleti ve Tayvan'da üretilmektedir. Hindistan, Nepal, Tayland, Vietnam ve Endonezya gibi diğer

bazı Güneydoğu Asya ülkelerinde de oolong çay üretimi vardır ( Ng ve ark., 2017).

Oolong ismi Çince de siyah ejderha anlamına gelen Wu Long'tan gelir. Bu isim oolong çayı keşfeden kişinin adıdır. Eski kaynaklarda mavi çay diye de adlandırılmıştır. Çin'in bu geleneksel çay çeşidi Asya'da çok popülerdir. Restoranlarda, otomatlarda, dükkanlarında ve süpermarketlerde bulmak mümkündür ve hem sıcak hem de soğuk olarak servis edilir (Pettigrew, 2007).

### 10.4.1. Oolong Çay Üretim Aşamaları

Oolong çay üretim aşamaları uygun yaş yaprak temini ile başlar. Bunu soldurma, yaprak bereleme, şoklama, kıvrırma, kurutma ve tasnif işlemleri takip eder.

#### 10.4.1.1. Yaş Yaprak Temini

Oolong çay üretiminde kullanılan çay klonları yaklaşık 10-30°C sıcaklık aralığına sahip ılıman iklimli yerlerde ve yıllık yağışın 1000 ila 1250mm olduğu şartlarda en iyi verim ve kaliteye sahiptir. Her ne kadar kaliteli çayın yüksek rakımda yetişen *Camellia sinensis* varyetelerinden üretildiği bilinse de, bu durum oolong çay üretiminde kullanılan çaylar için geçerli değildir. Yani oolong çay üretimi için ideal hammaddenin 200-300m yükseklikte olması arzu edilir. Bu çaylar pH 4,5-6,5 olan kırmızı sarı topraklarda en iyi şekilde yetişir. Çin'de oolong çay için seçilmiş klonların en önemlileri Tie Guan Yin, Da Hong Pao, Dongfang Meiren, Pou Chong Oolong ve Dong Ding'dir (Ng ve ark., 2017).

#### 10.4.1.2. Soldurma İşlemi

Soldurma işlemi iki aşamada gerçekleşir. İlk aşama güneş ışığında soldurmadır. Toplanan çaylar bambu tepsiler veya bu amaçla yapılmış tavalara ya da hasır örtülere özenle yayılarak soldurmaya bırakılır (Şekil 64a). Yapraklar üst üste gelmemeli, yapraklar arasında da boşluk olmamalıdır. Genellikle yapraklar, güneş ışığının yoğunluğuna ve yaprakların kalınlığına bağlı olarak 10-60 dakika güneş ışığına maruz bırakılır.

Açık havada soldurma işlemi çay yapraklarındaki çimensi kokuyu yok eder. Yapraktaki fazla suyun buharlaşmasını sağlarken, güneş ışığının çayın doğal sıcak, ferahlatıcı kokusunu ortaya çıkarmasına izin verir.

Soldurmanın ikinci aşamasında çaylar tepsilerle iç mekana alınır ve 30-60 dakika süre ile iç mekanda soldurma (Şekil 64b) devam eder. Genellikle bu işlem yalnızca bir kez yapılır, ancak yapraklar yüksek düzeyde nem içeriyorsa, işlem tekrarlanabilir. Soldurma, yapraklar yumuşadığında, parlaklığını ve çimensi kokusunu kaybettiğinde, hafif bir koku yaymaya başladığında ve nem kaybı %10-20'ye ulaştığında tamamlanmış olur. Kabul edilebilir solma derecesi, işlenen oolong çayının türüne göre değişir. Örneğin kuzey Fujian oolong çayının solma derecesi, güney Fujian oolong çayından, kırmızı oolong çayın (Pekoe oolong) solma derecesi her ikisinden daha yüksek olmalıdır (Ntezimana ve ark., 2021; Hu ve ark., 2018).



**Şekil 64.** Dış Mekan (Outdoor) Soldurma (a), İç Mekan (İndoor) Soldurma  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

#### 10.4.1.3. Yaprak Bereleme İşlemi

Bereleme, kısmi bir oksidasyon işlemi olup oolong çayının işlenmesine özgü bir üretim basamağıdır. Bu işlem dönen gözenekli bambu tamlarlarda yapılır. İşlem sırasında yapraklar birbirlerine ve tambura sürtünerek, yaprakların kenarlarındaki hücrelerin berelenmesine ve sınırlı bir oksidasyonun gerçekleşmesine sebep olur.

Bereleme işlemi 20°-25°C sıcaklıkta ve %75-85 bağıl nemde iç mekanda yapılır. Şekil 65'te gösterilen bu özel makine, yaprakları döndürerek yaprak kenarlarından itibaren hafif berelenmesini sağlar. Dönme süresi



sonunda yapraklar boşaltılarak bir bambu hasır üzerine yayılır. Bu döndürme ve yagma dizisi, üretilen oolong çayının türüne bağlı olarak 7-13 saatlik bir süre içinde 5 ila 10 kez tekrarlanır. Döndürme süresi ve sayısı ile yaygıda bekletme süresi öznel olarak belirlenir ve işlem devam ettikçe yapraktaki berelenme kademeli olarak artar (Hu ve ark., 2018; Yang ve ark., 1993)

Oksidasyon önce yaprağın kenarında başlar, ardından yavaş yavaş yaprak damarlarına yayılır. Yaprak kenarı kırmızıya döndüğünde, yaprağın yeşil kısmı daha açık renk olduğunda, damarlar şeffaflaştığında ve tüm yaprak "kırmızı kenarlı yeşil yaprak" tanımına uygun hale geldiğinde ve yapraklar arzu edilen kokuya sahip olduğunda bereleme işlemi tamamlanmış olur. Bu aşamada yaprak %60-65 nem içerir.

Farklı oolong çay türlerindeki kateşinlerin oksidasyon dereceleri şu şekildedir: Poachong çayı  $12 \pm 5$ , güney oolong çayı  $20 \pm 3$ , kuzey Fujian oolong çayı  $30 \pm 3$ , kırmızı oolong çayı  $58 \pm 5$  (Weerawatanakorn ve ark., 2015; Ng ve ark., 2017).



**Şekil 65.** Yaprak Bereleme Tamburu  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş.ILGAZ)

#### 10.4.1.4. Şoklama (Pan-Firing) İşlemi

Bereleme ile kısmi oksidasyona uğrayan çay yapraklarında oksitlenmeden kalan kateşinlerin oksidasyonunu engellemek için oksidasyon enzimlerinin inaktive edilmesi gerekir. Bu amaçla yapılan şoklama işlemi Çin usulü yeşil çay üretiminde de kullanılan şoklama makineleri (Şekil 66)

kullanılır. Şoklama makinesine yüklenen çay yaprakları 160°-240°C'de 3-7 dakika kuru hava ile şoklanır. Enzim inaktivasyon süresi, farklı oolong çayı türlerine göre kısmen değişir (He ve ark., 2022; Purushothaman, 2022; Ng ve ark., 2017).



**Şekil 66.** Şoklama Makineleri  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

#### 10.4.1.5. Kıvrırma İşlemi

Kıvrırma işlemi yapraklar sıcakken basınç altında iki veya üç kez gerçekleştirilir. Kıvrırmada uygulanan yöntem üretilen oolong çayının türüne göre değişir. Kuzey oolong çayı iki kez kıvrırma işlemine tabi tutulurken, güney oolong çayı, görünümünün daha çarpıcı olması için üç kez kıvrılır. Eğer daha fazla kıvrım isteniyorsa şoklanmış yapraklar bilyeli kıvrırmaya almadan önce ay tipi mini kıvrırma makinelerinde (Şekil 67) birinci kıvrırma işlemine tabi tutulur. Yapraklar ikinci ve üçüncü kıvrırma için önce çok sıkı bir şekilde temiz dayanıklı bir beze sıkıca boğçalanır ve oolong çaya özgü bir bilyalı kıvrırma makinesinde kıvrılır (Şekil 68a ve Şekil 68b) ve böylece yapraklara arzulanan kıvrım kazandırılır. Kıvrırma dakikada 60 devir yapacak şekilde yavaş ve yüksek basınç altında 4-6 dakika boyunca devam eder. Kıvrırmanın yeterli olup olmadığı oolong çay ustasınca kontrol edilip gerekirse kıvrırma tekrarlanır. Kıvrırmadaki hücre tahribatı derecesi yaklaşık %30'dur ve bu zedelenme siyah veya yeşil çaydakinden daha azdır (Purushothaman ve Wei, 2023; Ng ve ark., 2017).

Oolong çay üretiminde gelişen teknolojiye paralel yeni üretim makineleri kullanılmaya başlanmış olsa da geleneksel üretimin en ideal tat ve aromayı oluşturduğu belirlenmiştir (Ng ve ark., 2017).



**Şekil 67.** Ay Tipi Mini Kıvrırma Makinası (a) ve Kıvrırma Tablası (b)  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)



**Şekil 68.** .Bilyeli Kıvrırma Makinası (a), Bohçalı Kıvrırma İşlemi (b)  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

#### 10.4.1.6. Kurutma İşlemi

Kurutma işlemi genellikle iki aşamada yapılır. İlk aşamada yapraklar ince bir şekilde yayılır ve yüksek sıcaklıklarda hızla kurutulur. Bu amaçla kullanılan kurutucular tepsili kurutucular (Şekil 69b) veya ECP tipi (Şekil 69a) kurutuculardır. İlk kurutma sırasında tasnif ve harmanlamada kırılmaları önlemek için gerekli olan belirli miktarda nem korunur. İkinci kurutma daha düşük sıcaklıkta gerçekleştirilir ve çayın nem içeriği %5'in altına düşürülür.

Ancak farklı oolong çayı türleri için uygulanan sıcaklıklar farklılıklar gösterir. Örneğin kuzey Fujian oolong çayının kurutma aşamasında uçucu aromayı en üst düzeyde koruyabilmek için düşük sıcaklıkta yavaş kurutma uygulanır.



**Şekil 69.** ECP Tipi Kurutucuda İlk Kurutma (a), Tepsili Kurutucuda Son Kurutma (b)  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

#### 10.4.1.7. Tasnif İşlemi

Tasnif sırasında çayın orijinal görünümünü mümkün olduğunca korumak için eleme ve kesme en aza indirilir. Fiziksel görünümün yanında koku ve kaliteyi korumak da çok önemlidir. Bu nedenle tasnif edilen oolong çay, ikinci kurutmada daha düşük sıcaklıkta kurutulur.

## 10.4.2. Oksidasyon Derecesine Göre Oolong Çay Üretim Parametreleri

Her oolong çay çeşidi için işlem parametreleri az veya çok farklılık gösterse de temel işlem basamakları yukarıda anlatıldığı şekildedir. Ancak oksidasyon dereceleri farklı oolong çayların üretim parametreleri de kısmen farklılık gösterir.

Örnek olması açısından ileri oksidasyonla üretilen ve oksidasyon derecesi  $\%58 \pm 5$  olan kırmızı oolong (Pekoe oolong) çay ile oksidasyon derecesi  $\%20 \pm 3$  olan güney oolong (Tieguanyin) çayının üretim parametreleri aşağıda verilmiştir.

### 10.4.2.1. Kırmızı Oolong Çay Üretim Parametreleri

Tepe tomurcuğu ve onu takip eden iki yaprak esasına göre hasat edilen taze çay yaprakları  $35-40^{\circ}\text{C}$ 'de 30-60 dakika güneşte soldurulur ve bu süre zarfında 3-5 kez karıştırılır. Ağırlık kaybı  $\%15-18$ 'dir. Daha sonra yapraklar 30-60 dakika boyunca  $20-26^{\circ}\text{C}$ 'de iç mekanda solmaya bırakılır. Bu aşamadaki ağırlık kaybı  $\%2-4$ 'tür. Solmuş yapraklar 4-5 kez bereleme işlemine tabi tutulur. Her bir bereleme işlem süresi 1-4 dakikadır. Bu süre sonunda bereleme tamburundan boşaltılıp hasır örtülere yayılan yapraklar 60-100 dakika doğal kurumaya bırakılır. Bu işlem sırasında ortam sıcaklığı  $20-25^{\circ}\text{C}$ 'dir. Buraya kadarki toplam işlem süresi 6-10 saattir. Ağırlık kaybı  $\%30-35$ 'tir. Daha sonra yapraklar 3-10 dakika boyunca  $150-160^{\circ}\text{C}$ 'ye ısıtılarak şoklama ile enzim inaktivasyonu sağlanır. Ağırlık kaybı  $\%40-47$ 'dir. Şoklanmış yapraklar istiflenir ve 15-20 dakika boyunca ıslak bir bezle örtülür. Bu süre sonunda bezlere cebri güç kullanarak bohçalanan yapraklar bilyeli kıvrırma makinasında dakikada 32-35 devirde (rpm) 8-15 dakika kıvrılır. Bohçalardan çıkarılan kıvrılmış çaylarda varsa topaklar parçalanır. Çaylar  $85-95^{\circ}\text{C}$ 'de 12 dakika kurutulur ve 30-60 dakika boyunca soğumaya bırakılır. Yapraklar nem oranı yaklaşık  $\%5$  olana kadar yaklaşık 20 dakika boyunca  $75-85^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulur. İşlenmiş kırmızı oolong çay tasnif edilerek depolanır (Anonymous, 1995a). Kırmızı oolong çayın kuru çay ve likör görünümü Şekil 70'te verilmiştir.



Şekil 70. Kırmızı Oolong Kuru Çay ve Likör Görünümü

#### 10.4.2.2. Güney Oolong (Tieguanyin) Çayı Üretim Parametreleri

Tepe tomurcuğu ve onu takip eden 2-3 taze yaprak içeren çay sürgünleri toplanır. Çay yaprakları 30-40°C'de 20-50 dakika güneşte soldurulur. Bu süre zarfında yapraklar 2-3 kez karıştırılır. Ağırlık kaybı %7-10'dur. Yapraklar daha sonra 20-30 dakika boyunca 20-26°C'de iç mekanda soldurmaya tabi tutulur ve ağırlık kaybı %1-2'dir. Yapraklar dönüşümlü olarak bereleme tamburunda 4-5 kez döndürülür. Dönme süresi 3-20 dakika arasında değişir. Her bir bereleme işleminden sonra yapraklar temiz bezler üzerine yayılır ve her defada yaygıda bekleme süresi 1,5-5 saattir. Toplam işlem süresi 11-13 saate ulaşır ve ağırlık kaybı %10-15 olur. Daha sonra enzim inaktivasyonu için yapraklar 7-10 dakika boyunca 200-240°C'de şoklama işlemine tabi tutulur. Buraya kadarki toplam ağırlık kaybı %25-30'dur. Şoklanmış yapraklar ay tipi mini kıvrırma makinalarında 3-5 dakika kıvrılır ve ağırlık kaybı %1'dir. Kıvrılan yapraklarda oluşan topaklar elle kırılır. Bu mini kıvrırma işlemi 2-3 kez tekrarlanır. Kıvrılan yapraklar 90-100°C'de 10-20 dakika kurutulur. Bu kurutma işleminde ağırlık kaybı %15-17'dir. Bezlere cebri güç kullanarak bohçalanan yapraklar bilyeli kıvrırma makinasında dakikada 32-35 devirde (rpm) 5-10 dakika boyunca kıvrılır ve bu işlem sırasında ağırlık kaybı %8 olur. Bohçalardan çıkarılan kıvrılmış çaylarda varsa topaklar parçalanır ve 70°C'de 10-15 dakika kurutulur; bu aşamada ağırlık kaybı %15-17 olarak gerçekleşir. Yapraklar tekrar sıkıca beze bohçalanan ve bilyeli kıvrırmada 2-3 dakika tekrar kıvrılır.





**Şekil 71.** Güney Oolong (Tieguanyin) Kuru Çay ve Likör Görünümü

Kıvırmadan alınan çaylar, bohçadan çıkarılmadan 20-30 dakika dinlendirilir. Boşaltılıp elle topakları parçalanarak 60°C' de nem içeriği %10-20 oluncaya kadar kurutulur.

Çaylar tepsilerde 60 dakika soğumaya bırakılır. Son kurutma işleminde çaylar nem içeriği %4-6'ya düşene kadar 50-60°C'de 30-60 dakika kurutulur. İşlenmiş Güney Oolong çayı tasnif edilerek uygun şartlarda depolanır (Anonymous, 1995a).

Şekil 70 ve Şekil 71'den de görüldüğü gibi oksidasyon derecesi %58 ± 5 olan kırmızı oolong çayın likör rengi, oksidasyon derecesi %20 ± 3 olan Güney Oolong (Tieguanyin) çayının likör renginden belirgin şekilde koyudur.

Oolong çay ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar diğer çaylarla karşılaştırıldığında oolong çayın daha güçlü bir çiçeksi ve meyvemsi aromaya sahip olduğunu göstermiştir. Oolong çay aromasının oluşmasında hem kullanılan çay klonunun, hem de işleme yönteminin çok önemli olduğu vurgulanmıştır (Zeng ve ark., 2020; Yang ve ark., 1993). Üretim aşamasında ise aroma oluşumunda bereleme işleminin birincil derecede önemli olduğu ve bunu soldurma işleminin takip ettiği ifade edilmiştir (Purushothaman ve Wei, 2023; Hu ve ark., 2018).

Oolong çayda bulunan bazı uçucu aroma bileşenleri (örneğin (Z)-Jasmone ve β-Ocimene) üretildikleri çay klonu ile ilişkilidir ve *çeşit aroması* olarak adlandırılır. Diğer birkaç aroma bileşiği (örneğin (E)-Nerolidol ve α-Farnesene) ise üretim aşamasında ortaya çıkar ve *teknik aroma* olarak

adlandırılır. Hem çeşit aroması hem de teknik aroma, oolong çayının aromatik özelliklerini birlikte oluşturur (He ve ark., 2022).

Aroma, oolong çayının piyasa fiyatını etkileyen ana kalite faktörüdür ve daha belirgin çiçeksi ve meyvemsi aromaya sahip olan oolong çaylar üstün kaliteli kabul edilir ve daha yüksek fiyatlıdır (Zeng ve ark., 2020).

## 10.5. PU'ERH ÇAY İŞLEME TEKNOLOJİSİ

Pu'erh çay bilinen en eski fermente çay olup, ilk kez 14. yüzyılda yine Çin'de Ming Hanedanı döneminde üretilmeye başlanmıştır. İsmi bir zamanlar başta tablet çaylar olmak üzere çay ticaretinin merkezi sayılan Yunnan bölgesindeki Pu'erh kasabasından almıştır. Çin'in ve Asya'nın farklı bölgelerine kervanlarla taşınan çaylar, taşımacılığı kolaylaştırmak için Pu'erh kasabasında sıkıştırılarak tablet veya kek çay diye adlandırılan formlara dönüştürülmüş ve böylece taşınması kolay hale getirilmiştir. Daha sonra bu kasaba pu'erh çayın merkezi olarak tanınmıştır (Lu ve ark., 2016; Ng ve ark., 2017; Zhou ve ark., 2005).

Yeşil, siyah ve oolong çaydan farklı olarak pu'erh çay, mikrobiyal fermantasyon ile üretilir ve üretim alanı Çin ve Japonya ile sınırlıdır (Jiang ve ark., 2011). Mikrobiyal fermantasyon pu'erh çayın biyokimyasal bileşiminde ve aromasında çarpıcı değişiklikler gerçekleştiren en önemli biyokimyasal reaksiyondur. Pu'erh çayın işleme teknolojisi ve pu'erh çay çeşitleri Çin dışında çok az bilinmektedir (Ling ve ark., 2010).

### 10.5.1. Geleneksel Pu'erh Çay Üretim Yöntemleri

Geleneksel pu'erh çay üretiminde hammadde olarak geniş yapraklı *Camellia sinensis var. assamica* kullanılır. Pu'erh çaylar topraksız lezzetleri ve zengin, dolgun aromalarıyla bilinir. Geleneksel üretimde iki ana pu'erh türü vardır: Ham pu'erh (sheng) çay ve olgunlaştırılmış pu'erh (shou) çay. Bu iki çayın üretim yöntemleri arasında hem üretim teknolojileri hem de nihayi ürünün kalite karakteristikleri açısından farklar vardır (Zhou ve ark., 2005).

#### 10.5.1.1. Ham Pu'erh (Sheng) Çay Üretim Yöntemi

Ham pu'erh çay üretiminde yapraklar hasat edildikten sonra iç ortamda bambu tepsilere serilerek soldurmaya bırakılır. Yaklaşık 3-6 saatlik solmanın



ardından pan-firing yöntemle enzim inaktivasyonu yapılır. Şoklama sıcaklığı 50 ° C civarındadır. Bu sıcaklık yeşil ve beyaz çay üretiminde kullanılanlardan düşüktür. Böylece olgunlaştırma sürecinde tat ve aroma oluşumunda etkili olan enzimler kısmen aktif kalır. Şoklamadan sonra yapraklar elle veya sonradan sisteme entegre edilen mini kıvrırma makinaları ile kıvrılır. Daha sonra dış ortamda bambu hasırlara yayılarak kurutulur. Kurutulan ham pu'erh çay, yaprak çay formundadır ve bu formda olgunlaştırılarak tüketime sunulabilir. Ancak yaygın olan preslenerek farklı şekillerde tablet haline getirildikten sonra olgunlaştırılmasıdır. *Yaşlandırma* adı verilen olgunlaştırma süresi 20 hatta 25 yıla kadar uzayabilir (Lv ve ark., 2013; Zhen, 2002). Ham pu'erh çayının kalitesi ve aroması yaşla birlikte artar.

Ham pu'erh çay (sheng) üretim akış şeması Şekil 72'de verilmiştir.



**Şekil 72.** Ham Pu'erh Çay ( Sheng) Üretim Akış Şeması  
(Kaynak: Ş.ILGAZ, 2024)

### 10.5.1.2. Olgunlaştırılmış Pu'erh (Shou) Çay Üretim Yöntemi

1970'lerde ham pu'erh çay için gereken yaşlanma sürecini kısaltmak amacıyla geliştirilen olgunlaştırılmış pu'erh çay üretimi, ham pu'erh ile aynı şekilde yapılır. Ancak *yığın fermantasyonu* adı verilen çayın nemlendirilmesi ile başlatılan mikrobiyal fermantasyon üretim sürecine eklenmiştir (Preedy, 2013; Ho ve ark., 2008).

Ham pu'erh çay ile karşılaştırıldığında, olgunlaştırılmış pu'erh çay daha zengin ve tatlımsı aromaya, kırmızı ve parlak likör rengine sahiptir. Ham

pu'erh çay (sheng), olgunlaştırılmış pu'erh çay (shou) ve bu çaylara ait likör görüntüleri Şekil 75'te verilmiştir.

Olgunlaştırılmış pu'erh çay üretiminde hammadde seçimi ve hasadı, soldurma, kıvrırma ve güneşte kurutma işlemleri ham pu'erh ile aynıdır. İlave olarak olgunlaştırılmış pu'erh çayın üretiminde kurutulmuş ham pu'erh çay, yığın halinde temiz tepsilere belli kalınlıkta yayılarak nemlendirilir, üzeri örtülerek 5-10 hafta fermentasyona bırakıldıktan sonra preslenerek tablet haline getirilir ve yaşlandırma amacı ile depolanır. Depolama süresi 10 yıla kadar devam edebilir.10 yıl boyunca aroma artmaya devam eder. En kaliteli ve pahalı pu'erh çaylar, en yaşlı olanlardır (Lv ve ark., 2013; Saberi, 2010; Duan ve ark., 2012). Bazı tür pu'erh çaylar içi oyularak çıkarılmış mandalina kabuklarına doldurularak bu şekilde fermente edilir ve yaşlandırmaya bırakılır (Şekil 74b).



**Şekil 73.** Ham Pu'erh Çay (a) Olgunlaştırılmış Pu'erh Çay Görünümü (b)  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

Ham pu'erh çay ile olgunlaşmış pu'erh çayın preslenmemiş görünümleri Şekil 73'de verilmiştir. Her iki pu'erh çay çeşidi de buhar verilerek yapışkan hale gelmesi sağlandıktan sonra preslenerek değişik biçimlerdeki tablet çaylara dönüştürülür ve bu şekilde yaşlandırılır (Şekil 74a).



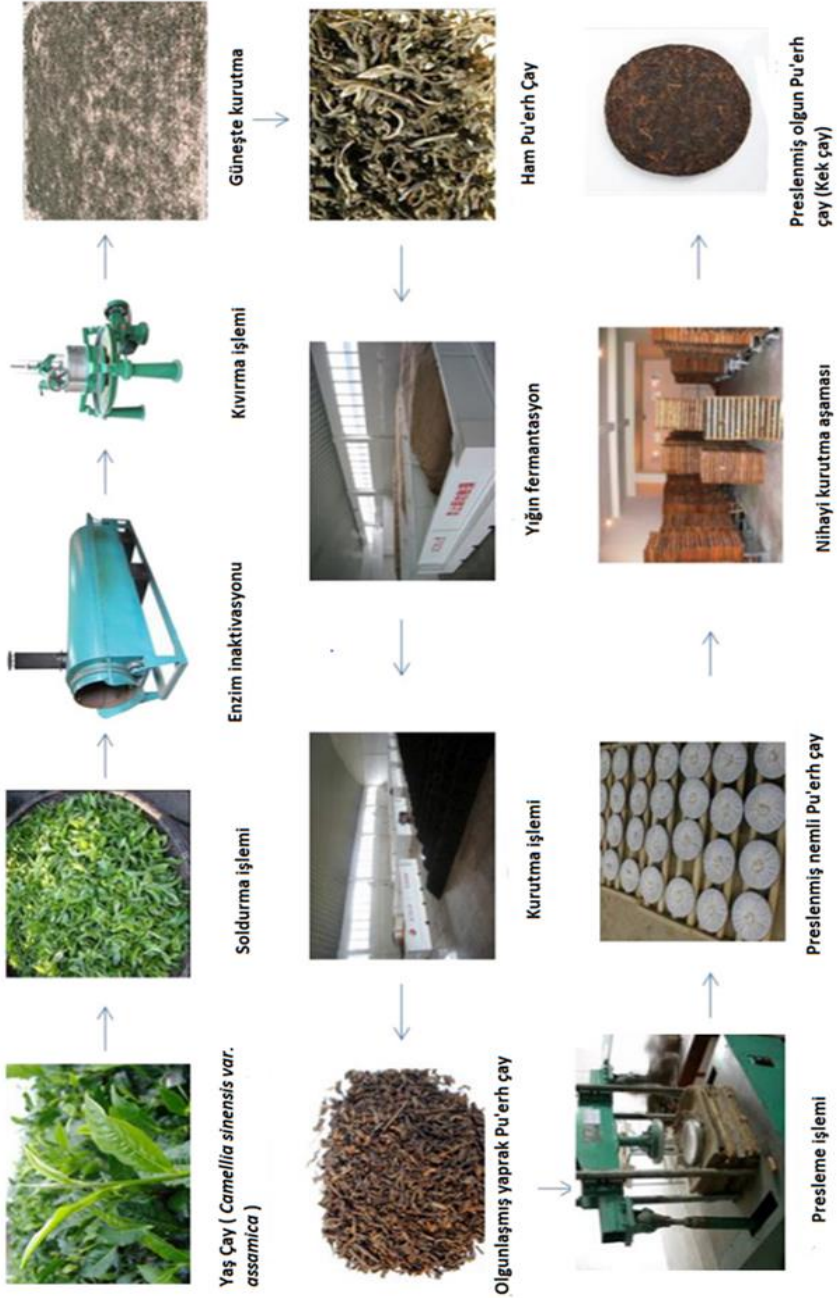
**Şekil 74.** Pu'erh Çayların Preslenmesi (a) Mandalina Kabuğu İçinde Fermente Edilmiş Pu'erh Çay (b) (**Kaynak:** Taobao, 2024)



**Şekil 75.** Ham ve Olgunlaştırılmış Pu'erh Tabletleri ve Likör Renkleri (**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, Ş.ILGAZ)

### 10.5.2. Pu'erh Çayın Modern Üretim Teknolojisi

Özellikle sağlığa yararları sebebi ile Asya ülkelerinde ün kazanmış olan pu'erh çaya talebin artmış olması, buna karşın üretimin uzun yaşlandırma süreci sebebi ile çok zaman alması ve üretim miktarının düşük olmasının önüne geçebilmek amacıyla son yıllarda modern teknoloji ile kurulmuş fabrikalarda endüstriyel ölçekte pu'erh çay üretimi yapılmaktadır.



Şekil 76. Modern Pu'erh Çay Üretim Aşamaları  
(Kaynak : Lv ve ark., 2013)

Endüstriyel ölçekte üretimin işlem basamakları hammadde temini, soldurma, enzim inaktivasyonu, kıvrırma, güneşte kurutma, yığın fermantasyonu, kurutma, presleme, nihayi kurutma ve depolamadır.

Pu'erh çayının modern üretim aşamaları Şekil 76'da gösterilmiştir. Hammadde olarak geleneksel üretim yöntemlerinde de kullanılan ve büyük yapraklı çay türü olan *Camellia sinensis var. assamica* yaprakları kullanılır. Genellikle tepe tomurcuğu ve onu takip eden iki veya üç yapraklı taze çay filizleri hasat edilerek, zedelenmeden fabrikaya getirilir. Yapraklar bambu tepsilere veya bambu hasırlara yayılarak 8 saat süre ile soldurulur. Solmuş çay yaprakları, oksidasyon enzimlerinin özellikle *polifenol oksidaz* (PPO) enzim aktivitesinin kısmi inaktivasyonu için şoklama tamburunda ısıl işleme tabi tutulur. Kullanılan sıcaklık, buharla veya kuru sıcak hava ile enzim inaktivasyonu gerçekleştirilen yeşil çay üretiminde kullanılan sıcaklıktan çok daha düşüktür. Enzimler tamamen inaktive olmadığından fermantasyon sırasında enzimlerle mikrobiyal aktivitenin interaksyonunun pu'erh çay aromasının gelişimine olumlu etki ettiği düşünülmektedir. Olgunlaştırılmış pu'erh çaylarda PPO enziminin katalize edilen kateşinlerin oksidatif polimerizasyonu ile oluşan theaflavin (TF) ve thearubigin (TR)'nin iz miktarda olduğu, buna karşın % 7-8 oranında theabrownin (TB) varlığı tespit edilmiştir (Lv ve ark., 2013; Ahmed ve ark., 2010; Shao ve ark., 1995).

Enzim inaktivasyonundan sonra yapraklar kıvrırma makinalarında kıvrılır. Pu'erh çayın toplam kıvrırma süresi hücre parçalanma oranını düşürmek, havalandırmayı ve fermantasyon işlemini kolaylaştırmak amacıyla yeşil çay üretiminde uygulanan kıvrırma süresinden daha kısadır. Kıvrılan çay yaprakları fermantasyon işleminden önce güneşte yaklaşık 3-5 saat boyunca nem içeriği % 8'e düşünceye kadar kurutulur. Ortam sıcaklığı 30 °C'nin üzerindedir ( Lv ve ark., 2013).





Şekil 77. Pu'erh Çayın Fermantasyonu ve Kontrolü  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

Güneşte kurutulmuş çaylar fermantasyon odasında belli bir kalınlıkta yayılarak *yığın fermantasyon* diye adlandırılan mikrobiyal fermantasyona bırakılır (Şekil 77). Burada çay yığınının mikrobiyal fermantasyon için gerekli olan mikroorganizmalarca yapay yollarla enfekte olması sağlanır. Yığın sıcaklığı 30-45 °C arasında ve yığının nem içeriği %30 civarında tutularak mikrobiyal fermantasyon için ideal ortam oluşturulur. Amaç yaşlandırma tabir edilen olgunlaşmayı hızlandırmaktır. Olgunlaştırma periyodu 20 günden 70 güne kadar sürebilir. Fermantasyon süreci sırasında yaprakların renginde ve aromasında meydana gelen değişiklikler kontrol edilir ve fermantasyonun bitiş noktası deneyimli personel tarafından belirlenir (Lv ve ark., 2013; Abe ve ark.,2008). Fermantasyon yeterli düzeye geldiğinde yığın ince tabakalar halinde yayılarak, zaman zaman karıştırılarak havalandırılır ve soğutulur.

Pu'erh çayın üretimi ve kalitesi mikrobiyal aktivite ile yakından ilişkili olduğundan, pu'erh çay mikrobiyomunu anlamak çok önemlidir. Mikrobiyal fermantasyon, çay yapraklarının kimyasal bileşenlerinde dramatik değişikliklere yol açarak olgunlaşmış pu'erh çayın benzersiz özelliklerinin oluşumunda önemli rol oynar. Fermantasyonda yer alan mikroorganizmalar, biyoaktif bileşenlerin üretimi üzerinde belirli bir etkiye sahiptir. *Aspergillus*, erken fermantasyonda lezzet üreten

organizma olarak tanımlanırken, *Bacillus*, *Rasamsonia*, *Lichtheimia* ve *Debaryomyces*, pu'erh çayın tadına geç fermantasyon döneminde katkıda bulunur. Fermantasyon sırasında baskın rol oynayan mikroorganizmaların başında *Aspergillus niger* ve *Blastobotrys adenivorans* gelir (Abe ve ark.,2008, Z. Wang ve ark., 2022b; Jia ve ark., 2022)

*Aspergillus niger*'in MPT1 diye adlandırılan suşunun, pu'erh çayın fermantasyon sürecinin erken aşamasında ortaya çıktığı ve fermantasyonun sonuna kadar sabit kaldığı belirlenmiştir. Fermantasyonda çay yapraklarında çoğalan *Aspergillus niger* suşunun olgunlaşmış pu'erh çayın uçucu aromasının oluşmasında görev aldığı ve besin değerini zenginleştirdiği iddia edilmektedir. Çoğalan *Aspergillus niger* suşunun mevcut üretim sürecinde mikotoksin üretmediği tesbit edilmiştir. Ancak yine de fermantasyon sürecinde mikotoksin üretebilecek diğer *Aspergillus* suşları tarafından kontaminasyonu önlemek amacıyla kontrollü ve güvenli pu'erh çay üretimi çok önemlidir ( Abe ve ark., 2008; Abarca ve ark., 2001).

Modern üretim yönteminde yaşlanma sürecini hızlandırmak için uygulanan yapay fermantasyon işleminde küçük filamentli bir mantar olan *Monascus* da kullanılır. Bu mantar fermantasyon sırasında aromayı artıran alkoller, aromatik bileşikler ve enzimlerin yanı sıra monascus pigmenti, lovastatin, polisakkaritler, amino asitler gibi ikincil metabolitleri de üretir. *Monascus purpureus* inokülasyonu ile fermente edilen pu'erh çayın, kolesterol sentezini engelleyen bir bileşik olan lovastatini daha fazla içerdiği ve ayrıca sadece 42 günlük fermantasyondan sonra 'Qu kokusu' adı verilen yeni bir tat ürettiği belirlenmiştir (Jia ve ark., 2022).



**Şekil 78.** Presleme ve Kurutma İşlem Basamakları

(**Kaynak:** Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

Son yıllarda yapılan çok sayıda bilimsel çalışma, yığın fermantasyonu sırasında degradasyon, oksidasyon, polimerizasyon, kondensasyon ve yapısal modifikasyon dahil olmak üzere bir dizi önemli biyotransformasyonun gerçekleştiğini göstermiştir. Isı ve nem altında mikrobiyota tarafından katalize edilen yığın fermantasyonu, kateşinler ve flavonoidler gibi polifenollerin miktarının azalmasına ve theabrowninler (TB'ler) ve gallik asit (GA) gibi fenolik asitlerin içeriğinin artmasına neden olur (Şekil 80). Bu kimyasal değişimler olgunlaşmış çaya özel lezzet ve sağlık geliştirici etkiler kazandırır (Li ve ark., 2022).

Fermantasyon işleminin ardından yapılan kurutma işlemi ile yaprak çay formundaki olgunlaştırılmış pu'erh çay elde edilmiş olur. Bu çay da preslenerek tablet haline getirilir ve havalandırma sistemi olan, serin ve direkt ışık almayan odalarda bir yandan kururken, diğer yandan olgunlaşma devam eder (Şekil 78). İdeal kurutma sıcaklığı 60°C'dir. Kuruyan olgunlaştırılmış pu'erh çaylar (Şekil 79) paketlenip pazara sunulana kadar uygun şartlarda depolanır (Abe ve ark., 2008; Z. Wang ve ark., 2022b; Li ve ark., 2022).

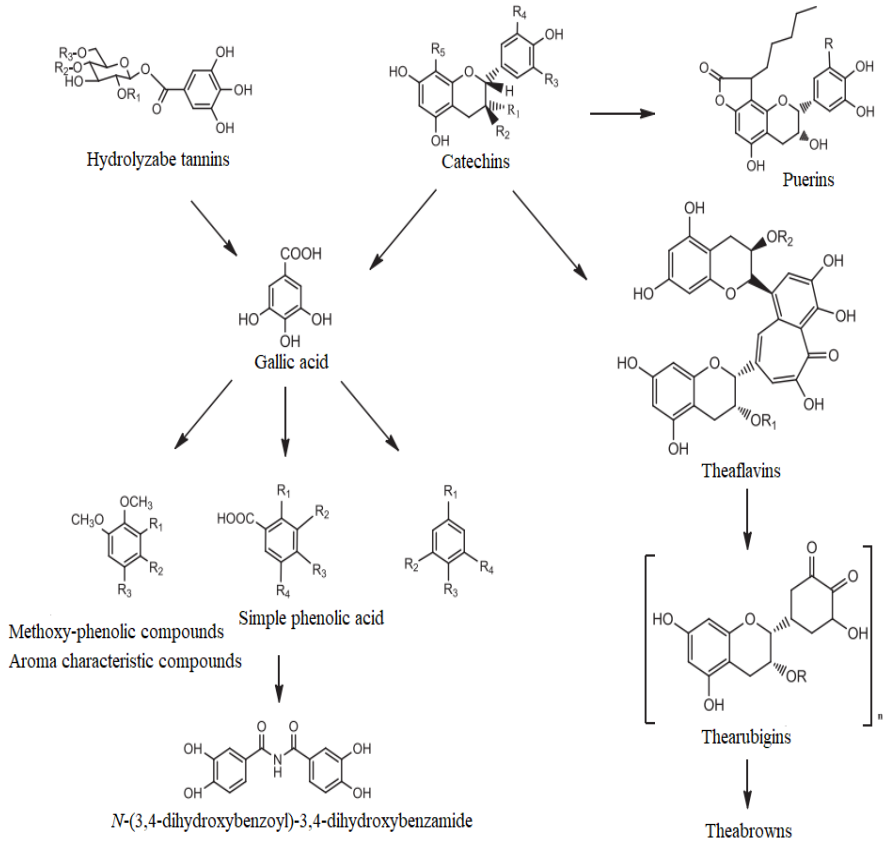




**Şekil 79.** Pu'erh Çayın Paketlenmesi ve Depolanması  
(Kaynak: M.Ipuca, 2024)

Ham pu'erh çayın mikrobiyal fermantasyon ile olgunlaşması sonucu temel biyokimyasal bileşenlerindeki değişim Tablo 5'te verilmiştir. Bunlara ilaveten fermantasyon prosesi ile ham pu'erh çaydaki aroma bileşenlerinden alkol ve hidrokarbonlar çarpıcı bir şekilde azalırken, metoksi-fenolik bileşikler, aldehit ve esterler önemli ölçüde artar. Bu değişim aroma kalitesini ham pu'erh çayın taze, canlı aromasından olgunlaşmış pu'erh çayının özel yaşlandırılmış aromasına dönüştürür.

Likörde parlaklık renk indeksi 84,18'den -5,28'e değişir. Bu değişime paralel likör rengi ham pu'erh çaydaki sarımsı yeşilinden olgunlaşmış pu'erh çayın kahverengimsi kırmızısına dönüşür. Olgunlaşmış pu'erh çayda üç ana pigment olan theabrownin, thearubigin ve theaflavin tesbit edilmiş olsa da mikrobiyal fermantasyon ile TF ve TR'de önemli ölçüde azalış, buna karşın TB'de çarpıcı artış görülmüştür. Yani olgunlaştırılmış pu'erh çaydaki ana pigment theabrownin (TB)'dir. Theabrownin, mikroorganizmalar tarafından flavan-3-ol'ün kademeli oksidasyonu ve polimerizasyonu ile oluşur (Şekil 80).



**Şekil 80.** Pu'erh Çayın Kimyasal Bileşenlerinin Fermantasyon Aşamasındaki Biyotransformasyonu (Kaynak :Lv ve ark., 2013 )

Biyoaktif çay polifenolleri ham pu'erh çayda yaygın olsa da, olgunlaştırılmış pu'erh çayın mikrobiyal fermantasyonu sırasında çay polifenollerinden kateşinler, kaempferol, quercetin, myricetin, flavonol glikozitler ile amino asitler özellikle GABA ve theanin önemli ölçüde azalır. Buna karşın kafein ve polisakkaritler ise artar (Lv ve ark., 2013; Jia ve ark., 2022).

**Tablo 5.** Ham Pu'erh Çay ve Olgunlaşmış Pu'erh Çayın Kimyasal Bileşimi

| Kimyasal Bileşen        | Ham Pu'erh Çay | Olgunlaşmış Pu'erh Çay |
|-------------------------|----------------|------------------------|
| Çözünmeyen Polifenoller | 3.52%          | 6.38%                  |

|                      |                  |                 |
|----------------------|------------------|-----------------|
| Çay Polifenolleri    | 29.73%           | 9.40%           |
| Toplam Kateşin       | 18.31%           | 3.62%           |
| EGC                  | 2.15%            | -               |
| C                    | 0.49%            | 0.33%           |
| EC                   | 1.19%            | 0.36%           |
| EGCG                 | 4.04%            | -               |
| ECG                  | 11.31%           | -               |
| GC                   | -                | 0.47%           |
| GA                   | 0.10%            | 1.77%           |
| TF                   | 0.14%            | 0.03%           |
| TR                   | 4.35%            | 0.20%           |
| TB                   | 2.90%            | 7.85%           |
| Amino asit           | 1.80%            | 0.66%           |
| Teanin               | 0.40%            | 0.08%           |
| GABA                 | 13.0<br>mg/100 g | 3.0<br>mg/100 g |
| Çözünebilir Şekerler | 5.13%            | 3.86%           |
| Polisakkaritler      | 0.35%            | 2.40%           |
| Su Ekstraktı         | 45.0%            | 41.0%           |
| Kafein               | 4.19%            | 5.17%           |
| Flavonoidler         | 0.89%            | 0.96%           |
| Kaempferol           | 1.26<br>mg/g     | 0.48 mg/g       |
| Quercetin            | 4.37<br>mg/g     | 1.31 mg/g       |
| Myricetin            | 0.63<br>mg/g     | 0.33 mg/g       |

|                      |            |             |
|----------------------|------------|-------------|
| Flavonol glycosidler | 15.71 mg/g | 5.32 mg/g   |
| Lovastin             | -          | 139.26 ng/g |

( **Kaynak:** Lv ve ark., 2013)

## 10.6. KOMBUCHA ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Kombucha, *Camellia sinensis* çay bitkisinden üretilen siyah, yeşil, beyaz ve oolong çay ekstraktlarının Simbiyotik Bakteri ve Maya Kültürü (SCOBY) tarafından fermente edilmesiyle hazırlanan fonksiyonel bir içecektir. SCOBY, kombucha üretiminde fermantasyonu gerçekleştirmekle görevli olan starter kültürdür. SCOBY, asetik asit bakterileri, laktik asit bakterileri ve mayalardan oluşur ve sevilen kombucha içeceğinin egzotik tadının ve besinsel avantajlarının ortaya çıkmasında önemli rol oynar.

Güçlü tadı ve sağlık yararlarıyla bilinen kombucha, tüm dünyada uzun bir popülerlik geçmişine sahiptir. Bu içecek ağırlıklı olarak çayla (siyah çay, yeşil çay, oolong çayı) yapılırsa da, limon otu, nane ve yasemin, mango, kiraz, ananas, nar, elma, portakal, üzüm, çarkıfelek meyvesi, şeftali gibi farklı tatlarla tatlandırılmış diğer çeşitlerini bulmak mümkündür (Dufresne ve Farnworth, 2000).

Kombucha, son yıllarda popülerlik kazanmış olmasına rağmen, MÖ 220 civarında Kuzeydoğu Çin'de Tsin Hanedanlığı döneminde ortaya çıkmıştır ve detoks edici ve enerji verici özellikleriyle bilinmektedir. MS 440 yılında Koreli bir hekim olan Dr. Kombu tarafından İmparator Inkyo'nun sindirim sorunlarını tedavi etmek amacıyla Japonya'ya getirilmiştir (Jayabalan ve ark., 2014).

Uzak Doğu'dan ticaret yolları aracılığıyla Rusya ve Doğu Avrupa'ya ulaştığına inanılan Kombucha, 1920'lerde Almanya'da halk ilacı olarak popülerlik kazanmış, Almanya'dan Fransa gibi Batı Avrupa ülkelerine ve bunların Kuzey Afrika ve Orta Doğu'daki sömürge ülkelerine yayılmıştır (Jayabalan ve ark., 2014; Kim ve Adhikari, 2020). Bugün bu içecek, birçok ülkede hem ticari ölçekte hem de ev koşullarında üretilmektedir.

Dünyada *Kombucha* terimi içecek için en yaygın kullanılan isim olsa da, Çay Kvası, Champignon de Longue Vie, Chainii Grib, Chainii Kvası, Ling Zhi, Kocha Kinoko ve Kırmızı Çay Mantarı gibi diğer isimlerle de bilinmektedir (Jayabalan ve Waisundara, 2019).

Kombucha üretiminin ana girdileri çay, sakkaroz ve SCOBY olarak bilinen starter kültürdür. Siyah, oolong ve yeşil çaylar, tek başlarına veya kombinasyonlar halinde kombucha yapımında kullanılan temel hammaddelerdir.

Kombucha üretimi iki şekilde yapılır:

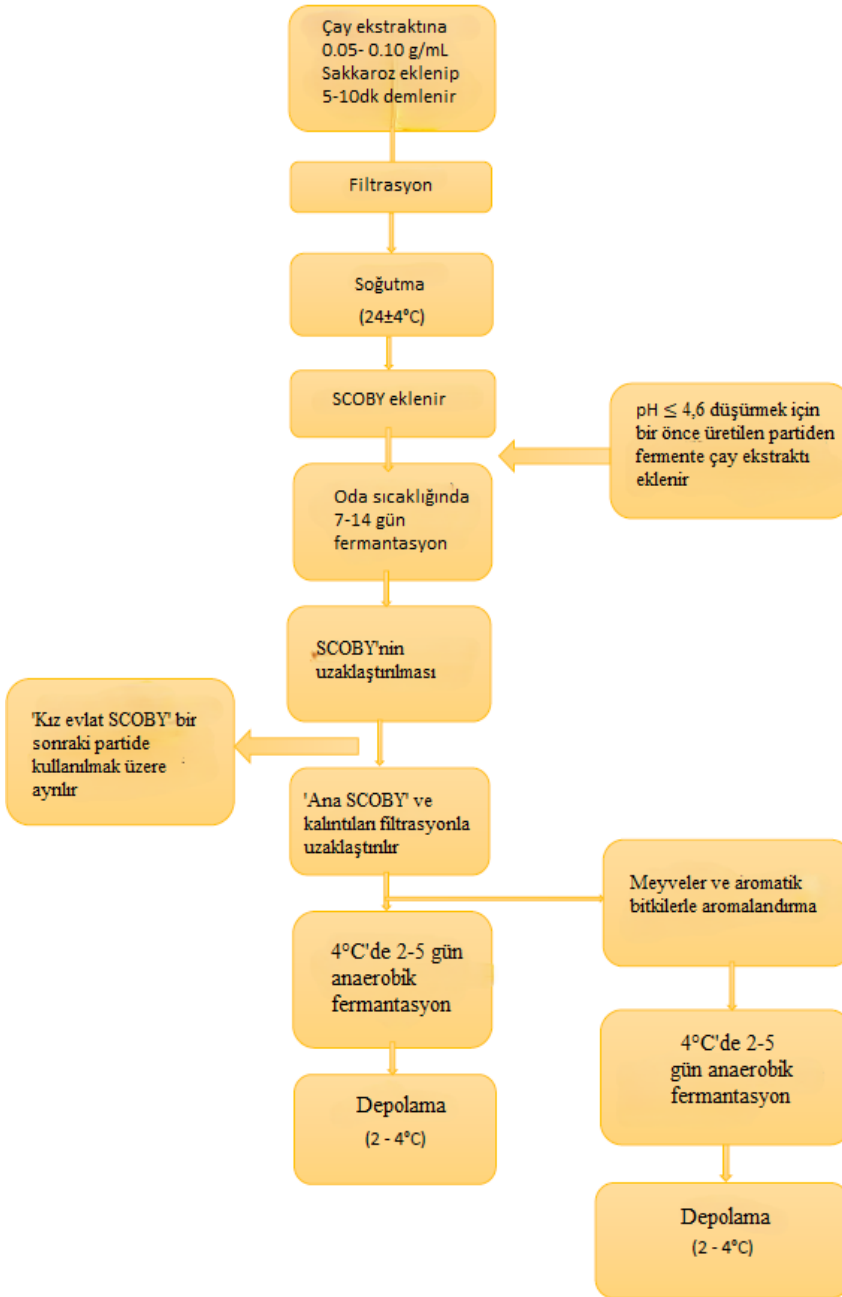
- Geleneksel küçük ölçekli üretim
- Sanayi ölçekli üretim

### 10.6.1. Geleneksel Üretim Teknolojisi

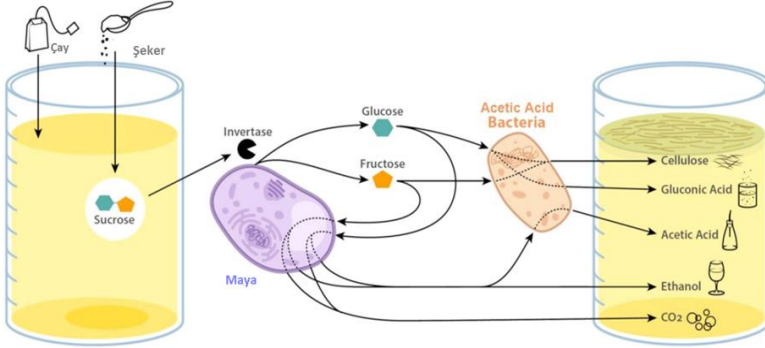
Küçük ölçekli bu üretim yönteminde fermantasyon ve depolama işlemleri cam kaplarda yapılırken, sanayi ölçekli üretimde paslanmaz çelik tanklar kullanılır (Soares ve ark., 2021). Üretim aşamaları (Şekil 81) temelde aynıdır. Tek fark sanayi ölçekli üretimde üretim miktarının fazla olması ve üretim hattında tüm parametrelerin enstrümental olarak ölçülmesi ve kontrol altında tutulabilmesidir.

Geleneksel küçük ölçekli üretim yönteminde kullanılan çayın kalitesine bağlı olarak 5 ila 10 gram kuru çay 1 L kaynar suya eklenir, karıştırılır, 5-10 dakika demlenir ve infüzyon süzülür. Çözeltiye 50-100 g sakkaroz eklenir, tamamen çözülünceye kadar karıştırılır. Yani çözeltideki nihayi sakkaroz konsantrasyonu 0,05- 0,10g/mL arasında olmalıdır (Jayabalan ve Waisundara, 2019; Chakravorty ve ark., 2019; B.Wang ve ark., 2022). Çözeltide karbon kaynağı olarak kullanılan sakkarozun varlığı, birincil fermantasyon döngüsünün sonunda karbonatlı ve hafif asidik bir içecek üreten bir metabolik süreç dizisini başlatır (May ve ark., 2019). SCOBY ile ortamdaki şekerin interaksyonu Şekil 82'de gösterilmiştir.

Süzülen infüzyon steril bir kaba dökülür ve oda sıcaklığına ( $24\pm 4^{\circ}\text{C}$ ) soğumaya bırakılır. SCOBY olarak bilinen taze yetiştirilmiş biyofilm veya selüloz-pellikül formdaki starter kültürden yaklaşık 50 g/L ve daha önce fermente edilmiş 200 mL çay ekstraktı eklenerek fermantasyon başlatılır. Daha önce fermente edilmiş çay ekstraktının eklemenin amacı, istenmeyen mikroorganizmaların büyümesini engellemek için başlangıç pH'ını ( $\leq 4,6$ ) düşürmektir. Her kap dikkatlice hijyenik bir bezle örtülür ve bez düzgün bir şekilde sabitlenir (May ve ark.,2019; Laureys ve ark.,2020; Nyhan ve ark., 2022).



Şekil 81. Kombucha Üretim Akış Şeması  
(Kaynak: Ş. ILGAZ, 2023)



**Şekil 82.** Kombucha Metabolizması ve Mikrobiyal İnteraksiyon  
( Kaynak: May ve ark.,2019'tan adapte edilmiştir.)

İlk fermantasyon yaklaşık 7 ila 14 gün sürer. Fermantasyon ilerledikçe, fermente edilmiş çay suyunun yüzeyinde “Kız evlat SCOBY” adı verilen yeni bir disk şeklindeki selüloz zarı oluşur ve çay ekstraktının bileşimi hem sakkaroz hem de pH düşüşüyle değişir ve bakteri ve mayanın simbiyotik aktivitesi nedeniyle asitlik artar. Kombucha'nın güvenli tüketimi için pH >2,5 olması önerilir ( Dufresne ve Farnworth, 2000). Jayabalan ve ark., 2014; Chakravorty ve ark., 2019; B. Wang ve ark., 2022). İlk fermantasyon sonucu oluşan "Kız evlat SCOBY", kavanozda fermantasyonun son hali ve "Ana Scoby" Şekil 83'te gösterilmiştir.

İlk fermentasyondan sonra "Kız evlat SCOBY" adı verilen yeni disk şeklindeki selüloz zar, daha sonraki üretimde aşılama kullanılmak üzere çıkarılır. Başlangıçta aşılama kullanılan "Ana Scoby" ve kalıntıları, filtrasyonla kombucha suyundan ayrılır. Kombucha, kapağıyalıtımlı bir kaba doldurulur ve tüketilmeden önce 2-5 gün boyunca 4°C'de anaerobik fermentasyon için uygun şekilde saklanır (Soares ve ark., 2021; Nyhan ve ark., 2022; Chandrakala ve ark., 2019).

Duyusal kaliteyi ve karbonasyonu iyileştirmek için, Kombuchaya tercihen sıvı formda aromalı bileşikler eklenmesi önerilir. Meyveler, aromatik bitkiler ve uçucu yağlar gibi aroma zenginleştirici bileşikler ile aromalandırmak amacı ile 4°C'de anaerobik koşullar altında saklanan Kombuchaya eklenir. Kullanılan aromanın gücüne bağlı olarak aromanın Kombuchaya tamamen karışması 2-5 gün sürer. 2-5 günün sonunda kombucha süzülür, şişelere doldurulur, kapatılır ve etiketlenir ve ardından içeceklerin tazeliğini sağlamak için 2 ila 4°C arasında muhafaza edilir (Soares ve ark., 2021; B.Wang ve ark., 2022; Chandrakala ve ark., 2019).



**Şekil 83.** ‘Kız Evlat SCOBY’- Kavanozda Fermantasyon- ‘Anne SCOBY’  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

### 10.6.2. Sanayi Ölçekli Üretim Teknolojisi

Sanayi ölçekli üretim, daha önceden belirlenmiş üretim parametreleri uygulanarak büyük ölçekte üretim yapmaya olanak sağlar. Bu yöntemde sabit ve değişken parametreler, kontrollü üretim koşulları, standart hammadde kullanımı sayesinde nihayi üründe standardizasyon sağlanır ve üretim miktarı geleneksel üretime göre fazladır. Ayrıca kullanılan tüm makine ve ekipman gıda saflıkta malzemedan üretilir ve CIP (clean-in-place) sistemine sahiptir. Yerinde temizleme (CIP), boruların, kapların, ekipmanların, filtrelerin ve ilgili bağlantı parçalarının iç yüzeylerini büyük bir sökme işlemi olmadan temizlemenin otomatik bir yöntemidir.

Kombucha üretiminde starter kültür olarak kullanılan SCOBY adı verilen mayalar ve bakterilerlerin mutlaka taze olması ürün kalitesi için çok önemlidir. Ayrıca üretimde kullanılacak starterin oranı da sabit tutulmalıdır. İstenmeyen mikroorganizma gelişimini önlemek için de sisteme dışarıdan herhangi bir kontaminasyon olmamalıdır. CIP temizleme sistemine sahip işletmelerde bu durumun kontrolü daha kolaydır.

Üretimde ekstraksiyon, şeker çözdürme, soğutma, fermantasyon ve dolum işlemleri yapılır.

#### 10.6.2.1. Ekstraksiyon İşlemi

Ekstraktöre içme suyu ve kullanılan çayın kalitesine göre % 1-1,5 kuru çay eklenir. Kullanılan çay genellikle siyah veya yeşil çaydır. Diğer çay çeşitleri de kullanılabilir. İdeal çay ekstraktı elde edebilmek için 5-10 dakika



kadar demleme yapılır. Ekstraksiyon sıcaklığı yeşil çay için 79- 80 °C, siyah çay için 100°C olmalıdır. Kombucha üretiminde kullanılan kesikli ekstraktörler Şekil 84'te gösterilmiştir.



**Şekil 84.** Ekstraksiyon Ünitesi  
(Kaynak: Beyond, 2024)

### 10.6.2.2.Şeker Çözdürme İşlemi

Ekstrakt sıcakken şeker çözdürme tankına (Şekil 85) alınır ve % 5-15 oranında şeker (sakkaroz) eklenir. Yaklaşık 10 dakika karıştırılarak homojen bir çözelti elde edilir.

Kombucha üretiminde şeker sadece bir katkı maddesi olarak düşünülmemelidir. Şeker fermantasyon süreci boyunca kombucha üretiminin olmazsa olmaz girdisidir. SCOBY için birincil besin görevi görür. Ortamda şeker olmadığında, fermantasyon süreci durur ve kombuchanın lezzetini ve sağlık yararlarını ortaya çıkaran benzersiz bileşikler üretilmemiş olur.



**Şekil 85.** Şeker Çözdürme Tankları  
(Kaynak: Beyond, 2024)

### 10.6.2.3. Soğutma İşlemi

Plakalı soğutuculardan (Şekil 86) geçirilen şekerli çay ekstraktı 20-30 °C'ye soğutulur. SCOBY ilave edilmeden önce ekstraktın soğutulması çok önemlidir. Aksi takdirde SCOBY hasar görür ve istenen sonuç alınmaz.



Şekil 86. Plakalı Soğutucu  
(Kaynak: Beyond, 2024)

### 10.6.2.4. Fermantasyon İşlemi

Soğutulan şekerli çay ekstraktı fermantasyon tankına (Şekil 87) alınır ve SCOBY eklenir. SCOBY asetik asit bakterileri, laktik asit bakterileri ve mayalardan oluşan starter kültürüdür.

Fermantasyon süresi 7-14 gündür ve sıcaklık bu süre boyunca 20-30 °C'de tutulur. Bu süre içinde SCOBY'deki bakteri ve mayalar ortamdaki şekeri tüketir ve organik asitler, vitaminler, enzimler ve iz miktarda ( %0,5) alkol üretir. Fermantasyonda açığa çıkan az miktardaki CO<sub>2</sub> Kombuchaya hafif köpüklü ve ekşi tat verir.

Fermantasyon tankı Kombucha üretiminin en önemli ekipmanıdır ve kontaminasyonu önlemek ve optimum fermantasyon şartlarını sağlayabilmek için hava geçirmez kapaklar ve muhafazalara sahip olmalıdır. Bu tank mutlaka CIP temizleme sistemine, havalandırma, ısıtma veya soğutma ceketleri, sıcaklık sensörü, numune alma valfi, seviye sensörü ve pH-metre gibi donanımlara sahip olmalıdır.



**Şekil 87.** Fermantasyon Ünitesi  
(Kaynak: Beyond, 2024)

#### 10.6.2.5. Dolum İşlemi

Bu işlem karbonasyonu artırmak ve aromalandırma yapmak istendiğinde uygulanan ikinci fermantasyon işlemidir. Fermente Kombucha, ilave edilecek aroma ile birlikte yalıtımlı kaplara doldurulur ve 1-7 gün kadar ikinci fermantasyona bırakılır. İdeal fermantasyon sıcaklığı 20-22 °C'dir. Bu sıcaklıkta optimum aroma gelişimi ve karbonasyon gerçekleşir.

Dolumu yapan makinanın karbonatlı içecekler için dizayn edilmiş ve nihayi ürünün tat ve kalitesini koruyacak özelliklerde olması gerekir (Şekil 88).



**Şekil 88.** Dolum Makinesi  
(Kaynak: Beyond, 2024)

### 10.6.2.6. Depolama

Kombuchanın raf ömrü karbonasyonun seviyesine, depolama şartlarına ve ürünün reçetesine göre birkaç hafta ile birkaç ay arasında değişir.

Doğrudan güneş ışığından ve sıcaktan uzak, serin ve karanlık yerde depolanması gereklidir. Isıya ve ışığa maruz kaldığında fermantasyon işlemi hızlanır ve bu durum raf ömrünü kısaltır. Kombucha fermantasyonu depolama sırasında çok yavaş devam etmelidir. Tadı ve aromayı maksimum düzeyde koruyabilmek için ideal depolama sıcaklığı 0-4 °C'dir.

### 10.6.3. Kombucha Fermantasyonunun Mikrobiyolojisi

Kombucha, nicelik ve nitelik olarak hızlı değişen özel mikroorganizmaların simbiyotik birliğinin bir ürünüdür. Kombucha fermantasyonu için starter kültür olarak kullanılan SCOBY, kökenine, çevre koşullarına, coğrafi konumuna ve fermantasyon işlemi için kullanılan besiyerine bağlı olarak değişken bir mikrobiyolojik bileşime sahiptir. Simbiyotik kültürdeki en bol bulunan bakteriler *Acetobacter* ve *Gluconobacter* cinslerine aittir.

Kombucha fermantasyonundaki en karakteristik mikroorganizmalar Asetik Asit Bakterileri (AAB) ve mayalardır. Laktik Asit Bakterileri (LAB) oluşabilir, ancak her zaman bulunmadıkları için kombucha mikrobiyal ekosisteminin temel bir parçası gibi görünmemektedir (May ve ark., 2019; Laureys ve ark., 2020).

Mayalar, kombucha fermantasyonunda önemli bir rol oynar ve SCOBY'de bulunan çeşitli mikroorganizma türlerinden biridir. Fermantasyon sürecinin başlangıcında, mayalar sakkarozu invertaz yoluyla glikoza ve fruktoza hidrolize eder. Asetik asit bakterileri sakkarozu metabolize edemediğinden, mayalar bu görevi gerçekleştirir ve sakkarozu ait bu hidroliz reaksiyonu, Kombucha fermantasyonunda meydana gelen simbiyozun temelini oluşturur. Dahası, mayalar glikoliz yoluyla etanol ve CO<sub>2</sub> üretir. Ancak yüksek alkol konsantrasyonu, hücre zarlarının yapılarında, işlevlerinde ve bütünlüklerinde meydana getirdiği değişiklikler sebebiyle mikroorganizmalar için zararlıdır. Bakterilerin ve mayaların simbiyotik aktivitesi sayesinde, etanol, asetik asit bakterileri üretilen aldehit ve alkol dehidrogenaz tarafından indirgenebilir ve bu da onu okside eder ve Krebs döngüsü yoluyla asetik asit üretir. (Tran ve ark., 2020).

Her ne kadar baskın maya cinsleri çalışmadan çalışmaya önemli ölçüde daha değişken görünse de, *Zygosaccharomyces*, *Candida*, *Torulasporea*, *Brettanomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Hanseniasporea*, *Pichia* ve *Saccharomyces*, Kombucha üretimi için önemli olarak tanımlanan cinslerden bazılarıdır (Harrison ve Curtin, 2021).

SCOBY'nin baskın bakterileri, asetik asit oluşturmak için bir substrat olarak alkol kullanabilen aerobik bakteriler olan AAB'lerdir. Mayanın aksine, bu bakteriler büyümeleri ve aktiviteleri için büyük miktarda oksijene ihtiyaç duyarlar. Metabolik süreç, asetaldehitin etanole ve asetaldehit hidratının asetik aside, asetaldehit dehidrogenaz enzimi tarafından dönüştürülmesine dayanır (Villarreal-Soto ve ark., 2018).

SCOBY fermantasyon sırasında asetik asit bakterilerini yüzeyde tutar, gelişmeleri için yeterli oksijene izin verir, mayaları ise filmin alt kısmında yer aldıklarından oksijenin etkisinden korur ve anaerobik fermantasyonun gerçekleşmesine izin verir (Coelho, 2020). Asetik asit bakteri topluluğu çoğunlukla *Acetobacter*, *Gluconobacter* ve *Komagataeibacter* (*Gluconacetobacter*) cinsleri tarafından temsil edilmektedir.

*Komagataeibacter* türleri iyi bilinen biyonanoselüloz (BNC) üreticileridir. Kombucha sıvısında yeni selüloz-pellikül oluşumu, *Komagataeibacter* (eski adıyla *Gluconacetobacter*) cinsinin en az bir selüloz üreten asetik asit bakterisinin (AAB) varlığına bağlıdır. *Komagataeibacter* selüloz-pellikülü üretmenin yanı sıra, Kombucha'nın karakteristik tatlı ve ekşi lezzet profilinin ayrılmaz bir parçası olan organik asitlerin üretiminde de görev alır. Bir çalışmada başlıca bakteri gruplarının göreceli bolluğu analiz edilmiş ve tek bir türün hem selüloz-pellikül (SCOBY) hem de Kombucha infüzyonunda baskın olduğu belirlenmiştir; bu da *Komagataebacter* türüdür. Araştırmada *Komagataebacter*'in göreceli oranının %95'i aştığı belirlenmiştir (May ve ark., 2019; Laureys ve ark., 2020; Villarreal-Soto ve ark.,2018).

AAB asetik asit ve bakteriyel selüloza ek olarak, glukuronik asit üretiminden de sorumludur. Bu üronik asit, glukonik aside metabolize edilen ve daha sonra tüketicilere çok sayıda sağlık faydası sağlayan glukuronik aside dönüştürülen glikozdan üretilir. Ayrıca *Gluconobacter* suşlarının glikozdan elde edilen D-sorbitolden C vitamini (L-askorbik asit) sentezleyebildiğini belirtmekte fayda var (Antolak ve ark.,2021). Kombucha infüzyonunda genellikle laktik asit bakterilerinin bulunmadığı veya düşük olduğu

bildirilmiştir. Ancak sanayi ölçeğinde kombucha üretilirken fermantasyon sırasında daha yüksek miktarda laktik asit bakterisinin bulunduğunu gösteren bazı çalışmalar vardır (Laureys ve ark., 2020).

#### **10.6.4. Kombuchanın Biyokimyasal Bileşimi**

Kombucha ieeğinin kimyasal bileşenleri üzerinde yapılan araştırmaların sonuçları, kombucha infüzyonunda organik asitlerden başta asetik, glukonik ve glukuronik asitler olmak üzere sitrik, L-laktik, malik, tartarik, malonik, oksalik, süksinik, pirüvik ve usnik asitlerin bulunduğunu göstermiştir. Kullanılan sakkaroz miktarına ve fermantasyon süresine bağlı olarak miktarları değişen şekerlerin (sakkaroz, glukoz ve fruktoz) yanı sıra, suda çözünen vitaminler (B1, B2, B6, B12, C), amino asitler, biyojenik aminler, purinler, pigmentler, lipitler, proteinler, hidrolitik enzimler, etanol, asetik asit bakterileri ve laktik asit bakterileri, karbondioksit, polifenoller, mineraller (manganez, demir, nikel, bakır, çinko, kurşun, kobalt, krom ve kadmiyum), anyonlar (florür, klorür, bromür, iyodür, nitrat, fosfat ve sülfat), D-sakkarik asit-1,4-lakton (DSL) ve maya ve bakterilerin metabolik ürünleri de kombucha infüzyonunun önemli kimyasal bileşenleridir (Bauer-petrovska ve Petrushevska-tozi, 2000; Kumar ve ark., 2008; Chen ve Liu, 2000; Jayabalan ve ark., 2007; Shebis ve ark., 2013).

#### **10.6.5. Sağlığa Yararları**

Dünyada yaşam iksiri olarak ün salmış olan bu geleneksel, egzotik ve fonksiyonel ieeğinin sağlığa yararlarının icat edildiği tarihten itibaren az veya çok bilindiğini söylemek yanlış olmaz. Gelecek vaat eden bu fonksiyonel ieek, antimikrobiyal, antioksidan, antidiyabetik ve antikanser etkileri nedeniyle giderek daha fazla sayıdaki araştırmacı, girişimci ve özellikle tüketicilerin odak noktasına yerleşmiştir. Ayrıca Kombucha probiyotik bir ieek olması sebebiyle insandaki gastrointestinal mikrobiyal florayı etkiler ve bağırsak florasını dengelemeye yardımcı olur, bağırsak aktivitelerinin normalleşmesini bir dereceye kadar kolaylaştırır (Srihari ve Satyanarayana, 2012; Deghrigue ve ark., 2013; Kozyrovska ve ark., 2012; Vargas ve ark., 2021; Abshenas ve ark., 2012; Bhattacharya ve ark., 2011; Sreeramulu ve ark., 2001).

## 10.7. KAFEİNSİZ ÇAY ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Kafein, on dokuzuncu yüzyılın sonlarında Alman analitik kimyacı Friedlieb Ferdinand Runge tarafından keşfedilip izole edildikten sonra, ticari olarak başarılı ilk kafeinsizleştirme işlemi 1903 yılında Alman çay tüccarı Ludwig Roselius tarafından icat edilmiştir (Ramalakshmi ve Raghavan, 1999).

*Camellia sinensis* çay yapraklarındaki doğal kafein içeriğini belirtilen maksimum seviyeye düşürme işlemine kafeinsizleştirme denir ve elde edilen çaya kafeinsiz çay denir.

Çay dahil olmak üzere kafeinsiz ürünlerde kalan maksimum kafein içeriği seviyesi için yürürlükte olan uyumlu bir mevzuat yoktur. Almanya, Avusturya ve Slovakya'da kafeinsiz çay için maksimum eşik değeri 4 mg/g iken Belçika, Fransa, Türkiye, İtalya ve İsviçre gibi bazı ülkelerde bu sınır 1 mg/g kadar düşüktür (EHIA, 2018).

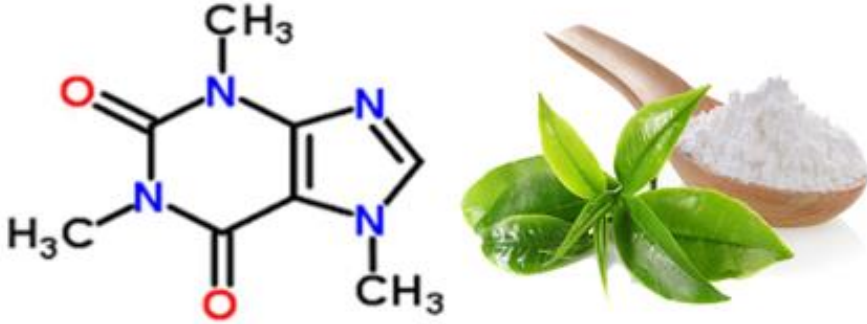
ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), bu konuda Çay Derneği Teknik Komitesi'nin (TATC) değerlendirmesini esas almış ve kafeinsiz çaydaki maksimum kafein seviyesinin %0,4 olması gerektiğini kabul etmiştir.

### 10.7.1. Kafein

*Camellia sinensis*'in biyoaktif bileşiklerinden biri olan kafein (1,3,7-trimetilksantin), kimyasal yapısı C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>N<sub>4</sub>O<sub>2</sub> ve moleküler ağırlığı 194.19 olan bir bitki alkaloididir. Saf kafein, acı beyaz toz formundadır (Şekil 89).

En önemli doğal kafein kaynaklarından biri olan çay bitkisi %2 ila %5 arasında kafein içerir. Çayın (*Camellia sinensis*) yanı sıra, kahve (*Coffea* spp.), kakao (*Theobroma cacao*), maté (*Ilex paraguariensis*), kola fıstığı (*Cola vera*) ve guarana (*Paullinia cupana*) da kafeinin bilinen diğer doğal kaynaklarıdır ve vücuda alınış şekli çoğunlukla çay, kahve, çikolata, meşrubat ve ticari ilaçların tüketimi ile gerçekleşir (Wanyika ve ark., 2010; Sereshti, Samadi, 2014).

Çaydaki temel alkaloid olan kafein (1,3,7-trimetilksantin) psikoaktif bir maddedir ve merkezi sinir sistemi uyarıcısı olarak etki eder. Düşük ila orta dozlar (50-300 mg/gün) uyanıklığı artırır, yorgunluğu azaltır, ruh halini iyileştirir, depresif semptomları azaltır ve intihar riskini düşürür (Penolazzi ve ark., 2012; Lean ve Crozier, 2012). Kafein, farmakolojide yaygın olarak kullanılan önemli bir girdidir.



**Şekil 89.** Kafein (1,3,7-trimethylxanthine)in Kimyasal Yapısı ve Saf Kafein

Ancak yüksek dozda tüketildiğinde kaygı, huzursuzluk, uykusuzluk ve taşikardi gibi olumsuz etkileri önemli ölçüde tetikler. Bu hassasiyet öncelikle kafeine duyarlı bireylerde görülür. Ayrıca yüksek dozda kafein alımı doğum kontrol hapı kullanan kadınlar, hamile kadınlar, küçük çocuklar ve karaciğer hastalığı olanlarda toksik etki gösterir. Hamile kadınların günlük maksimum kafein tüketimi 200 mg'ı geçmemelidir. Çünkü fetüs purin alkaloidini metabolize edemez ve biriken yüksek kafein seviyeleri gelişmekte olan fetüsü tehlikeye sokar (Penolazzi ve ark., 2012; Lean ve Crozier, 2012; Joshi ve ark., 2013).

Bu olumsuz etkiler nedeniyle, toplumun belirli grupları için kafein tüketiminde güvenlik üst sınırları belirlenmiştir. Mevcut verilere dayanarak, Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) kafein tüketimi için güvenlik sınırlarını şu şekilde belirlemiştir:

- Genel nüfustaki sağlıklı yetişkinler için, günde 400 mg'a kadar (yaklaşık 5,7 mg/kg vücut ağırlığı/gün) kafein tüketimi bir güvenlik endişesi oluşturmaz. 100 mg'lık (yaklaşık 1,4 mg/kg vücut ağırlığı) tek doz kafein, özellikle yatmadan hemen önce tüketildiğinde, bazı yetişkinlerde uyku süresini ve düzenlerini etkileyebilir.

- Hamile/emziren kadınlar için, günde 200 mg'a kadar kafein alımı, fetüs ve bebek için güvenlik endişesi yaratmaz.

- Çocuklar ve ergenler için güvenli günlük kafein tüketimi 3 mg/kg vücut ağırlığı olacak şekilde belirlenmiştir (EFSA, n.d.). Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), kafeini hem bir ilaç hem de bir gıda katkı maddesi olarak kabul ediyor ve sağlıklı yetişkinler için günde maksimum 400 mg kafein alımını öneriyor.



Kafein tüketmek istemeyen tüketiciler, özellikle kafeine karşı hassasiyeti olanlar, hamile ve emziren kadınlar, çocuklar ve karaciğer hastalığı olanların giderek artan taleplerini karşılayabilmek için kafeinsiz ürünler özellikle de kafeinsiz çay ve kahvenin pazar payı hızla artmaktadır (Mukhopadhyay, 2000; Vuong ve Roach, 2014).

### 10.7.2. Kafeinsiz Çay Üretim Yöntemleri

Kafeinsizleştirme işlemi tüm çay türlerine (siyah, yeşil, beyaz, oolong vb.) uygulanabilmesine rağmen, genellikle siyah çayda yapılı ve bu işlem tattaki değişime karşı son derece hassastır. Kafeinsizleştirme işleminin amacı, kafein hariç, kafeinsiz çayın başlangıçtaki değerli bileşenlerini maksimum düzeyde korumak, kafein değerini kafeinsiz çayda olması gereken düzeye düşürmek ve gıda güvenliğini sağlamaktır ( Hung ve ark., 2012).

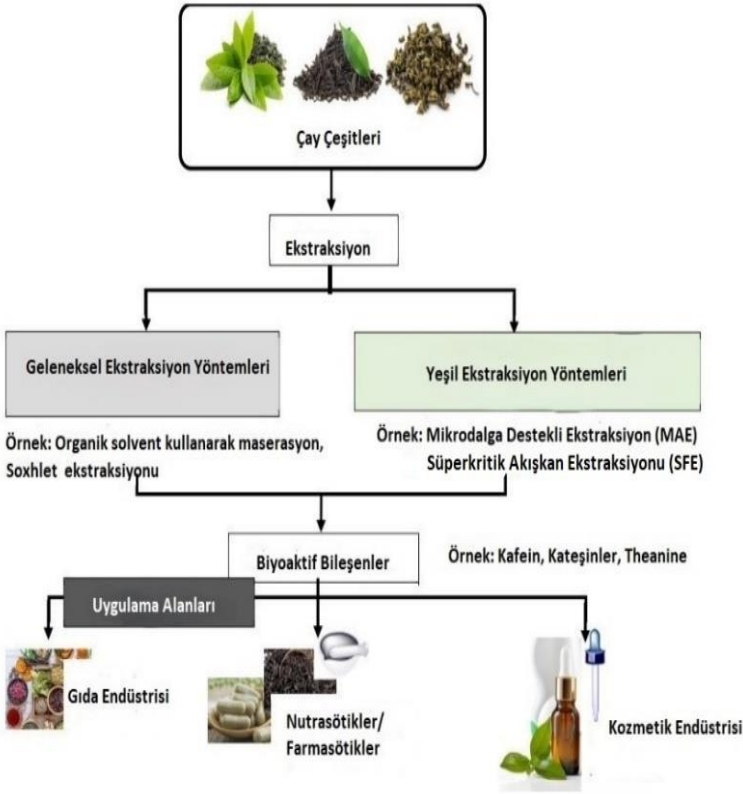
Daha yüksek kalite ve verimlilikte kafeinsiz çay üretimini sağlayacak yeni çözümler ve/veya ekstraksiyon metodolojileri geliştirmek için çalışmalar devam etmektedir.

Çay ve kahve gibi bitkilerden kafein dahil olmak üzere biyoaktif bileşenleri ekstrakte etmek için kullanılan yöntemler iki gruba ayrılır:

- Geleneksel ekstraksiyon yöntemleri
- Yeşil ekstraksiyon yöntemleri (geleneksel olmayan ekstraksiyon yöntemleri)

Çayın biyoaktif bileşenlerinin ekstraksiyon yöntemleri ve ekstraksiyon sonucu elde edilen bileşenlerin kullanım alanları Şekil 90'da verilmiştir.

Çayın kafeinsizleştirilmesi işleminin geçmişine bakıldığında, şu anda yasaklanmış olan birçok çözücü kafeinsizleştirme için kullanılmıştır. Bu çözümler arasında kloroform ve metilen klorür (boya sökücü olarak da bilinir) de bulunur. Günümüzde ise ticari olarak kullanılan çay kafeinsizleştirme yöntemleri, organik çözümlerle yapılan geleneksel ekstraksiyon yöntemleri ve yeşil ekstraksiyon yöntemlerinden biri olan Süperkritik Akışkan Ekstraksiyon Yöntemi (SFE-CO<sub>2</sub>)'dir.



**Şekil 90.** Ekstraksiyon Yöntemleri ve Kullanım Alanları  
(Kaynak : Koina ve ark., 2023'ten adapte edilmiştir.)

### 10.7.2.1. Geleneksel Ekstraksiyon Yöntemleri

Soxhlet ekstraksiyonu, hidro-distilasyon, geri akış altında ısıtma yöntemi, kaynatma ve maserasyon bitki materyallerinden biyoaktif bileşenleri ekstrakte etmek için kullanılan başlıca geleneksel ekstraksiyon yöntemleridir (Koina ve ark., 2023). Geleneksel ekstraksiyon yöntemleri çok zaman alıcıdır ve kafeini çaydan veya diğer kafein içeren ürünlerden ekstrakte etmek için nispeten büyük miktarlarda çözücü gerektirir. Ekstraksiyon sırasında, yalnızca kafein değil, aynı zamanda polifenoller gibi diğer önemli çay bileşenlerinin önemli bir kısmı da çözücülerle çaydan uzaklaşır. Bu dezavantajlara ek olarak, geleneksel yöntemler genellikle uzun ekstraksiyon süresi ve yüksek uygulama sıcaklığı nedeniyle değerli maddelerin termal degradasyonuna neden olur (Koina ve ark., 2023; L. Wang ve Weller, 2006; Sahena ve ark., 2009).

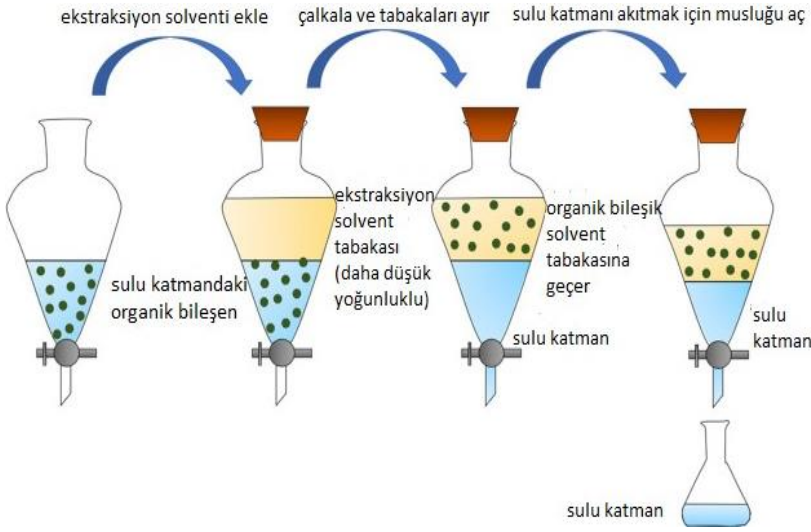
### 10.7.2.1.1. Organik Çözücüler Kullanılarak Maserasyon

Organik çözücüler kullanılarak maserasyon en eski ekstraksiyon yöntemlerinden biridir ve hala çayın kafeinsizleştirilmesinde endüstriyel ölçekte yaygın olarak kullanılmaktadır. 1970'lerin ortalarına kadar tüm kafeinsizleştirme işlemleri benzen, kloroform, petrol eteri, metilen klorür, trikloroetilen, karbon tetraklorür, aseton, metanol ve etanol gibi organik çözücüler kullanılarak gerçekleştiriliyordu. Son 50 yılda kafeinsizleştirme işlemlerinde 30'dan fazla çözücü test edilmiş olsa da, bunlardan metilen klorür ve etil asetat artık tüm çözücü ekstraksiyonlarının yaklaşık %98'ini temsil etmektedir (Knez ve ark., 2013).

Organik çözücüler kullanılarak kafeinsizleştirme genellikle önce çay yapraklarının suda yumuşatılması ve ardından seçilen organik çözücü ile karıştırılmasıyla yapılır. Kafein, oda sıcaklığında organik çözücülerde suya göre yaklaşık 9 kat daha fazla çözünür. Yeşil çayın ekstraksiyonunda kafeinin çoğu yapraklardan organik faza geçerken, yeşil çayın diğer ana bileşenleri olan kateşinler ve teanin çoğunlukla yapraklarda kalır. Daha sonra bu yapraklar kafeinsiz yeşil çay elde etmek amacıyla kurutulur (Senol ve Aydın, 2006).

1970'li yılların ortalarına kadar kafeinsizleştirme için yaygın olarak kullanılan en popüler organik çözücü metilen klorürdü. Ancak, bu çözücünün kullanımının ozon tabakasının incelmeye katkısı bulunduğu ve ayrıca kafeinsiz ürünlerde toksik kalıntılar bıraktığı belirlendiğinden kullanımı önemli ölçüde sınırlandırılmıştır. Benzer şekilde, kloroform, benzen, trikloroetilen, karbon tetraklorür ve aseton gibi diğer organik çözücülerin kafeinsizleştirme sürecinde kullanımı, doğal toksisiteyi nedeniyle dünya çapındaki gıda güvenliği otoriteleri, özellikle EFSA ve FDA tarafından engellenmiştir (Vuong ve Roach, 2014; Koina ve ark., 2023).

Etil asetat, çayın kafeinsizleştirilmesinde günümüzde de yaygın olarak kullanılan organik bir çözücüdür. Etil asetat bir esterdir ve meyvemsi bir aromaya ve seyreltildiğinde hoş bir tada sahip berrak, uçucu ve yanıcı bir sıvıdır. 1982'den beri FDA tarafından kafeinsizleştirmede kullanımı onaylanmıştır. Diğer tüm organik çözücüler arasında, etil asetat gıda güvenliği açısından en çok tercih edilen çözücüdür (Koina ve ark., 2023).



**Şekil 91.** Laboratuvar Ölçekli Solvent Ekstraksiyonu İşlem Basamaklarının Şematik Görünümü (**Kaynak:** Santhiya-Nair ve ark., 2022)

Diğer geleneksel ekstraksiyon yöntemleri gibi, organik çözücüler kullanılarak yapılan maserasyon ekstraksiyonu daha uzun ekstraksiyon süresi, daha fazla çözücü gereksinimi, riskli biyoaktivite ve düşük ekstraksiyon verimi ile karakterize edilir (Bitwell ve ark., 2023).

Laboratuvar ölçekli solvent ekstraksiyonunun işlem basamakları Şekil 91’de gösterilmiştir.

### 10.7.2.2. Yeşil Ekstraksiyon Yöntemleri (Geleneksel Olmayan Ekstraksiyon Yöntemleri)

Son yıllarda, tüketicilerin gıda güvenliği ve çevre koruma konusunda farkındalığı arttıkça, gıda endüstrisinde yeşil ekstraksiyon yöntemlerinin kullanımına yönelik eğilim hızla artmaktadır. Bu bağlamda, yeşil ekstraksiyon yöntemlerinin kullanımı, özellikle çay bitkisinin biyoaktif bileşenlerinin izolasyonunda, daha fazla çevresel sürdürülebilirliği teşvik ettikleri için yeni bir trend haline gelmiştir (Ameer ve ark., 2017).

Yeşil ekstraksiyon yöntemleri, ekstraksiyon çözücülerinin tüketimini azaltma, tehlikeli olmayan maddeler kullanma, ekstraksiyon süresini kısaltma ve daha az enerji tüketimi gibi çeşitli avantajlar sunan çevre dostu ekstraksiyon yöntemleridir (Rodríguez García ve Raghavan, 2021).

Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu (SFE), Ultrason Destekli Ekstraksiyon (UAE), Enzim Destekli Ekstraksiyon (EAE), Basınçlı Sıvı Ekstraksiyonu (PLE), Darbeli Elektrik Alanı Ekstraksiyonu (PEF), Yüksek Voltajlı Elektrik Deşarjları (HVED) ve Yüksek Hidrostatik Basınçlı Ekstraksiyon (HHPE) bugüne kadar önerilen başlıca yeşil ekstraksiyon yöntemleridir (Koina ve ark., 2023; L. Wang ve Weller, 2006).

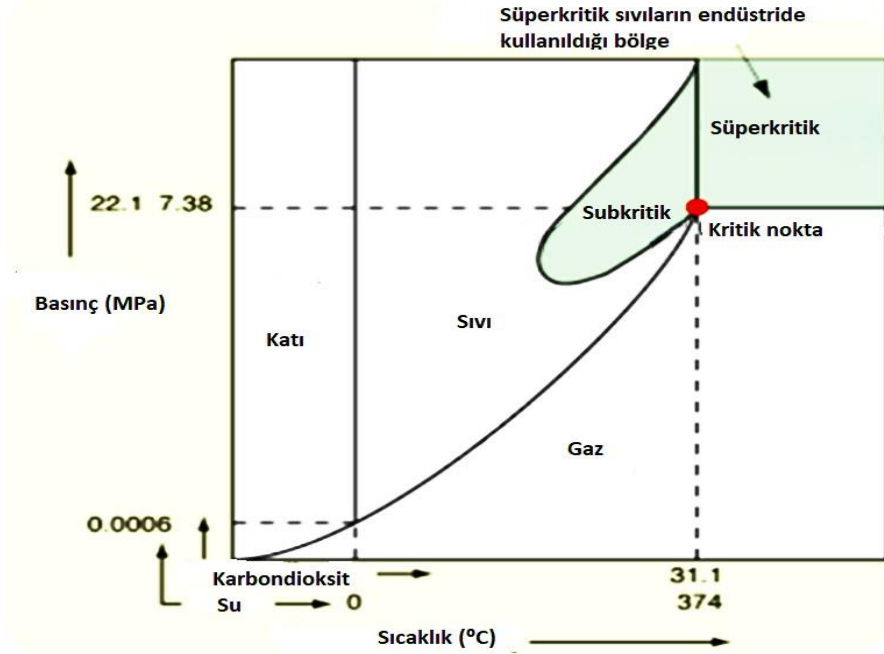
Bu yeşil ekstraksiyon yöntemlerinden bazılarını kullanarak laboratuvar ölçeğinde kafeinsizleştirme deneyleri yapılmış olsa da, şu anda SFE yöntemi dışındaki bu yöntemlerin endüstriyel ölçekte uygulanması mümkün görünmemektedir. SFE, kaliteli ve güvenli kafeinsiz çay üretmek için gerekli olan seçicilik, düşük ekstraksiyon sıcaklığı, kısa ekstraksiyon süresi ve seri üretime uygunluk gibi koşulları yeterince karşılayan tek yeşil yöntemdir (Koina ve ark., 2023).

#### **10.7.2.2.1. Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu (SFE) Kullanılarak Kafeinsizleştirme**

Çayın SFE yöntemi kullanılarak kafeinsizleştirilmesinde çözücü olarak kullanılan Süperkritik CO<sub>2</sub> (SCCO<sub>2</sub>), birçok üstün özelliği nedeniyle en işlevsel yeşil çözücülerden biridir. Daha yüksek difüzyon katsayısı ve daha düşük viskozite, hızlı penetrasyon yeteneği, yüksek seçicilik, geri dönüştürülebilirlik ve güvenlik gibi avantajlarıyla SCCO<sub>2</sub>, organik çözücülerin yerini almış ve çayın kafeinsizleştirilmesi de dahil olmak üzere gıda endüstrisinde yararlılığını kanıtlamıştır. Ayrıca nispeten inert, ucuz, toksik olmayan, yanıcı olmayan, yüksek saflıkta kolayca bulunabilen ve kafeinsiz çayda kalıntı bırakmayan bir maddedir. Dahası, CO<sub>2</sub> kullanımının dünyanın ozon tabakasına herhangi bir ek etki yaratmadığı veya 'sera etkisini' kötüleştirmediği vurgulanmalıdır, çünkü ticari CO<sub>2</sub>, fosil yakıtların yanması yerine fermantasyon süreçlerinin bir yan ürünü olarak elde edilir (Clarke ve Vitzthum, 2001).

Süperkritik akışkanlar hem gazların hem de sıvıların özelliklerine sahiptir. Süperkritik hal, maddenin katı, sıvı ve gaz hali dışındaki dördüncü halidir ve süperkritik hal akışkanın sıcaklığı ve basıncı kritik değerinin üzerine çıkarıldığında elde edilir. Sıvı CO<sub>2</sub>'nin süperkritik hali yalnızca 31,1 °C sıcaklıkta ve 7,38 MPa basınçta gerçekleşir (Şekil 92). Bu şartlardaki kritik yoğunluk 0,466 g/mL'dir. Ekstraksiyonda süperkritik CO<sub>2</sub> kullanımı ürün

kalitesini korur ve birçok çay biyoaktif bileşeni gibi ısıya duyarlı moleküller için idealdir. İşlemin sonunda, karbondioksit ve ekstrakt, ekstraktörün basıncının düşürmesiyle kolayca ayrılır (Clarke ve Vitzthum, 2001; Sahena ve ark., 2009; Zhou ve ark., 2012).



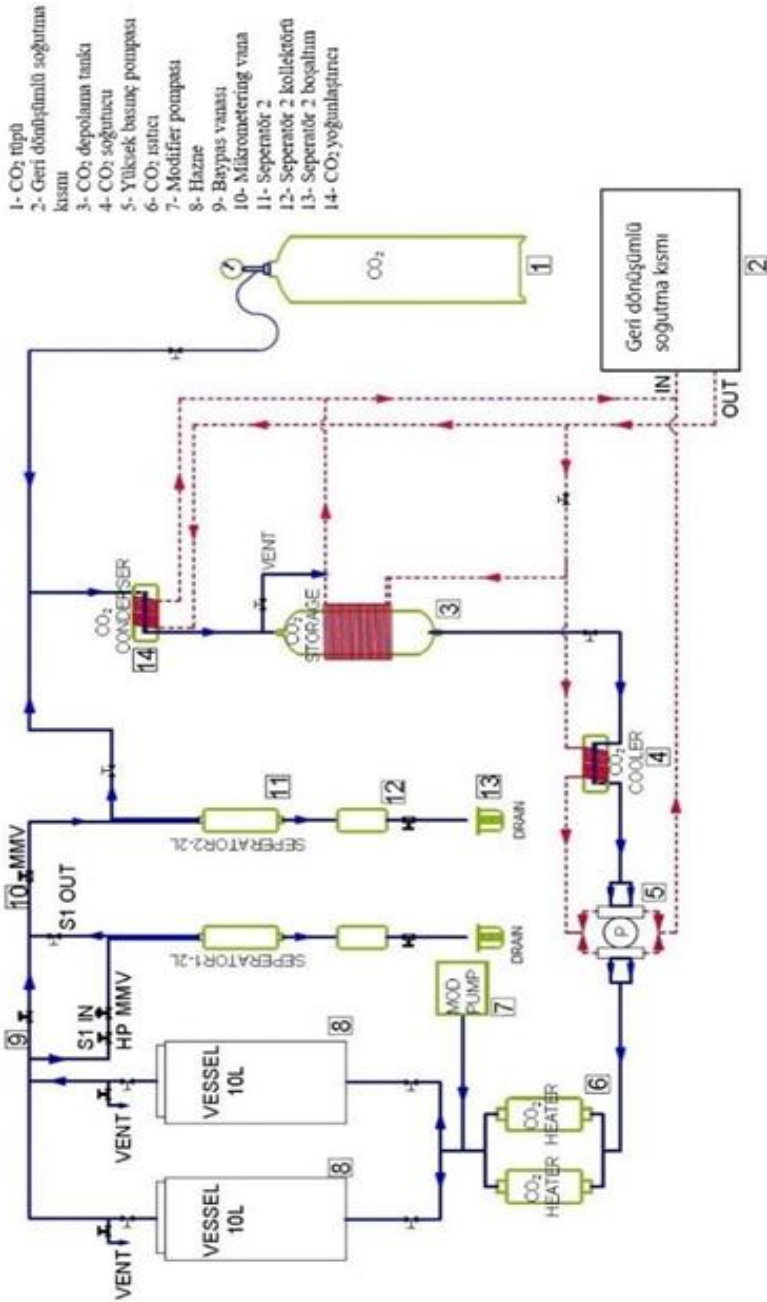
**Şekil 92.** CO<sub>2</sub>'in  $T_c = 31.1$  °C ve  $P_c = 7.38$  MPa'da Süperkritik Faza Geçiş Diyagramı (Kaynak : Krishnakumar, 2019)

SCCO<sub>2</sub>'in kafeinsizleştirmede kullanılmasının önündeki tek engel, SCCO<sub>2</sub>'in polar olmayan veya düşük polariteli bir çözücü olmasıdır. SCCO<sub>2</sub> genellikle çok az veya hiç polaritesi olmayan çözünen maddelerin ekstraksiyonunda çok verimli bir şekilde kullanılır. Kafeinin polaritesi yüksek olduğundan, SCCO<sub>2</sub>'in polaritesini artıracak polar bir çözücünün SCCO<sub>2</sub>'e eklenmesi tercih edilir. Böylece SCCO<sub>2</sub> ile yeşil ve siyah çaydan kafein ekstraksiyonu daha verimli olur. Polar çözücü olarak etanol, gıda endüstrisinde en yaygın kullanılan değiştirici (modifier) dir. Etanolün diğer bir avantajı, oda sıcaklığında buharlaştırılarak son üründen kolayca uzaklaştırılır olmasıdır. Kafeinin çözünürlüğü, süperkritik çözücüye eklenen etanol miktarıyla belirgin şekilde artar, böylece ekstraksiyon maliyetleri azalır ve ekstraksiyon verimi artar (Joshi ve ark.,2013; MacHmudah, 2012; Park ve ark., 2007)

SFE-CO<sub>2</sub> kullanılarak çayın (yeşil, oolong, siyah) kafeinsizleştirilmesi işlemi çay yapraklarının parçacık boyutunun (<1 mm çap) standardizasyonu ile başlar. Nemlendirilmiş çay, ekstraktörün ürün kabına (vessel) yüklenir. Şekil 93'te gösterildiği gibi, dip tüpten (1) gelen sıvı CO<sub>2</sub>, geri dönüşümlü soğutma banyosu (2) tarafından soğutularak depolama tankına (3) dolar ve ardından sıvı CO<sub>2</sub>, 0–4 °C'de bir soğutucudan (4) sonra yüksek basınç pompasına (5) ve ürünün bulunduğu kaba (8) geçer. Böylece, depolama tankı, yüksek basınç pompası ve kap arasındaki basınç dengelenir. Sıvı CO<sub>2</sub>, ısıtıcıdan (6) geçerek istenen süperkritik koşullara ısıtılır, ardından yüksek basınç pompası (5) kullanılarak istenen çalışma basıncına sıkıştırılır. Basıncılı ve ısıtılmış CO<sub>2</sub>, mikro-ölçüm valf (10) aracılığıyla Seperatör-2'ye (11) alınır. Sıvı CO<sub>2</sub>'nin sistemde homojen şekilde dolaşımının sağlanması ve boşluk kalmaması için az miktarda sıvı CO<sub>2</sub> Seperatör-2'ye ait kollektör (12) ve Seperatör-2'ye ait boşaltma musluğu (13) kullanılarak kesintili olarak boşaltılır. Sıvı CO<sub>2</sub>'nin geri kalan kısmı, kondansörden (14) geçirilerek yoğunlaştırılıp sisteme sokulur ve süperkritik hale getirilmiş olan CO<sub>2</sub>'in dolaşımı sağlanmış olur. Kafein ekstraksiyon verimini artırmak için ikinci çözücününün kullanıldığı denemelerde modifier pompası (7) yardımıyla %mol EtOH cinsinden önceden hesaplanmış miktarda saf etanol sisteme eklenir (35). Ekstraksiyon işleminin gerçekleştirildiği cihaz Şekil 94'te gösterilmiştir.



**Şekil 94.** Süperkritik CO<sub>2</sub> Ekstraktörü  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)



Şekil 93. SFE-CO<sub>2</sub> Ekstraksiyon Sisteminin Akış Diyagramı  
(Kaynak: Ş. ILGAZ, 2019)



Genel olarak, işlem parametreleri cihaza entegre edilmiş bilgisayarın yazılımı aracılığıyla girilir ve kontrol edilir (Şekil 95). Böylece ekstraksiyon süresi boyunca devam edecek dinamik ekstraksiyon başlatılmış olur. Ekstraksiyondan sonra kafeinsiz çay, ekstraktörün ürün kabından boşaltılır ve son nem içeriği %4,0'e düşene kadar fırında kurutulur (İlgaz ve ark., 2018).

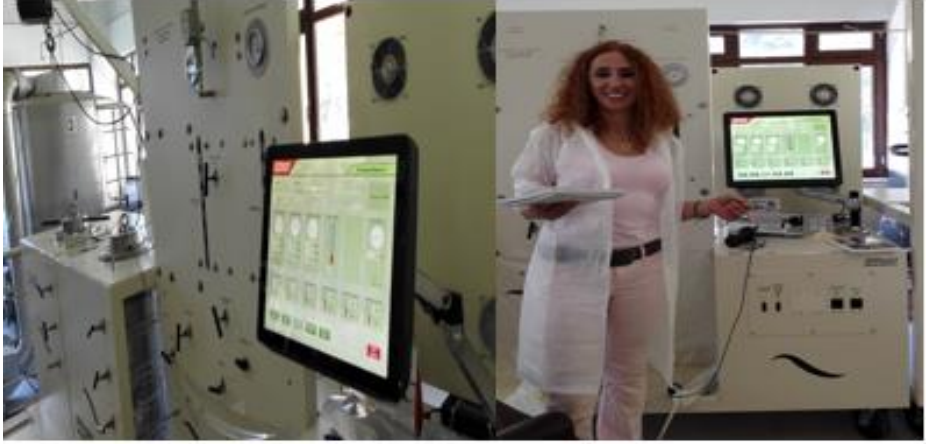
SFE-CO<sub>2</sub> ile elde edilen kafeinsiz çayın maksimum kafein seviyesi %0,4 veya daha az olmalıdır. Çaydan kafein ekstrakte edilirken, çaydaki diğer biyoaktif bileşenleri (kateşinler, teanin, vb.) mümkün olan en yüksek seviyede korumak için üretim parametreleri (basınç, ekstraksiyon süresi, ekstraksiyon sıcaklığı, CO<sub>2</sub> akış hızı ve değiştirici konsantrasyonu) optimize edilmelidir (Vuong ve Roach, 2014).

Türkiye'de ilk kez 2017 yılında bu yöntemle kafeinsiz siyah ve yeşil çay üretim denemeleri Çaykur Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsünde başlatılmıştır. Bu çalışma 112G048 nolu “Çaydan Katma Değeri Yüksek Yeni Ürünler Geliştirilmesi” projesi kapsamında TÜBİTAK 1007 programı tarafından desteklenmiştir.

#### **10.7.2.2.1.1. Siyah Çayın Kafeinsizleştirilmesi**

Yukarıda bahsedilen proje kapsamında SFE-CO<sub>2</sub> ekstraksiyon yöntemi kullanılarak kafeinsiz siyah çay üretim parametrelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla yapılan pilot ölçekli çalışmada, 46 deneme gerçekleştirilmiş ve bu denemelerden 9 adedi  $\leq$  % 0,1' lik kafein oranları ile kafeinsiz çay olma şartını sağlamıştır. Bu 9 denemeden ikisinde ise farklı ekstraksiyon koşulları altında maksimum ekstraksiyon verimi (%100) elde edilmiştir, yani kafeinin tamamı çaydan uzaklaştırılmıştır.

Bu denemelerden ilki 375 bar basınç, 62,5°C sıcaklık, 300 dk ekstraksiyon süresi, 2L/dk CO<sub>2</sub> akış hızı ve %5 mol modifiye edici etanol konsantrasyonunda; diğeri ise 375 bar basınç, 62,5 °C sıcaklık, 300 dk ekstraksiyon süresi, 3 L/dk CO<sub>2</sub> akış hızı ve %2,5 mol modifiye edici etanol konsantrasyonunda gerçekleşmiştir (İlgaz ve ark., 2018).



**Şekil 95.** SFE Cihazına Entegre Bilgisayar Üzerinden İşlem Parametreleri Girişi Yapılır ve İşlem Başlatılır

(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

#### 10.7.2.2.1.2. Yeşil Çayın Kafeinsizleştirilmesi

112G048 nolu “Çaydan Katma Değeri Yüksek Yeni Ürünler Geliştirilmesi” konulu TÜBİTAK 1007 projesi kapsamında yeşil çay için de üretim parametreleri belirlenmiştir. Siyah çayda yapılan denemelerin sonuçlarından yararlanılarak kullanılan basınç, sıcaklık ve işlem süresi sabit değişkenler olarak belirlenmiş, CO<sub>2</sub> akış hızı ve modifiye edici çözücü olan etanol konsantrasyonu çalışılmıştır. Toplamda 12 deneme yapılmış ve kafeinin en fazla uzaklaştırıldığı, toplam kateşin ile en önemli kateşin olan EGCG'nin en fazla korunduğu denemeye ait parametreler işlem parametreleri olarak belirlenmiştir. 375 bar basınç, 62,5 °C sıcaklık, 180 dakika işlem süresi, %5 mol etanol konsantrasyonu ve 3L/dk CO<sub>2</sub> akış hızı kullanıldığında kafein değeri %0,03'e düşürülmüştür. Bu değer hedeflenen % 0,4'ten çok daha düşüktür ( Ilgaz, 2022).

SFE'nun ilk yatırım maliyeti geleneksel yöntemlere göre daha yüksek olsa da SFE-CO<sub>2</sub> gelişmiş seçicilik özelliği, yüksek kütle transfer performansı, daha yüksek ekstraksiyon verimi, daha iyi fraksiyonlama kabiliyeti, çalışma koşullarının esnekliği, ayarlanabilir parametre aralıkları, temiz ve güvenli olma avantajı, yanıcı olmama, toksik olmama, düşük sıcaklıkta ve çevre dostu koşullarda çalışma fırsatı gibi temel avantajlara sahiptir. Ayrıca kullanılan

çözücü ekstraksiyon sonrası ilave işlem gerektirmeden üründen ayrılır ve kalıntı bırakmaz (Knez ve ark., 2013; Clarke ve Vitzthum, 2001; Ilgaz, 2019).



**Şekil 96.** SFE Sonucu Elde Edilen Katma Değerli Ürünler

(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş.ILGAZ)

SFE-CO<sub>2</sub> yöntemi ile kafeinsizleştirme işleminden sonra, yüksek katma değerli iki ürün elde edilir: kafeinsiz çay ve ham kafein (Şekil 96). Pilot ölçekli bu çalışmada, kafeinsiz siyah ve yeşil çaya ek olarak, %65-70 saflıkta ham kafein, ikinci katma değerli ürün olarak elde edilmiştir. Aynı çalışmada, SFE-CO<sub>2</sub> yöntemi ile elde edilen ham kafein süblimasyonla saflaştırılmıştır. Ekstraksiyon sonucu elde edilen ham kafein, iki aşamalı süblimasyonla %99,9 saflığa ulaşmıştır (Ilgaz, 2022). Ham kafeinin süblimasyonla saflaştırılması Şekil 97'de gösterilmiştir.

Geleneksel ekstraksiyon yöntemleriyle kafeinsizleştirme yapıldığında ortaya çıkan atıkların yok edilmesi ve elde edilen kafeinsiz çay ve kafeinin saflaştırılması zaman alıcı ve maliyetlidir. Ayrıca atıklar çevre kirliliğine neden olur. SFE-CO<sub>2</sub> yöntemi kullanılarak kafeinsizleştirme işleminden sonra çayda kalıntı kalmaz ve CO<sub>2</sub> hava ile temas ettiğinde üründen ayrılır ve atık oluşturmaz, çevre kirliliği yapmaz.

Ham kafeinin safsızlıkları ise çevre dostu bir yöntem olan süblimasyonla kolayca giderilebilir.



**Şekil 97.** Ham Kafeinin Süblimasyonla Saflaştırılması

(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş.ILGAZ)

### 10.7.3. Diğer Gelişmeler

Çay teknolojisi ve ıslahı alanında, farklı yöntemlerle kafeinsiz çay üretmek için *Camellia sinensis* çay bitkisinden kafein uzaklaştırılması ile ilgili çalışmalara ilaveten enzimatik ve mikrobiyal degradasyonla doğal kafeinsizleştirme üzerinde çalışmalar devam etmektedir (Mazzafera, 2002; Gokulakrishnan ve ark., 2005).

Öte yandan, yabani bir tür olan ve kafein içermeyen *Camellia ptilophylla*'nın ıslahı ile *kakao çayı* adı verilen yeni bir doğal kafeinsiz çay çeşidi elde edilmiştir. Normal çayda %2-5 kafein ve çok az teobromin (%0,05-0,5) bulunurken, kakao çayında kafein yoktur ancak %3-5 teobromin mevcuttur. Bu durumda bir başka metilksantin alkaloidi olan teobromindeki artış tartışmaya açıktır (Yang ve ark., 2011).

### 10.7.4. Kafeinsiz Çayın Sağlık Faydaları

20. yüzyılın başlarından bu yana, çayın bileşenleri ve sağlık faydaları üzerine birçok bilimsel çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmaların sonuçları, çayın polifenoller ve özellikle kateşinler ve teanin gibi önemli biyoaktif bileşenleri sayesinde antiviral, antimutajenik, antiobezite, antidiyabetik, anti-

aging, antikarsinojenik, antikaryojenik etkilerine ilaveten kemik sağlığını koruduğu, kolesterolü düşürdüğü ve bilişsel sağlık üzerinde koruyucu etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Shaik ve ark., 2022; Xu ve ark., 2017; Ferrazzano ve ark., 2009; Hayat ve ark., 2015; McKay ve Blumberg., 2002).

İdeal bir kafeinsizleştirme yöntemi, kafein içeriğini %0,4'ün altına düşürürken kafein hariç tüm biyoaktif bileşenleri koruyan yöntemdir. Söz konusu biyoaktif bileşenler teanin ve polifenoller, özellikle kateşinler ve kateşinlerin oksidasyon ürünleridir.

Geleneksel organik çözücü ekstraksiyonu kullanılarak yapılan kafeinsizleştirme sırasında, kafein matrilden uzaklaştırılırken, matriste kalması istenen polifenoller gibi bazı biyoaktif bileşenler çözücü aracılığıyla çaydan ayrılır. Bu değer çözücü türüne ve işlem parametrelerine bağlı olarak değişse de, kafeinsiz çaydaki polifenol kaybı %40'a kadar ulaşabilir. SFE-CO<sub>2</sub> yöntemi, yüksek seçiciliği sayesinde, düşük molekül ağırlıklı kafeini uzaklaştırırken, yüksek molekül ağırlıklı kateşinlerin ve oksidasyon ürünlerinin (TF, TR) kafeinsiz çayda kalmasını sağlar (Raghunath ve ark., 2023).

Bu durumda çaydan kafein uzaklaştırılırken diğer kalite parametreleri en üst düzeyde korunmuş olur. Yani SFE-CO<sub>2</sub> yöntemi ile kafeinsizleştirilmiş çay üretimi kafeine hassasiyeti olan bireylerin sağlıklı bir içecek olan çayı, kalite kaybına uğramadan güvenle içebilmelerine olanak sağlar.

### 10.7.5. Kafeinsiz Çayların Duyusal Değerlendirmesi

“Çaydan Katma Değeri Yüksek Yeni Ürünler Geliştirilmesi” projesi kapsamında yapılan üretim denemeleri sonucu elde edilen prototip ürünler duyusal değerlendirme paneli düzenlenerek tat, koku, kuru çay görünümü, likörde renk açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme kafein değeri % 0,4 ve altında olan örnekler için yapılmış, örneklerin duyusal değerleri başlangıç numunesi ile kıyaslanmıştır. Duyusal değerlendirme paneli kafeinsiz siyah ve yeşil çay örnekleri için ayrı ayrı düzenlenmiştir (Şekil 98).

Buna göre düşük kafein değerine sahip siyah çay örneklerinin renk ve tat puanları, yüksek kafein içeriğine sahip örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Çok düşük kafein içeriğine sahip siyah çay örneklerinde kuru çay görünümü istenenden daha açık olsa da, beklentilerin aksine, likör renginde önemli bir olumsuz etki gözlenmemiştir. Örneklerdeki sertliğin

başlangıç siyah çay örneğine göre azaldığı, ancak burukluğun hemen hemen aynı kaldığı belirlenmiştir (Ilgaz, 2019).

Kafeinsiz yeşil çay örneklerinde düşük kafein değerine sahip örneklerin renk ve tat puanları, yüksek kafein içeriğine sahip örneklerden daha yüksek gerçekleşmiştir. Başlangıç yeşil çay örneğine göre kafeinsiz yeşil çaylardaki acılık azalmış ve tat daha kabul edilebilir olmuştur. Likör renginde önemli bir fark gözlenmemiştir (Ilgaz, 2022).

Günümüz dünyasında tüketiciler tercihlerinin çevresel ve sosyal etkisinin de giderek daha fazla farkına varmaktadır. Bu noktada, çayın kafeinsizleştirilmesinde kullanılan yöntemlerin çevre dostu olması hayati önem kazanmaktadır.

Dünyada endüstriyel ölçekte kafeinsiz çay üretiminde şu anda kullanılan iki yöntemden biri olan SFE-CO<sub>2</sub> yöntemi, yeşil ekstraksiyon yöntemi olarak da bilinen çevre dostu bir yöntemdir. Diğeri ise, acilen yeni teknolojilerle bütünleştirilmesi ve şu anda kullanılan organik çözücüler yerine, yeşil çözücüler olarak da bilinen çevre dostu çözücülerin kullanılması gereken organik çözücü ekstraksiyonudur.

Çayın kafeinsizleştirilmesi ile ilgili sürdürülen enzimatik ve mikrobiyal bozunma yoluyla kafeinsizleştirmeye ek olarak, çevre dostu gen transkripsiyon yöntemi de kullanılabilir.

Benzer şekilde, kahvenin kafeinsizleştirilmesinde kullanılan ve aromanın iyi korunduğu bilinen İsviçre Su Ekstraksiyonu yöntemi, yeni teknolojilerle bütünleştirilerek ve eksiklikleri giderilerek çay için kullanılabilir

Tüm bu çalışmalarda hedef kafeinsiz çayı, kafeinli kuzenin kalitesine ulaştırmaktır. Bir zamanlar kafeine hassasiyeti olan kişiler için niş bir seçim olarak kabul edilen kafeinsiz çay, giderek daha geniş bir çay içici kitlesi arasında popülerlik kazanmaktadır.



**Şekil 98.** Kafeinsiz Yeşil ve Siyah Çay Örneklerinin Duyusal Değerlendirmesi  
(Kaynak: Orijinal fotoğraf, Ş.ILGAZ)

## 10.8. İNSTANT ÇAY ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

İnstant çay, kullanım kolaylığı nedeniyle tüketiciler tarafından tercih edilen, siyah, yeşil veya oolong çayından ekstraksiyon yöntemiyle üretilen katma değerli bir çay çeşididir. Ferahlatıcı bir içecek oluşturmak için toz formundaki instant çay sıcak veya soğuk suda eritilir. Bu kullanışlı ürün, hazırlanma kolaylığı ve kısa demleme süresi nedeniyle popülerlik kazanmıştır (Sinija ve ark., 2007; Saltmarsh, 1992; Someswararao ve Srivastav, 2012).

Ayrıca buzlu çayların ve içime hazır (Ready To Drink =RTD) çayların üretiminde de yaygın olarak kullanılır. *Camellia sinensis* çay bitkisinden üretilen siyah ve yeşil çaylar, instant çay üretiminde en fazla kullanılan hammaddelerdir.

İnstant çayın gelişimine ilişkin bilinen ilk veriler, John William Brown'ın 1885 yılında Birleşik Krallık'ta konsantre çay ekstraktı, buharlaştırılmış süt ve şekerden yapılan bir macun için aldığı patente dayanmaktadır. Üretilen ilk instant çay, yalnızca sıcak suda çözülebilen bir formdaydı (Saltmarsh, 1992).



**Şekil 99.** Yeşil ve Siyah İnstant Çaylar ve Hammaddeleri  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

Püskürtmeli kurutma teknolojisinin instant çay üretiminde kullanımına kadar instant çay üretiminde önemli bir gelişme olmamıştır. Püskürtmeli kurutma teknolojisi, çay konsantrelerinin aromasına zarar vermeyen bir sıcaklıkta kurutulmasına olanak tanıdığı için instant çay üretim teknolojisinde bir dönüm noktasıdır. İlk olarak, 1943 yılında Werner Arndt farklı sıcaklıklarda su kullanılarak iki veya üç aşamalı ekstraksiyon prosesi, vakumlu evaporasyon ve elde edilen konsantrenin püskürtmeli kurutucularda (spray dryer) kurutulmasını içeren ekstaksiyon yöntemini geliştirmiş ve patentini almıştır (Chen, 2008; Hall, 2000). Bugün, instant çay üretiminin çoğu hala bu yöntem kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

### 10.8.1. İnstant Çay Üretiminde İşlem Basamakları

İnstant çay üretim teknolojisinde her geçen gün yeni gelişmeler olsa da temel işlem basamakları aynıdır. İnstant çay üretim basamakları, ham maddenin seçimi ve ön işleme tabi tutulmasıyla başlar. Bunu çay yapraklarının



ekstraksiyonu, çay ekstraktının saflaştırılması, çay ekstraktının konsantre edilmesi, çay konsantresinin kurutulması ve üretilen instant çayın paketlenmesi takip eder (Someswararao ve Srivastav, 2012; Banerjee ve Chatterjee, 2014).

### **10.8.1.1. Hammadde Seçimi ve Ön İşlemi**

Hammadde seçiminde üretim süreçlerinin gereksinimleri, piyasa talebi, tüketici tercihleri ve üretimde verimlilik ve karlılık önemli faktörlerdir.

Instant çay işlemede kullanılan başlıca ham madde türleri, siyah, oolong veya yeşil çaylar, fermente edilmiş dhool'lar ve çay üretim atıklarıdır. Bazı çay üreticileri, taze çay yapraklarını da işlenmiş çaylarla karıştırarak hammadde olarak kullanır (Sinija ve ark., 2007; Saltmarsh, 1992; Sanderson ve ark., 1977).

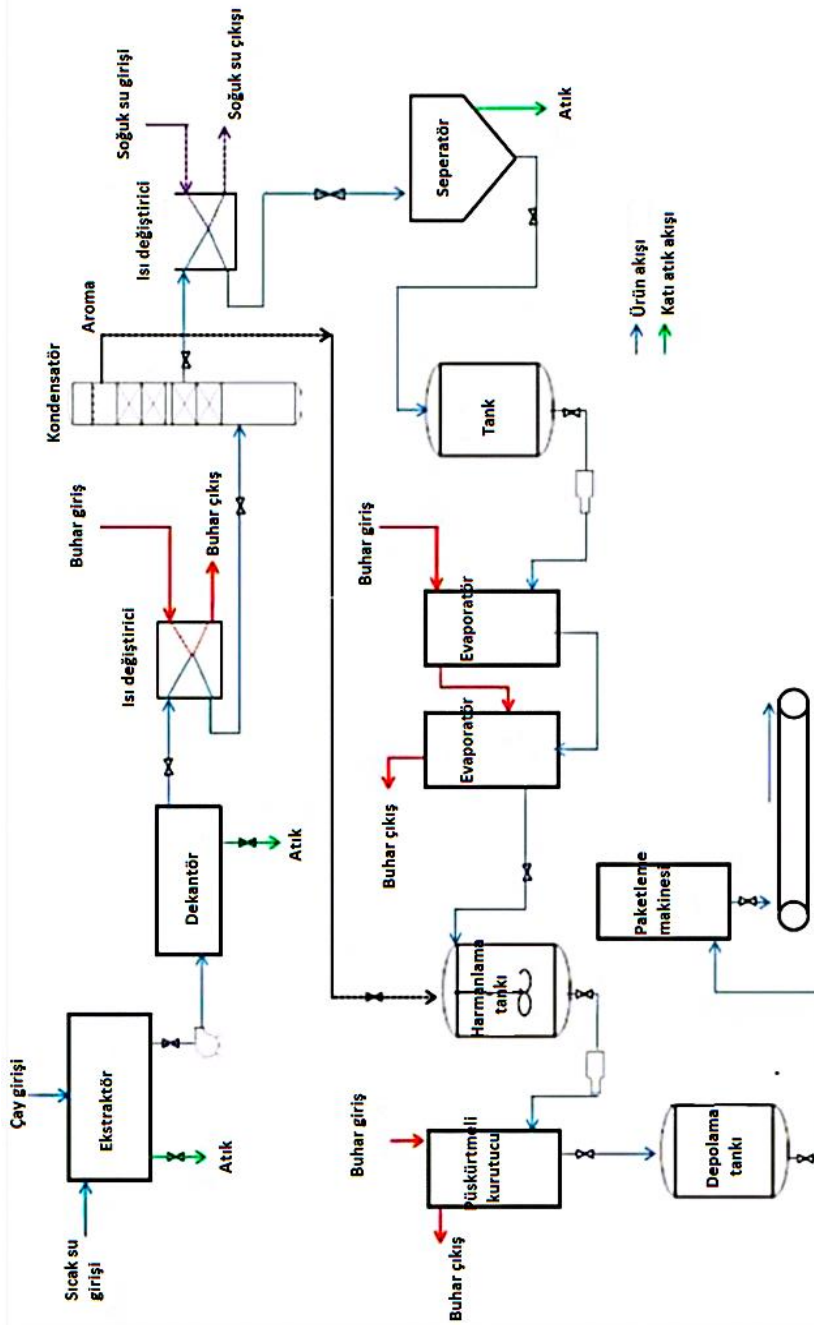
### **10.8.1.2. Ekstraksiyon İşlemi**

Instant çay üretiminin işlem akış şemasından da görüleceği üzere (Şekil 100) üretimde işlem akışı ekstraksiyonla başlar. Üretimin en temel işlem basamağı olan ekstraksiyon, hem renk, tat ve aroma gibi nihai ürünün duyuşal değerlerini, hem de üretim verimliliğini etkiler. Hammadde olarak kullanılan çay yapraklarının suda çözünen biyoaktif bileşikleri sıcak su ekstraksiyonu ile ekstrakte edilir. Bu işlem kesikli veya sürekli ekstraksiyon sistemlerinde gerçekleştirilir.

Ekstraksiyon sürecinde verimliliği artırmak ve kaliteyi korumak için, ham maddenin nem içeriği %6'dan fazla olmamalı ve parçacık boyutu yaklaşık 0,4 mm olmalıdır (Someswararao ve Srivastav, 2012; Banerjee ve Chatterjee, 2014; Sanderson ve ark., 1977).

Ekstraksiyonun yüksek sıcaklıkta yapılmasının çay aromasında önemli ölçüde kayba yol açtığı ve çayın karakteristik tadında ve görünümünde istenmeyen değişikliklere neden olduğu unutulmamalıdır.

Ekstraksiyon işlemi için kesikli tip ekstraktör (Şekil 101) kullanılıyorsa, ekstraksiyon sıcaklığı 60 °C - 100 °C arasında olmalı ve ekstraksiyon süresi



Şekil 100. İstant Çay Üretim Akış Diyagramı

(Kaynak: B.J. Jayasundara, 2018'den adapte edilmiştir.)

10-20 dakika arasında tutulmalıdır. Bu kesikli tip ekstraksiyon işleminde, çay/su oranı, hammaddenin kalitesine, türüne ve ekstraksiyonda kullanılan suyun saflığına bağlı olarak 1:10 ile 1:15 arasında değişmektedir (Liang ve ark., 2021; Hitoshi ve ark., 2016).



**Şekil 101.** Kesikli Ekstraksiyon Sistemi  
(Kaynak: Orijinal Fotoğraf, Ş. ILGAZ)

Sürekli ekstraksiyon sisteminde (Şekil 102) genellikle karşı akışlı besleme sistemi vardır. Çay yaprakları eğimli ekstraksiyon ünitesine alt taraftan beslenirken, su eğimin üst kısmından sisteme girer. İki aşamalı ekstraksiyonda çaylar önce 15-50 °C aralığında düşük sıcaklıkta, ardından 5-10 dakika boyunca 50-100 °C aralığında yüksek sıcaklıkta ekstrakte edilir. Ekstraksiyon sıcaklığı, ekstraktör ana gövdesine monte edilmiş ısıtıcılar tarafından kontrol edilir. Ekstraksiyon işleminin sonunda elde edilen ekstrakttaki suda çözünen kuru madde oranı genellikle %3-5 arasında değişirken, ekstraksiyon verimliliği %25-35 arasındadır (Saltmarsh, 1992; Mortas ve Awad, 2020).

Sürekli ekstraksiyon sistemi daha kolay ayarlanabilir işlem parametrelerine sahiptir. Ayrıca iş gücünün ve enerjinin daha etkin kullanımına olanak sağlar. Yani üretim verimliliği daha yüksektir.

Ekstraksiyon verimliliği ise hammaddenin kalitesine, işlem sıcaklığına ve kullanılan suyun sıcaklığına ve akış hızına bağlı olarak değişir.

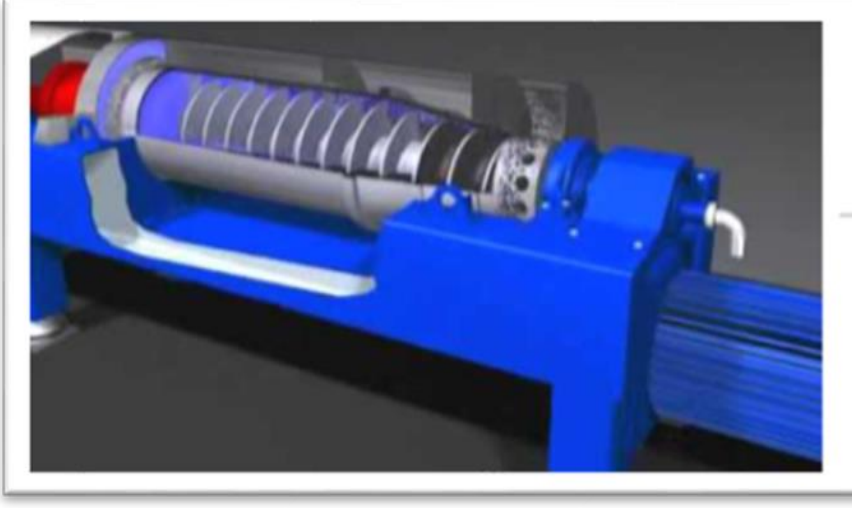


**Şekil 102.** Ters Akım Sürekli Ekstraksiyon Sistemi  
(Kaynak: GEA, 2024)

### 10.8.1.3. Dekantasyon İşlemi

Ekstraksiyon işleminin amacı, çayın biyoaktif bileşenlerine ilaveten tadı ve aromasından sorumlu olan çözünabilir bileşenleri ekstre etmektir. Ancak, ekstraksiyon işlemi sırasında çay yapraklarının çözünabilir bileşenlerine ek olarak, istenmeyen çözünmeyen bileşenler de çay ekstraktına geçer. Kirlilikleri içeren çay ekstraktı, bu ön işlem sürecinde sürekli dekantörlerden geçirilerek saflaştırılır. Dekantasyon işleminde, katıları sıvıdan etkili ve kolay bir şekilde ayırmak için santrifüj kuvveti kullanılır.

Dekantörler özellikle yüksek katı içerikli (%40-60) süspansiyonların berraklaştırılması için uygundur. Temel olarak, dekantördeki santrifüjlenmiş ürünün katı kısmı dekantör duvarına doğru hareket ederken, ürünün berrak sıvı kısmı merkeze doğru hareket eder. Dekantörle yapılan saflaştırma işlemi, filtrasyonla da yapılabilir. Ancak, dekantörde, işleme süresi daha kısadır ve verimlilik daha yüksektir (Şekil 103). Bu nedenle, hazır kahve ve çay üretiminde ve şarap endüstrisinde yaygın olarak kullanılır (Norman, 1987; Liang ve ark., 2021).



**Şekil 103.** Dekantör Santrifüj  
(Kaynak: Alfa Laval, 2024)

#### 10.8.1.4. Aroma Tutma İşlemi

Aroma, çayın tüketici tarafından kabul edilebilirliğinde önemli yer tuttuğundan, instant çay üretiminde aromayı korumak için özel çaba sarf edilmektedir. Çayda önemli kalite parametrelerinden biri aroma olduğundan, instant çay üretiminde çayın uçucu aromasını maksimum düzeyde korumak için aroma tutma işlemi gerçekleştirilmelidir. Bu işlem, üretimde yüksek kaliteli hammadde (kaliteli siyah, oolong veya yeşil) kullanıldığında zorunludur (Saltmarsh, 1992; Someswararao ve Srivastav, 2012). Aroma tutma işlemi genellikle ekstraksiyon ve konsantrasyon işlemleri arasında yapılır. Bu amaçla, azot ve karbondioksit gibi inert gazlar çay ekstraktının içinden geçirilir veya üzerine püskürtülür. Uçucu aromanın buharla tutulması da kullanılan yöntemlerdendir. Taşınan uçucu aroma bileşenleri, konsantre edildikten sonra çay ekstraktına eklenmek üzere tutulur. Aroma tutma ve geri ekleme yöntemlerinin kullanımı sayesinde, konsantrasyon aşamasında ısı ve oksidasyondan kaynaklanan aroma bozulması önlenir ve kaliteli aroması yüksek instant çay elde edilir (Saltmarsh, 1992; Hall, 2000).

#### 10.8.1.5. Krema Çözme İşlemi

Çay infüzyonunda kafein, polifenolikler, proteinler, metal iyonları, karbonhidratlar ve/veya diğer reaktif maddeler arasındaki etkileşimler sonucu

oluşan kimyasal komplekslere “çay kreması” denir. Özellikle soğutulmuş çaylarda sorunlu olan krema, buzlu çaylara ve içime hazır (RTD) çaylara bulanık bir görünüm vererek tüketici tercihlerini olumsuz etkiler. Doğal, katkı maddesi içermeyen, içime hazır soğuk çay üretiminde hazır çay sektörünün en önemli sorunlarından biri krema oluşumundan kaynaklanan stabilizasyon sorunudur (Jöbstl ve ark., 2005; Sanderson ve ark., 1977).

Çaydaki kremalaşma, çay infüzyonunun soğutulması, polifenol-kafein kompleksinin çökeltilmesi ve bu çökeltinin filtrasyon veya santrifüjleme ile uzaklaştırılmasıyla önlenabilir (Saltmarsh, M., 1992; Goodsall ve ark., 2004; Sanderson ve ark., 1977). Ayrıca oluşan krema enzim kullanılarak da uzaklaştırılabilir (Chandini ve ark., 2011).

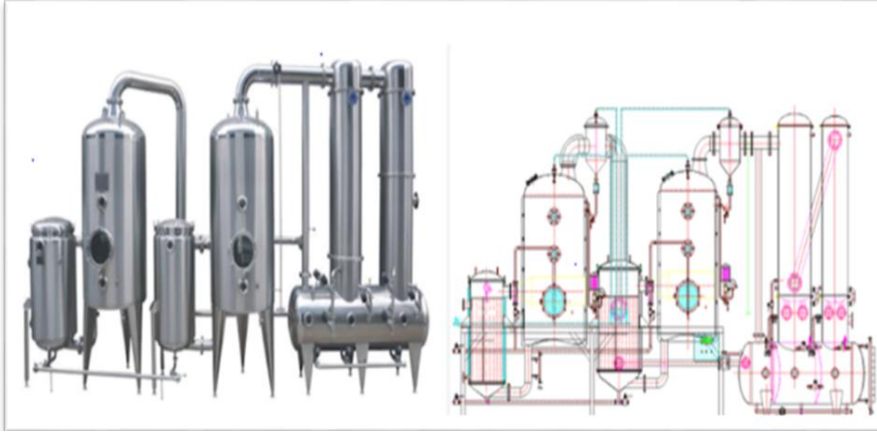
#### **10.8.1.6. Konsantrasyon İşlemi**

Krema giderme işleminden sonra çay ekstraktı, doğrudan bir kurutucuya verilemeyecek kadar seyreltiktir. Kuru madde içeriği sadece %2-3 kadardır. Etkin bir kurutma için ekstraktın genellikle yaklaşık %40 katı maddeye kadar yoğunlaştırılması gerekir. Bu amaçla ekstrakt, tat ve aroma kaybını en aza indirmek için vakum ve düşük sıcaklık altında yoğunlaştırılır. Konsantrasyon işlemi hem işlem verimliliğini artırır, hem de nihai ürünün parçacık boyutu üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir (Saltmarsh, 1992; Pandey ve ark., 2014; Huang ve Zhang, 2013).

Konsantrasyon işlemi için vakum konsantrasyonunun yanı sıra, dondurarak konsantrasyon ve membran konsantrasyonu gibi alternatif yöntemler de kullanılır. Bu konsantrasyon yöntemlerinin kullanım amacı, konsantre çay ekstraktını yüksek sıcaklıklara karşı korumaktır. Çünkü yüksek sıcaklık, siyah çay ekstraktında sadece TF'lerin TR'lere dönüşmesine neden olmakla kalmaz, aynı zamanda karbonhidratların karamelize olmasına ve nihai ürünün tadının ve kalitesinin azalmasına da neden olur. Bu nedenle, ısı ile çalışan evaporatörler iyi bir yüzey alanına sahip verimli plakalı ısı eşanjörlerini içermelidir. Plakalı ısı eşanjörleri, ekstraktın termal degradasyon riskini azaltan kısa direnç süreleriyle yaklaşık 45°C'de istenen buharlaşmayı sağlayabilir (Saltmarsh, 1992; Rao ve Ramalakshmi, 2011).

Konsantrasyon amacıyla en yaygın kullanılan kondansatörler vakum konsantrasyonu yöntemi ile çalışan evaporatörlerdir. Vakum konsantrasyon yöntemiyle çalışan evaporatör ve kesit diyagramı Şekil 104'te verilmiştir.

Konsantrasyondan önce aroma tutma işlemi yapılmazsa, evaporasyon işlemi sırasında ekstraktan çıkarılan buharla birlikte uçucu aroma bileşenleri kondansatöre taşınmalı ve orada yoğunlaştırılıp tutulmalıdır. Aroma tutma işlemi ister konsantrasyon işleminden önce, isterse konsantrasyon sırasında gerçekleşsin, uçucu aroma bileşenleri kurutma işleminden önce, konsantre çay ekstraktına geri eklenene kadar kondansatörde korunur (Pandey ve ark., 2014; Rao ve Ramalakshmi, 2011).



**Şekil 104.** Vakum Evaporator Ünitesi ve Kesit Diyagramı  
(Kaynak: Wenzhou Jinbang Light, 2024)

### 10.8.1.7. Harmanlama İşlemi

Kondansatörde tutulan aroma bileşenleri, kurutma işleminden önce konsantre çay ekstraktına eklenmelidir. Bu amaçla konsantre çay ekstraktı ve çay aroması harmanlama tankına alınarak homojenize edilir ve ardından kurutucuya aktarılır (Saltmarsh, 1992; Someswararao ve Srivastav, 2012; Huang ve Zhang, 2013).

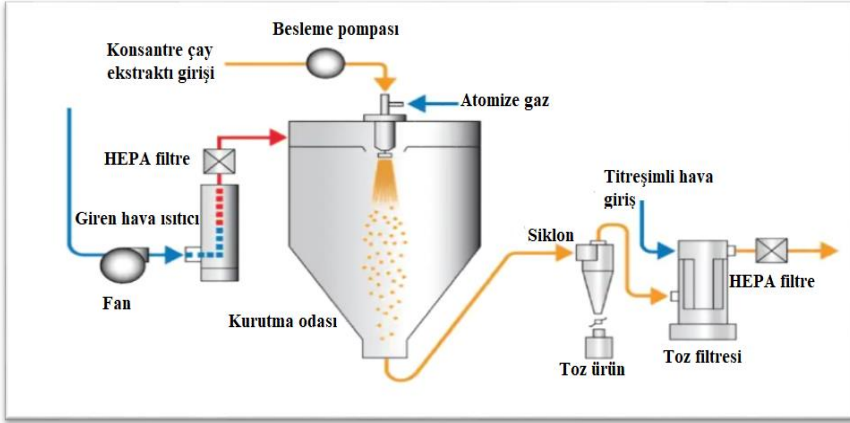
### 10.8.1.8. Kurutma İşlemi

Çay ekstraktı dondurarak kurutma, püskürtmeli kurutma (Şekil 106) ve vakumlu kurutma gibi kurutma yöntemlerinden biriyle toz haline getirilir.

Yatırım ve işletme maliyeti açısından içecek sektöründe en yaygın kullanılan kurutma yöntemi püskürtmeli kurutma (spray drying) yöntemidir. Püskürtmeli kurutucunun çalışma prensibini gösterir diyagram Şekil 105'te

verilmiştir. Püskürtmeli kurutucular hazır kahve üretiminde de yaygın olarak kullanılır. Ancak çayın aroması kahveye göre daha narin olduğundan kurutma işlemi nispeten daha düşük sıcaklıkta gerçekleştirilir. Ayrıca uçucu bileşenlerin kaybını en aza indirmek için püskürtmeli kurutmada kurutulacak ekstraktın yüksek konsantrasyonda (%40-50 katı) olması gerekir. Kahve için kurutma işlemi 250-300 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilirken, çay için 200-250 °C sıcaklık aralığı tercih edilir. Son ürünün tat kaybını en aza indirmek için kurutucu çıkış sıcaklığı 70 °C'yi geçmemelidir. Son ürünün ideal nem oranı %3'tür ve asla %5'i geçmemelidir (Rao ve Ramalakshmi, 2011; Ni ve ark., 2020; Thi ve ark., 2021).

Ürün paketlemesini kolaylaştırmak için ürün yoğunluğunun kontrolü de gereklidir.



**Şekil 105.** Püskürtmeli Kurutmacunun Çalışma Prensiğini Gösterir Diyagram  
(Kaynak: Hywell, 2024)

Bu tip kurutucuda, konsantrasyonlu çay ekstraktı, haznenin üst kısmında bulunan püskürtme başlığı veya atomizer aracılığıyla püskürtülür ve püskürtme ile oluşan partiküller ters akımlı sıcak hava sayesinde yavaş yavaş düşerken kurur. Püskürtme başlığı veya atomizerin sağladığı parçacık boyutunun, ekstrakt konsantrasyonunun, hava akışının ve hava sıcaklığının dikkatli bir şekilde ayarlanması, kurutucunun tabanında biriken mükemmel şekilde kurutulmuş instant çay elde etmeyi sağlar.





**Şekil 106.** Püskürtmeli Kurutucu ve Dondurarak Kurutma Cihazı  
(Kaynak: Aipak, 2024)

### 10.8.1.9. Paketleme İşlemi

İstant çay higroskopik bir yapıya sahip olduğundan, ürün kurutulduktan sonra mümkün olan en kısa sürede paketlenmelidir. Paketleme sırasında, ortam sıcaklığı 20°C'nin altında ve bağıl nem %60'ın altında olmalıdır. Paketleme malzemesinin sızdırmazlık performansına ihtiyacı vardır. İstant çay için bariyerli alüminyum folyo paketleme malzemesi kullanmak idealdir (Saltmarsh, 1992; Huang, ve Zhang, M., 2013).

### 10.8.3.10.8.2. İstant Çay Üretiminde Son Gelişmeler

Araştırmacılar halen yaygın olarak kullanılan instant çay üretim teknolojisi ile karşılaştırıldığında daha düşük ilk yatırım maliyeti, daha ucuz hammadde ve daha az enerji tüketimine sahip olduğu belirtilen yeni bir instant çay üretim tekniği geliştirmiştir.

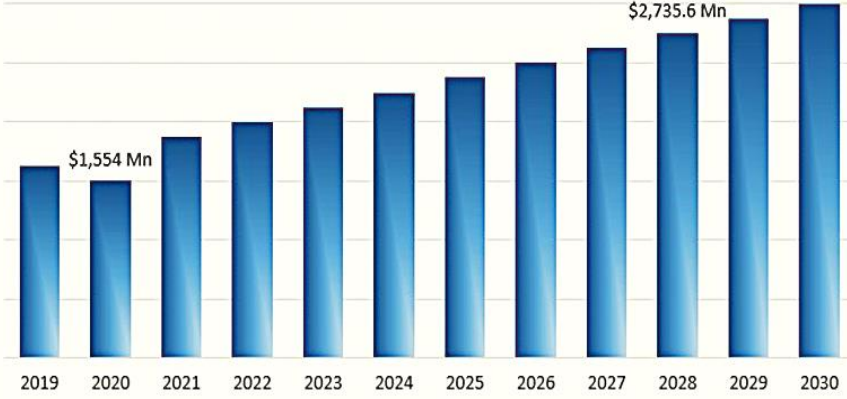
Yeni tekniğe göre, toplama işleminden sonra çay yaprakları ezilir ve suyu sıkılır. Çay bitkisinin özsuyu fermantasyona tabi tutulur. Fermente edilen çay özsuyu buharlaştırılır, santrifüj edilir ve instant çay tozu elde etmek amacıyla dondurularak kurutulur. Eş zamanlı olarak, özsuyu çıkarılan preslenmiş yaprak kalıntısı granül siyah çay üretmek amacıyla fermantasyona ve kurutmaya tabi tutulur. Başka bir deyişle, aynı üretim sürecinde aynı anda iki farklı ürün, instant çay ve granül çay elde edilebilir (Sinija ve ark., 2007).

Başka bir çalışmada Someswararao ve Srivastav (2012) instant çay üretim sürecini daha da geliştirerek fermente edilmiş çay yapraklarının sıkılmış öz suyundan instant çay üretmişlerdir. Çay yaprakları soldurma, maserasyon ve fermantasyon işlemlerine tabi tutulur. Fermente edilmiş yapraklar preslenerek suda çözünür bileşenleri içeren bitki öz suyu çıkarılır. Daha sonra öz su ısıtılır, santrifüj edilir ve vakumla kurutulurak toz halindeki instant çay elde edilir. Preslenmiş yaprak kalıntısı ise düşük kaliteli geleneksel çay granülleri elde etmek için vakum kurutma veya sıcak havayla kurutma yöntemlerinden biri ile kurutulur. Bu yöntem üreticiler tarafından instant çay tozu ve granül siyah çayın eş zamanlı üretimi için kullanılabilir.

#### 10.8.4. Pazar Talebi

2022 yılı itibarıyla instant çay üretimi Hindistan'da 6,9 milyon kg, Sri Lanka'da 4,5 milyon kg ve Kenya'da 3,6 milyon kg'dır. Çin ve ABD de instant çay ve çay ekstraktlarının önemli üreticileridir (ITC, 2023).

Dünya instant çay pazarındaki önde gelen ithalatçı ülkeler, buldukları kıtalara göre şu şekildedir; Asya-Pasifik (Çin, Japonya, Kore, Hindistan, Avustralya, Endonezya, Tayland, Filipinler, Malezya ve Vietnam), Kuzey Amerika (Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Meksika), Avrupa (Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya, Rusya ve Türkiye vb.), Güney Amerika (Brezilya, Arjantin, Kolombiya vb.), Orta Doğu ve Afrika (Suudi Arabistan, BAE, Mısır, Nijerya ve Güney Afrika). Coğrafi olarak, Asya Pasifik bölgesi instant çay pazarına hakimdir. Bunun başlıca nedeni Hindistan, Çin ve Japonya gibi ülkelerdeki güçlü çay kültürü ve yüksek çay tüketimidir. Ayrıca, artan kentleşme, artan harcanabilir gelirler ve tüketicilerin tüketime hazır ürünlere yönelik değişen tercihleri bu bölgedeki talebi artırmaktadır. Kuzey Amerika ve Avrupa'da da artan sağlık bilinci ve çayın karbonatlı içeceklere kıyasla daha sağlıklı bir alternatif olarak popülerliği nedeniyle instant çay tüketiminde belirgin bir artış görülmektedir (Anonymous, 2023). Küresel instant çay tüketiminin mevcut ve beklenen pazar hacmi Şekil 107'de verilmiştir.



**Şekil 107.** Küresel İstant Çay Tüketiminin Mevcut ve Beklenen Pazar Hacmi (2022-2028) (**Kaynak:** zionmarketresearch.com)

İstant çay pazarındaki artan büyümeyi yönlendiren faktörler arasında tüketicilerin kolay ve içime hazır içeceklere olan artan tercihi, çayın sağlık yararları konusunda artan farkındalık ve değişen tüketici yaşam tarzları yer almaktadır. Pazar ayrıca farklı tüketici tercihlerine hitap etmek için yeni tatların ve hazır çay çeşitlerinin inovasyonundan ve tanıtımından da faydalanmaktadır. Hazır içeceklere olan artan talep, tüketicilerin tat konusunda taviz vermeden kolaylık aramasıyla pazarı ileriye taşımıştır. Tüketici tercihlerine gelince, Avrupa'daki tüketiciler güçlü bir aroma ve tada sahip olan ve sıcak suda çözülebilen hazır çayı tercih etmektedir. Amerika'da ise rengi ve berraklığı ön planda olan ve soğuk suda çözülebilen hazır çay daha çok tercih edilmektedir (Banerjee ve Chatterjee, 2014; Anonymous, 2023).

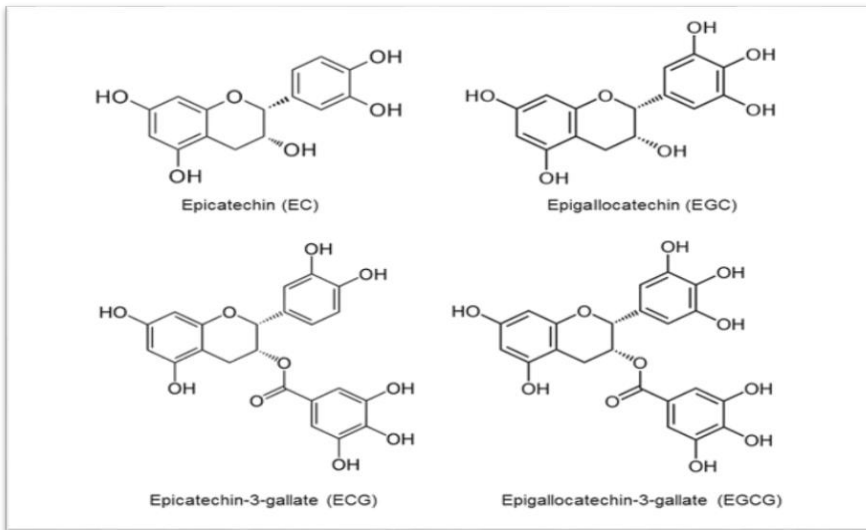
Süpermarketler, hazır çay pazarının satış kanallarının başında yer almakta ve mağazada rahat bir alışveriş deneyimi sunarak ve bu ürünleri tüketiciler için kolayca erişilebilir hale getirerek çok önemli bir rol oynamaktadır. Son yıllarda ivme kazanan çevrimiçi satışlar, müşterilere bu içecekleri evlerinin konforunda satın alma kolaylığı sağlamaktadır. Pazar, hazır çay ürünleri arayan tüketicilere geniş yelpazede seçenekler sunarken, aynı zamanda kafeler, marketler ve özel mağazalar gibi diğer kanallara da hitap etmektedir (Anonymous, 2023; Anonymous, 2024).

### 10.8.5. İstant Çayın Biyoaktif Bileşenleri ve Sağlığa Yararları

İstant çay, yüksek antioksidan kapasitesi nedeniyle genel halktan, tıp ve beslenme uzmanlarından, sağlık ve gıda bilimi araştırmacılarından büyük ilgi görmektedir. Bu özelliği nedeniyle, instant çay sadece sıcak ve/veya soğuk bir içecek olarak değil, aynı zamanda değerli bileşenlere sahip bir içecek olması sebebiyle de tercih edilmektedir (Khan ve Mukhtar, 2013).

Yeşil, siyah veya oolong çayından üretilen tüm hazır çay türleri, çayın suda çözünen kısmından oluşur. *Camellia sinensis* çay bitkisinden üretilen diğer tüm çay çeşitlerinde olduğu gibi, instant çayın da sağlık yararları açısından en önemli bileşenleri polifenollerdir.

Krema oluşturan polifenol-kafein kompleksinin çökeltilmesi ve filtrasyon veya santrifüjleme ile uzaklaştırılması, ürünün stabilizasyonu ve berraklığı için önemlidir. Polifenol-kafein kompleksinin uzaklaştırılması toplam polifenol değerinde hafif bir azalmaya neden olsa da, instant çay hala %15-20 toplam polifenol içerir ve bunlar suda neredeyse tamamen çözünür. (Alasalvar ve ark., 2013; Panche ve ark., 2016; Odumosu ve ark., 2015).



Şekil 108. Temel Yeşil Çay Kateşinleri

Flavanoller, sıcak ve/veya soğuk suda çözünen çay polifenollerinin %90'ını oluşturur. Bunlar epikateşin gallat (ECG), epigallokateşin (EGC),

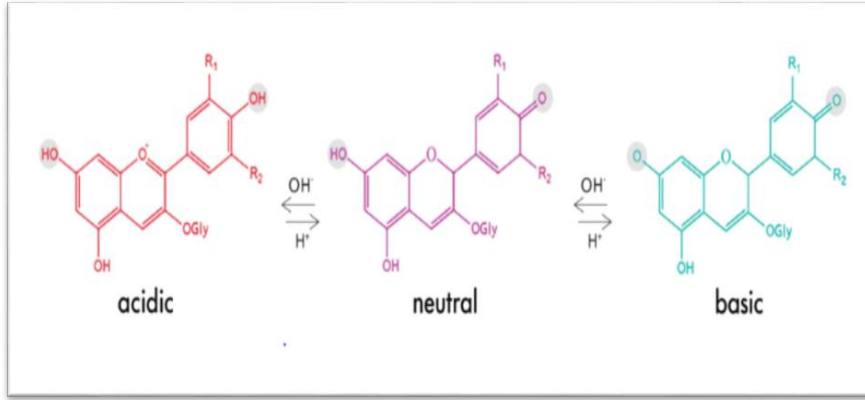
epigallokateşin gallat (EGCG), epikateşin (EC), kateşin (C) ve bunların türevleridir ve yeşil çay kateşinleri olarak bilinirler. Başlıca yeşil çay kateşinlerinin kimyasal yapısı Şekil 108'de verilmiştir. Yeşil çay kateşinleri ve kateşinlerin oksidasyon ürünlerinin (TF-TR) suda çözünen çay bileşenleri olduğu düşünüldüğünde, yeşil, oolong veya siyah çaydan üretilen instant çaylar önemli miktarda flavanol içerir. Sadece çay kateşinlerinin değil, aynı zamanda kateşinlerin oksidasyon ürünlerinin, özellikle theaflavinlerin, antiviral, antikarsinojenik, antidiyabetik, antimutajenik ve antibakteriyel etkilere sahip olduğunu gösteren birçok bilimsel çalışma vardır (C. Wang ve ark., 2022; Mhatre ve ark., 2021; Xu ve ark., 2017; Ferrazzano ve ark., 2009; Hayat ve ark., 2015).

Çay kateşinleri diğer çay polifenollerine kıyasla en etkili antioksidan aktiviteye sahiptir. Tek elektron indirgeme potansiyelleri nedeniyle etkili serbest radikal temizleyicileridir. Metabolizmada yeterli düzeyde antioksidan olmadığında, hücrelerin metabolik kalıntıları olan serbest radikaller karbonhidratların, lipitlerin ve proteinlerin oksidasyonunu tetikleyerek vücutta DNA hasarına neden olur. Yeşil çay kateşinlerinin, özellikle EGCG'nin yüksek antioksidan özellikleri sayesinde DNA hasarını önleyerek pankreas, prostat, akciğer, meme ve yemek borusu kanseri, kolon, mide, mesane ve cilt kanserine karşı koruyucu etkiye sahip olduğunu gösteren birçok bilimsel yayın bulunmaktadır (Yen ve Chen, 1994; Higdon ve Frei, 2003; Rha ve ark., 2019).

Çayda bulunan diğer polifenolik grup flavonoidlerdir ve çaydaki miktarları düşük olduğundan (polifenollerin yaklaşık %0,4' ü) sağlık yararları hakkında az sayıda çalışma vardır. Bu grupta yer alan çay flavonolleri (kaempferol, mirisetin ve kuersetin) ve flavonlar (apigenin ve luteolin) esas olarak glikozitler formunda bulunur ve genellikle suda çözümler (Manach ve ark., 2004). Sınırlı sayıda bilimsel çalışmanın sonuçlarına göre, flavonoller kanser hücrelerinin çoğalmasını ve anjiyogenezini inhibe ederek antikarsinojenik etkiye sahiptir (Dubey ve ark., 2020).

Antosiyanidinler de suda çözünebilir çay polifenollerindendir. Antosiyanidinlerin glikozitleri olan antosiyaninler, antibakteriyel, antidiyabetik ve yaşlanma karşıtı etkileri nedeniyle gıda ve içecek endüstrisinde önemli bir yere sahiptir (Dubey ve ark., 2020; Khoo ve ark., 2017; Joshi ve ark., 2017). Son zamanlarda, çokça duyurulan mor çay, yüksek

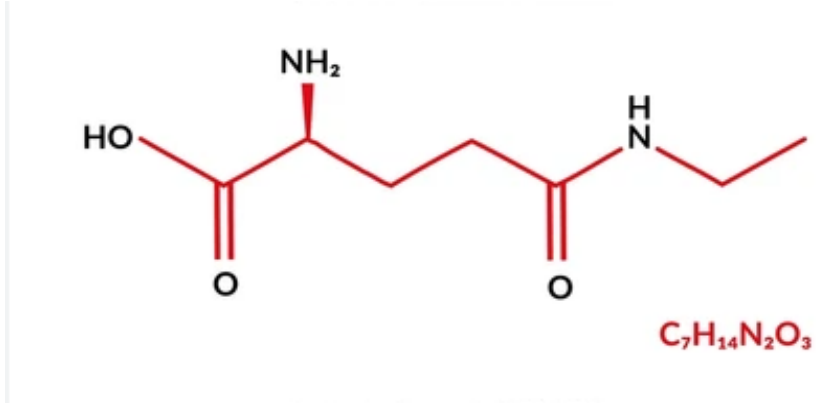
antosiyenin içeriği nedeniyle tanıtılmaktadır. Antosiyeninlerin pH'ya bağlı renk değişimi Şekil 109'da verilmiştir.



**Şekil 109.** Antosiyeninlerin Renk Değişimi

Aromatik bir ikincil bitki metaboliti olan gallik asit, renk, duyuusal nitelikler, besinsel ve antioksidan özellikler ile ilişkilendirilen hazır çaydaki ana fenolik asittir. Çözücü olarak sıcak su kullanan bir çalışmada, yeşil çaydan elde edilen ekstraktta 1,341 mg/100 ml ve siyah çaydan elde edilen ekstraktta 0,216 mg/100 ml gallik asit tespit edilmiştir (Agca ve ark., 2020). Diğer çay polifenolleri gibi, gallik asidin insan sağlığı üzerindeki faydaları incelenmiş ve anti-kanserojen, antitümör, hepatoprotektif, antidiyabetik, antimutajenik, anti-inflamatuar, bağışıklık koruyucu, hipokolesterolemi, antidepresan ve antimikrobiyal etkilere sahip güçlü bir antioksidan olduğu belirlenmiştir (Das ve Eun, 2016).

Diğer tüm çay türlerinde olduğu gibi instant çayda da polifenollerden sonra insan sağlığına faydaları açısından ikinci en önemli grup serbest amino asitlerdir. Hazır çaydaki en bol bulunan amino asit teanindir ve toplam amino asitlerin yaklaşık %50'sini oluşturur. Özellikle L-theanin, yeşil çayın egzotik tadı olarak bilinen "umami" tattan sorumlu ana bileşendir (Alcazar ve ark., 2007). Siyah instant çayda yapılan bir çalışmada, yüksek kaliteli siyah çaydan üretilen instant çayın teanin içeriği 0,64 mg/g olarak belirlenirken, düşük kaliteli siyah çaydan üretilen instant çayın teanin içeriğinin 0,51 mg/g olduğu belirlenmiştir (Alasalvar ve ark., 2013; Alcazar ve ark., 2007; Engelhardt, 2010).



**Şekil 110.** L-Theaninin Kimyasal Yapısı

Hayvan ve insan çalışmaları L-teaninin (Şekil 110) bilişsel performansı artırdığını, nöroprotektif aktivite gösterdiğini, kaygı ve depresyonu bastırdığını, uyku kalitesini iyileştirdiğini, kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etkilere sahip olduğunu, ilaçların antitümör aktivitesini artırdığını ve bağışıklık sistemini güçlendirmeye katkıda bulunduğunu göstermektedir (Lin ve ark., 2004; Nobre ve ark., 2008; Yamada ve ark., 2007; Park ve ark., 2011).

Pentatonik asit, Riboflavin (B2) ve Niacin instant çaydaki başlıca suda çözünen vitaminlerdir. Pentatonik asit eksikliği yorgunluk, uyku bozuklukları, koordinasyon bozukluğu ve mide bulantısı gibi semptomlara neden olurken Riboflavin (B2) eksikliği büyüme, keiloz, ağız stomatit ve dermatit gibi semptomlara neden olur. Niacin eksikliği ise ishal, dermatit ve bunama ile birlikte pellagra gibi semptomlara neden olabilir (Alasalvar ve ark., 2013; .Mahabadi ve ark., 2024 ).

Sağlığa faydalı olan bir diğer çay bileşeni grubu ise başta kafein olmak üzere metilksantin alkaloidleridir. Kafeinsiz çay hariç, *Camellia sinensis* çay bitkisinden üretilen tüm çay çeşitleri kafein içerir (1,5-5,0 mg/g) (C. Wang ve ark., 2022).

İstant çayda yapılan bir çalışmada kafein içeriklerinin 2,79 ila 3,42 g/100 g arasında değiştiği belirlenmiştir. Başka bir çalışmada ise Türkiye'deki yüksek ve düşük kaliteli siyah instant çayların kafein içeriği sırasıyla 3,96 ve 4,40 g/100 g olarak belirlenmiştir (Alasalvar ve ark., 2013).

İlaç ve içecek endüstrisinde önemli bir girdi olan kafein, merkezi sinir sistemi uyarıcısı olarak etki eder, ruh halini ve fiziksel performansı iyileştirir ve kronik dejeneratif hastalıklar ve ölüm riskini nispeten azaltır.

Ancak yüksek dozda kafein alımının kaygı, huzursuzluk, uykusuzluk ve taşikardiye neden olabileceği unutulmamalıdır. Yüksek dozda kafein, oral kontraseptif kullanan kadınlar, hamile kadınlar, küçük çocuklar ve karaciğer hastalığı olanlar üzerinde toksik etkilere sahip olabilir ve gelişmekte olan fetüsü tehlikeye atabilir (Temple ve ark., 2017; Willson, 2018).

Uygun miktarlarda tüketildiği sürece instant çay, *Camellia sinensis* çay bitkisinden üretilen tüm diğeri çaylar gibi son derece sağlıklı ve faydalı bir iecedir.

### **10.8.6. İstant Çay Nasıl Hazırlanır**

İstant çay hazırlamak doğası gereği zaman alıcı bir işlem değildir. Sadece önceden karar vermeniz gerekir: Sıcak instant çay mı yoksa soğuk instant çay mı içmek istiyorsunuz?

Evde, işte, arabanızda veya kamp yaparken vb. kolayca tüketebileceğiniz instant çayınızı sipariş ederken, şekerli/şekersiz siyah, yeşil ve oolong instant çaylar arasından zevkinize en uygun olanı seçmelisiniz.

Sade instant çay, sütlü instant çay, meyve veya aromatik bitkilerle tatlandırılmış instant çaylardan birini seçebilirsiniz. Veya sade instant çay satın alabilir, onu limon dilimi, nane yaprağı veya tarçın gibi zevkinize uygun aromatik bir katkı ile daha lezzetli hale getirebilirsiniz. Özellikle sıcak instant çay hazırlarken süt veya süt tozu eklemenizi öneririm.

#### **10.8.6.1. Soğuk instant çay hazırlama**

Evinizin konforunda plajın tadını çıkarmak istiyorsanız, tek yapmanız gereken bardağınıza (250-300ml) soğuk su ve 1/2 çay kaşığı instant çay koymak, iyice karıştırmak ve 2 buz küpü eklemek. Çayınız içime hazır. Afiyet olsun!





Şekil 111. Soğuk Hazırlanmış Yeşil ve Siyah İstant Çaylar

#### 10.8.6.2. Sıcak instant çay hazırlama

Yoğun iş programınıza rağmen, özellikle soğuk kış günlerinde çayın tadını çıkarmak istiyorsanız, tek yapmanız gereken fincanınıza 1/3 çay kaşığı (0,5 g) instant çay koymak, sıcak su (150 ml) eklemek ve iyice karıştırmak. Çayınız içmeye hazır.

Afiyet Olsun!



Şekil 112. Sıcak Hazırlanmış Yeşil ve Siyah İstant Çaylar

Özetle, çay içmeyi seviyorsanız ancak zamanınız ve ortamınız çay demlemeye uygun değilse, yaz veya kış fark etmeksizin instant çayla damak tadınıza hitap edebilirsiniz. Ayrıca, *Camellia sinensis* çay bitkisinden üretilen diğer tüm çaylar gibi, sağlığınıza da katkıda bulunmuş olursunuz.

## SONUÇ

*Camellia sinensis* çay bitkisinin farklı varyeteleri kullanılarak siyah, yeşil, oolong, beyaz çaylar üretilmektedir. Bu çayları oksidasyon derecelerine göre okside olmamış, yarı okside ve okside çaylar diye gruplandırabiliriz. İlâveten kombucha ve pu'erh çay gibi fermente çaylar ile instant çay ve kafeinsiz çay gibi katma değerli çaylar da bu mucizevi bitkiden üretilir.

Bu bölümde özellikle sanayi ölçekte üretilmekte olan çayların üretim teknolojilerinden ve üretim esnasında meydana gelen biyokimyasal değişimlerden bahsedilmiştir. Sanayi ölçekte üretilenler dışında kalan el yapımı artisanal çaylar da vardır.

Sahip olduğu değerli biyoaktif bileşenlerden dolayı sadece bir içecek hammaddesi olmaktan öte farmakolojinin de önemli bir girdisi olan *Camellia sinensis* çay bitkisi kafein ekstraktı, kateşin özellikle EGCG ekstraktları, theanin ekstraktı üretiminde de kullanılmaktadır. Bahsedilen bu ekstraktlar toz, tablet veya soft jel formunda farmakolojik saflıkta üretilerek pazarlanan yüksek katma değerli ürünlerdir.

Bu değerli yan ürünlere çay pudrasını da eklemek yerinde olur. Japonya'da üretimi ve tüketimi çok yaygın olan yeşil çay pudrası, matcha olarak adlandırılır ve Japonların geleneksel çay seramonilerinin vazgeçilmezidir. Matcha aynı zamanda kek, dondurma, makarna, şekerlemeler, sakız, pasta kreması vs. gıda sektörünün önemli bir girdisidir.

Türkiye'de 2004 yılına kadar sanayi ölçekte üretimi yapılan tek çay, siyah çaydı. Bugün ise siyah çaya ilâveten yeşil ve beyaz çay da üretilmektedir. Yürütülen projeler kapsamında deneme üretimleri tamamlanmış olan kafeinsiz çay ve instant çayın sanayi ölçekte üretilmesi için alt yapı mevcuttur. Ayrıca siyah ve yeşil çay pudrası üretimi, oolong çay üretimi, tablet çay, kateşin ekstraktı, kafein ekstraktı üretim denemeleri de pilot ölçekte gerçekleştirilmiştir.

Tüm bu çalışmalar 2003 yılında ÇAYKUR Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü bünyesinde yürütülen *Türk Yeşil Çay*

*Üretim Projesi* ile başlamış, 2008 yılından itibaren TÜBİTAK MAM Gıda Enstitüsü ile yürütülen projelerle devam etmiştir. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi'nin Çay İhtisas Üniversitesi olmasının ardından ortak oluşturulan güçlü kadroyla tamamlanmış ve halen devam eden başarılı projeler ve çalışmalar ile devam etmektedir.

## KAYNAKÇA

- Aaqil, M., Peng, C., Kamal, A., Nawaz, T., Zhang, F., Gong, J., (2023). Tea Harvesting and Processing Techniques and Its Effect on Phytochemical Profile and Final Quality of Black Tea: A Review. *Foods*, 12, 4467. <https://doi.org/10.3390/foods12244467>
- Abarca, M.L., Accensi, F., Bragulat, M.R., Cabañes, F.J., (2001). Current importance of ochratoxin A-producing *Aspergillus* spp. *Journal of Food Protection* 64, 903–906
- Abe, M., Takaoka, N., Idemoto, Y., Takagi, C., Imai, T., & Nakasaki, K., (2008). Characteristic fungi observed in the fermentation process for Puer tea. *International journal of food microbiology*, 124(2), 199–203. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.008>
- Abhiram, G., Diraj, R., Eeswaran, R., (2023). Optimization of Black Tea Drying Temperature in an Endless Chain Pressure (ECP) Dryer. *AgriEngineering* 5, 1989-1999. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5040122>
- Abshenas, J., Derakhshanfar, A., Ferdosi, M.H. and Hasanzadeh, S., (2012). “Protective effect of kombucha tea against acetaminophen-induced hepatotoxicity in mice: a biochemical and histopathological study,” *Comparative Clinical Pathology*, vol. 21, no. 6, pp. 1243–1248.
- Agca, A. C., Batcioglu, K. and Sarer, E., (2020). EVALUATION ON GALLIC ACID, EGCG CONTENTS AND ANTIRADICAL ACTIVITY OF GREEN TEA AND BLACK TEA EXTRACTS YEŞİL ÇAY VE SİYAH ÇAY EKSTRELERİNDEKİ GALLİK ASİT, EGCG İÇERİĞİ VE ANTİRADİKAL AKTİVİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ. *J. Fac. Pharm. Ankara / Ankara Ecz. Fak. Dergisi* 44(1): 50-60, 2020 Doi: 10.33483/jfpau.644407
- Ahmed, S., Stepp, J. R., (2013). Green Tea. *Tea in Health and Disease Prevention*, 19–31. doi:10.1016/b978-0-12-384937-3.00002-1
- Ahmed, S., Unachukwu, U., Stepp, J. R., Peters, C. M., Long, C., & Kennelly, E., (2010). Pu-erh tea tasting in Yunnan, China: correlation of drinkers' perceptions to phytochemistry. *Journal of ethnopharmacology*, 132(1), 176–185. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.08.016>

- Alasalvar, C., Pelvan, E., Özdemir, K. S., Kocadağlı, T., Mogol, B. A., Paslı, A.A., Özcan, N., Gökmen, V., (2013). Compositional, Nutritional, and Functional Characteristics of Instant Teas Produced from Low- and High-Quality Black Teas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(31), 7529–7536. doi:10.1021/jf4015137
- Alcázar, A., Ballesteros, O., Jurado, J. M., Pablos, F., Martín, M. J., Vilches, J. L., & Navalón, A., (2007). Differentiation of Green, White, Black, Oolong, and Pu-erh Teas According to Their Free Amino Acids Content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 5960–5965. doi:10.1021/jf070601a
- Ameer, K., Shahbaz, H. M., & Kwon, J.-H., (2017). Green Extraction Methods for Polyphenols from Plant Matrices and Their Byproducts: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 295–315. doi:10.1111/1541-4337.12253
- Anonymous, (1995a). IV. Processing of tea. *Food Reviews International*, 11(3), 409–434. doi:10.1080/87559129509541052
- Anonymous, (1995b). VI. Biochemistry of processing black tea. *Food Reviews International*, 11(3), 457–471. doi:10.1080/87559129509541054
- Anonymous, (2023). Instant Tea Premix Consumption Market. Zion Market Research <https://www.zionmarketresearch.com/report/instant-tea-premix-consumption-market>
- Anonymous, (2024). Current Global Market Situation and Medium-Term Outlook. FAO- Intergovernmental Group on Tea Twenty-Fifth Session, Guwahati (Assam), India.
- Antolak, H.; Piechota, D.; Kucharska, A., (2021). Kombucha Tea—A Double Power of Bioactive Compounds from Tea and Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts (SCOBY). *Antioxidants*, 10, 1541. <https://doi.org/10.3390/antiox10101541>
- Banerjee, S., & Chatterjee, J., (2014). Efficient extraction strategies of tea (*Camellia sinensis*) biomolecules. *Journal of Food Science and Technology*. doi:10.1007/s13197-014-1487-3
- Baruah, P., (2015). Types of tea, value addition and product diversification of Indian tea. *Proceedings of the First International Conference on Tea Science and Development*, 151-159

- Bauer-petrovska, B., & Petrushevska-tozi, L., (2000). Mineral and water soluble vitamin content in the Kombucha drink. *International Journal of Food Science and Technology*, 35, 201–205
- Bhattacharya, S., Gachhui, R. and Sil, P.C., (2011). “Hepatoprotective properties of kombucha tea against TBHP-induced oxidative stress via suppression of mitochondria dependent apoptosis,” *Pathophysiology*, vol. 18, no. 3, pp. 221–234.
- Bıçakçı, M., (2002). *Çaykur Teknik Personel Eğitim Kitapçığı, Makine Dairesi Başkanlığı Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Rize.*
- Bitwell, C., Indra, S. S., Luke, C., Kakoma, M. K., (2023). A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants. *Scientific African*, Volume 19, e01585, ISSN 2468-2276, <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01585>.
- Chakravorty, S., Bhattacharya, S., Bhattacharya, D., Sarkar, S., & Gachhui, R., (2019). Kombucha: A Promising Functional Beverage Prepared From Tea. *Non-Alcoholic Beverages*, 285–327. doi:10.1016/b978-0-12-815270-6.00010-4
- Chandini, S. K., Rao, L. J., Gowthaman, M. K., Haware, D. J., & Subramanian, R., (2011). Enzymatic treatment to improve the quality of black tea extracts. *Food Chemistry*, 127(3), 1039–1045. doi:10.1016/j.foodchem.2011.01.078
- Chandrakala, S. K., Lobo, R. O. & Dias, F. O., (2019). Kombucha (Bio-Tea): An Elixir for Life? *Nutrients in Beverages*, 591–616. doi:10.1016/b978-0-12-816842-4.00016-2
- Chen, Y., (2008). *General History of the Tea Industry*. 2nd Edition, China Agriculture Press, Beijing, 4.
- Chen, C., & Liu, B. Y., (2000). Changes in major components of tea fungus metabolites during prolonged fermentation. *Journal of Applied Microbiology*, 89, 834–839. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.01188.x>
- Chen, L., Wang, H., Ye, Y., Wang, Y., Xu, P., (2023). Structural insight into polyphenol oxidation during black tea fermentation. *Food Chemistry: X*, Volume 17, 100615, ISSN 2590-1575, <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100615>.

- Clarke, R. J., & Vitzthum, O. G. (Eds.), (2001). Coffee. doi:10.1002/9780470690499
- Cloughley J.B., (1983). Factors influencing the caffeine content of black tea. Part 2. The effect of production variables. *Food Chem.* 10:25–34.
- Coelho, R. M. D., Almeida, A. L. de, Amaral, R. Q. G. do, Mota, R. N. da, & Sousa, P. H. M. de., (2020). Kombucha: Review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22, 100272. doi:10.1016/j.ijgfs.2020.100272
- Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü- ÇAYKUR, (2023). Faaliyet Raporu, Rize. <https://www.caykur.gov.tr/Pages/Yayinlar/YayinDetay.aspx?ItemType=2&ItemId=1001>
- Das, P.R., Eun, J. B., (2016). Phenolic Acids in Tea and Coffee and Their Health Benefits, Phenolic Acids: Properties, Food Sources and Health Effects (pp.129-194) Chapter: 61 Publisher: Nova Science Publishers.
- Deb, S., Jolvis Pou, K. R., (2016). A Review of Withering in the Processing of Black Tea. *Journal of Biosystems Engineering*, 41(4), 365-372. <https://doi.org/ksam-41-365>.
- Deghrigue, M., Chriaa, J., Battikh, H., Abid, K., and Bakhrouf, A., (2013). “Antiproliferative and antimicrobial activities of Kombucha tea,” *African Journal of Microbiology Research*, vol. 7, pp. 3466–3470.
- Deka, H., Sarmah, P. P., Devi, A., Tamuly, P., & Karak, T., (2021). Changes in major catechins, caffeine, and antioxidant activity during CTC processing of black tea from North East India. *RSC advances*, 11(19), 11457–11467. <https://doi.org/10.1039/d0ra09529j>
- Dias, T. R., Carrageta, D. F., Alves, M. G., Oliveira, P. F., & Silva, B. M., (2019). White Tea. Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements, 437–445. doi:10.1016/b978-0-12-812491-8.00058-8
- Dong, C., Li, J., Wang, J., Liang, G., Jiang, Y., Yuan, H., ... Meng, H., (2018). Rapid determination by near infrared spectroscopy of theaflavins-to-thearubigins ratio during Congou black tea fermentation process. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 205, 227–234. doi:10.1016/j.saa.2018.07.029
- Duan, H.X., Zhou, H., Hu, C.M., (2012). Research on ingredient changes of Pu-erh tea in different storage time. *Southwest China J. Agr. Sci.* 25: 111–114.

- Dubey, K. K., Janve, M., Ray, A., & Singhal, R. S., (2020). Ready-to-Drink Tea. *Trends in Non-Alcoholic Beverages*, 101–140. doi:10.1016/b978-0-12-816938-4.00004-5
- Dufresne, C., & Farnworth, E., (2000). Tea, Kombucha, and health: a review. *Food Research International*, 33(6), 409–421. doi:10.1016/s0963-9969(00)00067-3
- Ellis, R.T., (1983). Tea. *Biologist* 30 (5), 247–255
- Engelhardt, U. H., (2010). Chemistry of Tea. *Comprehensive Natural Products II*, 999–1032. doi:10.1016/b978-008045382-8.00089-7
- European Food Safety Authority – EFSA (n.d) Caffeine. [https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate\\_publications/files/efsaexplainscaffeine150527.pdf](https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/efsaexplainscaffeine150527.pdf) 20.10.2024 tarihinde alınmıştır.
- Fard, F.S., Ghassemzadeh, H.R., Salvatian, S.B., (2015). Impact of withering time duration on some biochemical properties and sensory quality attributes of black tea. *Biol. Forum Int. J.* 7 (1), 1045–1049.
- Ferrazzano, G. F., Amato, I., Ingenito, A., De Natale, A., & Pollio, A., (2009). Anti-cariogenic effects of polyphenols from plant stimulant beverages (cocoa, coffee, tea). *Fitoterapia*, 80(5), 255–262. doi:10.1016/j.fitote.2009.04.006
- Gokulakrishnan, S., Chandraraj, K., & Gummadi, S. N., (2005). Microbial and enzymatic methods for the removal of caffeine. *Enzyme and Microbial Technology*, 37(2), 225–232. doi:10.1016/j.enzmictec.2005.03.0
- Goodsall, C. W., Jones, T. J., Mitei, A. D., Safford, R., Parry, A. D., and Thiru, A., (2004). Cold water infusing leaf tea. US Patent 6833144 B2. <https://patents.google.com/patent/US6833144B2/en?q=US+Patent+6833144+B2>.
- Gökalg, H. Y., Çeper Ilgaz, Ş., (1990). Yeşil Çay Üretim Teknolojisi ve Ülkemizde Yeşil Çay Üretimi. *Gıda*, 15(6).
- Graham, H.N., (1984). Tea; the plant and its manufacture; chemistry and consumption of the beverage. In: Spiller, G.A., ed., *The Methylxanthine Beverages and Foods: Chemistry, Consumption and Health Effects*, New York, Alan R. Liss, pp. 29–74.
- Hall, N., (2000). *The Tea Industry 4<sup>th</sup> Edition*. Woodhead Publishing, 614 p., Cambridge.



- Harbowy, M. E., Balentine, D. A., Davies, A. P., & Cai, Y., (1997). Tea Chemistry. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 16(5), 415–480. <https://doi.org/10.1080/07352689709701956>
- Harrison, K., & Curtin, C., (2021). Microbial Composition of SCOBY Starter Cultures Used by Commercial Kombucha Brewers in North America. *Microorganisms*, 9(5), 1060. doi:10.3390/microorganisms9051060
- Hayat, K., Iqbal, H., Malik, U., Bilal, U., & Mushtaq, S., (2015). Tea and Its Consumption: Benefits and Risks. *Critical Reviews. Food Science and Nutrition*, 55(7), 939–954. doi:10.1080/10408398.2012.678949
- He, C., Li, Y., Zhou, J., Yu, X., Zhang, D., Chen, Y., Ni, D., Yu, Z., (2022). Study on the Suitability of Tea Cultivars for Processing Oolong Tea from the Perspective of Aroma Based on Olfactory Sensory, Electronic Nose, and GC-MS Data Correlation Analysis. *Foods*. 11(18):2880. <https://doi.org/10.3390/foods11182880>
- Heiss, M.L., (2007). *Story of Tea: A Cultural History and Drinking Guide*. Ten Speed Press, Berkeley, CA
- Higdon, J.V, Frei, B., (2003). Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism, and antioxidant functions. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 43(1):89-143. doi:10.1080/1040869039082646
- Hitoshi, S., Hideaki, U., Keiji, S., (2016). Tea Extract. United State Patent, Patent No: US 9,414,613 B2 <https://patents.google.com/patent/US9414613B2/en>
- Ho, C.T., Lin, J.K., Shahidi, F., (2008). *Tea and Tea Products: Chemistry and Health-Promoting Properties*. Boca Raton: CRC Press.
- Hu, C.-J, Li, D., Ma, Y., Zhang, W., Lin, C., Zheng, X., Liang, Y., Lu, J., (2018). Formation Mechanism of the Oolong Tea Characteristic Aroma During Bruising and Withering Treatment. *Food Chem*. 269, 202–211. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.016>
- Huang, M., & Zhang, M., (2013). Tea and coffee powders. *Handbook of Food Powders*, 513–531. doi:10.1533/9780857098672.3.513
- Hung, T.N., Gumerov, F., Gabitov, F., et al., (2012). Improvement of the water brewing of Vietnamese green tea by pretreatment with supercritical carbon dioxide. *J Supercrit Fluids* 62:73–78. doi: 10.1016/j.supflu.2011.10.017

- Ilgaz, S., (2019). Süperkritik akışkan ekstraksiyon yöntemi ile kafeinsiz ve kafeini azaltılmış siyah çay üretimi/Decaffeinated and low caffeine black tea production by using supercritical fluid extraction technique.[Doctoral dissertation, Atatürk University], Council of Higher Education Thesis Center, Thesis No: 601117. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Ilgaz, S., (2022). Decaffeinated green tea processing using pilot scale SFE Technique. 5<sup>th</sup> Edition of Innovations in Food Science and Human Nutrition, Sep 20-21, Barcelona, Spain.
- Ilgaz, S., (2023). Kombucha: An Exotic, Functional, Traditional Elixir of life <https://specialityteaurope.com/esta-tea-review-archive>
- Ilgaz, Ş.Ç., (1992). Türkiye'de yeşil çay üretimi ve farklı sürgün dönemlerinde üretilen yeşil çayların bazı özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans tezi, Tez no.24733.Ulusal Tez Merkezi
- Ilgaz, S., Sat, I. G., & Polat, A. (2018). Effects of processing parameters on the caffeine extraction yield during decaffeination of black tea using pilot-scale supercritical carbon dioxide extraction technique. *Journal of Food Science and Technology*. doi:10.1007/s13197-018-3055-8
- Ilgaz, Ş., Kalcıoğlu, Z., İslamoğlu, E., (2006). Türk beyaz çay üretim yönteminin optimizasyonu ve Türk beyaz çayının kalite parametrelerinin belirlenmesi. Çaykur Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Teknoloji Kısım Müdürlüğü. Proje Final Raporu, S.1-38., Rize.
- Ilgaz, Ş., (n.d). Siyah Çay Üretimi. <https://www.foodelphi.com/siyah-cay-uretimi/> 10.09.2024'te alınmıştır.
- International Tea Committee (ITC), (2023). Annual Bulletin of Statistics. <https://inttea.com/publications/>
- Jabeen, S., Alam, S., Saleem, M., Ahmad, W., Bibi, R., Hamid, F. S., & Shah, H. U., (2015). Withering timings affect the total free amino acids and mineral contents of tea leaves during black tea manufacturing. *Arabian Journal of Chemistry*. doi:10.1016/j.arabjc.2015.03.011
- Jayabalan, R., Malbaša, R. V., Lončar, E. S., Vitas, J. S., & Sathishkumar, M., (2014). A Review on Kombucha Tea-Microbiology, Composition, Fermentation, Beneficial Effects, Toxicity, and Tea Fungus.

- Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 13(4), 538–550. doi:10.1111/1541-4337.12073
- Jayabalan, R., Marimuthu, S., & Swaminathan, K., (2007). Changes in content of organic acids and tea polyphenols during Kombucha tea fermentation. *Food Chemistry*, 102(1), 392–398. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.032>
- Jayabalan, R., & Waisundara, V. Y., (2019). Kombucha as a Functional Beverage. *Functional and Medicinal Beverages*, 413–446. doi:10.1016/b978-0-12-816397-9.00012-1
- Jayasundara, B. J., (2018). Manufacturing of Instant Tea. <https://www.slideshare.net/slideshow/instant-tea/94167835#10>
- Jia, W., Rajani, C., Lv, A., Fan, T.P., Zheng, X., (2022). Pu-erh tea: A review of a healthful brew. *Journal of Traditional Chinese Medical Sciences*, Volume 9, Issue 2, Pages 95-99. ISSN 2095-7548, <https://doi.org/10.1016/j.jtcms.2022.04.005>.
- Jiang, H.Y., (2009). White Tea: Its Manufacture, Chemistry, and Health Effects. In: Ho, C.-T., Lin, J.-K. and Shahidi, F., Eds., *Chemistry and Health-Promoting Properties*, CRC Press, Boca Raton, 17-29.
- Jiang, H. Y., Shii, T., Matsuo, Y., Tanaka, T., Jiang, Z. Z., & Kouno, I., (2011). A new catechin oxidation product and polymeric polyphenols of post-fermented tea. *Food Chemistry*, 129, 830–836.
- Jolvis Pou, K. R., (2016). Fermentation: The Key Step in the Processing of Black Tea. *Journal of Biosystems Engineering*. 41. 85-92. 10.5307/JBE.2016.41.2.085.
- Jolvis Pou, K. R., Paul, S. K., Malakar, S., (2019). Industrial Processing of CTC Black Tea. *Caffeinated and Cocoa Based Beverages*, 131–162. doi:10.1016/b978-0-12-815864-7.00004-0
- Joshi, R., Babu, G.D.K., Gulati, A., (2013). Effect of decaffeination conditions on quality parameters of Kangra ortodoks black tea. *Food Res Int* 53:693–703. doi: 10.1016/j.foodres.2012.12.050
- Joshi, R., Rana, A., Kumar, V., Kumar, D., Padwad, Y. S., Yadav, S. K., & Gulati, A., (2017). Anthocyanins enriched purple tea exhibits antioxidant, immunostimulatory and anticancer activities. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 1953–1963. doi:10.1007/s13197-017-2631-7

- Jöbstl, E., Fairclough, J. P. A., Davies, A. P., & Williamson, M. P., (2005). Creaming in Black Tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7997–8002. doi:10.1021/jf0506479
- Khan N, Mukhtar H., (2013). Tea and health: studies in humans. *Curr Pharm Des.* 19(34):6141-7. doi: 10.2174/1381612811319340008.
- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M., (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*, 61(1), 1361779. doi:10.1080/16546628.2017.1361779.
- Kim, J., & Adhikari, K., (2020). Current Trends in Kombucha: Marketing Perspectives and the Need for Improved Sensory Research. *Beverages*, 6(1), 15. doi:10.3390/beverages6010015
- Knez, Ž., Škerget, M., & KnezHrnčič, M., (2013). Principles of supercritical fluid extraction and applications in the food, beverage and nutraceutical industries. *Separation, Extraction and Concentration Processes in the Food, Beverage and Nutraceutical Industries*, 3–38. doi:10.1533/9780857090751.1.3
- Koina, I.M., Sarigiannis, Y., Hapeshi, E., (2023). Green Extraction Techniques for the Determination of Active Ingredients in Tea: Current State, Challenges, and Future Perspectives. *Separations*, 10, 121. <https://doi.org/10.3390/separations1002012>
- Konar, H.S., Das, S., Datta, A.K., Ghosh, B.C., (2012). Optimization of process parameters for vacuum drying of CTC tea. *Two Bud* 59 (2), 84–88.
- Kosińska, A., & Andlauer, W., (2014). Antioxidant Capacity of Tea. Processing and Impact on Antioxidants in Beverages, 109–120. doi:10.1016/b978-0-12-404738-9.00012-x
- Kozyrovska, N.O., Reva, O.M., Goginyan, V.B., and De Vera, J.P., (2012). “Kombucha microbiome as a probiotic: a view from the perspective of post-genomics and synthetic ecology,” *Biopolymers and Cell*, vol. 28, no. 2, pp. 103–113.
- Krishnakumar, T., (2019). SUPERCRITICAL FLUID EXTRACTION AND ITS APPLICATIONS IN FOOD PROCESSING DOI: 10.13140/RG.2.2.11936.23047 [https://www.researchgate.net/publication/330533821\\_SUPERCRITIC](https://www.researchgate.net/publication/330533821_SUPERCRITIC)

AL\_FLUID\_EXTRACTION\_AND\_ITS\_APPLICATIONS\_IN\_FOOD\_PROCESSING

- Kumar, S. D., Narayan, G., & Hassarajani, S., (2008). Determination of anionic minerals in black and Kombucha tea using ion chromatography. *Food Chemistry*, 111, 784–788. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.012>
- Kushwaha, D.K., Thomas, E.V., Maiti, B., Ghosh, B.C., De, B., (2015). Assessment and optimization of bulk density and angle of repose of tea leaves for metering device using desirability function. *Int. J. Sci. Eng. Technol.* 4 (2), 36–39.
- Laureys, D., Britton, S. J., & De Clippeleer, J., (2020). Kombucha Tea Fermentation: A Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 78(3), 165–174. doi:10.1080/03610470.2020.1734150
- Lean, M.E.J, Crozier, A., (2012). Coffee, caffeine and health: What's in your cup? *Maturitas* 72:171–172. doi: 10.1016/j.maturitas.2012.04.005
- Lee, J., Hwang, Y.S., Kang, I.K., Choung, M.G., (2015). Lipophilic pigments differentially respond to drying methods in tea (*Camellia sinensis* L.) leaves. *LWT Food Sci. Technol.* 61, 201–208.
- Li, J., Wu, S., Yu, W., Wang, J., Deng, Y., Hua, J., Zhou, Q., Yuan, H., Jiang, Y., (2022). Chemical profile of a novel ripened Pu-erh tea and its metabolic conversion during pile fermentation. *Food Chemistry*, Volume 378, 132126, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132126>.
- Liang, S., Granato, D., Zou, C. et al., (2021). Processing technologies for manufacturing tea beverages: From traditional to advanced hybrid processes, *Trends in Food Science & Technology*, Volume 118, Part A, Pages 431-446, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.016>.
- Lin XL, Cheng ZH, Huang CH, Li Y., (2004). Effects of theanine on learning and memory ability of mice. *Food Sci*; 25: 171-173
- Ling, T. J., Wan, X. C., Ling, W. W., Zhang, Z. Z., Xia, T., Li, D. X., et al., (2010). New triterpenoids and other constituents from a special microbial-fermented tea— Fuzhuan brick tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 4945–4950.

- Lu, H., Zhang, J., Yang, Y., Yang, X., Xu, B., Yang, W.,...Wu, N., (2016). Earliest tea as evidence for one branch of the Silk Road across the Tibetan Plateau. *Scientific Reports*, 6(1). doi:10.1038/srep18955
- Lv, H., Zhang, Y., Lin, Z., & Liang, Y., (2013). Processing and chemical constituents of Pu-erh tea: A review. *Food Research International*, 53(2), 608–618. doi:10.1016/j.foodres.2013.02.043
- MacHmudah, S., Martin, A., Sasaki, M., Goto, M., (2012). Mathematical modeling for simultaneous extraction and fractionation process of coffee beans with supercritical CO<sub>2</sub> and water. *J Supercrit Fluids* 66:111–119. doi: 10.1016/j.supflu.2011.11.011
- Mahabadi N, Bhusal A, Banks SW., (2024). Riboflavin Deficiency. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470460/>
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L., (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727–747. doi:10.1093/ajcn/79.5.72
- Mao, J. T., (2013). White Tea. *Tea in Health and Disease Prevention*, 33–40. doi:10.1016/b978-0-12-384937-3.00003-3
- May A, Narayanan S, Alcock J, Varsani A, Maley C, Aktipis A., (2019). Kombucha: a novel model system for cooperation and conflict in a complex multi-species microbial ecosystem. *PeerJ*:e7565 <https://doi.org/10.7717/peerj.7565>
- Mazzafera, P., (2002). Degradation of caffeine by microorganisms and potential use of decaffeinated coffee husk and pulp in animal feeding. *Scientia Agricola*, 59(4), 815–821. doi:10.1590/s0103-90162002000400030
- Mazumder, R.K., (2023). *Tea Manufacturing Technology and Engineering*. Post Graduate Department at Centre for Tea Plantation Management, Golaghat Commerce College, Dibrugarh University Golaghat, Assam.
- McKay, D. L., & Blumberg, J. B., (2002). The Role of Tea in Human Health: An Update. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(1), 1–13. doi:10.1080/07315724.2002.1071918.
- Mhatre, S., Srivastava, T., Naik, S. & Patravale, V., (2021). Antiviral activity of green tea and black tea polyphenols in prophylaxis and treatment of

- COVID-19: A review. *Phytomedicine* 85, 153286. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2020.153286>.
- Mortas, M., Awad, N., (2020). Optimization of Extraction Parameters by Response Surface Methodology in Handling Tea Extract From Fibrous Tea Waste *European Journal of Science and Technology* (20), 672-684, DOI: 10.31590/ejosat.790454
- Mukhopadhyay, M., (2000). *Natural Extracts Using Supercritical Carbon Dioxide*. CRC Press, New York, p 360.
- Nair, K. P. P., (2010). Tea (*Camellia sinensis* L.). *The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World*, 275–300. doi:10.1016/b978-0-12-384677-8.00009-6
- Ng, K.-W., Cao, Z.-J., Chen, H.-B., Zhao, Z.-Z., Zhu, L., & Yi, T., (2017). Oolong tea: A critical review of processing methods, chemical composition, health effects, and risk. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–24. doi:10.1080/10408398.2017.1347556
- Ni, H., Jiang, Q.-X., Zhang, T., Huang, G.-L., Li, L.-J., & Chen, F., (2020). Characterization of the Aroma of an Instant White Tea Dried by Freeze Drying. *Molecules*, 25(16), 3628. doi:10.3390/molecules25163628
- Nobre, A.C., Rao, A., Owen, G.N., (2008). L-theanine, a natural constituent in tea, and its effect on mental state. *Asia Pac J Clin Nutr*;17 (S1):167-168 167
- Norman, S. C., (1987). Tea extraction process. United State Patent, Patent No: 4,668,525, <https://patents.google.com/patent/US4668525A/en>
- Nsanzabera, F., Nduwayezu, B., Irakoze, E., Mwiseneza, A., Mubashankwaya, I., Manishimwe, A., Nsengiyumva, J.B., Nkurikiyimana, F., (2024). *Biochemistry of Tea Leaves and Tea Processing Technology*. *Universal Journal of Agricultural Research*, 12(5), 615 - 628. DOI: 10.13189/ujar.2024.120501.
- Ntezimana, B., Li, Y., He, C., Yu, X., Zhou, J., Chen, Y., Yu, Z., & Ni, D., (2021). Different Withering Times Affect Sensory Qualities, Chemical Components, and Nutritional Characteristics of Black Tea. *Foods* (Basel, Switzerland), 10(11), 2627. <https://doi.org/10.3390/foods10112627>.

- Nyhan, L.M., Lynch, K.M., Sahin, A.W., Arendt, E.K., (2022). Advances in Kombucha Tea Fermentation: A Review. *Appl. Microbiol.*, 2, 73–103. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol201000>
- Obanda, M., Okinda Owuor, P., & Mang'oka, R., (2001). Changes in the chemical and sensory quality parameters of black tea due to variations of fermentation time and temperature. *Food Chemistry*, 75(4), 395–404. doi:10.1016/s0308-8146(01)00223-0
- Obanda, M., Owuor, P. O., Mang'oka, R., & Kavoi, M. M., (2004). *Changes in thearubigin fractions and theaflavin levels due to variations in processing conditions and their influence on black tea liquor brightness and total colour. Food Chemistry*, 85(2), 163–173. doi:10.1016/s0308-8146(02)00183-8
- Odumosu, P., Ojerinde, S., Egbuchiem, M., (2015). Polyphenolic contents of some instant tea brands and their antioxidant activities. *J App Pharm Sci*, 5 (09): 100-105.
- Panchariya, P. C., Popovic, D., & Sharma, A. L., (2002). *Thin-layer modelling of black tea drying process. Journal of Food Engineering*, 52(4), 349–357. doi:10.1016/s0260-8774(01)00126-1
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R., (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5. doi:10.1017/jns.2016.41
- Pandey R.K., Manimehalai N., (2014). Production of Instant Tea Powder by Spray Drying. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*. ISSN 2249-3050 Volume 5, (3), pp. 197-202
- Penolazzi, B., Natale, V., Leone, L., Russo, P.M., (2012). Individual differences affecting caffeine intake. Analysis of consumption behaviours for different times of day and caffeine sources. *Appetite* 58:971–977. doi: 10.1016/j.appet.2012.02.001
- Park, S.-K., Jung, I.-C., Lee, W. K., Lee, Y. S., Park, H. K., Go, H. J., ... Rho, S. S., (2011). A Combination of Green Tea Extract and l-Theanine Improves Memory and Attention in Subjects with Mild Cognitive Impairment: A Double-Blind Placebo-Controlled Study. *Journal of Medicinal Food*, 14(4), 334–343. doi:10.1089/jmf.2009.1374
- Park, H.S., Lee, H.J., Shin, M.H., et al., (2007). Effects of cosolvents on the decaffeination of green tea by supercritical carbon dioxide. *Food Chem* 105:1011–1017. doi:10.1016/j.foodchem.2007.04.064



- Pettigrew, J., (2007). *The connoisseur's guide to tea*. Quintet Publishing Limited, China.
- Poudel, K., (2014). Ortodoks Tea Production and Its Contribution in Nepal. *The Third Pole: Journal of Geography Education*, 8. 10.3126/ttp.v8i0.11510.
- Preedy, V., (2013). *Tea in Health and Disease Prevention*. San Diego: Academic Press.
- Purushothaman, V. and Wei, S., (2023). Evolution of Chinese Ancient Tea Technology and Its Transfer to British India. *Open Journal of Social Sciences*, 11, 266-277. doi: 10.4236/jss.2023.113018.
- Raghunath, S., Budaraju, S., Gharibzahedi, S.M.T. et al., (2023). Processing Technologies for the Extraction of Value-Added Bioactive Compounds from Tea. *Food Eng Rev* 15, 276–308. <https://doi.org/10.1007/s12393-023-09338-2>
- Ramalakshmi, K., Raghavan, B.,(1999). Caffeine in Coffee: Its Removal. Why and How? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39(5), 441–456. doi:10.1080/10408699991279231
- Rao, L. J. M., Ramalakshmi, K., (2011). *Recent trends in soft beverages*. Woodhead Publishing India Pvt. Ltd. 260 p. India.
- Rha, C.-S., Jeong, H. W., Park, S., Lee, S., Jung, Y. S., & Kim, D.-O., (2019). Antioxidative, Anti-Inflammatory, and Anticancer Effects of Purified Flavonol Glycosides and Aglycones in Green Tea. *Antioxidants*, 8(8), 278. doi:10.3390/antiox8080278.
- Rodríguez García, S. L., & Raghavan, V., (2021). Green extraction techniques from fruit and vegetable waste to obtain bioactive compounds—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–21. doi:10.1080/10408398.2021.190165
- Saberi, H., (2010). *Tea: A Global History*. London: Reaktion Books.
- Sahena, F., Zaidul, I.S.M., Jinap, S., et al., (2009). Application of supercritical CO<sub>2</sub> in lipid extraction - A review. *J Food Eng* 95:240–253. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2009.06.026
- Saltmarsh, M., (1992). Instant tea. *Tea*, 535–554. doi:10.1007/978-94-011-2326-6\_16

- Sanderson, W. G., Hoefler, A. C., Graham, H. N., and Coggon, P. (1977). Cold water extractable tea leaf and process. US Patent 4051264. <https://patents.google.com/patent/US4051264A/en>
- Santhiya-Nair, K., Shanmugapriya, Logeiswariy, P., Sreeramanan, S., Shakila, R., Chen, Y., Leong, Y-H., Karupiah, S., Sasidharan, S., (2022). Chapter 3 - Purification of herbal biomolecules. *Herbal Biomolecules in Healthcare Applications*, Pages 47-62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85852-6.00010-X>
- Sarkar, S., Chowdhury, A., Das, S., Chakraborty, B., Mandal, P., Chowdhury, M., (2016). Major tea processing practices in India. *Int. J. Bioassays*. 5 (11), 5071–5083.
- Senol, A., & Aydin, A., (2006). Solid–liquid extraction of caffeine from tea waste using battery type extractor: Process optimization. *Journal of Food Engineering*, 75(4), 565–573. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.04.03
- Sereshti, H., Samadi, S., (2014). A rapid and simple determination of caffeine in teas, coffees and eight beverages. *Food Chem* 158:8–13. doi:10.1016/j.foodchem.2014.02.095
- Shaik, F. B., Swarnalatha, K., Mohan, M. C., Thomas, A., Chikati, R., Sandeep, G., & Maddu, N., (2022). Novel Antiviral effects of chloloquine, hydroxychloroquine and green tea catechins against SARS CoV-2 main protease (Mpro) and 3C-like protease for COVID-19 treatment- Review. *Journal of Clinical Nutrition Open Science*, 42. 62-72. <https://doi.org/10.1016/j.nutos.2021.12.004>.
- Shao, W. F., Powell, C., & Clifford, M. N., (1995). The analysis by HPLC of green, black and pu'er teas produced in Yunnan. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69, 535–540.
- Shebis, Y., Iluz, D., Kinel-Tahan, Y., Dubinsky, Z., and Yehoshua, Y., (2013). “Natural antioxidants: function and sources,” *Food and Nutrition Sciences*, vol. 4, no. 6, pp. 643–649, 2013.
- Shengxiao, S., Piaopiao, L., Qing, Z., Mingchun, W., Zisheng, H., Feng, Z., Jiaping, K., Xiaochun, W., Chi-Tang, H., Liang, Z., (2024). Chemical, sensory and biological variations of black tea under different drying temperatures. *Food Chemistry*, Volume 446, 138827, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138827>

- Sinija, V. R., Mishra, H. N., & Bal, S., (2007). Process technology for production of soluble tea powder. *Journal of Food Engineering*, 82(3), 276–283. doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.01
- Soares, M. G., de Lima, M., & Reolon Schmidt, V. C., (2021). Technological aspects of kombucha, its applications and the symbiotic culture (SCOBY), and extraction of compounds of interest: A literature review. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 539–550. doi:10.1016/j.tifs.2021.02.017
- Someswararao, C., Srivastav, P. P., (2012). A novel technology for production of instant tea powder from the existing black tea manufacturing process. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 143–147. doi:10.1016/j.ifset.2012.05.005
- Sreeramulu, G., Zhu, Y. and Knol, W., (2001). “Characterization of antimicrobial activity in Kombucha fermentation,” *Acta Biotechnologica*, vol. 21, no. 1, pp. 49–56.
- Srihari, T. and Satyanarayana, U., (2012). “Changes in free radical scavenging activity of Kombucha during fermentation,” *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, vol. 4, no. 11, pp. 1978–1981.
- Stodt, U. W., Blauth, N., Niemann, S., Stark, J., Pawar, V., Jayaraman, S., ... Engelhardt, U. H., (2014). Investigation of Processes in Black Tea Manufacture through Model Fermentation (Oxidation) Experiments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(31), 7854–7861. doi:10.1021/jf501591
- Tea and Herbal Infusions Europe- EHIA, (2018). – Compendium of Guidelines for Tea (*Camellia sinensis*). (5), 1–47. [https://www.teeverband.de/files/bilder/Publikationen/Recht/2018-07-17\\_Compendium\\_of\\_Guidelines\\_for\\_Herbal\\_Infusions\\_-\\_ISSUE\\_6.pdf](https://www.teeverband.de/files/bilder/Publikationen/Recht/2018-07-17_Compendium_of_Guidelines_for_Herbal_Infusions_-_ISSUE_6.pdf) 20.10.2024 tarihinde alınmıştır.
- Temple, J. L., Bernard, C., Lipshultz, S. E., Czachor, J. D., Westphal, J. A., & Mestre, M. A., (2017). The Safety of Ingested Caffeine: A Comprehensive Review. *Frontiers in psychiatry*, 8, 80. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2017.00080>
- Teshome, K., Debela, A., Garede, W., (2013). Effect of drying temperature and duration on biochemical composition and quality of black tea

- (*Camellia sinensis*) O. Kuntze at Wush Wush, South Western Ethiopia. *Asian J. Plant Sci.* 12 (6–8), 235–240.
- Thi Anh Dao, D., Van Thanh, H., Viet Ha, D., & Duc Nguyen, V., (2021). Optimization of spray-drying process to manufacture green tea powder and its characters. *Food Science & Nutrition*, 9, 6566–6574. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2597>
- Tomlins, K. I., Mashingaidze, A., (1997). Influence of withering, including leaf handling, on the manufacturing and quality of black teas — a review. *Food Chemistry*, 60(4), 573–580. doi:10.1016/s0308-8146(97)00035-6.
- Tran, T., Grandvalet, C., Verdier, F., Martin, A., Alexandre, H. & Tourdot-Maréchal, R., (2020). Microbiological and technological parameters impacting the chemical composition and sensory quality of kombucha. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. doi:10.1111/1541-4337.12574
- Vargas, B. K., Fabricio, M. F., & Záchia Ayub, M. A., (2021). Health effects and probiotic and prebiotic potential of Kombucha: A bibliometric and systematic review. *Food Bioscience*, 101332. doi:10.1016/j.fbio.2021.101332
- Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J.-P., & Taillandier, P., (2018). Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review. *Journal of Food Science*, 83(3), 580–588. doi:10.1111/1750-3841.14068
- Vuong, Q. V., Roach, P.D., (2014). Caffeine in Green Tea: Its Removal and Isolation. *Sep Purif Rev* 43:155–174. doi: 10.1080/15422119.2013.771127
- Wang, Z.; Gan, S.; Sun, W.; Chen, Z., (2022a). Quality Characteristics of Oolong Tea Products in Different Regions and the Contribution of Thirteen Phytochemical Components to Its Taste. *Horticulturae*, 8, 278. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040278>
- Wang, C., Han, J., Pu, Y., Wang, X., (2022). Tea (*Camellia sinensis*): A Review of Nutritional Composition, Potential Applications, and Omics Research. *Applied Sciences*. 12(12):5874. <https://doi.org/10.3390/app12125874>
- Wang, W., Le, T., Wang, W., Yu, L., Yang, L., & Jiang, H., (2023). Effects of Key Components on the Antioxidant Activity of Black Tea. *Foods*

- (Basel, Switzerland), 12(16), 3134.  
<https://doi.org/10.3390/foods12163134>
- Wang, Y., Liu, Y., Huo, J., Zhao, T., Ren, J., Wei, X., (2013). Effect of different drying methods on chemical composition and bioactivity of tea polysaccharides. *Int. J. Biol. Macromol.* 62, 714–719.
- Wang, Z., Su, D., Ren, H., Lv, Q., Ren, L., Li, Y., Zhou, H., (2022b). Effect of different drying methods after fermentation on the aroma of Pu-erh tea (ripe tea). *LWT*, Volume 171, 114129, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114129>.
- Wang, L., Weller, C.L., (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends Food Sci Technol* 17:300–312. doi: 10.1016/j.tifs.2005.12.004
- Wanyika HN, Gatebe EG, Gitu LM, et al., (2010). Determination of caffeine content of tea and instant coffee brands found in the Kenyan market. *African J Food Sci* 4:353–358.
- Weerawatanakorn, M., Hung, W.-L., Pan, M.-H., Li, S., Li, D., Wan, X., & Ho, C.-T. (2015). Chemistry and health beneficial effects of oolong tea and theasinensins. *Food Science and Human Wellness*, 4(4), 133–146. doi:10.1016/j.fshw.2015.10.002
- Wickreimasinghe, R.L., (1968). Some Observations on Tea in Japan. *Tea Quarterly* 39 (3): 25-28.
- Willson, C., (2018). The clinical toxicology of caffeine: A review and case study. *Toxicology reports*, 5, 1140–1152. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.11.002>
- Wu, H., Chen, Y., Feng, W., Shen, S., Wei, Y., Jia, H., Wang, Y., Deng, W., & Ning, J., (2022). Effects of Three Different Withering Treatments on the Aroma of White Tea. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(16), 2502. <https://doi.org/10.3390/foods11162502>
- Xu, J., Xu, Z., & Zheng, W., (2017). A Review of the Antiviral Role of Green Tea Catechins. *Molecules*, 22(8), 1337. doi:10.3390/molecules22081337
- Yamada, T., Terashima, T., Wada, K., Ueda, S., Ito, M., Okubo, T., Yokogoshi, H., (2007). Theanine, r-glutamylethylamide, increases neurotransmission concentrations and neurotrophin mRNA levels in the

- brain during lactation. *Life Sciences*, 81(16), 1247–1255. doi:10.1016/j.lfs.2007.08.023
- Yamanishi, T., Luo, S.-J., Guo, W.-F. and Kobayashi, A., (1988). Aroma of Chinese scented green tea, in *Frontiers of Flavor, Proceedings of the 5th International Flavor Conference, Porto Karras, Chalkidiki, Greece, 1–3rd July 1987*. (ed. G. Charlabous), Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp. 181–90.
- Yang, W., He, W., Zhang, J., Zhu, X., (1993). Discussion on Specific Character of Processing Suitability to Oolong Tea Varieties. *J. Tea Sci.* 13, 93–99.
- Yang, X., Wang, Y., Li, K., Li, J., Li, C., Shi, X., ... Song, X., (2011). Cocoa tea (*Camellia ptilophylla* Chang), a natural decaffeinated species of tea – Recommendations on the proper way of preparation for consumption. *Journal of Functional Foods*, 3(4), 305–312. doi:10.1016/j.jff.2011.06.001
- Yen, G. C. & Chen, H.Y., (1994). Comparison of Antimutagenic Effect of Various Tea Extracts (Green, Oolong, Pouchong, and Black Tea). *Journal of Food Protection*, Vol. 57, No. I, Pages 54–58.
- Zeng, L., Zhou, X., Su, X., Yang, Z., (2020). Chinese Oolong Tea: An Aromatic Beverage Produced under Multiple Stresses. *Trends Food Sci. Technol.* 106, 242–253.
- Zhang, S., Wu, S., Yu, Q., Shan, X., Chen, L., Deng, Y., ... Li, J., (2023). The influence of rolling pressure on the changes in non-volatile compounds and sensory quality of congou black tea: The combination of metabolomics, E-tongue, and chromatic differences analyses. *Food Chemistry: X*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100989>
- Zhen, Y.S., (2002). *Tea: Bioactivity and Therapeutic Potential. Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles*. Taylor and Francis, London.
- Zhou, Z.-H., Zhang, Y.-J., Xu, M., & Yang, C.-R., (2005). Puerins A and B, Two New 8-C Substituted Flavan-3-ols from Pu-er Tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(22), 8614–8617. doi:10.1021/jf051390h
- Zhou, Y.S., Gu, C.M., Gu, H., (2012). Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of tee seed oil from camellia seeds and composition analysis of tee seed oil extracts.

Adv Mater Res 538–541:2372–2376. doi:  
10.4028/www.scientific.net/AMR.538-541.2372

## **BÖLÜM 11**

### **ÇAYIN BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Dr. Atilla POLAT<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14291373>

---

<sup>1</sup> Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Rize, Türkiye. atillapolat@gmail.com, Orcid ID: 0000-0003-4184-064X





## 11. ÇAYIN BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Çay sağlık açısından zengin bir içeriğe sahip olup farmakolojik olarak aktif maddeler içerir. 19. yüzyılın başlarından beri çaydan 400'den fazla organik bileşik ve 40'tan fazla inorganik bileşik dahil olmak üzere 500'den fazla bileşiğin izole edildiği rapor edilmiştir (Zhao ve ark., 2022). Çay üretiminin hammaddesi olan çay yaprakları genetik özelliklere, çevre koşullarına ve kültürel alışkanlıklara bağlı olarak farklı kimyasal bileşimlere sahiptir. Çayın iki farklı varyetesi *Camellia sinensis* var. *assamica* ve *Camelia sinensis* var. *sinensis*'tir. *Assamica* varyetesi genellikle geniş yapraklara ve uzun ağaç yapısına sahiptir, flavanoller ve kafein açısından zengindir, yüksek polifenol oksidaz aktivitesine sahiptir, hızlı büyür ve yüksek verime sahiptir, bu da onları siyah çaya işlenmek için ideal kılar. Buna karşılık, *Camelia sinensis* var. *sinensis* varyetesi daha küçük yapraklara, çalı benzeri bir yapıya sahip olup, daha yüksek nitrojen içeren bileşiklere, nispeten daha düşük polifenol oksidaz aktivitesine, daha yavaş büyümeye sahip olması sebebiyle yeşil çayın işlenmesi için daha uygun bir profil sağlar (Wright, 2005).

Çay yapraklarının kimyasal bileşimini belirleyen çevresel faktörler arasında rakım ve iklim yer alır. Yüksek rakım, düşük sıcaklık ve yağmurun olmayışı verimin düşmesine ancak çayın kalitesinin artmasına neden olur. Gübre uygulaması, gölge miktarı, toplama standartları ve budama gibi kültürel uygulamalar kimyasal bileşimi etkiler. Bununla beraber, işleme öncesi taşıma koşulları, imalat şartları ve depolama koşulları üretilen çayın kalitesine etki eder. Çayın kalitesi oldukça önemli olup fiyat üzerindeki etkisi yüksektir. Kalite kaynaklı fiyattaki bir artış, sektörün kârlılığına da pozitif etki edecektir. Siyah çayın kalitesine etki eden temelde 3 grup olup, bunlar sırasıyla kalite üzerindeki çevresel etkiler, fabrikada kullanılan üretim yöntemleri ve klonların genetik özellikleridir.

Bir çay bahçesinde veya bir plantasyon bloğunda bile yetiştirilen çayda çok fazla çeşitlilik vardır. Güçlü ve hızlı gelişme genellikle işlenmiş çayın kalitesini düşürürken, uygun olmayan koşullar genellikle yüksek kaliteli çay elde edilmesine imkân verir. Dikkate alınması gereken bir husus ise, çay yapımına uygun taze, genç yaprakların ve tomurcukların hasat edilmesidir. Bunun nedeni genç yapraklardan işlenen çayın yüksek kalitede olması, yaşlı yapraklardan işlenen çayın ise düşük kalitede olmasıdır (Anonymous, 1995; Wedherilt ve ark., 1991). Taze çay yapraklarının uygun standartta toplanması,

işleme koşullarının yanı sıra çay kalitesini belirlemede önemli faktörlerden biridir. Çay kalitesi, metabolit içeriğinin bir fonksiyonudur ve yaprak kartlaştıkça azalır. Çay yaprağının tazeliğini, körpeliğini kaybetmesiyle birlikte, metabolit seviyelerinde önemli oranlarda değişiklik olmaktadır. Kateşin, epikateşin gallat, epigallokateşin gallat ve toplam kateşinlerin konsantrasyonu yaprak olgunluğuyla azalırken epikateşin ve epigallokateşin ters eğilim ortaya koymuştur. Monoterpenoidlerin miktarı yaprak yaşıyla azalırken, yağ asidi türevi uçucu maddeler ise artan yaprak yaşıyla ters bir ilişki ortaya koymuştur. Toplam kateşin birikiminin yaprak gelişimi sırasında toplam yağ asidi türevi uçucu maddeler, klorofil ve uçucu benzenoidlerle anlamlı negatif korelasyon ortaya koymuştur (Lee ve ark., 2011; Samanta ve ark., 2017).

Toplama standardı çay bitkisinin ve üretilecek çay çeşitlerinin kalitesel özellikleri üzerinde etkili bir faktör olup standart olarak ön görülen 2,5 yaprak standardından uzaklaştıkça biyokimyasal kalite parametrelerinde ve duyuusal kriterlerde kayıplar ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber, çaya tarımcıları tarafından daha fazla ürün elde etmek amacıyla daha geniş aralıklarda hasat yapılarak körpe olmayan büyük yapraklar toplandığında hasat aralığını arttırdığı için yıla dayalı süreçte beklenen ürün verimi alınamamakta kalite bileşenlerine yansımaları da toplama standardına benzer yansımaları olmaktadır. Körpe yapraklardan kaba kaba yaprağa gidildikçe veya hasat aralığı uzadıkça üretilen siyah çayda, kafein, theaflavin, toplam kül, ekstrakt içerikleri azalırken, thearubigin, selüloz ve flor içeriğinin arttığı ifade edilmiştir. Benzer durum uçucu bileşenlere de yansımaları olup, otsu, yavan aroma veren grup I uçucu bileşenlerin oranı artarken, çiçeksi, meyvemsi aromayı veren grup II uçucu bileşenler azalmaktadır. Çay klonları, genetik farklılıkları sebebiyle birbirlerinden ayrışabilmektedir. Aynı standartta toplanmasına rağmen, klonlardan biri kalite parametreleri açısından öne çıkabilirken, diğeri biyokütle verimi açısından öne çıkabilmektedir. Hasat yöntemindeki farklılık da çay yaprağının ve ondan üretilecek çayın kalitesi üzerinde etki göstermekte, el ile hasata kıyasla mekanizasyon arttıkça biyokimyasal ve duyuusal özelliklerde kalite kaybı ortaya çıkmaktadır. Çay yapraklarının aktif madde içeriği, tüketiciye sunulan çayın kalitesi açısından oldukça önemlidir. Çayın kalitesi sadece tüketiciler açısından çekiciliğini değil aynı zamanda piyasadaki ticari fiyatını da etkilemektedir. Çayın kalitesi polifenoller, kafein, ham lif, suda

çözünen madde miktarı ve kül içeriği gibi çeşitli öğeler kullanılarak değerlendirilir. Ayrıca üretim yöntemlerindeki farklılıklar, son ürün çayın görünümünde, kimyasal bileşiminde, renginde, tadında ve aroma içeriğinde farklılıklara neden olur (Ebenezer, 2011; Li ve ark., 2013; Polat, 2013). Çay, bitkinin kendisi kadar benzersiz olan önemli kimyasal bileşenleri içerir. Çay yapraklarının ana bileşenleri genellikle karbonhidratlar, proteinler, polifenoller, kafein, teanin, vitaminler ve minerallerdir (Mohan Rao ve Ramalakshmi, 2011).

Yeşil çay yaprakları siyah çaya dönüşürken, üretim sürecinde çay yapraklarındaki kimyasallar dinamik değişimlere uğrar. Sadece üretim sürecinde değil, aynı zamanda tarımsal koşullara, zamana, yetiştirme alanına ve türe bağlı olarak da hızla değişmektedirler. Biyolojik aktif çay klonlarının tomurcuk, genç ve yaşlı yaprakları ve çeşitli organlarındaki madde miktarı değişkendir. Çay yaprağının kimyasal içeriği, kaliteli çay üretmek için çok önemlidir. Yapraklar ayrıca genç sürgünlerin yeşil, oolong ve siyah çay üretmek üzere işlenmesinde kimyasal reaksiyonları kontrol eden enzimler içermekte olup, yaş yaprağın kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir. (Müezzinoğlu, 2011; Ullah ve ark., 1984).

Varyete ve yaprak büyüklüğüne bağlı olarak çay bitkisinde yaş yapraktaki kimyasal kompozisyon Tablo 2'de verilmiştir (Clifford ve Crozier, 2011).

Çay, üretim yöntemine bağlı olarak yeşil çay, beyaz çay, sarı çay, oolong çay, siyah çay ve puerh çay olarak sınıflandırılabilir. Taze çay yaprakları yüksek oranda su içeriğine sahip olup, burukluk veren ve acı bileşen içeren birçok bileşiğe sahiptir. Taze çay yapraklarının neredeyse hiç aroması yoktur. Ancak işlendikten sonra çeşitli tat ve aroma bileşenleri ortaya çıkar. Bu nedenle işleme, her çay türünün temel özelliklerinin ortaya çıkmasında önemli bir rol oynar (Chen ve ark., 2019). Altı farklı çaya ait biyokimyasal özellikler Tablo 3'te verilmiştir (Zhang ve ark., 2019).

**Tablo 1:** Taze çay sürgünün kimyasal bileşimi (Müezzinoğlu, 2011; Ullah ve ark., 1984)

| <b>Bileşenler</b>                        | <b>Kuru Madde (%)</b> |
|--|-----------------------|
| Toplam polifenoller                      | 25-35                 |
| Flavonoller                              |                       |
| (-)- Epikateşin                          | 1-3                   |
| (-)- Epikateşin gallat                   | 3-6                   |
| (-)- Epigallokateşin                     | 3-6                   |
| (-)- Epigallokateşin gallat              | 9-13                  |
| (+)-Kateşin                              | 1-2                   |
| (+)-Gallokateşin                         | 3-4                   |
| Flavonol ve flavonol glukozit            | 0,9-1,0               |
| Lökoantiksiyaninler asitler ve depsidler | 2-3                   |
| Diğer kategoriler                        |                       |
| Kafein                                   | 3-4                   |
| Teanin                                   | 1                     |
| Karbonhidrat (basit)                     | 3                     |
| Protein                                  | 15                    |
| Kül                                      | 5                     |
| Selüloz                                  | 7                     |
| Lignin                                   | 6                     |
| Pigmentler                               | 0,5                   |
| Lipidler                                 | 4                     |
| Uçucu bileşenler                         | 0,01-0,03             |

**Tablo 2:** Varyete ve yaprak büyüklüğüne bağlı olarak yaş yaprak kimyasal kompozisyonu (% KM) (Clifford ve Crozier, 2011)

|  | var.<br><i>assamica</i> | Küçük<br>yapraklı<br>var.<br><i>sinensis</i> | Küçük<br>yapraklıların<br>melezi<br>var. <i>sinensis</i> ve<br>var. <i>assamica</i> | Büyük<br>yapraklı<br>var.<br><i>sinensis</i> |
|--|-------------------------|--|---|--|
| <b>Sıcak suda çözünen maddeler</b>           |                         |  |   |  |
| Toplam polifenoller                          | 25-30                   | 14-23  |   | 32-33  |
| <b>Flavan-3-oller</b>                        |                         |  |   |  |
| (-)-Epigallocatechin gallate                 | 9-13                    | 7-13   | 11-15   | 7-8  |
| (-)-Epigallocatechin gallate                 | 3-6                     | 3-4  | 3-6   | 13-14  |
| (-)-Epigallocatechin                         | 3-6                     | 2-4  | 4-6   | 1-2  |
| (-)-Epicatechin                              | 1-3                     | 1-2  | 2-3   | 2-3  |
| (+)-Kateshin                                 |                         |  |   | 4  |
| Diğer flavan-3-oller                         | 1-2                     |  |   | 2  |
| Flavonoller ve flavonol<br>glikozitleri      | 1,5                     | 1,5-1,7                                      |   | 1  |
| Flavandioller                                | 2-3                     |  |   | 1  |
| Fenolik asitler ve esterler<br>(despidler)   | 5                       |  |   |  |
| Kafein                                       | 3-4                     | 3  |   |  |
| Amino asitler                                | 2                       | 4-5  | 2-3   |  |
| Teanin                                       | 2                       | 2-5  | 2   |  |
| Basit karbonhidratlar (örn.<br>şekerler)     | 4                       |  |   |  |
| Organik asitler                              | 0,5                     |  |   |  |
| <b>Sıcak suda kısmen çözünen maddeler</b>    |                         |  |   |  |
| Polisakaritler                               | 1-2                     |  |   |  |
| Nişasta, pektik maddeler                     | 12                      |  |   |  |
| Pentozanlar, vb.                             | 15                      |  |   |  |
| Proteinler                                   | 5                       |  |   |  |
| <b>Suda çözünmeyen maddeler</b>              |                         |  |   |  |
| Selüloz                                      | 7                       |  |   |  |
| Lignin                                       | 6                       |  |   |  |
| Lipidler                                     | 3                       |  |   |  |
| Pigmentler (klorofil,<br>karotenoidler, vb.) | 0,5                     |  |   |  |
| Uçucu maddeler                               | 0,01-0,02               |  |   |  |

\*Tablodaki boşluklar veri bulunmadığını göstermektedir.

**Tablo 3:** Altı farklı çay çeşidinin kimyasal kompozisyonu (Zhang ve ark., 2019)

| Bileşenler             | Yeşil Çay                                | Beyaz Çay                             | Sarı Çay                 | Oolong Çay                              | Siyah Çay                           | Puerh Çay                           |
|------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Kafein                 | 34,86±4,32                               | 27,12±5,37                            | 33,32±7,10<br>24,49±1,37 | 19,67±2,95                              | 28,54±3,68                          | 31,78±4,94                          |
| Teobromin              | 1,29±0,60                                | 0,52±0,42                             | 0,91±0,45<br>0,40±0,02   | 0,37±0,13                               | 1,06±0,62                           | 1,42±0,45                           |
| GA                     | 2,01±0,92                                | 2,33±1,20                             | 1,56±1,22<br>1,97±0,10   | 0,69±0,71                               | 4,43±1,47                           | 3,09±1,99                           |
| Kateşinler (toplam)    | 105,85±35,69<br>112,72                   | 56,62±12,53<br>54,55                  | 118,55                   | 86,91±23,54<br>75,15                    | 10,18±6,68<br>7,22                  | 5,01±1,79<br>6,25                   |
| EGCG                   | 18,10-35,46<br>54,06±6,83<br>50,29±13,88 | 23,73±4,19<br>27,09±6,14              | 35,59±1,90<br>53,96±8,69 | 7,36-12,24<br>27,44±3,66<br>38,36±16,82 | 5,52-9,18<br>2,19±2,40<br>3,46±1,86 | 1,43±1,74<br>0,13±0,15              |
| EGC                    | 21,06-36,53<br>13,44±10,58<br>15,48±9,02 | 1,87±0,62<br>9,29±4,68                | 6,52±0,47<br>20,83±8,48  | 3,57-30,61<br>16,78±5,09<br>26,89±5,63  | 2,84-3,23<br>0,31±0,31<br>0,78±0,58 | 1,18±0,36<br>0,75±0,78              |
| EC                     | 4,90-7,27                                |                                       | 1,96±0,05<br>8,14±3,48   | 1,75-4,85<br>7,00±1,24<br>4,12±3,07     | 1,41-2,19<br>0,71±0,57<br>1,21±1,29 | 1,19±0,85<br>1,40±0,72              |
| ECG                    | 5,34-9,97<br>17,10±3,34                  | 8,12±3,05                             | 8,10±0,39<br>16,23±7,01  | 3,07-3,58<br>5,09±1,64                  | 6,82-8,92<br>2,65±2,25              | 1,57±2,46                           |
| GCG                    | 12,67±15,14<br>17,16±6,73<br>9,44±1,97   | 13,25±3,73<br>11,33±3,21<br>3,71±1,84 | 7,44±0,32<br>9,17±3,01   | 15,30±6,62<br>8,02±3,16<br>2,70±0,74    | 0,60±0,26<br>3,59±2,73<br>0,23±0,46 | 0,18±0,08<br>0,20±0,22<br>0,35±0,43 |
| GC                     | 4,02±2,19                                | 2,54±1,45                             | 5,85±2,82<br>6,35±0,33   | 5,02±1,10                               | 0,14±0,30                           | 0,40±0,36                           |
| Kateşin                | 6,51±4,47<br>5,37±1,73                   | 1,87±0,40<br>2,05±0,90                | 1,40±0,05<br>4,37±1,63   | 4,34±1,75<br>1,01±0,28                  | 1,00±1,34<br>0,52±0,77              | 1,94±0,72<br>0,56±0,39              |
| Theaflavin (toplam)    | 0,88-5,56                                |                                       |                          | 0,66-3,63                               | 10,70-17,28                         |                                     |
| L-teanin               | 0,91-1,57<br>2,16-4,03                   | 0,72-1,82                             | 1,04-1,70                | 0,17-0,38<br>0,41-1,29                  | 0,65-1,09<br>0,88-1,37              | 0,03-0,09                           |
| Amino asitler (toplam) | 4,37-6,99                                |                                       |                          | 1,57-3,03                               | 1,19-1,85                           |                                     |
| Quercetin              | 1,79-4,05                                |                                       |                          |   |                                     | 1,04-3,03                           |
| Kaempferol             | 1,56-3,31                                |                                       |                          |   |                                     | 1,72-2,31                           |
| Mirisetin              | 0,93-1,59                                |                                       |                          |   |                                     | 0,24-0,52                           |

\*L-teanin değerleri ağırlıkça % olup, diğer bileşenlerin hepsi mg/g olarak ifade edilmiştir.

### 11.1. Polifenoller

Çay sağlık açısından faydalı ve farmakolojik olarak aktif birçok madde içerir. 19. yüzyılın başlarından beri çaydan 400'den fazla organik bileşik ve 40'tan fazla inorganik bileşik dahil olmak üzere 500'den fazla bileşiğin izole edildiği rapor (T. Zhao ve ark., 2022). Çay kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri olan polifenoller olup, kuru ağırlık bazında çeşide bağlı olarak çaydaki oranı ortalama %20-30 civarındadır. Çay bitkisi, muhtemelen bitkiyi yiyecek olarak tüketen böceklere, kuşlara ve hayvanlara karşı kimyasal savunma aracı olarak çeşitli polifenolik bileşenler üretir. Bu polifenoller, ağızda proteinlerle birleşerek büzücü bir etkiye sahip olurlar (Harbowy ve Balentine, 1997). Çayda bulunan polifenoller genellikle flavonoller, hidroksil-4-flavonoller, antosiyaninler, flavonlar, flavonoller ve fenolik asitler olmak üzere altı farklı gruptan oluşur (Mukhtar ve Ahmad, 2000). Çay, şarap ve birçok meyve ve sebzededen çok daha zengin fenolik içeriğe sahiptir. Çaydaki polifenoller üretilecek ürüne bağlı olarak çeşitli değişikliklere uğrayabilmektedir. Kateşinler taze çay yapraklarında bulunan birincil polifenollerdir ve yeşil çayda büyük oranda korunurlar. Ancak siyah çayın işlenmesi sırasında taze yeşil çay yapraklarındaki kateşinlerin çoğu oksidatif fermantasyon süreciyle değişime uğrar ve oksitlenirler. Bu işlem, enzimin birincil substratının o-dihidrik fenoller, yani çay yapraklarındaki kateşinlerin, polifenol oksidaz enzimi tarafından oksitlenmesi ile enzimatik esmerleşmeyi içerir.

Siyah çayın üretimi sırasında flavanollerin yaklaşık %95'i enzimatik oksidasyona uğrayarak siyah çaya kendine özgü rengini, burukluğunu ve lezzetini verir. Demlemede suya geçen polifenol miktarı açısından en önemli faktör çayın çeşidi olsa da demleme süresi, çay/su oranı gibi faktörler de suya geçen polifenol miktarı üzerinde etkilidir (Bhaskarrao, 2008; Gramza ve ark., 2005). Taze çay yaprağındaki polifenollerin dağılımı ise Tablo 4'te verilmiştir (Wang ve ark., 2002).



**Tablo 4:** Taze çay yaprağındaki polifenollerin dağılımı (Wang ve ark., 2002)

| Bileşenler                | (%) Kuru Maddede |
|---------------------------|------------------|
| Flavan-3-ols (kateşinler) | 18-32            |
| EGCG                      | 9-14             |
| EGC                       | 4-7              |
| ECCG                      | 2-4              |
| EC                        | 1-3              |
| GC                        | 1-2              |
| C                         | 0,5-1            |
| Minör kateşinler          | 0,4-1            |
| Flavonol glikozitler      | 3-4              |
| Proantosiyanidinler       | 2-3              |

Çay polifenolleri; yaprak çeşidi, hasat mevsimi, iklim, işleme yöntemi ve analitik yöntem gibi çeşitli faktörlerden güçlü bir şekilde etkilenmektedir (Luximon-Ramma ve ark., 2005). Diğer taraftan yaprağın genç veya yaşlı olması da çayın polifenol içeriği üzerinde önemli bir etken olup, genç yaprakların toplam polifenol içeriği daha yüksek iken, yaşlı yaprakları daha düşük olur. Türk klon çayları üzerinde yapılan bir çalışmada da genç yapraklarda ilk sürgün döneminde %18,81 olan toplam polifenol değerinin, yaşlı yapraklarda %14,87 olarak tespit edilmiştir (Taban ve ark., 2001).

### 11.1.1. Kateşinler

Çay yapraklarındaki kateşin profili, çeşit türüne, çayın yetiştiği yer, iklim koşulları, hasat koşulları, çaya işleme koşulları ve proses koşullarından önemli ölçüde etkilenir. Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çeşit Adaylarının Belirlenmesi projesi kapsamında yapılan seleksiyon çalışmalarında belirlenen bazı çeşit adaylarının da yaş yaprakta kateşin değerlerinin çeşide bağlı olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 5) (Anonim, 2022; Fernández ve ark., 2002; Zhang ve ark., 2018). Kateşinler renksiz, ağızda burukluk hissi veren, suda çözünen bileşiklerdir. Oksidasyon potansiyelleri değişken olsa da kolayca oksitlenebilirler. Bu özellikleriyle, gıda antioksidanları olarak kullanım imkanları mevcuttur. Aerobik oksidasyonla

ortaya çıkan serbest radikal peroksit aktivitesini söndürerek katı ve sıvı yağlarda bozulmayı geciktirirler. Bazı çay yaprağı kateşinlerinin linoleik asidin aerobik oksidasyonu üzerindeki inhibitör etkisi BHA'ninkine benzerdir (Graham, 1992).

**Tablo 5:** Türkiye'de selekte edilen bazı çeşit adaylarının kateşin içerikleri (Anonim, 2022)

| Genotipler | Toplam Kateşin | EGC  | C    | EC   | EGCG  | ECG  |
|------------|----------------|------|------|------|-------|------|
| 08HO44     | 15,01          | 5,18 | 0    | 1,98 | 6,37  | 1,48 |
| 08BO18     | 14,5           | 3,16 | 0    | 1,1  | 8,67  | 1,57 |
| 08BO01     | 10,01          | 3,75 | 0    | 1,32 | 4,32  | 0,62 |
| 08BO05     | 13,5           | 4,25 | 0,78 | 1,81 | 5,43  | 1,23 |
| 08HO22     | 17,8           | 5,28 | 0,27 | 1,58 | 8,86  | 1,8  |
| 08BO16     | 15,32          | 6,71 | 0    | 1,35 | 6,62  | 0,64 |
| 53ME16     | 21,12          | 5,78 | 0,06 | 2,33 | 10,74 | 2,22 |
| 53ME18     | 17,43          | 5,43 | 0,97 | 2,34 | 7,06  | 1,63 |
| 61CY15     | 10,92          | 2,83 | 0    | 0,76 | 6,48  | 0,86 |
| 53HE08     | 18,24          | 6,38 | 0    | 2,17 | 8,06  | 1,62 |

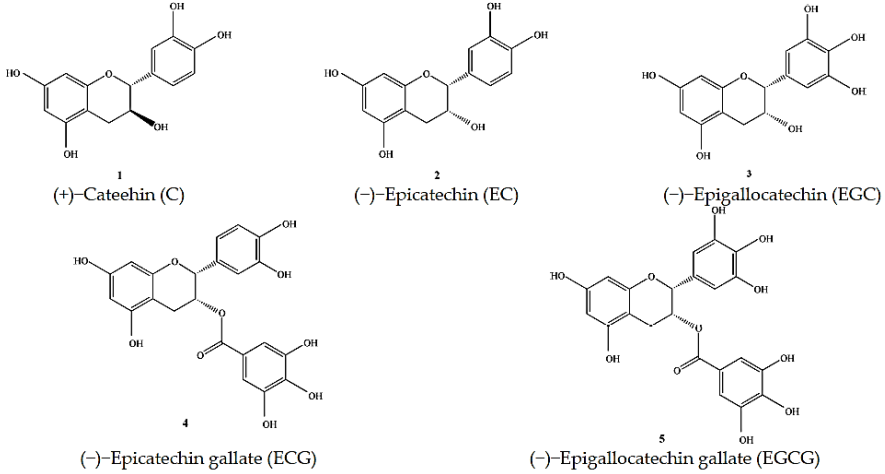
Toplama standardı da çay bitkisindeki kateşinlerin dağılımına etki etmekte olup tomurcuktan, daha alttaki yapraklara doğru ilerledikçe yapraktaki hem kateşin hem de kafein içeriği genel olarak azalma eğilimindedir. Benzer değişim, siyah çay üretiminde önemli bir etkiye sahip olan polifenol oksidaz enzimi için de söz konusudur. Toplama standardına bağlı olarak, yapraktaki kateşin değerleri ve kafein içeriği Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6:** Toplama standardına bağlı olarak, yapraktaki kateşin (mg/g) değerleri ve kafein (%) içeriği (Owuor ve Obanda, 1998)

| Toplama standardı | EGC  | +C   | EGCG | EC   | ECG  | Kafein |
|-------------------|------|------|------|------|------|--------|
| 1 yaprak+tomurcuk | 3,94 | 2,00 | 25   | 13,3 | 9,31 | 2,40   |
| 2 yaprak+tomurcuk | 3,00 | 1,18 | 19   | 12,3 | 9,26 | 2,28   |
| 3 yaprak+tomurcuk | 2,96 | 2,47 | 17   | 10,9 | 7,97 | 2,06   |
| 4 yaprak+tomurcuk | 1,35 | 1,88 | 13   | 8,28 | 6,64 | 1,69   |

EGC = Epigallokateşin, +C = (+)-Kateşin, EGC-G = Epigallokateşin gallat, EC = Epikateşin, ECG = Epikateşin gallat.

Kateşinler genellikle iki aromatik halkaya sahip C6-C3-C6 karbon yapısına sahip olup, flavonoid grubuna aittir. Kateşinler ilk olarak kâğıt kromatografisi tekniği kullanılarak tespit edilmiştir. Çayda bulunan polifenollerin çoğu dört monomerik kateşindenden oluşmakta olup bunlar Epigallocatechin-3-gallate (EGCG), epigallocatechin (EGC), epicatechin-3-gallate (ECG) ve epicatechin (EC)'dir (Şekil 1). Bunlar arasında en yüksek konsantrasyon genel olarak EGCG'ye aittir. EGC, ECG ve EC daha sonra sırasıyla daha düşük konsantrasyona sahiplerdir. (+)-Gallokateşin (GC), (-)-Gallokateşin gallat (GCG), (-)-Kateşin gallat (CG) ve (+)-Kateşin diğer minör kateşinlerdir (Bolwell, 1990; Chen ve ark., 2021).



**Şekil 1:** Çaydan izole edilen kateşinlerin kimyasal yapısı (Zhao ve ark., 2022)

Monomerik kateşinler çoğu bitkide proantosiyanidinlerle birlikte bulunur, ancak çay yaprağında proantosiyanidin miktarı düşüktür. Çay yaprağı polifenollerini, pirogallol (3,4,5-trihidroksifenil) ve katekol (3,4,5-dihidroksifenil) tipi kateşinlerle birlikte bulunur. Ek olarak, kateşinlerin %50'sinden fazlası gallik asitle esterleştirilmiştir ve EGC ve EGCg birlikte toplam çay kateşinlerinin %70'inden fazlasını oluşturur, bu bileşikler çay içeceklerinin acılığı, burukluğu ve tatlılığına katkıda bulunur (Liang ve ark., 2003; Shahidi ve Naczki, 2003;). Kateşinler bir bütün olarak değerlendirildiğinde stabilitenin özellikle pH'dan etkilendiği görülmektedir.

Kateşinlerin alkali çözeltilerde stabilitesi oldukça düşük olup yapıları birkaç dakika içinde bozulurken, asidik çözeltilerde nispeten daha kararlıdır. Kateşinler birbirleri ile mukayese edildiğinde EGCG ve EGC'nin stabilitesinin pH'dan bağımsız olarak EC ve ECG'ye göre daha düşük olduğu görülmektedir. pH değeri 6'dan yüksek olduğunda kateşinlerin stabilitesi önemli ölçüde azalırken, pH değeri 4'ün altına düştüğünde oldukça stabil bir profil gösterir (Komatsu ve ark., 1993; Vuong ve ark., 2013).

### 11.1.2. Flavonoidler

Flavonoid glikozitler, çaya büzücü, burukluk tadı veren bileşiklerden birisidir. Çay çeşitlerinin metabolik farklılıklar ve farklı flavonoid glikozit içerikleri gösterdiği ve bu parametrelerdeki farklılığın çay çeşitlerinin işlenmesinde çay türünün uygunluğun açısından değerlendirmede önem arz ettiği bildirilmiştir (J. Li ve ark., 2020). Yeşil çay, esas olarak mirisetin glikozitleri, Taze yeşil yaprakta bulunan flavonollerin (hem serbest hem de glikozitler) çoğunluğu oksitlenmeden kalmakta ve siyah çayda da benzer oranlarda kalmaktadır. Bazı flavonollerin fermantasyon sırasında oksitlendiğine dair bazı kanıtlar vardır. Mirisetin ve mirisetin glikozitlerinin üç flavonol arasından (kaempferol, kuersetin, mirisetin) en çok oksitlenenler olduğu öne sürülmüştür. Toplam flavonol açısından yeşil çaylar ile siyah çaylar arasında mirisetin dışında önemli bir fark bulunmadığı; mirisetinin siyah çay örneklerinde yeşil çaylara göre biraz daha düşük olduğu bulunmuştur (Harbowy ve Balentine, 1997). Kuersetin glikozitleri dahil olmak üzere flavonol glikozitleri açısından zengindir (Shahidi ve Naczki, 2003; Thanaraj ve Seshadri, 1990). Bu şeker zinciri, glikoz, galaktoz, ramnoz, arabinoz vb. gibi monosakkaritlerden ve disakkaritlerden veya trisakkaritlerden oluşur. Çaydan izole edilen flavonoidlerin kimyasal yapıları Şekil 2'de gösterilmiştir. Kaempferol glikozitleri yeşil çaylarda daha bol miktarda bulunurken, oolong çayında daha fazla kuersetin ve mirisetin glikozitleri bulunur. Siyah çayda kuersetin glikozitleri en bol miktarda bulunur. Farklı çay türleri ve aynı çay türünün farklı dokuları farklı polifenol bileşikleri içerir (Wang ve ark., 2022). Antosiyaninler, doğada bulunan antioksidan özelliklere ve sağlık yararlarına sahip flavonoidler grubuna ait, yoğun renkli, suda çözünen pigmentlerdir ve meyve, sebze ve çiçeklerin çekici renklerinin öne çıkmasına katkıda bulunurlar (Lee ve ark., 2005; Zhao ve ark., 2022).

|   |                     |                     |                     |                     |                                 |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|
| Myricetin-3-rhamnosylglucoside              | R <sub>1</sub> = OH | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = OH | R <sub>4</sub> = H  | R <sub>5</sub> = X <sub>2</sub> |
| Myricetin-3-galactoside                     | R <sub>1</sub> = OH | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = H  | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = X <sub>1</sub> |
| Myricetin-3-glucoside                       | R <sub>1</sub> = OH | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = OH | R <sub>4</sub> = H  | R <sub>5</sub> = X <sub>1</sub> |
| Quercetin-3-glucosyl-rhamnosyl-galactoside  | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = H  | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = X <sub>3</sub> |
| Quercetin-3-glucosyl-rhamnosyl-glucoside    | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = OH | R <sub>4</sub> = H  | R <sub>5</sub> = X <sub>3</sub> |
| Quercetin-3-rhamnosylgalactoside            | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = H  | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = X <sub>2</sub> |
| Quercetin-3-rhamnosylglucoside              | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = OH | R <sub>4</sub> = H  | R <sub>5</sub> = X <sub>2</sub> |
| Quercetin-3-galactoside                     | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = H  | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = X <sub>1</sub> |
| Quercetin-3-glucoside                       | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = OH | R <sub>4</sub> = H  | R <sub>5</sub> = X <sub>1</sub> |
| Kaempferol-3-glucosyl-rhamnosyl-galactoside | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>3</sub> = H  | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = X <sub>3</sub> |
| Kaempferol-3-glucosyl-rhamnosyl-glucoside   | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>3</sub> = OH | R <sub>4</sub> = H  | R <sub>5</sub> = X <sub>3</sub> |
| Kaempferol-3-rhamnosylgalactoside           | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>3</sub> = H  | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = X <sub>2</sub> |
| Kaempferol-3-rhamnosylglucoside             | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>3</sub> = OH | R <sub>4</sub> = H  | R <sub>5</sub> = X <sub>2</sub> |
| Kaempferol-3-galactoside                    | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>3</sub> = H  | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = X <sub>1</sub> |
| Kaempferol-3-glucoside                      | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>1</sub> = H  | R <sub>3</sub> = OH | R <sub>4</sub> = H  | R <sub>5</sub> = X <sub>1</sub> |

**Şekil 2:** Çaydan izole edilen flavonoidlerin kimyasal yapıları (Zhao ve ark., 2022)

Gıda ve tıp endüstrileri, terapötik ve besinsel kullanımları olan takviyelerin üretimi için yüksek antosiyanin içerikli doğal kaynaklara giderek daha fazla ilgi duymaktadır. Çayda antosiyanin içeriği yüksek olmamakla beraber belirgin acı tadı nedeniyle çay kalitesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Şekil 3). Antosiyanin açısından zengin çeşitlerden elde edilen çaylar ise, yüksek antioksidan içeren özel çaylar olarak üretilmektedir (Joshi ve ark., 2015; Lv ve ark., 2015; Zhao ve ark., 2022).

|              |                                   |                     |                                   |                     |                     |                    |                     |
|--------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Cyanidin     | R <sub>1</sub> = OH               | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = H                | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = OH | R <sub>6</sub> = H | R <sub>7</sub> = OH |
| Delphindin   | R <sub>1</sub> = OH               | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = OH               | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = OH | R <sub>6</sub> = H | R <sub>7</sub> = OH |
| Pelargonidin | R <sub>1</sub> = H                | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = H                | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = OH | R <sub>6</sub> = H | R <sub>7</sub> = OH |
| Malvidin     | R <sub>1</sub> = OCH <sub>3</sub> | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = OCH <sub>3</sub> | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = OH | R <sub>6</sub> = H | R <sub>7</sub> = OH |
| Petunidin    | R <sub>1</sub> = OH               | R <sub>2</sub> = OH | R <sub>3</sub> = OCH <sub>3</sub> | R <sub>4</sub> = OH | R <sub>5</sub> = OH | R <sub>6</sub> = H | R <sub>7</sub> = OH |

**Şekil 3:** Çaydan izole edilen antosiyaninlerin kimyasal yapıları (Zhao ve ark., 2022).



**Şekil 4:** Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çeşit Adaylarının Belirlenmesi Projesi kapsamında selekte edilen mor yapraklı ve yeşil yapraklı çaylar (Anonim, 2023)

Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çeşit Adaylarının Belirlenmesi Projesi kapsamında selekte edilen mor yapraklı ve yeşil yapraklı çaylar Şekil 4'te, selekte edilen antosiyan bakımından zengin çay çeşidi Şekil 5'te gösterilmiştir.

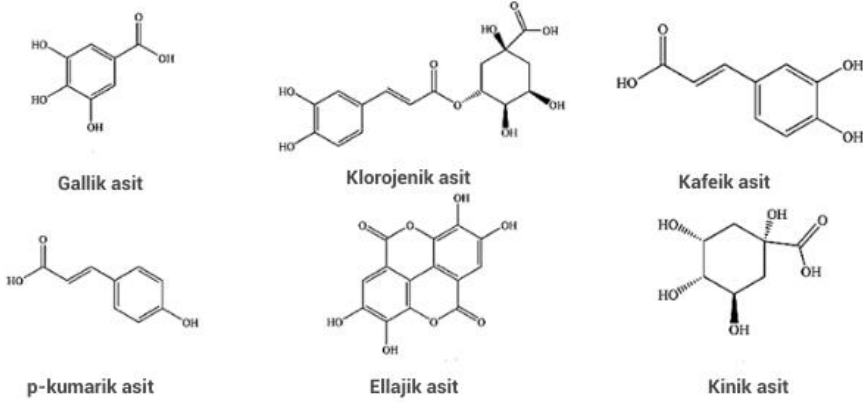


**Şekil 5:** Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çeşit Adaylarının Belirlenmesi Projesi kapsamında selekte edilen antosiyan bakımından zengin çay çeşidi (Anonim, 2023)

### 11.1.3. Fenolik asitler

Fenolik asitler, yaygın olarak hidroksibenzoik ve hidroksisinnamik asitleri içeren sekonder metabolit grubunu oluşturmaktadır. Antioksidan özellikleri ve patojenlere karşı savunma mekanizmalarındaki rolleriyle bilinir. Çay bitkisinin (*Camellia sinensis*) lezzetine, rengine ve sağlık yararlarına katkıda bulunur. Çaydaki fenolik asit içeriği nispeten az olmakla birlikte, gallik asit, klorojenik asit, kafeik asit, p-kumarik asit, ellajik asit, kinik asit gibi çeşitli bileşenleri içermektedir (Şekil 6) (Kothari ve Seshadri, 2010; T. Zhao ve ark.,

2022). Taze çay yapraklarında çay yaprağı kuru ağırlığının %5'ini fenolik asitler oluşturur. Çayda bulunan başlıca fenolik asitler, sırasıyla kuru ağırlık içeriğinin %0,5-1,4'ünü, %0,3'ünü ve %1-2'sini oluşturan gallik asit, klorojenik asit ve teogallindir. Ellagik asit ve m-digallik asit ise eser miktarda bulunur. Bu fenolik asitler, kateşin gallatın öncüleri olarak hareket eder ve diğer polifenollerle birlikte çay içeceğinin büzücülüğü üzerinde bir etkiye sahiptir (C. T. Ho ve ark., 2008; Wan ve ark., 2008). Konsantrasyonlar, işlemedeki farklılıklar nedeniyle çay türleri (yeşil, siyah, oolong) arasında değişir. Fenolik asitler özellikle yeşil çaylarda bol miktarda bulunurken, siyah çaylar fermantasyon sırasında oksidasyon nedeniyle değişmiş fenolik profillere sahip olma eğilimindedir.



**Şekil 6:** Çaydan izole edilen fenolik asitlerin kimyasal yapıları (Zhao ve ark., 2022).

Fenolik asitlerin miktarının genel olarak yaprak yaşıyla önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Fenolik bileşiklerden, farklı gelişim aşamalarındaki yapraklarda en yüksek miktarda sırasıyla gallik asit, trans-p-kumarik asit ve 4-hidroksi benzoik asit saptanmıştır. Gallik asit konsantrasyonu yaprak olgunluğuyla önemli ölçüde artış göstermiştir. Fenilpropanoid/benzenoid yollarıyla sentezlenen trans-p-kumarik asit ve 4-hidroksi benzoik asit olmak üzere diğer iki önemli bileşiğin birikimi de yaprak yaşıyla önemli ölçüde artış göstermiştir. Olgun yapraklarda genç yapraklara göre önemli miktarda kafeik asit ve vanilik asit tespit edilmiştir. Artan yaprak sayısına bağlı olarak yapraktaki fenolik asitlerdeki değişim, Tablo 7'de verilmiştir (Samanta ve ark., 2017).

**Tablo 7:** Artan yaprak sayısına bağlı olarak yapraktaki fenolik asitlerdeki değişim (Samanta ve ark., 2017).

| Bileşenler             | Tomurcuk      | 1. yaprak      | 2. yaprak        | 3. yaprak        |
|------------------------|---------------|----------------|------------------|------------------|
| Gallik asit            | 56,87 ± 2,07d | 668,9 ± 16,33c | 1071,54 ± 45,69b | 1275,32 ± 44,93a |
| Protokatekuik asit     | 10,05 ± 0,42a | 3,35 ± 0,14c   | 3,83 ± 0,20c     | 6,62 ± 0,26b     |
| 4-Hidroksi benzoikasit | 10,25 ± 0,40d | 12,77 ± 0,55c  | 20,18 ± 0,40b    | 48,33 ± 1,40a    |
| 4-Hidroksi benzaldehit | 3,45 ± 0,11b  | 4,06 ± 0,19a   | 2,66 ± 0,12c     | 2,45 ± 0,11c     |
| Vanillik asit          | 1,26 ± 0,04bc | 1,04 ± 0,06c   | 1,50 ± 0,05b     | 3,48 ± 0,14a     |
| Kafeik asit            | 5,52 ± 0,08d  | 10,96 ± 0,59c  | 12,69 ± 0,38b    | 15,37 ± 0,30a    |
| trans-p-Kumarik asit   | 32,23 ± 1,00d | 39,61 ± 1,57c  | 80,97 ± 2,08b    | 166,89 ± 3,02a   |

\*Fenolik asitler kuru maddede ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak ifade edilmiştir. Satırlarda farklı alfabetik harflere sahip ortalama değerler,  $P \leq 0,05$ 'te anlamlı şekilde farklılığı ifade etmektedir.

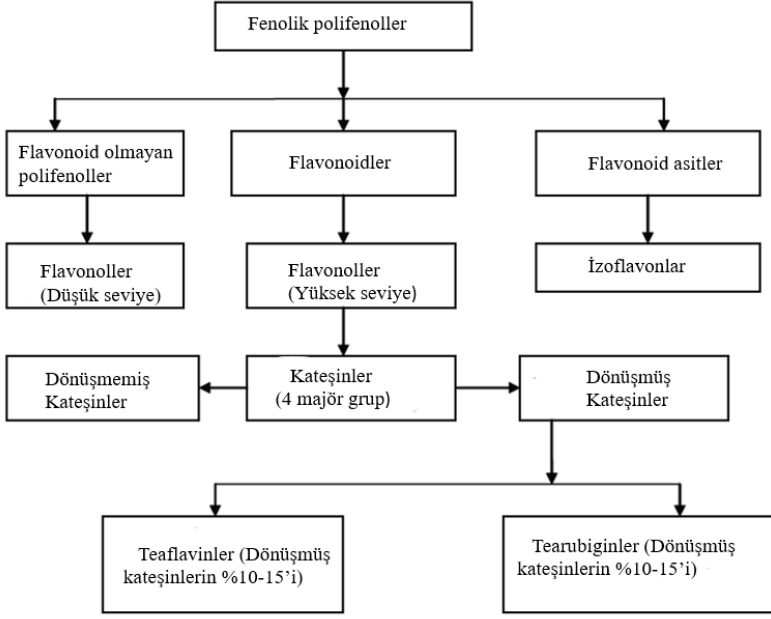
#### 11.1.4. Theaflavinler (TF)

Kateşinler (öncüller) polifenol oksidazlarla reaksiyona girerek theaflavinlere ek olarak biyoflavonollerin oluşmasına neden olur. Thearubiginler kateşinlerin polimerizasyonu ile oluşur ve siyah çayın yaklaşık %20'sini oluşturur. Thearubiginler ağırlıkça, theaflavinlerin kuru ağırlığının 10 ila 20 katı kadardır. Siyah çaydaki yüksek theaflavin içeriği genellikle uygun üretim uygulamalarının bir işaretidir. Çay polifenollerinin sınıflandırılması, theaflavin ve thearubiginlerin oluşumu Şekil 7'de verilmiştir (Mohan Rao ve Ramalakshmi, 2011).

Siyah çayda bulunan temel polifenoller, fermentasyon sırasında kateşinlerin oksidasyonu ve polimerizasyonu ile oluşan theaflavinler ve thearubiginlerdir. Siyah çay üretiminde fermentasyon sürecine iki ana enzim katılmaktadır (Harbowy ve Balentine, 1997; Haslam, 2003). Bunlardan biri, flavonollerin theaflavinler ve thearubiginler gibi siyah çay bileşenlerine oksitlenmesinde önemli bir rol oynayan polifenol oksidazdır (PPO). Theaflavin'i üreten esas olarak bu enzimin etkinliğidir. Peroksidaz (POD), hidrojen peroksit gibi peroksit kullanarak o-difenollerin kinonlarına oksidasyonunu da katalize edebilir ve PPO'nun belirli flavanoller üzerindeki etkisiyle oluşmuştur. Taze çay yapraklarında özgül POD aktivitesi PPO'nunkinden beş kat daha yüksektir ve siyah çay üretimi sırasında arttığı



tespit edilmiştir (Mahanta ve ark., 1993). Siyah çay üretiminde kurutma işlemi sırasında, PPO termal olarak engellenirken, POD bir dereceye kadar aktif kalır (Finger, 1994).

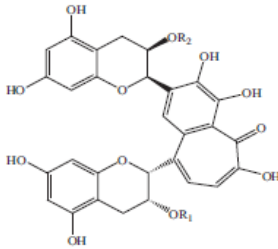


Şekil 7: Çay polifenollerinin sınıflandırılması (Anonymous, 1995)

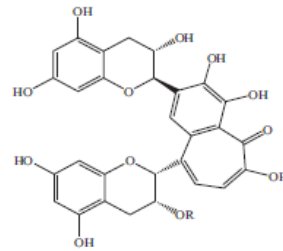
Siyah çayın üretiminde çay flavanollerinin yaklaşık %15'i değişikliğe uğrarken, yaklaşık %10'luk kısmı theaflavine (TF), theaflavanik aside ve bisflavanole dönüşür. Geriye kalan flavanollerin yaklaşık %75'lik kısmı ise thearubigin (TR)'lere dönüşür. Fermentasyon koşulları (fermentasyon süresi ve sıcaklığı), oluşan theaflavin (TF) ve thearubigin (TR) miktarı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Düşük sıcaklıkta theaflavin, yüksek sıcaklıkta ise thearubigin oluşumu daha fazladır. Fermentasyon başlangıcında yüksek olan theaflavin miktarı giderek azalırken, zaman içerisinde, başta daha az olan thearubiginin miktarı ise giderek artar (Kaçar, 1987).

Theaflavinler turuncu veya turuncu-kırmızı renktedir ve seçilmiş kateşin çiftlerinin, biri vik-trihidroksifenil kısmıyla, diğeri orto-dihidroksifenil yapısıyla, eş-oksidasyonundan oluşan bir benzotropolon iskeletine sahiptir. Dört ana theaflavin'e (theaflavin; theaflavin 3-gallat; theaflavin 3-gallat ve

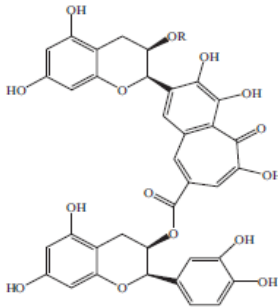
theaflavin 3,3-digallat ek olarak (Şekil 8), theaflavinlerin stereoizomerleri ve theaflavik asitler ve theaflavatlar da dahil olmak üzere bir dizi theaflavin türevidir ve siyah çayda tespit edilmiştir. Theaflavinler siyah çayın burukluğundan, parlaklığından, renginden ve canlılığından sorumludur, aynı zamanda çay deminde krema oluşumu hususunda da önemli katkılarda bulunduğu bilinmektedir (Ngunjiri ve ark., 2009; Sang, Lambert, ve ark., 2004).



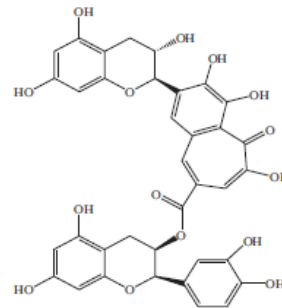
Theaflavin:  $R_1=R_2=H$   
 Theaflavin 3-gallate:  $R_1=Galloyl, R_2=H$   
 Theaflavin 3'-gallate:  $R_1=H, R_2=Galloyl$   
 Theaflavin 3,3'-digallate:  $R_1=R_2=Galloyl$



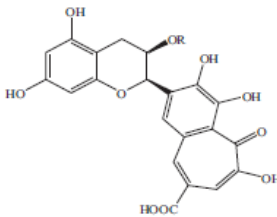
NeoTheaflavin:  $R=H$   
 NeoTheaflavin 3-gallate:  $R=Galloyl$



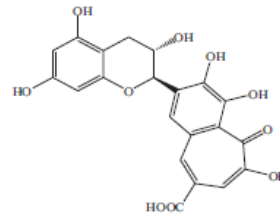
Theaflavate A:  $R=H$   
 Theaflavate B:  $R=Galloyl$



NeoTheaflavate A



Epitheaflavic acid:  $R=H$   
 Epitheaflavic acid 3'-gallate:  $R=Galloyl$



Theaflavic acid

**Şekil 8:** Siyah çayda bulunan başlıca theaflavin ve theaflavin türevleri (Wright ve ark., 2002b)

Tek bir theaflavin oluşumu bir dihidroksi ve trihidroksi flavan-3-ol gerektirir. Bu nedenle yeşil yapraktaki dihidroksiflavan-3-ol ile trihidroksi-3-ol oranı siyah çaydaki theaflavin miktarı üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir. Bu nedenle, theaflavinlerin maksimum oluşumunu sağlamak için dihidroksi flavan-3-ol ve trihidroksi flavan-3-ol'ün doğru dengesi ve miktarı gereklidir (Wright ve ark., 2002). Bireysel theaflavinlerin miktarı büyük ölçüde yeşil yapraktaki öncül kateşinlerin miktarına, bunların redoks potansiyeline ve/veya polifenol oksidaz ve aktivitesine olan afinitesine bağlı olarak değişmektedir (Owuor ve Obanda, 2007; Wright ve ark., 2002b).

**Tablo 8:** Siyah çayda bulunan theaflavinler, theaflavin türevlerinin toplam theaflavine katkısı ve oluşumda rol alan öncül bileşikler (Wang ve ark., 2002)

| Theaflavin                    | Yapı     | İçerikler             | Siyah çaydaki toplam theaflavinin %si |
|-------------------------------|----------|-----------------------|---------------------------------------|
| Theaflavin                    | R=H R'=H | (-)-EC, (-)-EGC       | 9                                     |
| Theaflavin-3-O-gallate        | R=G R'=H | (-)-ECG, (-)-EGC      | 36,6                                  |
| Theaflavin-3',3'-di-O-gallate | R=R G    | (-)-EGCG              | 20,5                                  |
| Isotheaflavin                 | R=H R'=H | (-)-C, (-)-EGC        | 30                                    |
| Theaflavic acid               | R'=H     | (+)-C, Gallic acid    | 0,2                                   |
| Epitheaflavic acid            | R=G      | (-)-EC, Gallic acid   | 0,2                                   |
| Theaflagallin                 | R=H      | (-)-CG, Gallic acid   | 0,1                                   |
| Epitheaflagillin              | R=H      | (-)-EGC, Gallic acid  | 0,2                                   |
| Epitheaflagillin 3'-O-gallate | R=G      | (-)-EGCG, Gallic acid | 0,2                                   |

Theaflavinler siyah çayın kalitesinde önemli bir rol oynar. Siyah çayda bulunan dört ayrı majör theaflavin: -theaflavin (TF), theaflavin-3-gallat (TFMG), theaflavin-3'-gallat (TFMG) ve theaflavin-3,3'-digallat (TFDG) farklı konsantrasyonlarda bulunur (Tablo 8). Örneğin, bazı Kenya klonlarındaki bireysel theaflavinlerin dağılımı Tablo 9'da sunulmuştur. Geçmişte yapılan bir çalışmada yapılan tespitite ise siyah çaydaki theaflavinlerin yaklaşık oranları theaflavin (%18), theaflavin-3-gallat (%18), theaflavin-3\_-gallat (%20), theaflavin-3,3- digallat (%40), izotheaflavin+theaflavik asitler (%4) olarak bildirmiştir. Theaflavinlerin bireysel olarak farklı burukluk özelliğine sahip olduğu ve dolayısıyla bu farklılığın siyah çayın genel kalitesine değişken bir şekilde katkıda bulunduğu ifade edilmiştir. Theaflavin-3,3'-digallat'ın burukluğu theaflavinden 6,4 kat fazla iken theaflavin monogallatlar 2,22 kat daha buruktur (Owuor, 2005; Thanaraj ve Seshadri, 1990; Wang ve ark., 2002).

**Tablo 9:** Farklı gen kaynaklarından üretilen siyah çayların theaflavin ( $\mu\text{mol/g}$ ) içerikleri (Owuor, 2005)

| Klon    | Toplam<br>teaflavin<br>$\mu\text{mol/g}$ | TF<br>( $\mu\text{mol/g}$ ) | TF-3-g<br>( $\mu\text{mol/g}$ ) | TF-3'-g<br>( $\mu\text{mol/g}$ ) | TF-3, 3'-dg<br>( $\mu\text{mol/g}$ ) | TF dg<br>( $\mu\text{mol/g}$ ) |
|---------|--|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| 6/8     | 26,38                                    | 12,47                       | 6,86                            | 4,16                             | 2,64                                 | 8,42                           |
| S15/10  | 19,23                                    | 7,58                        | 5,20                            | 3,19                             | 3,33                                 | 7,42                           |
| Ejjulu  | 18,00                                    | 4,00                        | 5,14                            | 2,56                             | 2,56                                 | 10,03                          |
| 31/11   | 22,22                                    | 7,71                        | 4,58                            | 3,81                             | 1,20                                 | 4,44                           |
| 301/6   | 14,75                                    | 7,71                        | 6,31                            | 1,25                             | 1,80                                 | 4,44                           |
| 303/35  | 21,44                                    | 10,16                       | 4,98                            | 3,88                             | 1,87                                 | 2,71                           |
| 303/216 | 19,95                                    | 10,16                       | 4,98                            | 2,95                             | 3,91                                 | 3,96                           |
| 347/314 | 24,37                                    | 7,82                        | 6,70                            | 3,90                             | 5,44                                 | 10,69                          |
| 378/1   | 24,87                                    | 7,82                        | 6,70                            | 4,70                             | 3,70                                 | 5,44                           |
| F7/346  | 8,94                                     | 9,44                        | 5,46                            | 3,72                             | 2,40                                 | 4,21                           |
| PMC     | 22,66                                    | 7,27                        | 6,71                            | 4,01                             | 4,01                                 | 9,54                           |

Alkalilik seviyesi arttığında, örneğin pH değeri 8.0'ı aştığında TF konsantrasyonunun azaldığı gözlenmiştir. 4-5 dakikalık ekstraksiyondan sonra TF değerinin başlangıç değerinin beşte birine düştüğü tespit edilmiştir. Daha sonrasında pH 4.8'e düşürülse bile, TF kaybının geri dönüşsüz olduğu ve TF'nin %60'ı kaybolduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, pH 3.0 iken TF'de %35 ve pH 1.9 iken TF'de %60'lık bir artış olduğu görülmüştür. Bu durum, asitliğin TF konsantrasyonuna olumlu bir etkisi olduğunu göstermiştir. Asitin, normalde çözücünün giremediği dokuları zayıflattığı için, yaprağın yapısındaki kısımların açılması ve çözücü-çözünen temasının artması nedeniyle artışın meydana geldiği düşünülmektedir (Spiro ve Price, 1987; Spiro ve Siddique, 1981).

### 11.1.5. Thearubigin (TR)

Thearubigin (TR'ler), siyah çayın fermantasyon süreci sırasında flavonoidlerin enzimatik oksidatif dönüşümüyle oluşan, flavanol oksidasyon ürünleri içeren, turuncu-kahverengi, zayıf asidik pigmentlerin heterojen bileşiklerdir. Moleküler ağırlık ve moleküler yapı bakımından oldukça heterojendirler ve önemli oranda diyaliz edilemeyen materyal içerirler. Genellikle yapısal olarak az miktarda peptit veya proteine verilmiş olup büyük

ölçüde suda çözünürlerdir ve bunlar önemli ölçüde suda çözünebilir (Ullah ve ark., 1984; Wang ve ark., 2002). Thearubiginler, çay kateşinlerinden herhangi birinin veya bunların bir kombinasyonunun bağlıdır. Kuru siyah çaydaki miktarları %10-20 olarak oksidasyonu ile oluşur. Theaflavinlerin oluşumunun aksine, thearubiginlerin kateşin oksidasyonunun spesifik ara ürün öncülleri yoktur. Siyah çay deminin canlılığını ve parlaklığını etkileyen theaflavinlerin yanı sıra, TR'ler ayrıca renge, demin kuvvetine ve damak tadına önemli bir katkıda bulunur. Çay deminin "renk derinliği", "zenginliği" ve "dolgunluğundan" sorumludurlar. Siyah çay imalatında fermantasyon süreci boyunca TF'lerin azalmasıyla TR miktarları artmakta, bu durumda TF'lerin muhtemelen TR'lerin ara maddesi olduğu söylenebilir. TF'lerin peroksidaz etkisiyle TR'lere dönüşmektedir (Dix ve ark., 1981; Roberts ve Smith, 1963a). Çaydaki kremalaşma, theaflavinler ve thearubiginlerin yanı sıra basit kateşinler tarafından da başlatılır. Gallatlanmış kateşinler ve theaflavinler, gallatlanmamış kateşinler ve theaflavinlere göre daha fazla kremalaşma özelliğine sahiptir. Bu, hidrojen bağı oluşturmak için daha fazla hidroksil grubu sağladıkları içindir (Chandini ve ark., 2011). Theaflavin ve thearubigin siyah çay deminin karakteristiğinden sorumlu kabul edilir. Çayın kalitesinin veya fiyatının değerlendirilmesinde profesyonel tadımcılar tarafından çay deminin karakteristiğinde temel etken olarak göz önüne alındığı ifade edilmektedir. TF/TR oranının, kaliteli taze siyah çayda genel olarak önerilen TF'nin %1'den, TR'nin %10'dan ve sonuç olarak TF/TR oranının da 0.1'den büyük olması gerektiği genel olarak ifade edilmektedir.

Theaflavinler zayıf asidik özellikte olup, pH etkisine karşı daha stabildirler. Çay deminin kendi pH aralığı 4.5-5.5 arası olup, bu aralıkta theaflavinlerin rengi pH'dan etkilenmez. Theaflavinlerin oksidasyonu ile pH değişimine karşı hassas olan thearubiginler oluşur. Thearubiginler anyon yapıda olup, suda çözünmemiş asitlerden çok daha koyu renge sahiptir. Çay deminin rengi thearubigin konsantrasyonunu ile birlikte çözülmüş anyonların, çözünmemiş olan asitlere oranına da bağlıdır. pH'nın limon suyu gibi asidik bir karışımla indirgenmesi ile demde renk kaybı oluşur.

**Tablo 10:** Yeşil ve siyah çayın deme geçen fenolik madde miktarları ve siyah çayın yeşil çaya kıyasla geçişi yüzdesi (Clifford ve Crozier, 2011)

| Bileşenler                              | Yeşil çay | Siyah çay  | Geçiş % |
|---|-----------|------------|---------|
| Gallik asit                             | 6.0 ± 0.1 | 125 ± 7.5  | 2083    |
| 5-O-Galloylquinic asit                  | 122 ± 1.4 | 148 ± 8.4  | 1213    |
| Toplam gallik asit türevleri            | 128       | 273        | 213     |
| (+)-Gallokateşin                        | 383 ± 3.1 | n.d.       | 0       |
| (-)-Epigallokateşin                     | 1565 ± 18 | 0.8 ± 2.1  | 2.67    |
| (-)-Kateşin                             | 270 ± 9.2 | 62 ± 6.4   | 23.0    |
| (-)-Epikateşin                          | 738 ± 17  | 125 ± 1.5  | 17.0    |
| (-)-Epigallokateşin-3-O-gallate         | 361 ± 12  | 0.1 ± 0.1  | 45329   |
| Toplam flavan-3-ols                     | 4572      | 101        | 2.2     |
| 3-O-Kafeoilkinik asit                   | 6.0 ± 0.2 | 10 ± 0.2   | 67      |
| 5-O-Kafeoilkinik asit                   | 231 ± 1.0 | 42 ± 2.3   | 18.2    |
| 4-O-P-Kumaroilkinik asit                | 160 ± 3.4 | 1.3 ± 0.2  | 0.8     |
| Toplam hidroksisinnamat kinik esterler  | 451       | 215        | 48      |
| Kuersetin-O-rhamnosilgalaktozid         | 15 ± 0.6  | 12 ± 0.2   | 80      |
| Kuersetin-O-rutinosid                   | 131 ± 1.9 | 95 ± 1.4   | 72      |
| Kuersetin-3-O-galaktozid                | 119 ± 0.9 | 75 ± 1.1   | 63      |
| Kuersetin-O-rhamnoz-O-heksoz-O-rhamnoz  | 185 ± 1.6 | 119 ± 0.1  | 64      |
| Kaempferol-O-rhamnoz-O-heksoz-O-rhamnoz | 32 ± 0.2  | 30 ± 0.3   | 93      |
| Kaempferol-O-galaktozid                 | 42 ± 0.6  | 26 ± 1.3   | 62      |
| Kaempferol-O-rutinosid                  | 69 ± 1.4  | 60 ± 0.4   | 87      |
| Kaempferol-3-O-glukozid                 | 102 ± 0.4 | 69 ± 0.8   | 68      |
| Kaempferol-O-arabinozid                 | 4.4 ± 0.3 | n.d.       | 0       |
| Bilinmeyen kuersetin-O-konjugat         | 4 ± 0.1   | 4 ± 0.1    | 100     |
| Bilinmeyen kaempferol-O-konjugat        | 33 ± 0.1  | 24 ± 0.9   | 73      |
| Toplam flavonoller                      | 778       | 570        | 73      |
| Theaflavin                              | n.d.      | 63 ± 0.6   | α       |
| Theaflavin-3-O-gallat                   | n.d.      | 0.63 ± 0.6 | α       |
| Theaflavin-3,3'-O-digallat              | n.d.      | 35 ± 0.8   | α       |
| Toplam theaflavinler                    | n.d.      | 224        | α       |

Veriler mg/L olarak ifade edilmiş olup, siyah ve yeşil çay demleri 3g çay 200 mL kaynar su ile 3 dk demlenerek hazırlanmıştır.

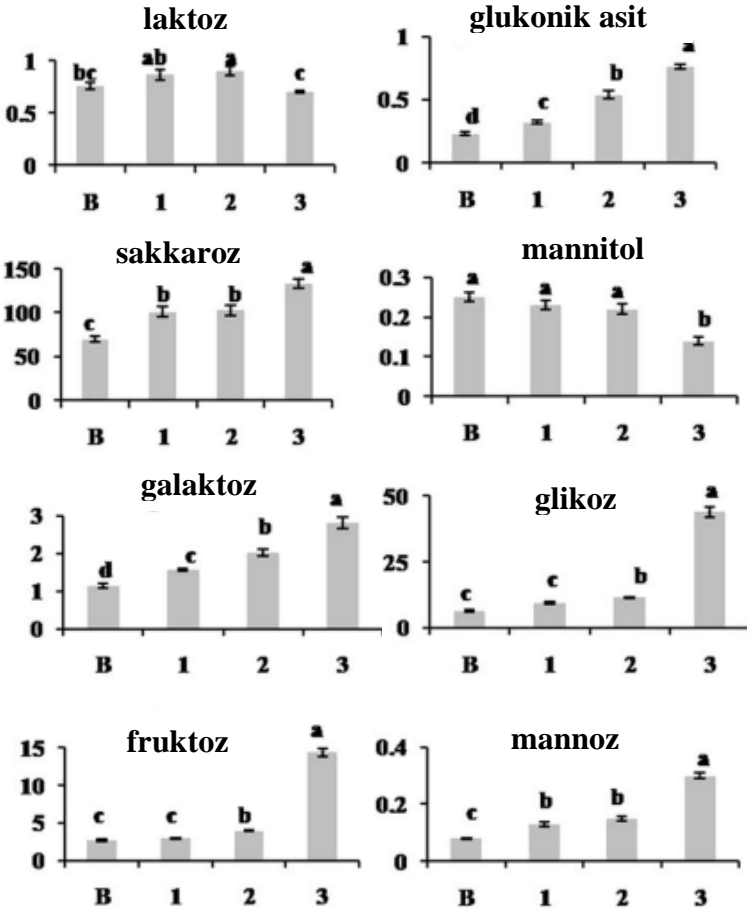
\*n.d.: tespit edilemedi, α: iz miktarda

Diğer taraftan demleme işlemi alkali su ile yapıldığında asidifikasyon ile bile geri dönüşü olmayan, otooksidasyona karşı hassas koyu renkli bir çay oluşur. pH değeri 5.9-6.61 aralığında, koyu bir renge sahipken, özellikle pH 6.0 noktasından sonra gözle görülür bir şekilde kahverengiye doğru bir renk alır. Siyah çay deminde pH değeri 4.0-5.0 arasında olduğunda ise renk açık kırmızı bir profil sergilemiştir (Little ve Brinner, 1981; Polat, 2019). Yeşil ve siyah çay demine geçen fenolik bileşiklerin miktarı ve siyah çayın yeşil çaya kıyasla geçişi yüzdesi Tablo 10'da verilmiştir (Clifford ve Crozier, 2011).

## 11.2. Karbonhidratlar

Çay sürgünlerindeki karbonhidrat içeriği incelenmiş, serbest şeker miktarının kuru ağırlıkta %3-5 civarında olduğu ifade edilmiş olup bunlar glikoz, fruktoz, sakaroz, rafinoz ve stakiyozdur. Çay sürgünündeki serbest şeker içeriği doğal ve gölgeli koşullar altında değişiklik göstermektedir. Sakkaroz, doğal koşullar altında fotosentezin başlıca birincil ürünü olup çay filizlerinin büyümesiyle birlikte artarak toplam serbest şeker içeriğinin %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır. Doğal koşullar altında çay filizindeki serbest şeker içerikleri gölgedekilere göre %40-50 daha yüksektir. Çay filizinde bulunan monosakkaritler ve disakkaritler çay infüzyonundaki tatlılığa katkıda bulunmaktadır. Polisakkaritler, hemiselüloz, selüloz ve suda çözünabilir formda (%1-3) farklı şeker fraksiyonlarını içeren (glukoz, galaktoz, mannoz, arabinoz, ksiloz, riboz ve ramnoz) diğer çözünabilir polisakkaritlerden oluşmaktadır. Nişasta çoğunlukla bitkinin kök sisteminde bulunurken çay sürgününde az miktarda bulunur. Çay polisakkaritlerinin bileşimi, yaprağın tazeliğine ve mevsime göre değişiklik göstermektedir. Yapılan farklı çalışmalarda, çaydaki monosakkaritlerin oranları incelenmiş olup, bir çalışmada glikoz, galaktoz, arabinoz ve früktoz oranı (12:3:3:1) şeklinde, diğerinde ise arabinoz, ksiloz, fruktoz, glikoz ve galaktozu oranı (5.52:2.21:6.08:44.2:41.99) şeklinde bildirilmiştir (Anan ve ark., 1985; Wang ve ark., 2002). Farklı gelişim evrelerinde çay yapraklarında karbonhidrat metabolizmasındaki metabolitlerin içeriklerinde değişiklikler gözlenmiştir. Özellikle, glikoz, fruktoz, laktöz ve mannoz gibi heksoz monosakkaritlerinin ve sakaroz gibi disakkaritlerin miktarı, çay yaprağının yaşıyla birlikte artış göstermiştir. Çay yaprağındaki şekerlerin, yaprak olgunluğuna göre değişimi Şekil 9'da verilmiştir (Samanta ve ark., 2017).

Doğal liflerin bileşenleri esas olarak selüloz, hemiselülozlar, lignin ve az miktarda ekstraktif maddelerden oluşur. Bileşenlerin dağılımı lif türüne, yaşına ve kökenine (sap, yaprak, tohum veya meyve, çimen veya saman lifleri) bağlıdır. Selüloz, bazı bitkilerde (örneğin pamuk, keten ve sisal), bazı deniz hayvanlarında ve alglerde, bakterilerde, mantarlarda, omurgasızlarda ve hatta amiplerde (örneğin *Dictyostelium discoideum*) yaygın olarak bulunan poli(1,4- $\beta$ -d-anhidroglükopiranoz) ünitelerinden oluşan uzun bir doğal hidrofilik polimer zinciridir.



B: tomurcuk, 1: birinci yaprak, 2: ikinci yaprak, 3: üçüncü yaprak

Şekil 9: Çay yaprağındaki şekerlerin, yaprak olgunluğuna göre değişimi (Samanta ve ark., 2017)



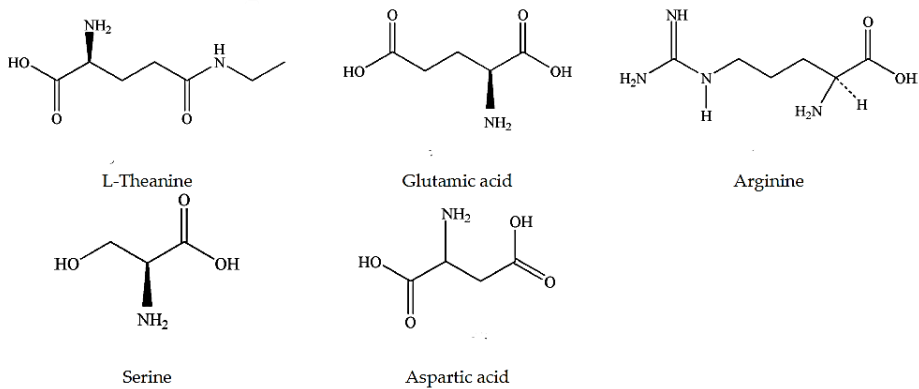
Bu birimler, selülozun güçlü hidrojen bağları oluşturmaya izin veren ve selüloz nanokristalleri üretmek için başlangıç malzemesi olarak kullanılabilen üç hidroksil fonksiyonel grubundan oluşur. Doğal liflerin diğer kısımları hemiselüloz ve lignindir. Hemiselüloz, glikoz, ksiloz, arabinoz, galaktoz ve mannoz olmak üzere beş grup şekerden oluşan heterojen bir polisakkarit polimerinin dallanmasıyla oluşur. Ayrıca hemiselüloz amorf bir yapıya sahiptir ve kısmen suda çözünmediği için molekül ağırlığı selülozdan daha düşüktür. Lignin ise çoğunlukla aromatik ve amorf olan, ancak diğer doğal lif bileşenlerine göre daha az su emen üç tip fenilpropan biriminin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Hem selüloz hem de lignin doğada amorf polimerler olmasına rağmen, selüloz yarı kristalin bir polimerdir (Bledzki ve Gassan, 1999; Rahman ve ark., 2017; Wong ve Shanks, 2009).

Selüloz, hemiselüloz, nişasta, fruktanlar (inülin), pektinler ve ekzopolisakkaritler (müsilağlar olarak hidrofilik kolloidler) bitkilerden çıkarılan en yaygın polisakkaritlerdir. Bu makromoleküller hem gıda endüstrisinde hem de diğer alanlarda (kozmetikler, gıda maddeleri, biyoplastikler, vb.) çeşitli uygulamalar bulabilir (Knoerzer ve ark., 2016). Selüloz, çay işleme verimliliğini azaltan, görünümü bozan ve kaliteyi etkileyen lifler üretir. Bitkilerde bulunan ham lif yapısal birimlerden oluşur. Çayın hücre duvarı bileşenleri; selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Genç hücreler, ince hücre duvarlarına sahip olduğundan, bitki büyüdükçe kalınlaşan hücre duvarıyla rüzgâra, aşırı terlemeye ve diğer koşullara karşı daha dayanıklı hale gelir. Selüloz ve hemiselüloz içerikleri çay sürgünlerinin tazeliğiyle negatif korelasyona sahiptir. Çay sürgünlerindeki selüloz ve hemiselüloz içeriği ne kadar düşükse, ham madde o kadar taze ve ayrıca üretilen çayın kalitesi de o kadar yüksek olmaktadır. Genç çay yaprakları yaşlı çay yaprakları ile karşılaştırıldığında ham lif içeriği daha düşüktür. Olgun yaprakların haşatıyla üretilen çayların kalite değerleri daha düşük olur ve bu çaylarda daha fazla selüloz bulunur (Farakte ve ark., 2015; Kottawa-Arachchi ve ark., 2011; Śmiechowska ve Dmowski, 2006).

### 11.3. Amino Asitler

Amino asitler çayın yaklaşık %1-4 arası kısmını oluşturur. Yüksek aminoasit seviyesi veya düşük polifenol/aminoasit oranı (P/A oranı), yüksek kaliteli yeşil çayın önemli bir göstergesidir (Kazan ve ark., 2019) ve aminoasit

konsantrasyonları da çay bitkilerinin ıslahı ve yetiştirilmesinde önemli bir husustur. Çayda yirmi altı çeşit amino asit vardır ve bunların 20 tanesi protein-amino asitleri 6 tanesi ise protein olmayan amino asitlerdir (Şekil 10). Bunlar çay aroması ve çay infüzyon renginin oluşumunda önemli rol oynar. Bunlar arasında L-glutamik asit, L-glutamat ve L-teanine, yeşil çaydaki toplam amino asitlerin %50'sinden fazlasını oluşturan ve çay deminin taze aromasına etki eden ana bileşenlerdir. Bunlar arasında yer alan çaya özgü olan ve N-etilglutamin olarak tanımlanan teanin, kafeinin uyarıcı etkisine karşı antagonistik bir etkiye sahiptir. LC-MS metabolomik analizi, bu amino asitlerin içeriğinin yüksek sıcaklıkta şoklama ve kurutmadan sonra önemli ölçüde arttığını göstermektedir. L-serin, L-alanin, glisin, Lornitin, L-prolin ve L-treonin soldurma sırasında önemli ölçüde arttığı ve siyah çaydaki tatlı tada katkıda bulunduğu ifade edilmiştir. Teanin, çayda bulunan ve şoklama ve kurutma sırasında D-glikoz veya D-arabinoz gibi şekerlerle maillard reaksiyonuna katkıda bulunan, püran ve pürin gibi aroma maddeleri üreten özel bir amino asittir (Jiang ve ark., 2019; Wang ve ark., 2021; Wu ve ark., 2019; Yang ve ark., 2021).



**Şekil 10:** Çaydan izole edilen bazı amino asitlerin kimyasal yapıları (Zhao ve ark., 2022)

Çay bitkisinin farklı organlarındaki veya farklı çay türlerindeki amino asit içeriği farklılık göstermektedir. Toplam amino asit içeriği üst yapraktan (414.22 mg/g kuru madde (KM)) altıncı yaprağa (6.56 mg/g KM) doğru azalma göstermektedir (Z. X. Li ve ark., 2016). Yapılan bir çalışmada altı çeşit çaydaki amino asit içeriğinin karşılaştırmalı analizi ortaya konulmuş ve yeşil çayın en

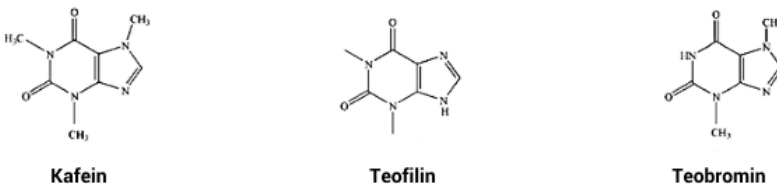
yüksek amino asit içeriğine sahip olduğu, onu sırasıyla (7,94–31,52 mg/g KM), siyah çay (7,93–29,48 mg/g KM), beyaz çay (8,484–27,067 mg/g KM), sarı çay (11,443–15,519 mg/g KM), oolong çay (2,451–11,203 mg/g KM) ve pu-erh çayın (2,961 mg/g KM) takip ettiği ifade edilmiştir (Su ve ark., 2019; Yılmaz ve ark., 2020). Toplam amino asit içeriği ışık kalitesi ve sıcaklık gibi çeşitli çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Sarı ışık, amino asit içerikleri üzerinde en büyük etkiye sahipken, bunu mor ışık, turuncu ışık ve yeşil ışık takip etmiştir (Korbee ve ark., 2005; Miyauchi ve ark., 2017). Tyr, Ala, Arg, Cys, His, Ile, Leu, Lys, Phe, Ser, Thr, Val ve GABA dahil olmak üzere 13 ayrı amino asidin miktarı, sıcaklık 15 ila 25 °C'ye çıktığında artmıştır (Ye ve ark., 2018).

L-teanine (gamma-glutamylethylamide), neredeyse yalnızca çayda bulunan benzersiz bir amino asittir. Çaydaki diğer ana kimyasal bileşenlerle, örneğin kateşinler ve kafeinle karşılaştırıldığında, L-teanine'in kimyasal yapısı, çaydaki diğer amino asitlerle karşılaştırıldığında bile farklıdır. Çayda en fazla bulunan L-teanine çaydaki serbest amino asit fraksiyonunun yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır. Çay bitkisinde teanin biyosentezinde rol alan öncüllerin glutamik asit ve etilamin olduğu tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2013; Zhen, Yong-su, Zong-mao Chen ve Zhen, 2003). L-teanine'nin biyosentezinin bitkinin köklerinde gerçekleştiği ve daha sonra yapraklara doğru taşındığı ileri sürülmektedir. Gölgeleme işlemi ve azot gübrelemesinin, *Camellia sinensis* bitkisindeki L-teanine seviyelerini ve toplam serbest amino asit içeriğini etkilediği ifade edilmiştir. Son araştırmalar, L-teanine'nin bitkinin tamamına dağıldığını, konsantrasyonlarının taze ağırlık bazında 1,2 ile 6,2 mg/g arasında değiştiğini, daha yüksek konsantrasyonların ise köklerde (6,2-13,7 mg/g) ifade edildiği gösterilmiştir (Deng ve ark., 2013; Deng ve Ashihara, 2015). Gölgeleme sadece çay yapraklarının aldığı güneş ışığı miktarını değil, aynı zamanda toprak ve hava sıcaklığı, nem ve toprak kimyası gibi diğer çevresel koşulları da etkiler. Bu faktörler aktif olarak büyüyen çay bitkisi için de önemli olup yaprak kimyasını farklı şekillerde etkileyebilir. Gölgeleme çay yapraklarındaki L-teanine konsantrasyonunu arttırmaktadır. Teaninin gölgeleme uygulamaları altında artışının, azot özütleme artışının ve katabolizmanın azalmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Gölgeleme yapılmadan 0,20 mg/g olan teanin miktarının 9,76 mg/g'a çıktığı görülmüştür. Çay fidelerinin sürgün ve köklerinde L-teanine sentezi, gölgelemeden doğrudan etkilenmektedir. Etilaminin'in L-teanine dönüşümü üzerinde

aktivitenin %50'sine kadarı ışık tarafından engellenmektedir ve L-teanine birikiminde ışığın L-teanine sentezini azalttığı belirtilmiştir (Samynathan ve ark., 2021; Song ve ark., 2012; Q. Zhang ve ark., 2014).

#### 11.4. Alkoloidler

Çaydaki alkaloidler çoğunlukla purin alkaloidleridir. Bunların arasında kafein içeriği en fazla olandır (%2~5). Diğer alkaloidler ise kafeine nazaran daha az miktarlarda bulunan teofilin ve teobromindir. Kafein acı bir tada sahiptir, diğer taraftan teobromin ve teofilin çayın yumuşaklığına katkıda bulunur. Kafeinin hidrojen bağları aracılığıyla theaflavinlerle birleşmesiyle fermente çayda kafein içeriğinin daha düşük olduğu ifade edilmiştir. Çaydaki alkaloidlerin kimyasal yapısı Şekil 11'de verilmiştir (Cai ve ark., 2022; González-García ve ark., 2015). Metilksantin ailesinden bir alkaloid olan kafein, dünya çapında 63 çeşit bitkinin yaprağında, tohumunda veya meyvesinde doğal olarak bulunur. 1820'de Runge ilk kez kahve çekirdeklerinden izole etmiştir (Vatan ve ark., 2000). Kahve, guarana, mate kakao çekirdeği ve çay yaprakları, kafeini en fazla içerdiği bilinen bitkiler arasındadır. Saf hali, yoğun bir acıya sahip beyaz bir toz şeklindedir (Wanyika ve ark., 2010). Çay yapraklarının işlenmesi sırasında meydana gelen değişikliklerde kafein çok faz değişiklik göstermez. Çay soğuduğunda tortu veya krema oluşumunda önemli rol oynar. Çaydaki kafein miktarı çeşide ve yaşa göre değişmekle birlikte genç yapraklarda, olgun olanlara göre daha fazla olma eğilimindedir. Tomurcuk ve yapraklarda kafein miktarı daha fazla iken, dallarda %1, kalın dallarda ise %1'den azdır.



Şekil 11: Çaydaki alkaloidlerin kimyasal yapısı (Zhao ve ark., 2022)

Kafein biyosentezi, N-metiltransferaz gibi enzimler tarafından katalize edilen bir dizi metilasyon adımıyla ksantosinin kafeine dönüştürülmesini içerir

ve bu da çay çeşitleri arasında kafein ve teobrominin profillerine katkıda bulunur. Metabolizma açısından kafein, çay bitkilerinde, öncelikle onu teofilin ve en sonunda da ksantine parçalanmış yollar aracılığıyla yavaşça katabolize edilir. Çalışmalar, çay bitkisinin genetik çeşitliliğinin alkaloid profillerini önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir. Çay, kahve ve kakaoda bulunan alkaloidlerin yüzdesel dağılımları Tablo 11'de verilmiştir (Zhang ve ark., 2022).

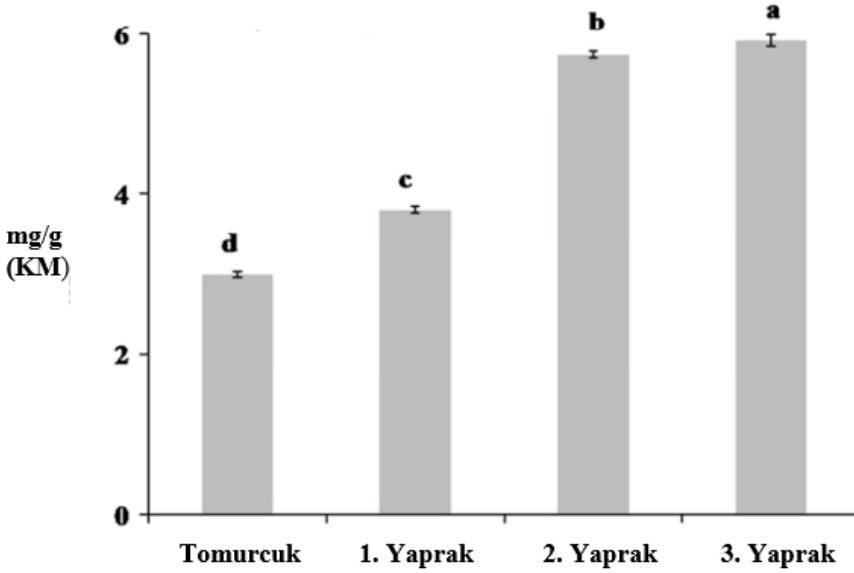
**Tablo 11:** Çay, kahve ve kakaodaki alkaloidlerin yüzdesel (%) dağılımları S. Zhang ve ark., 2022)

| Purin alkaloidleri | Çay              | Kahve     |           | Kakao     |
|--------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
|                    |                  | Arabica   | Robusta   |           |
| Kafein             | 2,0-5,0          | 1-1,5     | 2-2,7     | 1,5       |
| Teobromin          | 0,06-1,0         | İz miktar | İz miktar | 1,8       |
| Teakrin            | 0,5-3,6 (seyrek) | -         | -         | -         |
| Teofilin           | 0,05             | İz miktar | İz miktar | İz miktar |

### 11.5. Klorofil ve Karotenoidler

Taze çay filizinde bulunan ana pigmentler klorofiller ve karotenoidlerdir. Çay yapraklarındaki klorofil miktarı kuru maddede yaklaşık %0,2–0,6 olarak bildirilmiştir. Klorofil a ve b seviyeleri yeşil yaprağın olgunluğuna bağlı olarak artış göstermekte olup olgun yapraklardan üretilen siyah çaylarda da körpe yapraklarla yapılan üretime göre oranları daha fazladır. Siyah çaylardaki klorofil seviyeleri genellikle başlangıçta yeşil yaprakta bulunan klorofil miktarından daha düşüktür. Klorofil A'nın klorofil B'ye oranı yaklaşık 2:1 olup, içerikleri siyah çay üretim süreci sırasında azalmakta ve feofitin A, feofitin B ve feoforbit gibi klorofilin bazı parçalanmış ürünleri ortaya çıkmaktadır. Bu süreçler enzimatik olmayıp parçalanma sonucu ortaya çıkan ürünler, feoforbitlerin kahverengi, feofitinlerin ise siyah renk vermesi nedeniyle siyah çay deminin rengine katkıda bulunurlar (Obanda ve Owuor, 1995; Senthil Kumar ve ark., 2013; Wang ve ark., 2002). Çaydaki üretim aşamaları da yaprağın bünyesindeki klorofil oranı üzerinde etkilidir. Örneğin soldurma aşamasında klorofilazın etkisi altında klorofiller klorofil (Cda, Cdb) ve fitole

hidrolize olur, bu da çay yapraklarının renginin değişmesine neden olur(Y. Chen ve ark., 2009). Yapraklardaki toplam klorofil düzeyleri, farklı gelişim evrelerinde farklılık göstermiştir. Yaprak olgunlaştıkça toplam klorofil içeriğinde önemli bir artış görülmüş; üçüncü yaprakta klorofil miktarı en yüksek olmuş, bunu ikinci yaprak, birinci yaprak ve tomurcuk takip etmiştir. Artan yaprak sayısına göre krolfil içeriğindeki değişim Şekil 12'de verilmiştir (Samanta ve ark., 2017).



**Şekil 12:** Artan yaprak sayısına göre krolfil içeriğindeki değişim (Samanta ve ark., 2017).

Karotenoidler, çay bitkisinin kloroplast ve kromoplastlarındaki tetraterpenoid organik pigmentlerdir. Karotenoidler, ksantofiller ve karotenler olarak sınıflandırılır. Karotenoidler, fotosentezde kullanılmak üzere ışık enerjisini emer ve klorofili foto hasardan korur ve böylece çay bitkilerinde önemli roller oynar. Karotenoidler çay kalitesinin önemli bir belirleyicisidir, çünkü kaliteyle ilgili tat uçucu maddelerinin çoğu çay işleme sırasında bozunmalar sonucu üretilir. Siyah çayda bulunan tatlı çiçek kokuların bir kısmı da karotenoid parçalanmasından kaynaklanan aromatik bileşiklerden kaynaklanır. Çaydaki karotenoid seviyesini etkileyen birçok faktör vardır,

bunlara çay çeşidi, çevre koşulları ve üretim aşamaları dahildir (Borthakur ve ark., 2008; Du ve ark., 2009).

Çay bitkisinde 15 karotenoid bileşiği raporlanmış olup bunlar: fitoflavin,  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten,  $\beta$ -zeakaroten, aurokrom, mutatokrom, kriptoksantin, kriptoflavin, kriptoksantin-5, 8-diepoksit, lutein, zeaksantin, lutein-5, 6-epoksit, viyolaksantin, löteoksantin ve neoksantin'dir. Bunlar arasında  $\beta$ karoten, lutein, zeaksantin en önemli karoten bileşenlerdir. Taze çay yaprağındaki karotenoidlerin toplam içeriği kuru maddede %0,03–0,06 bildirilmiş olup, olgun yapraklar genç yapraklardan daha fazla karoten içerir. Yaprak olgunlaşması sırasında  $\beta$ -karoten ve lutein+zeaksantin belirgin bir şekilde artış gösterir. Karotenler siyah çay kalitesinin oluşumunda önemli bir rol oynar ve siyah çay aromasının öncüleri arasında gösterilirler. Birçok araştırma, çayda bulunan karotenlerin siyah çay üretim süreci sırasında yaklaşık %47-70 oranında önemli bir bozulmaya uğradığını göstermiştir. Çay imalatı sırasında termal bozunma yoluyla karotenoidlerden  $\beta$ -ionon, dihidroaktinidiol, teaspiyon gibi çeşitli aromatik bileşikler oluştuğu tespit edilmiştir (Hazarika ve Mahanta, 1984; Mahanta ve Hazarika, 1985; Wang ve ark., 2002). Lutein çay sürgünlerinde en çok bulunan karotenoiddir,  $\beta$ -karoten ikinci, neoksantin en az bulunan, violoksantin ise  $\beta$ -karoten neoksantin arasındadır. Karotenoidlerin bileşimi ve seviyesi çeşitler arasında farklılık göstermektedir (Du ve ark., 2009). Çeşitlere bağlı olarak değişen karotenoid miktarları Tablo 12'de verilmiştir.

**Tablo 12:** Çeşitlere bağlı olarak yaş yapraktaki karotenoid içerikleri ( $\mu\text{g/g}$ ) (Du ve ark., 2009)

| Çeşit       | Lutein            | B-Karoten        | Violaxanthin     | Neoxanthin       | Toplam            |
|-------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Yulan       | 161,45 $\pm$ 6,42 | 30,33 $\pm$ 2,47 | 5,07 $\pm$ 0,21  | 5,00 $\pm$ 0,36  | 201,85 $\pm$ 7,36 |
| Fudingdabai | 86,31 $\pm$ 1,73  | 76,32 $\pm$ 3,86 | 27,73 $\pm$ 0,28 | 13,12 $\pm$ 0,23 | 203,48 $\pm$ 4,80 |
| Longing-43  | 162,11 $\pm$ 5,67 | 31,35 $\pm$ 2,96 | 5,56 $\pm$ 0,43  | 3,99 $\pm$ 0,32  | 203,01 $\pm$ 5,32 |
| Xiaoxueya   | 8,38 $\pm$ 0,90   | 0                | 2,92 $\pm$ 0,45  | 1,30 $\pm$ 0,01  | 12,60 $\pm$ 1,34  |

Çaydaki karotenoid konsantrasyonu çay yaprağının olgunluğuyla artar. Aynı sürgünün ikinci ve üçüncü yaprağında lutein içeriğinin 92,3 ve 398,9 mg/kg (KM) olduğu gösterilmiştir. Çay sürgünlerindeki karotenoid seviyesi de mevsimlerine göre değişiklik göstermektedir. Toplam karotenoid konsantrasyonu yazın en yüksek iken, ilkbaharda en düşük olarak tespit edilmiştir. Bununla beraber imalat sürecinde gerçekleşen biyokimyasal

reaksiyonlar, sıcaklık gibi faktörlere bağlı olarak da karoten içeriğinde kayıplar ortaya çıkmaktadır. Siyah çayın üretim aşamalarında, karotenoid içeriğindeki değişim Tablo 13'te verilmiştir (Ik ve ark., 2013; Wang ve ark., 2010).

**Tablo 13:** Siyah Çay Üretim Aşamalarında Karotenoidlerdeki Değişim ( $\mu\text{g/g}$ ) (Li ve ark., 2013)

| İmalat Aşaması  | Lutein                  | B-Karoten               | Violaxanthin             | Neoxanthin              | Toplam                   |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Yaş yaprak      | 833,26±62,82<br>(100)   | 537,01±49,09<br>(100)   | 213,59 ± 49,03<br>(100)  | 38,80 ± 1,21<br>(100)   | 1626,26±126,28<br>(100)  |
| Solmuş yaprak   | 822,23±23,26<br>(81,87) | 478,52±14,18<br>(89,11) | 161,35 ± 6,07<br>(77,88) | 23,95 ± 2,05<br>(61,73) | 1351,04±40,83<br>(83,26) |
| Kırılmış yaprak | 422,90±40,21<br>(50,75) | 315,88±10,54<br>(58,22) | 121,89 ± 5,56<br>(57,07) | 17,06 ± 2,78<br>(43,97) | 877,74±18,48<br>(54,09)  |
| Fermente yaprak | 365,74±28,00<br>(43,89) | 279,67±9,73<br>(52,08)  | 94,43 ± 6,66<br>(44,21)  | 15,09 ± 2,05<br>(38,89) | 754,93±39,17<br>(46,52)  |
| Kuru çay        | 9,18±1,34<br>(4,70)     | 47,22±1,77<br>(8,79)    | 0,89 ± 0,04<br>(0,42)    | 3,56 ± 0,34<br>(9,18)   | 13,33±5,59<br>(5,59)     |

## 11.6. Enzimler

Enzimler çay yapraklarının gelişiminde ve yaprakta gerçekleşen çeşitli biyokimyasal dönüşümlerde önemli bir rol oynar, tatlarını, aromalarını ve genel kalitelerini etkiler. Polifenollerin oksidasyonu da dahil olmak üzere çeşitli biyokimyasal reaksiyonları katalize ederler ve çayın lezzet profiline önemli ölçüde katkıda bulunan theaflavinler, thearubiginler ve theabrowninler gibi bileşiklerin oluşmasını sağlarlar (Samanta ve ark., 2017; X. Xie ve ark., 2023). Çay işlemede enzimler, yapraklardaki çeşitli bileşikleri dönüştürerek çayın lezzetini, aromasını ve rengini belirlemede önemli roller oynarlar. Özellikle siyah çay üretimi sırasında polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz gibi enzimler, kateşinlerin oksidasyonuna önemli ölçüde katkıda bulunarak theaflavinler ve thearubiginler gibi bileşiklerin oluşmasına neden olur. Bu dönüşümler, siyah çayın karakteristik koyu renginden ve güçlü aromasından sorumludur. Yeşil çay için, bu enzimlerin buharlama veya tavada pişirme yoluyla etkisizleştirilmesi, oksidasyonu önleyerek yeşil rengin ve taze aromanın korunmasına yardımcı olur. Araştırmalar, her çay üretim türünün duyuusal ve sağlıkla ilgili nitelikleri etkileyen belirli enzimatik yolları içerdiğini vurgulamaktadır. Örneğin, PPO aktivitesi yaprak olgunluğu ve işleme göre değişerek kateşin oksidasyon seviyesini etkiler. Benzer şekilde, teanin gibi



amino asitler üzerinde etki eden enzimler, yüksek kaliteli yeşil çaylarda bulunan umami tada katkıda bulunur. Ayrıca, ileri düzeydeki metabolomik çalışmalar, farklı çaylarda yüzlerce metabolit tespit ederek, enzimlerin imalat boyunca amino asitler, flavonoidler ve fenolik bileşiklerle nasıl etkileşime girdiğini, çayın kimyasal profilini ve sağlık yararlarını nasıl etkilediğini göstermektedir (Lin ve ark., 2023; Samanta ve ark., 2017; Wang ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2023).

Kateşinlerin çay yapraklarında farklı gelişim aşamalarında biyosentezinin düzenlenmesini anlamak önemlidir. Kateşinler şikimat-fenilpropanoid-flavonoid yollarıyla biyosentezlenir. Şikimat yolu aynı zamanda, kateşinlere ester bağıyla bağlanarak gallatlanmış kateşinleri oluşturan gallik asit oluşumundan da sorumludur. Flavan-3-ollerin biyosentezinden sorumlu enzimleri kodlayan, enzimlerle aynı isme sahip çeşitli genler karakterize edilmiştir; bunlar arasında fenilalanin amonyak-liyaz (PAL), kalkon sentaz (CHS), kalkon izomeraz (CHI), flavon-3-hidroksilaz (F3H), flavonoid-30,50 -hidroksilaz (F30 50 H), dihidroflavonol-4-redüktaz (DFR), antosiyanidin sentaz (ANS), antosiyanidin redüktaz (ANR) ve lökosiyanidin redüktaz (LAR) yer almaktadır (Jiang ve ark., 2013; Mamati ve ark., 2006; Rani ve ark., 2012).

Fenilalanin amonyak-liyaz (PAL), çay bitkisinde kritik bir enzimdir ve fenilalanini sinamik asit ve amonyağa dönüştürerek fenilpropanoid yolunu başlatır. Bu yol, çayın lezzetine, rengine ve potansiyel sağlık yararlarına katkıda bulunan flavonoidler, ligninler ve tanenler gibi fenolik bileşiklerin üretilmesi için gereklidir. PAL aktivitesi, çevresel stres ve gelişim aşaması gibi faktörlerden etkilenir ve çay yapraklarındaki biyoaktif bileşiklerin birikimini etkiler (Saito ve ark., 2013; Y. Wu ve ark., 2017). Kalkon sentaz (CHS), çay bitkisinde yer alan flavonoidlerin biyosentezinde önemli bir rol oynar. CHS, flavonoid yolunun ilk adımını katalize ederek substratları kalkona dönüştürür ve bu da daha sonra çayın karakteristik burukluğu ve acılığı için gerekli olan kateşinler de dahil olmak üzere çeşitli flavonoid bileşiklerine dönüştürülür. Araştırmalar, CHS'nin varlığının ve aktivite seviyesinin yaprak gelişim aşaması ve çevresel koşullar gibi faktörlerle dalgalandığını ve çay yapraklarındaki kateşinlerin ve diğer polifenollerin birikimini doğrudan etkilediğini göstermektedir. Genç yapraklardaki yüksek CHS aktivitesi genellikle daha fazla flavonoid ve kateşin üretimiyle paralellik gösterir ve çayın

kalitesine ve besin değerine katkıda bulunur (Takeuchi ve ark., 1994; Zhang ve ark., 2016). Çay bitkisinde, flavon-3-hidroksilaz (F3H), flavonoid biyosentezinde önemli bir rol oynar. F3H, flavonların, kateşinler ve antosiyaninler de dahil olmak üzere çeşitli flavonoidlerin üretiminde temel ara maddeler olan dihidroflavonollere dönüştürülmesinde rol oynar. Bu flavonoidler çayın antioksidan özelliklerine katkıda bulunur ve çay tüketimiyle ilişkili lezzeti ve sağlık yararlarını etkiler (Han ve ark., 2017). Çay bitkisinde antosiyanidin sentaz (ANS) enzimi, çay yapraklarının ve çiçeklerinin renklenmesine katkıda bulunarak antosiyanin biyosentezinde önemli bir rol oynar. Lökoantosiyanidin dioksijenaz olarak da bilinen ANS, lökoantosiyanidinlerin antosiyanidinlere dönüşümünü katalize eder; bunlar, bitkilerde kırmızı, mor ve mavi renklere neden olan pigmentler olan antosiyaninlerin öncülleridir. Bu antosiyaninler, çayın renkli ve çekici görüntüsünü artırmakla kalmaz, aynı zamanda sağlık açısından faydalı antioksidan özelliklerini de de zenginleştirir (Liu ve ark., 2023). Çay bitkisinde bulunan enzimler ve fonksiyonu Tablo 14'te verilmiştir.

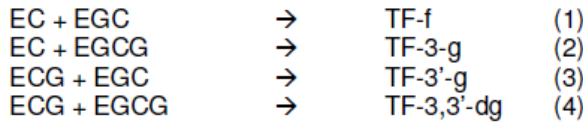
Polifenol oksidaz (PPO), siyah çay üretiminde önemli bir rol oynadığı için imalatta en önemli enzim olarak kabul edilir ve yalnızca çay polifenollerinin B halkalarına saldırır. Polifenol oksidaz'ın Cu içeren bir protein olduğu ve %0,32 (a/a) Cu içerdiği, en az dört izoenzimden oluştuğu, bunların ana bileşeninin molekül ağırlığının  $144.000 \pm 16.000$  dalton molekül ağırlığında olduğu ifade edilmiştir. Çay tomurcuğundaki PPO aktivitesi olgun yapraktakinden yaklaşık 3 kat daha yüksektir ve ayrıca mevsimsel ve prosessal faktörlere göre varyasyon gösterir. PPO, çay yaprağı dokusunun iletim demetleri etrafındaki epidermiste yerleşmiş olup, çay yapraklarındaki PPO'nun yerinin enzimin kloroplastta bağlı olduğu bildirilmiştir. Yeşil çay imalatında şoklama prosesi sırasında çay yapraklarındaki PPO aktivitesi inaktif hale gelirken, siyah çay imalatında soldurma ve fermentasyon prosesleri sırasında artmaktadır. PPO aktivitesinin ilk 16 saatlik periyotta arttığı rapor edilmiştir. Bu periyottan sonra PPO aktivitesi azalmıştır, bu da aşırı soldurmanın polifenollerin polimerizasyonunu engellediğini ve ayrıca PPO aktivitesinin azalmasının veya artmasının soldurma süresiyle önemli ölçüde ilişkili olduğunu göstermektedir.

**Tablo 14:** Çay bitkisinde bulunan enzimler ve fonksiyonu (Liu ve ark., 2023)

| <b>Enzim</b>                                      | <b>Fonksiyon</b>   |
|---|--|
| Adenosine nucleosidase                            | 2'-nükleotid birikimi  |
| Alcohol dehydrogenase                             | Cis-3-heksenal ve trans-3-heksenal'in kendi alkollerine dönüşümünü katalize eder |
| Chlorophyllase                                    | Feofitin ve feoforbid oranını belirler   |
| 3-Dehydroquinic acid synthetase                   | Kateşinlerde B halkası oluşumu   |
| 5-Dehydroshikimate reductase                      | Polifenollerin biyosentezi   |
| 3-Dehydroshikimic acid reductase                  | Kateşinlerde B halkası oluşumu   |
| 3-Deoxy-D-Arabinose-heptulose-7-phosphosynthetase | Kateşinlerde B halkası oluşumu   |
| Glumatic acid dehydrogenase                       | Azot metabolizmasında önemli enzim   |
| Glumatic acid synthetase                          | Azot metabolizmasında önemli enzim   |
| Glutaminase                                       | Azot metabolizmasında önemli enzim   |
| Leucine- $\alpha$ -ketoglutarate transaminase     | Çay aromasından sorumlu uçucu bileşiğin biyosentezi                              |
| Lipoxidase  | C6-aldehit bileşiklerinin oluşumu  |
| Malate dehydrogenase                              | Bilinmiyor   |
| Nitrate reductase                                 | Nitrat redüksiyonunu düzenler  |
| Nucleases   | Nükleik asitten 5'-nükleotidin serbestleşmesi                                    |
| Peptidase   | Çaydaki serbest amino asit içeriği üzerindeki etkisi shoot                       |
| Pectin methylesterase                             | Siyah çay üretiminde fermantasyon oranını düzenler                               |
| Peroxidase  | PPO ile polifenollerin oksidasyonunu aktive eder                                 |
| Phenylalanine ammonia lyase                       | Polifenollerin biyosentezi   |
| Polyphenol oxidase (Catechol oxidase)             | Çay fermantasyonunda çay kateşinlerinin oksidasyonu                              |
| Tannase   | Gallat polifenollerinin ve kafeinin komplekslerini hidrolize eder                |
| L-Theanine lyase                                  | Teaninin hidrolizi   |
| Theanine synthetase                               | Teaninin biyosentezi   |

Soldurma sürecinde PPO aktivitesinin azalmasının nedeninin dehidrasyon ve PPO'nun aktif bölgelerindeki değişiklikler olduğu düşünülmektedir. Soldurma işleminden sonra, PPO aktivitesi kıvrırma işlemi sırasında dalgalanma göstermekte ve fermantasyon süresi ilerledikçe ve kurutma işlemi boyunca sürekli olarak azalmıştır. Kurutmadan sonra sadece çok az bir PPO aktivitesi kalmıştır. Siyah çay üretiminde, Theaflavin içeriği iki yaprak ve bir tomurcukla üretimde maksimum iken daha düşük polifenol seviyeleri ve polifenol oksidaz aktivitesi nedeniyle TF seviyelerinde düşüş ortaya çıkmaktadır (Haslam, 2003; Ullah ve Roy, 1982; Wang ve ark., 2002).

Polifenol içeriğinin yanı sıra, PPO (polifenol oksidaz) enzim içeriği de farklı çay klonları arasında farklılık göstermektedir ve bu durum nihai siyah çay kalitesini de etkilemekte ve PPO ile substratı (kateşinler) arasındaki oran, çay klonlarının potansiyel kalitesini karakterize etmek için kullanılabilir. Kateşinlerin oksidasyonunda rol oynayan enzimler esas olarak PPO ve peroksidazdır (POD). PPO, substrat flavan-3-ollerin o-dihidroksi ve otriidroksi fenil "B" halkalarının yüksek oranda reaktif o-kinon türevlerine oksidasyonunu katalize eder. B-halkası dihidroksile kateşinlerin (EC ve ECG) oksidasyonundan oluşan kinonlar, B-halkası trihidroksile kateşinlerden (EGC ve EGCG) kaynaklanan kinonlarla yoğunlaşarak dört farklı TF verir (Şekil 13) (Haslam, 2003; Sang, Yang, ve ark., 2004; Tüfekci ve Güner, 1997; Wright ve ark., 2002a).



**Şekil 13:** Kateşinlerin teaflavine dönüşüm denklemleri

Başka bir enzim olan POD, TF'lerin oksidatif parçalanmasından ve TR'lerin oluşumundan da sorumludur. Öte yandan, POD'un hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) varlığında tek tek kateşinleri farklı tipte dimerlere oksitlediği gösterilmiştir. Çay yapraklarının PPO aktivitesi klon tipi, mevsim, sürgün bileşeni ve işlem gibi çeşitli parametrelere bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir (Hilton ve Palmer-Jones, 1973; Lopez ve ark., 2005). Ülkemizdeki yürütülmüş Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çay Çeşit Adaylarının Belirlenmesi projesi kapsamında yapılan seleksiyon

çalışması içerisinde incelenen genotiplerin de toplam polifenol içeriği ve enzim aktivitesi değerlerinin farklılık arz ettiği görülmüştür (Anonim, 2024a).

**Tablo 15:** Seleksiyon çalışması içerisinde incelenen genotiplerin de toplam polifenol içeriği ve enzim aktivitesi değerlerinin (Anonim, 2024a)

| Genotip | Toplam Polifenol (%) | PPO Enzim Aktivitesi (U) |
|---------|----------------------|--------------------------|
| 08HO44  | 18,32                | 121                      |
| 08HO22  | 20,28                | 177                      |
| 53KA10  | 18,27                | 112                      |
| 61CY15  | 15,96                | 112                      |
| 53PA48  | 20,18                | 105                      |
| 61HA38  | 27,52                | 202                      |
| 61HA17  | 23,44                | 208                      |
| 61AK29  | 19,65                | 166                      |
| 08HO20  | 24,26                | 116                      |
| 08HO21  | 20,6                 | 156                      |

Polifenol oksidaz enzimi çeşitliliğe, çay bitkisinde bitkide bulunduğu yere, sezona ve proses aşamalarına bağlı olarak farklılık göstermekte olup bu farklılıklar Tablo 16'da verilmiştir (Ravichandran ve Parthiban, 1998a).

**Tablo 16.** Polifenol oksidaz enziminin çay bitkisinde çeşide, sezona, proses aşamalarına bağlı olarak değişimi (Ravichandran ve Parthiban, 1998a)

| Parametreler  | Yapraklar             | PPO |
|---------------|-----------------------|-----|
| Klon          | UPASI-3               | 46  |
|               | UPASI-9               | 36  |
|               | UPASI-17              | 29  |
|               | SA-6                  | 14  |
|               | TRI-2024              | 39  |
|               | CR-6017               | 41  |
| Sürgün bölümü | Tomurcuk ve 1. yaprak | 39  |
|               | 2. yaprak             | 34  |
|               | 3. yaprak             | 31  |
|               | 4. yaprak             | 29  |
|               | Gövde                 | 4   |
| Sezon         | Ocak-Mart             | 29  |
|               | Nisan-Haziran         | 38  |
|               | Temmuz-Eylül          | 33  |
|               | Ekim-Aralık           | 35  |

**Tablo 16.** Devamı.

|               |                                      |    |
|---------------|--------------------------------------|----|
|               | Taze yaprak                          | 37 |
|               | Örselenmiş yaprak                    | 33 |
|               | Solmuş yaprak (solma derecesi)       |    |
|               | Hafif                                | 33 |
|               | Normal                               | 30 |
|               | Kuvvetli                             | 28 |
|               | Solma sonrası yeniden nemlendirilmiş | 36 |
|               | Kıvrılmış yaprak                     | 35 |
|               | Fermente yaprak                      |    |
| İmalat süreci | 15 dk                                | 39 |
|               | 30 dk                                | 39 |
|               | 45 dk                                | 34 |
|               | 60 dk                                | 21 |
|               | Kurutulmuş yaprak                    |    |
|               | 1 dk                                 | 24 |
|               | 10 dk                                | 9  |
|               | 20 dk                                | 4  |
|               | 30 dk                                | 2  |
|               | Mamul çay (6 ay depolanmış)          | 0  |

\*PPO: 1 birim: 1µmol okside kateşin/dk/g aseton

## 11.7. Mineral

Çay insan sağlığına pek çok faydalı unsuru bünyesinde barındırmakta olup iyi bir mineral kaynağıdır. Bazı mineraller vücut fonksiyonlarının işleyişi için gerekli olsa da bazılarının çok düşük dozlarda alınması bile istenmeyen sonuçlara neden olabilmektedir. Bu elementlerin ana kaynağı bitkinin yetiştiği ortamdır. Menşei, hasat dönemi ve yılı, iklim, toprağın bileşimi, kullanılan gübre türü, hasat yöntemi, işleme yöntemi ve demlemede kullanılan suyun mineral bileşimi, çayın mineral içeriği üzerinde etkilidir. Yaş çay yaprağında %4-5 ve mamul çayda %5-6 kadar mineral madde bulunur ve düzenli çay tüketimi çinko, manganez, demir, bakır, magnezyum, sodyum, potasyum ve flor gibi elementlerin alımına katkıda bulunur (Costa ve ark., 2002; Kumar ve ark., 2005; Lukaski ve Penland, 1996; Ozdemir ve ark., 1999; Salahinejad ve Aflaki, 2010). Çeşitler arasında çay yapraklarındaki element içeriği farklılıklarının esas olarak çeşit varyasyonları kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çay çeşitleri, çapraz tozlaşmadan kaynaklanan heterojenlikleri nedeniyle element konsantrasyonlarında da büyük farklılıklara sahiptir. Çeşitler arasında F ve Al konsantrasyonları açısından da çeşitler

arasında önemli derecede farklılık olduğu görülmüştür. Çay bitkisindeki çeşit farklılığının; kök-toprak etkileşimini, element biyoyararlılığını etkilediği, çeşitler arasındaki fizyolojik-kimyasal farklılıklar ortaya çıkardığı ve bunlara bağlı olarak da farklı alım yeteneklerinin bitki bünyesinde ortaya çıktığı ve bunun da bitkideki element kompozisyonunu ve miktarını etkilediği söylenebilir (Ruan ve Wong, 2001; Yemane ve ark., 2008).

Çay yaprağında 28 element rapor edilmiştir. Taze çay yapraklarında bulunan elementler aşağıdaki 4 gruba sınıflandırılabilir.

(1) Element içeriği >2000 mg/kg: karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor ve potasyum.

(2) I Element içeriği 500–2000 mg/kg: magnezyum, manganez, flor, alüminyum, kalsiyum, sodyum ve kükürt.

(3) Element içeriği 5–500 mg/kg: demir, arsenik, bakır, nikel, silisyum, çinko ve bor.

(4) Element içeriği <5 mg/kg: molibden, kurşun, kadmiyum, kobalt, selenyum, brom, iyodür ve krom.

Flor, potasyum, alüminyum, iyot, selenyum, nikel, arsenik ve manganez olmak üzere sekiz elementin diğer bitkilerle karşılaştırıldığında ortalamanın üzerinde seviyelerde bulunduğu gözlenmiştir.

Çaydaki inorganik bileşiklerin toplamı kül olarak kabul edilir ve çoğunlukla bazı mineral elementlerden ve bunların oksitlerinden oluşur. Kül içeriği çay ihracatında göz önüne alınan endekslerden biridir. Çayda en bol bulunan mineral elementler P ve K'dir, ardından Ca, Mg, Fe, Mn, Al, S, Si ve Zn, Cu ve F gibi eser elementler gelir (Sharangi, 2009; Zhao ve ark., 2011).

Çay, normal metabolizma için gerekli mineraller olan potasyum, sodyum ve manganez açısından zengindir. Çay, toprak koşullarına bağlı olarak alüminyum ve manganez biriktirme eğilimindedir. Bakır, polifenol oksidaz aktivitesi için gereklidir. Çayın yapısındaki elementler yaprakların konumuna göre değişiklik gösterir. Minerallerin bitkideki konsantrasyonu, bitki organlarının (yaşlı kökler, genç kökler, dallar, yaşlı ve genç organlar) konumuna göre farklılık göstermektedir. Genel olarak flor, alüminyum, selenyum, kalsiyum, demir, silisyum, manganez, bor gibi bazı elementler olgun yaprakta, çinko, magnezyum, potasyum, arsenik, nikel gibi bazı elementler ise taze yapraklarda birikim gösterir. Örneğin genç yapraklardaki bakır ve çinkonun birikimi daha fazla iken tomurcuklardan alt yaşlı yapraklara doğru

mangan ve demir ise tam tersi bir özellik göstererek alt eski yapraklara doğru artar (Gürses ve Artık, 1982; Powell ve ark., 1998; Reto ve ark., 2007; Xie ve ark., 1998). Yaş çay yaprağı yetiştirildiği topraktaki mineral madde içeriği, bakım, gübreleme, hasat dönemi ve kaliteye bağlı olarak değişebilir. Bunlarla birlikte bitkinin varyetesi, genetik farklılıkları ve yaşı da alınan mineralin

Çayda en yaygın bulunan majör elementler Al, Ca, K, Mg, Mn, Na, P ve S'dir. Bu elementler genellikle mg/g seviyesinde bulunur. Çaydaki bazı minör elementler ve geçiş elemen (B, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Rb, Sr, Ti ve Zn) miktarları  $\mu\text{g/g}$  'dan mg/g'ye kadar değişmektedir. Çayda en yaygın olarak bulunan geçiş elementleri Cu, Fe ve Zn'dir (Ferrara ve ark., 2001; Gallaher ve ark., 2006; Ipeaiyeda ve Dawodu, 2011). Çayın deme geçen mineral içeriği üzerinde birden çok parametre etkilidir. Bunlar: çayın bünyesinde bulunan mineralin organik materyale kuvvetli bağlı olması veya çözünebilir formda olması, imalatta kullanılan çay yaprağındaki toplam element miktarı, kullanılan suyun sertliği ve pH'sı, demleme sıcaklığı ve demleme süresi gibi demleme koşullarıdır. Genel olarak demleme esnasında mineral geçişi genç yapraklarda, yaşlı yapraklara göre daha yüksektir. Çay yapraklarındaki birçok element, özellikle metaller, flavonoller, kateşoller, tanenler ve polifenollerle kompleksler oluşturur. Fenolik bileşikler Al, Cr, Cu ve Fe ile güçlü bağ kurarlar. Bundan dolayı bazı makro ve geçiş elementlerin (Al, Co, Cr, Fe, K, Mn, Ni, Rb, Se, Sn, Zn) yapraklardan suya geçişi daha kolaydır. Tüm bu etkenlere bağlı olarak çay yaprağındaki minerallerin deme transfer oranları farklılık göstermektedir. Bazılarının geçişi hızlı ve yüksek oranlarda (Co, Cs, K, Na, Ni, Rb ve Tl) olurken bazılarının geçişi ortalama (Al, B, Cu, Cr, Mg, Mn, P and Zn), bazılarının ise yavaş bir şekilde (Ba, Ca, Fe, Mo, Sn, Sr, V, Y, Zr, ve lantanoidler) olur (Danrong ve ark., 2009; Krejčová ve Černohorský, 2003; Ødegård ve Lund, 1997; Taşcioğlu ve Kök, 1998; Welna ve ark., 2012).

Çaydaki çok sayıda element, deme geçiş oranlarına göre gruplandırılmıştır. Bu elementlerin bir kısmı, düşük, bir kısmı orta, bir kısmı da suda yüksek çözünürlük göstermekte olup, Ba, Ca, Fe ve Sr'nin çözünürlüğü zayıf (toplam miktarın yaklaşık %10 altında), Al, B, Cd, Co, Cr, Cu, Mg, Mn, P, Pb, Si ve Zn orta çözünürlükte (yaklaşık %10-50 arası) ve K, Na ve Ni çözünürlüğü yüksek (%50'den fazla) olarak tanımlanmıştır. Çayın demlendiği suyun kalsiyum içeriği çay yaprağının mineral yapısına etki etmektedir. Bu nedenle, fenolik madde, theaflavin, toplam karbon ve alüminyum ekstraksiyon



oranı azalma eğilimi göstermektedir (Aircloough ve ark., 2005; Mossion ve ark., 2008; Natesan ve Ranganathan, 1990). Bazı minerallerin ortalama günlük gıda gereksinim (OGGG) miktarları Tablo 17'de verilmiştir (Aksuner ve ark., 2012).

**Tablo 17:** Bazı minerallerin ortalama günlük gıda gereksinim (OGGG) miktarları (Aksuner ve ark., 2012)

| Elementler | OGGG (mg/gün)    | Dem ( $\mu\text{g/mL}$ ) | 250 mL çaydan alınan ortalama günlük gıda alımı (%) |
|------------|------------------|--------------------------|---|
| Zn         | 15               | 0.148                    | 0.25  |
| Mn         | 4 (2–5)          | 8.17                     | 51.1  |
| Fe         | 15 (10–18)       | 0.240                    | 0.40  |
| Cu         | 2.5 (2–3)        | 0.112                    | 1.12  |
| Ni         | 0.025            | <LOD                     | -   |
| Na         | 2200 (1100–3300) | 0.322                    | 0.0037  |
| K          | 3800 (1900–5600) | 198                      | 1.30  |

Çinko (Zn) Çay bitkilerinin çinko içeriği toprağın kullanılabilir çinko içeriğine, iklime, bitki tipine ve analiz edilen yaprakların yaşına bağlı olarak değişmektedir. Çay bitkisinin genç kısımlarındaki çinko içeriği yaşlı kısımlara göre daha yüksektir. Bunun nedeni çinkonun bitkilerdeki yüksek hareketliliğidir. Bitkiler çinko bakımından zengin toprakta büyüdüğünde köklerde biriken çinko, bitkilerin uçlarına doğru hareket ederek orada birikir (Kaçar, 1992; Yaylalı Abanuz, 2007).

Çay bitkisi için çinko (Zn) elementi, bitkinin büyümesi ve metabolik süreçler bakımından hayati önem taşıyan bir mikro besindir. Çay bitkisi, özellikle çinko ile antioksidan savunma mekanizmalarını destekleyerek strese karşı direnç geliştirir. Çay bitkilerinde çinko, kök ve yapraklarda farklı şekillerde birikir ve bu durum diğer mineral elementlerin (örneğin fosfor, kalsiyum, demir) dağılımını da etkileyebilir. Çinko eksikliği veya fazlalığı durumunda bitki yapraklarında, iyon alım dengesinde ve çeşitli metabolik süreçlerde değişiklikler ortaya çıkabilmektedir. Çinko eksikliği karbonhidrat metabolizmasını etkilerken, fazlalığı flavonoid metabolizmasını etkileyebilir. Ayrıca, çinko dengesizliği, enerji metabolizmasını bozarak bitkinin genel sağlığını olumsuz etkileyebilir. Bitki yapraklarında çinko eksikliği veya

fazlalığı durumunda iyon alım dengesinde ve çeşitli metabolik süreçlerde değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Çayın antioksidan kapasitesine katkıda bulunan çinko, kateşin biyosentezinde rol oynar ve bu bileşenin üretimini artırır. Çinko eksikliği, bitkide çeşitli sorunlara yol açabilir, örneğin yaprakların kırılma ve bitkilerin genel olarak daha düşük verimli olması gibi durumların ortaya çıkmasına sebep olabilir. Çinko, çay bitkisinin hücrelerinde çeşitli enzimlerin işlevlerini etkileyerek bitki büyümesini destekler (Balcı ve ark., 2016; Upadhyaya ve ark., 2018; Y. Zhang ve ark., 2017).

Fosfor (P) çay bitkisinin yapraklarında organik ve inorganik bileşikler halinde bulunur. Bitki içindeki karbonhidratların parçalanmasında ve daha kaliteli çay üretilmesinde rol oynar. Yeterince yüksek fosfor içeriğine sahip yapraklarda polifenollerin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Çay bitkileri azot ve potasyumdan daha az fosfor içerir. Çay bitkisinin genç organ ve yapraklarının fosfor içeriği yaşlı organ ve yapraklara göre daha yüksektir (Kaçar, 1987).

Bakır (Cu) bitkiler tarafından ağırlıklı olarak  $Cu^{+2}$  iyonu şeklinde alınır. Toprakta hareketsiz olması nedeniyle kök üzerine bakırın çoğu kontak değişimi yoluyla alınır. Çay bitkisinde Cu içeriği, yaprağın yaşı arttıkça azalmaktadır. Bakır, yaşlı organlardan genç organlara taşınırken bitkilerde çok az hareket eder (Yaylalı Abanuz, 2007). Çay yapraklarındaki toplam bakırın yaklaşık üçte biri polifenol oksidaz enziminde bulunur. Bu nedenle yeterli miktarda bakır içermeyen çay yaprakları istenilen fermantasyonu sağlayamayacaktır. Ayrıca çay bitkisindeki bakır içeriğinin 0,5/100 g'dan az olmaması gerekmektedir (Kaçar, 1987).

Demir (Fe) Çay bitkisinde demir miktarı genç yapraklardan yaşlı yapraklara doğru artar ve bitkideki demir içeriği yaşlı yapraklarda en yüksektir (Kaçar, 2010). Çaydaki demirin sadece küçük bir kısmı deme geçer. Bunun temel nedeni çay bitkilerinde bulunan demirin büyük bir kısmının organik madde halinde ve suda çözünmeyen bileşikler halinde bulunmasıdır (Müezzinoğlu, 2011).

Mangan (Mn) Çay bitkisinin mangan içeriği diğer bitkilere göre daha yüksektir. Çaydaki mangan seviyesi, iklim, bitki türüne, yaprağın üzerindeki konumuna ve topraktaki mangan miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Çay iyi bir mangan kaynağı olarak kabul edilebilir. Kuru yapraklarda konsantrasyonları yaklaşık 200 ila 1000  $\mu\text{g/g}$  arasında değişiklik

gösterir. Demlendiğinde, çay demi yaklaşık 2-5 µg/ml mangan içerir. (Kaçar, 1992; Podwika ve ark., 2018).

Flor (F) Çay bitkisi florür biriktiren bir bitkidir. Çay yapraklarındaki florür içeriği diğer birçok bitkiye kıyasla ortalamanın üstündedir. Çay filizinde kuru maddede yaklaşık 100–200 mg/kg kuru, olgun yaprakta yaklaşık 300–400 mg/kg ve eski yaprakta 1000 mg/kg kadar florür bulunur (Ruan ve Wong, 2001; Wang ve ark., 2002).

Alüminyum (Al) olgun yapraklarda önemli miktarda Al birikmekte olup; bu miktar genç sürgünlere göre yaklaşık 4-6 kat daha fazladır. Çay bitkisinin diğer kısımları çok daha düşük F konsantrasyonları içermektedir. Olgun yapraklarda ölçülen Al miktarı (3355– 5518 mgg<sup>-1</sup>) olurken, genç sürgünde Al konsantrasyonu (genellikle 1000 mgg<sup>-1</sup>'den az) daha az tespit edilmiştir (Ruan ve Wong, 2001).

Aynı çeşit çay bitkilerindeki F ve Al konsantrasyonları genellikle bölgeler arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir; buna bağlı olarak da bitki dokularındaki element konsantrasyonları önemli ölçüde farklılık ortaya koymaktadır. Al'nin çözünürlüğünün ve kimyasal formlarının, dolayısıyla biyoyararlanımının güçlü bir şekilde pH'a bağlı olduğu bilinmektedir. İki farklı bölgeden, toprağın pH'ı önemli ölçüde düşük olanın (pH 3.68–4.06), daha yüksek pH'ı (pH 4.24–4.52) olan bölgeye göre daha fazla biyoyararlanım göstermiş, bu bu durum bitkilere de yansımış asiditesi yüksek olan bölgeden gelen çay bitkilerinin ve çöplerin olgun yapraklarında ve köklerinde daha yüksek Al konsantrasyonları tespit edilmiştir (Sparks ve ark., 1996; Ruan ve Wong, 2001).

Kalsiyum (Ca), çay bitkisinin büyüme ve gelişiminde önemli bir rol oynar ve özellikle stres koşullarına yanıt verirken işlev görür. Bitkilerde kalsiyum iyonları (Ca<sup>2+</sup>), bitkinin çevresel streslere (örneğin, soğuk veya kuraklık) adaptasyonunu destekler, su kaybını düzenler ve hücre duvarının yapısını güçlendirir. Çay bitkisi genellikle düşük kalsiyum gereksinimine sahiptir ve kalsiyum miktarının aşırı yükselmesi, köklerin büyümesinde gerilemeye ve metabolik bozukluklara neden olabilir. Aşırı kalsiyum seviyeleri, kök bölgesinde köklerin yavaş büyümesine ve yapraklardaki bazı metabolitlerin dengesizleşmesine yol açar. Bu mineral aynı zamanda çay yapraklarının biyokimyasal özelliklerini de etkileyerek bazı biyomoleküllerin

stabilitesini artırır ve çay bitkisinin gelişimi için önemli bir elementtir (Malyukova ve ark., 2022; Ruan ve ark., 2004; Wang ve ark., 2022).

Potasyum (K) elementi, çay bitkisinin büyüme ve gelişiminde önemli bir rol oynar ve aynı zamanda yapraklardan köklere besinlerin taşınmasını kolaylaştırır. Potasyum, çay bitkisinin abiyotik streslerle başa çıkmasına ve su dengesini korunmasına yardımcı olur. Potasyum, çay bitkisi için çok önemlidir, ancak potasyum eksikliği bitkinin gelişimini olumsuz etkileyebilir. Potasyum eksikliği, özellikle düşük yaprak kalitesi, verim kaybı ve hastalık ve zararlı organizmalar gibi biyotik streslere karşı duyarlılığa neden olabilir. Potasyum, gövde ve yapraklarda yoğun olarak biriktiği için çay yapraklarının kalitesini ve tat profillerini doğrudan etkiler. Potasyum eksikliği çay bitkilerinde büyüme geriliğine neden olur ve fotosentez verimini azaltır. Bu nedenle bu mineral eksikliğinin giderilmesi için doğru gübreleme önemlidir. Toprakta yeterli miktarda potasyum sağlanması bitki büyümesinde ve yaprak kalitesinde önemli rol oynar (Huang ve ark., 2022; Yang ve ark., 2020).

Azot (N), çay bitkisi için temel bir besin maddesidir ve bitkinin büyüme, gelişme, verim ve kalite parametreleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Azot konsantrasyonunun genellikle çay üretimi için hasat edilen genç yapraklarda daha yüksek olduğu ve yapraklar olgunlaştıkça azot seviyesinin azaldığı görülmektedir. Çay bitkilerindeki azot eksikliği, büyümenin yavaşlamasına, verimin düşmesine, çay yapraklarında sararmaya, yaprakların kalitesinin azalmasına ve amino asit düzeylerinde azalma gibi kalite kayıplarına yol açar. Çay bitkisi yapısal olarak yüksek miktarda protein ve klorofil içerdiğinden, azot, fotosentez verimliliği ve yeşil yaprak gelişimi için kritik önemdedir. Azot özellikle, çayın karakteristik lezzet bileşenlerinden olan teanin gibi amino asitlerin sentezinde rol oynar, amino asit seviyelerini doğrudan etkiler, bu nedenle doğru azot seviyesi çayın aroma ve tadı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Xie ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2023).

Azot eksikliğinde, L-teanine ve klorofil içeriği önemli ölçüde azalmaktadır. Birçok antioksidan enzimin aktivitesi ve yaprak CO<sub>2</sub> özümseme kapasitesi de azalma eğilimi göstermektedir. Ancak, düşük N seviyeleri fosfat taşıyıcı genlerin ekspresyonunu pozitif olarak düzenlemekte ve çay yapraklarında flavonoidler ve polifenol sentezini desteklemektedir. Uygun oranlarda azot takviyesi, çay deminin aroma ve lezzet kalitesine katkıda bulunur. N özümsemesi için hız sınırlayıcı enzimin aktivitesi, azot miktarına

bağlı olarak artış göstermekte ve aroma veren toplam amino asit, alkol ve keton bileşiklerinin içeriği de arttırmaktadır, bu durum, çay ürünlerinin var olan kalitesine pozitif etki etmektedir. Çaydaki acı tadın bir bileşeni ve merkezi sinir sistemi uyarıcısı olan kafeinin bitkideki birikimi, artan azot konsantrasyonu ile artırılabilir. Yeterli azot ayrıca ve karbonhidratların birikimi yoluyla flavonol glikozit biyosentezi de desteklenir (Chen ve ark., 2022; Lin ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2023).

### 11.8. Aroma

Çayın kalitesini belirlemede en önemli faktörlerden biri lezzetidir ve lezzet aroma ve tat ile ilişkilidir. Aroma, gıda maddesinin genizden burun boşluğuna ulaşan uçucu bileşenlerinin dolaylı bir algılamasıdır. Tat, polifenoller, amino asitler ve kafein gibi uçucu olmayan bileşenlerden oluşurken, koku, terpenler, ketonlar, aldehitler, pirazinler, aromatik alkoller ve karbonil gruplar gibi uçucu bileşenlerden oluşur. Çayda 600'den fazla uçucu bileşen tespit edilmiştir. Uçucu maddeler çok düşük miktarlarda (%0,01) bulunmasına rağmen çayın tadı üzerinde önemli etkiye sahiptirler. Çayın aroması taze yaprakların yapısına, iklime ve işleme şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca böcekler, stres ve mekanik hasarlar gibi dış faktörler de çayın aroma kompozisyonunu etkilemektedir. Çayın aroma bileşimindeki birçok uçucu bileşen, imalat aşamasında ortaya çıkmakta, değişmekte veya kaybolmaktadır (Bayrak, 2002; Johns, 1998; Joshi ve Gulati, 2015; Shi ve ark., 2014; Yılmaz ve ark., 2004). Üretimin yapıldığı farklı mevsimler, rakım ve gölgelendirme işlemleri, iklim koşulları, özellikle sıcaklık ve güneş ışığı, aroma ve uçucu profil üzerinde büyük ölçüde etkilidir. Ayrıca, yağ asitleri, amino asitler ve karotenoidler de dahil olmak üzere aroma öncüllerinin metabolizması, sıcaklık ve/veya ışık tarafından önemli ölçüde etkilenir. Son araştırmalar, ilkbaharda üretimin yeşil çayların aroma kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, üretim sezonunun siyah çay, yeşil çay ve beyaz çayın aroması üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir (Liu ve ark., 2021; Wang ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2014).

Çayda en yaygın polifenolik yapılar olan kateşinler, işleme sırasında geçirdikleri değişikliklerden dolayı çayın tat, renk ve aroma gibi özellikleri üzerinde doğrudan veya dolaylı etkiye sahiptir. Siyah çay üretimi sırasında kateşinlerin bozunması ve dönüşümü nedeniyle monoterpen alkol

konsantrasyonunun artması çayın aromasını ve kalitesini arttırmaktadır (Wang ve ark., 2000).

Uçucu bileşenler, aldehitler, alkoller, ketonlar, furanlar ve aromatik bileşenler ile uçucu olmayan bileşenler, organik asitler, şekerler ve serbest amino asitler, siyah çayın karakteristik tadı ve aromasından sorumludur. Çayın tadını etkileyen ana bileşenler polifenoller, serbest amino asitler, kafein, kateşinler, theaflavinler ve thearubijinlerdir. İşlem sırasında serbest amino asitler parçalanarak arzu edilen hoş çiçeksi bileşenlerin oluşmasına katkıda bulunurlar (Bhattacharyya ve ark., 2008; Bondarovich ve ark., 1967; Borse ve ark., 2002).

Sentetik yollara göre uçucu bileşikler, yağ asidi türevi uçucu bileşikler (FADV), amino asit türevi uçucu bileşikler Bitkilerdeki uçucu bileşiklerin çoğunu doymuş ve doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır. Çay bitkisi komplike bir aromatik kompozisyona sahiptir. Çayın uçucu bileşenlerinin karotenoid türevleri, yağ asidi türevleri, terpen türevleri, fenilpropanoid/benzoooid türevlerinin parçalanması, glikozitlerin hidrolizi ve Maillard reaksiyonu gibi çeşitli yollarla oluşabileceği ifade edilmiştir. Çay yapraklarında bulunan birçok yağ asidi enzimlerin etkisi ile ortaya çıkar. Yağ asitlerinin  $\alpha$ -oksidasyon,  $\beta$ -oksidasyon ve lipoksigenasyon süreçleri yoluyla ayrıştırılmasıyla, aldehitler, alkoller, ketonlar, asitler, esterler ve laktonlar (Schwab ve ark., 2008; Zheng ve ark., 2016).

Sentetik yollara göre uçucu bileşikler, yağ asidi türevi uçucu bileşikler (FADV), amino asit türevi uçucu bileşikler (AADV), uçucu terpenoidler (VT) ve karotenoid türevi uçucu bileşikler (CDV) olarak sınıflandırılabilir. Uçucu bileşikler koku özelliklerine göre iki gruba ayrılabilir: Grup I bileşikleri çoğunlukla alkollü, aldehitli ve keto FADV'leri (ester olmayan yağ asidi türevi uçucu bileşikler) içerir ve bunlar siyah çaya istenmeyen yeşil ve/veya otsu bir koku verir; Grup II bileşikleri çoğunlukla amino asit türevi uçucu bileşikler, uçucu terpenoidler ve karotenoid türevi uçucu bileşikler içerir ve bunlar siyah çaya tatlı ve/veya çiçeksi bir koku verir. Tanımlanan gruplardaki bileşiklerin toplamı alınarak Grup I ve Grup II oluşturulabilmekle birlikte, linalool oksit, Grup I ve Grup II arasında sınır olarak kabul edilerek de gruplama yapılabilmektedir. Grup II bileşiklerinin toplam içeriğinin Grup I bileşiklerine oranına lezzet indeksi denir ve bu oran siyah çayın lezzetini olumlu yönde yansıtır. Duyusal olarak değerlendirme noktasında bir referans olarak kullanılır

(Chen ve ark., 2019, 2023; Polat ve ark., 2018; Ravichandran ve Parthiban, 1998b).

Aldehitlerin birçoğu gıdalarda lipidlerin otooksidasyonu yoluyla oluşurken, gıdaların aroma profillerine otsu, malt, yağsı, tatlı, çiçeksi ve meyvemsi tatların eklenmesi yoluyla katkıda bulunur. Çalışmalar, çayın yapısında bulunan lipidlerin aldehit oluşumunda en önemli rolü oynadığını göstermiştir. Bununla birlikte, yaprağın olgunluğu, hasat aralığı ve hasat standardı lipid konsantrasyonunu önemli ölçüde etkiler. Lipitlerin parçalanması, 6 karbonlu aldehit miktarını artırır ve bu da istenmeyen tatları öne çıkarır (Bhuyan ve ark., 2012; Ravichandran, 2002; Ravichandran ve Parthiban, 2000)

Ketonlar, çok düşük seviyelerde bile hissedilebilir olmaları nedeniyle çayın genel aroma profilinde önemli bir rol oynarlar. Ketonlar, mikrobiyal bozunma, doymamış çoklu yağ asitlerinin termal oksidasyonu, degradasyonu veya amino asitlerin degradasyonu yoluyla oluşabilir. Çayların ağırlıklı olarak 2 ve 3 metil keton içerdiği, lipidlerin hidrolizi sonrasında yağ asitlerinin termal bozunması ve  $\beta$ -keto asitlerin dekarboksilasyonu ile metil ketonların oluştuğu belirlenmiştir. Ayrıca oksidasyon ve termal degradasyonun karotenoidlerin konsantrasyonunu azalttığını ve  $\beta$ -iyonon gibi bazı keton türevlerinin konsantrasyonunu arttırdığı tespit edilmiştir. Terpenler, tatlı, çiçeksi ve meyvemsi aroma profilleriyle çayın aromatik kompozisyonuna pozitif etki ederler. Linalool çiçeksi, hoş aromaya sahip bir terpen olup çayda varlığı istenen önemli uçucu bileşenlerden birisidir. Furanlar, şekerlerle amino asitler arasındaki maillard ve strecker reaksiyonu sonucunda oluşur ve yanık, tatlı, acımsı, pişmiş, etsi ve kavruk fındık tadı verirler (Bayrak, 2002; Hazarika ve ark., 1984; Kumazawa ve Masuda, 2002; Maga, 1979; Wang ve ark., 2008)

Esterler, meyvelerin ve diğer birçok gıdanın doğal aroma bileşenleridir ve düşük konsantrasyonlarından dolayı aromada çoğu zaman doğrudan hissedilmeler de, siyah çayda önemli bir rol oynadıkları bilinmektedir. Esterler genellikle asitlerin ve alkollerin yüksek sıcaklıkta reaksiyona girmesiyle oluşur. Bunun çay bitkisinde bulunan alkoller ile karboksilik asitler ve yağ asitlerinin etkileşimi sonucu olduğu ifade edilmiştir (Bayrak, 2002; Goldenberg ve ark., 2016; Schwab ve ark., 2008). Alkoller, çay üretiminin çeşitli aşamalarında önemli oranlarda oluşmaktadır, C6'ya kadar olan alifatik alkoller genellikle aldehitlerden türetilir ve monoterenler alkoller içerisinde rol alırlar. Monoterpen alkollerin enzimatik ve kimyasal hidroliz yoluyla

oluştugu ifade edilmiştir (Hazarika ve ark., 1984; Takeo, 1981). Uçucu asitlerin siyah çaydaki uçucu bileşenlerin %10 ila 30'unu oluşturduğu ifade edilmiştir. Asitler genellikle doğal olarak veya ikincil metabolitler olarak oluşur, ancak karboksilik asitler alkollerin oksidasyonu veya aldehitlerin indirgenmesiyle oluşabilir. Üretim süreci sırasında karboksilik asit içeriğinin dalgalandığı, kurutma aşamasının sonunda örneğin heksanoik asit seviyesinin yükseldiği bildirilmiştir. Ayrıca furanların, pirollerin, piridinlerin ve pirazinlerin farklı kimyasal reaksiyonlar sonucu üretildiği ifade edilmiştir (Gürses, 1982; Johns, 1998).

Hexenal'ın linoleik asitten, 2-Hekzenal'ın ise linolenik asitten oluştuğu ve lipid/yağ asidi içeriği ile çayın lezzeti arasında negatif bir korelasyon olduğu ifade edilmiştir. Yüksek lipid ve fosfolipid konsantrasyonlarına bağlı olarak 6 karbonlu aldehit miktarı arttığı, bunun da hoş gitmeyen tat oranını arttırdığı ve lezzet indeksini azalttığı belirtilmiştir. Çayın kurutma aşaması ile beraber bu bileşenler büyük oranda azalarak çay daha stabil bir tat ve lezzet kazanmaktadır (Ravichandran ve Parthiban, 2000). Uçucu bileşenler ile çayın aroması arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmada, 2-methylbutanal, 3-methylbutanal, linalool, geraniol, metil salisilat ve benzaldehit'in çayın aromasına pozitif katkısının olduğu, diğer taraftan 1-penten-3-ol, 3-hekzen-1-ol ve 2,4-heptadienal'in ise aromaya katkısının negatif olduğu belirtilmiştir. Çaya uçucu fenilpropanoid ve benzenoid türevlerinin duyuşal anlamda hoş giden meyvemsi ve çiçeksi koku verdiği, çayda öne çıkan fenilpropanoid'in Feniletıl Alkol ve fenilasetaldehid; majör benzoid'in ise benzil alkol ve benzaldehit oduğı belirtilmiştir (Pang ve ark., 2012; Yang ve ark., 2009). maillard reaksiyonu gıda endüstrisinde neredeyse tüm alanlarda karşımıza çıkmaktadır. Heterosiklik bileşikler olan 2-pentilfuran ve 2-etilfuran, üretim adımlarına bağlı olarak amino asitler ve şekerler varlığında maillard reaksiyonu ve strecker degradasyonu ile oluşmakta ve ısııl işlem ürünü olan bileşenler, çaya yanık, tatlı, kavruk bir aroma verir (Ho ve ark., 2015; Pripdeevch ve Wongpornchai, 2013).

Aroma, çeşitli uçucu bileşenlerin etkileşiminin nihai tezahürüdür. Siyah çaylarda en bol bulunan uçucu bileşiklerin aldehitler olduğu, ardından alkoller ve esterler geldiği bildirilmiştir. Siyah çayın temel aroması tatlı kokuludur ve bu aroma balsı, tatlı patates benzeri, misk, maltı, tatlı ve gül benzeri çeşitli çiçeksi ve meyvemsi kokularının karışımından oluşur. Bireysel uçucu



bileşenler açısından, siyah çaylardaki başlıca aroma bileşenleri hekzenal, benzaldehit, metil salisilat, (E)-2-heksenal, benzen asetaldehit, 3-metil bütanal, geraniol, linalool, benzil alkol, feniletil alkol, cis-linalool oksit (furan), etil asetat, heptanal ve (E,E)-2,4-heptadienal'dir (Chen ve ark., 2022; Ho ve ark., 2015; Kang ve ark., 2019; Zheng ve ark., 2023).

Darjeeling ortodoks siyah çayın kalitesinin belirlenmesinde öne çıkan bileşenler 2-hekzenal, linalool, metil salisilat, geraniol ve feniletil alkol olup 2-Hekzenal dışında kalan diğer uçucu bileşenler çayın lezzetine ve aromasına pozitif katkıda bulunan unsurlardır. Çay deminin aromasına katkıda bulunan ve hoş giden aromaların hissedilmesinde linalool, geraniol, metil salisilat ve feniletil alkol önemli bileşenler olup, linalool çayda tatlı aromanın, geraniol ise çiçeksi aromanın öne çıkmasına katkıda bulunur (Schuh ve Schieberle, 2006; Shi ve ark., 2014, 2015). Aromatik bileşiklerdeki kayıp sonucunda çayın hoş tadını kaybolur, yumuşak, düz ve içi boş bir tat ortaya çıkar (Sedaghatoor ve ark., 2013).  $\beta$ -Iyonon,  $\beta$ -karoten'in temel degradasyon ürünlerinden biridir.  $\alpha$ -Iyonon,  $\beta$ -damassenon, linalool, diğer terpenoid aldehytler ve ketonlarla birlikte dihidroaktinidiyolit de çayda var olan diğer karotenlerin degradasyon ürünleridir. Bu bileşenler, karotenlerin okside olması sonucu ortaya çıkan primer metabolitlerdir ve çayın daha aromatik bir profil sunmasına katkıda bulunurlar. Bu sayede otsu, hoş olmayan tat baskılanırken, meyvemsi, çiçeksi tatlar öne çıkar. Çayın duysal anlamda cazibesine katkıda bulunan, çabuk buharlaşabilen birçok uçucu bileşen, kurutma aşamasında kaybolurken  $\beta$ -karoten'in degradasyon ürünü olan Iyonon türevleri ve dihidroaktinidiyolit oluşur. Termal degradasyon ile bu bileşiklerin miktarı artar (Han ve ark., 2016; Sheibani ve ark., 2015; Wang ve ark., 2016; Zorn ve ark., 2003). Kurutma aşamasında maillard reaksiyonuna bağlı olarak oluşan bazı bileşikler, çayın siyah rengine katkıda bulunurken tada da etkileri pozitif olur. Furanların, karbonhidratların termal degradasyonla veya termal oluşumla aminoasitlerin olduğu ortamda, özellikle aspartik asit, treonin,  $\alpha$ -alanin, serin ve sistein'in termal degradasyonuyla, yüksek sıcaklıklarda askorbik asidin oksidasyonuyla ve doymamış çoklu yağ asitlerinin karotenoidlerle oksidasyonuyla ortaya çıktığı, ayrıca maillard reaksiyonu sonucu, pirazin ve piridinlerin de oluştuğu ifade edilmiştir (Çalıkoglu ve Bayrak, 2008; Seok ve ark., 2015; Zheng ve ark., 2016). Üretim aşamalarında yüksek sıcaklık furanların oluşumuna ve konsantrasyonunun artmasına önemli bir etkidir. Amino asitler ve şekerlerin

termal parçalanma ürünü olan furfural'ın konveksiyonel yöntemle kurutma sonucunda oluştuğu gözlenirken, dondurarak kurutma yöntemiyle üretimde tespit edilmediği ifade edilmiştir (Chun-hua ve ark., 2013; Polat ve ark., 2018).

Yeşil çayda yağ asitlerinden gelen baskın uçucu maddeler alkoller, aldehitler ve laktonlardır; bunların arasında C6 ve C9 karbonlu olanlar, aldehitler/alkoller 'taze yeşil' kokuyu üretir. Yeşil çay çeşitlerinin uçucu bileşikleri ve bunların koku nitelikleriyle ilişkileri karşılaştırılmıştır ve D-nerolidol, 6-metil-a-ionon, metil jasmonat, kumaran, indol ve kumarinin yeşil çayın karakteristik kokusuna katkıda bulunduğu ifade edilmiştir. Metil jasmonat ve 3-hekzenoik asit, alifatik alkoller ve aldehitlerin taze ve canlı kokular; 5,6,7,70-tetrahidro-4,4,7atrimetil-2(4H)-benzofuranon derin ve hafif kokular; linalool; 2,6-dimetil-1,3,7-oktatrien-6-ol; benzeneasetaldehit; ve 3-hekzenoit hekzanoat'ın çiçeksi ve meyveli kokular; Kumaran; 1-etil-1H-pirol-2-karboksialdehit; 3-etil-4-metil-1H-pirol-2,5-dion; 3 etil-3-metil-2,5-pirolidindion ve kumarin'in yanık ve tatlı kokular verdiği bildirilmiştir (Cai ve ark., 2022; Guo ve ark., 2021).

İki tür yeşil çay vardır, yani Japon tipi buharla şoklama yapılan yeşil çay ve Çin tipi tavayla şoklanmış yeşil çay. Tüm yeşil çaylar yüksek seviyelerde indol piridin, linalool, geraniol, benzil alkol, 2-fenil-etanol, 2-etilheksanoik asit ve maltol içerir. Sülfonilbismetan ve sülfonilbismetan, yeşil çayın tipik aromasına katkıda bulunan önemli uçucu maddeler olarak kabul edilir. (Z)-1,5-oktadien-3-on (metalik), 4-metoksi-2-metil-2-bütanetirol (etli), 4-merkapt-4-metil-2-pentanon (etsi), (E,E)-2,4-dekadienal (yağsı), -damaskenon ve -damaskon (balsı), indol (hayvansal) ve (Z)-metil jasmonat (çiçeksi) uçucu bileşenler, Japon tipi yeşil çayının öne çıkan koku bileşenleridir. Japon tipi yeşil çay kullanılarak hazırlanan yeşil çayın deminde çeşitli aroma-aktif bileşikler tespit edilmiş olup, bunlar: geraniol (gül çiçeği), linalool (tatlı çiçeksi), linalool oksitler (tatlı çiçeksi), indol (hayvansal benzeri), dihidroaktinidiol (tatlı), cis-jasmon (yasemin çiçeği), 6-kloroindol (indol benzeri), kumarin (tatlı), metil jasmonat (çiçeksi), trans-geranylaseton (meyvemsi), fitol (tatlı), 5,6-epoksi-iyonon (gül çiçeği) ve feniletal alkol (çiçeksi) kokular tespit edilmiştir. Diğer taraftan, Çin tipi yeşil çayda, kavruk tatlar hissedilmiş, yüksek miktarda pirazin (findıksı), pirol (findıksı), 4-hidroksi-2,5-dimetil-3(2H)-furanon (tatlı çilek), 3-hidroksi-4,5-dimetil-2(5H)-furanon (tatlı çilek), kumarin (tatlı), vanilin (vanilya benzeri), geraniol (gül çiçeği), (E)-izoöjenol (karanfil benzeri) ve 2-

metoksifenol (dumanlı) bileşikler öne çıkmıştır. Ayrıca, kavruk tadın baskın olduğu yeşil çayın aromasına katkıda bulunan kavrulmuş bir koku verici olan 4-merkapt-4-metil-2-pentanon'un, kavurma sıcaklığının, depolanması sırasında da, 2-bütül-2-oktenal'in (meyvemsi) zamanla arttığı ifade edilmiştir (Baba ve Kumazawa, 2014; Cheng ve ark., 2008; Hattori ve ark., 2005; Jumtee ve ark., 2011; Kumazawa ve ark., 2005; Kumazawa ve Masuda, 1999; Lee ve ark., 2013).

Oolong çayının tadının, kateşinler (acılık), amino asitler (tazelik), çözünebilir şeker (tatlılık), theaflavinler (canlılık) ve thearubigin (yumuşaklık) gibi çeşitli bileşiklerin bir kombinasyonu ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Chen ve ark., 2011). Kateşinler ve oksidasyon ürünleri esas olarak oolong çayının lezzetini ve büzücü-burucu karakterini oluşturur. Kateşinlerin çayın büzücü ve acı tadına büyük ölçüde katkıda bulunduğu bulunmuştur. Gallat kateşinler, basit çay kateşinlerinden daha güçlü bir acılık ve büzücü etkiye sahiptir (Chen ve ark., 2010; Lin ve ark., 1998). Benzer şekilde theaflavinlerin büzücü bir tada sahip olduğu ve çay likörünün rengini etkilediği bildirilmiştir. Flavon glikozitleri büzücü tadın önemli bir kaynağıdır ve hidrolizleri büzücü tadın yoğunluğunu etkiler. Bu nedenle büzücü ve acı tatların kateşinlerin, theaflavinlerin ve flavonoid glikozitlerin genel etkisinden kaynaklandığı ifade edilebilir (Susanne Scharbert ve ark., 2004). Yapılan bir çalışmada, farklı sürelerde yarı fermente edilmiş çaylarda on flavonol glikozit tespit edilmiştir. Monosakkaritler galaktoz (gala), glikoz (glu), ramnoz (rha) ve rutinozid'e (rut) konjuge olan ana flavonoller vitexin (Vit), quercetin (Que), myricetin (Myr) ve kaempferol (Kae)'dür. Myr-gala, Vit-rha, Que-gala ve Kae-gala'nın ana flavonol glikozitler olduğu görülmüştür. Yarı fermantasyon süresinin uzamasıyla birlikte, flavonol glikozitlerin ve flavonollerin toplam konsantrasyonları, flavonol diglikozitlerinin, flavonol triliglikozitlerinin ve flavonol tetraliglikozitlerinin hidrolizinden kaynaklanabilecek hafif bir artış göstermektedir. Flavonol monoglikozitler ayrıca flavonlara ve monosakkaritlere hidrolize edilebilir. Bu arada, Vit-rha, Kae-gala, Kae-rut, Vit, Que ve Kae konsantrasyonları önemli ölçüde artarken, Myr-rha, Que-rut ve Myr konsantrasyonları önemli ölçüde azalmaktadır. Kateşinler hariç flavonol glikozitlerinin çaydaki ana büzücü bileşikler olduğu bildirilmiştir. Que-gala, Que-glu, Kaeglu, Myr-glu ve Myr-gala ise çay infüzyonunun büzücü tadına

olumlu katkıda bulunmuştur (Dongmei Wang ve ark., 2001; Scharbert ve Hofmann, 2005; Wu ve ark., 2012).

Oolong çay üzerine yapılan bir çalışmada, teanın en bol bulunan amino asit olduğu ve toplam amino asitlerin %63,9-69,7'sini oluşturduğu ifade edilmiştir. Glutamik asit bir sonraki en fazla bulunan amino asit olup toplam amino asitlerin %5,4-10,0'ını oluşturmaktadır. Yarı fermantasyonun süresi arttıkça, alanin, sistein, histidin, triptofan ve lizin konsantrasyonları kademeli olarak artarken, teanın, aspartik asit, glutamik asit ve arjinin konsantrasyonları azalma göstermiştir. Yarı fermantasyon sırasında glutamik asit ve teanın konsantrasyonlarının glutamik asidin c-aminobütirik aside dönüşmesi veya şekerle reaksiyona girerek aroma bileşikleri oluşturması nedeniyle azalmış olması muhtemeldir (Liu ve ark., 2018; Wang ve ark., 2006). Önceki çalışmalar, serbest amino asitlerin çayın lezzetli tadına ve karakteristik aromasına büyük ölçüde katkıda bulunduğunu göstermiştir. Amino asitlerin genellikle tatlı bir tada veya umami tadına sahip olduğu bulunmuştur. Glisin ve alaninin önemli ölçüde güçlü bir tatlılığa sahip olduğu monosodyum glutamatın ise tipik umami tada sahip olduğu ifade edilmiştir. Teanın, çayda bulunan karakteristik bir amino asittir ve umami tat üzerinde katkısı fazla olan önemli bir bileşiktir. Çay işleme sırasında yaprakların örselenmesi, ezilmesi ve fermantasyon, bazı serbest amino asitlerin seviyelerini artıran proteinlerin parçalanmasına yol açabilir. Özellikle, protein hidrolizinden türetilmeyen teanın, glutamik asit ve etilaminden ortaya çıkar. Teanın'ın oolong çayının acılığını ve burukluğunu azaltırken, tatlılığını artırıp dengelediği bulunmuştur. c-Aminobütirik asidin oolong çayının bir diğer önemli lezzet bileşiği olduğu bulunmuştur (Suzuki ve ark., 2002; Wang ve ark., 2010).

Aroma bileşiklerinin duyuşal değerlendirme protokolleri oluşturulmuş ve kalite özellikleri bir duyuşal panel tarafından ve bazen de gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi-olfaktometri (GC-MS/O) ve elektronik burun gibi analitik yöntemlerin yardımıyla tanımlanmaktadır (Song ve Liu, 2018). Uçucu bileşenler, çeşit ve işleme yöntemindeki farklılıklar nedeniyle çeşitli çay türleri arasında farklılık gösterir ve bu da aromatik özelliklere çeşitlilik olarak yansır. Tablo 18'de, beş farklı çay türündeki öne çıkan ilk on uçucu bileşen listelenmiştir. Siyah, yeşil ve oolong çayda bulunan bazı uçucu bileşenler sahip oldukları aromatik özellikler ile birlikte ise Tablo 19'da verilmiştir (Wang ve ark., 2011; Wang ve ark., 2008).

**Tablo 18:** Farklı çay türlerinde öne çıkan ilk 10 uçucu bileşen (Wang ve ark., 2008)

| Beyaz Çay                         | Yeşil Çay                         | Oolong Çay                         | Siyah Çay                          | Pu-erh Çay                         |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Hexanal                           | (E)-Geraniol                      | (E)-Nerolidol                      | (E)-2-Hexenal                      | 1,2,3-Trimethoxy benzene           |
| (E)-2-Hexenal                     | Indole                            | Linalool                           | Linalool oxide II (cis, Furanoid)  | Linalool oxide II (cis, Furanoid)  |
| Linalool oxide II (cis, Furanoid) | (E)-Nerolidiol                    | Linalool                           | (E)-Geraniol                       | Hexanal                            |
| Linalool                          | (Z)-Hexanoic acid 3-hexenyl ester | Benzene acetaldehyde               | Benzene acetaldehyde               | Linalool oxide I (trans, Furanoid) |
| (E)-Geraniol                      | Nonanal                           | Phytol                             | Linalool oxide II (cis, Furanoid)  | Benzaldehit                        |
| Phenylethyl alcohol               | 3,7-Dimethyl-1,5,7-Octatrien-3-ol | $\alpha$ -Farnesene                | Benzen eacetaldehyde               | $\alpha$ -Terpineol                |
| Benzaldehit                       | (E)-2-Hexenal                     | Linalool oxide I (trans, Furanoid) | Linalool oxide I (trans, Furanoid) | $\beta$ -İyonone                   |
| Linalool oxide I (cis, Furanoid)  | Phytol                            | 3,7-Dimethyl-1,5,7-Octatrien-3-ol  | 3,7-Dimethyl-1,5,7-Octatrien-3-ol  | Cedrol                             |
| Benzeneacetaldehyd e              | Heptanal                          | Benzyl nitrile                     | Benzaldehit                        | Cedrol                             |
| (Z)-3-Hexen-1-ol                  | (Z)-Jasmone                       | Hexanal                            | Methyl salicylate                  | Linalool                           |

Çay yaprağında bulunan uçucu maddeler ve konsantrasyonu çay işleme sırasında ciddi oranda değişiklik gösterir. Siyah çay imalatı sırasında, otsu bir tadasahip olan ve Grup I uçucu bileşenleri arasında baskın olan trans-2-heksenal, soldurma ve fermantasyon sırasında hızla artar ve ardından kurutma sırasında keskin bir şekilde azalırken, çiçeksi ve tatlı tada sahip linalool, fenilasetaldehit ve geraniol tarafından domine edilen Grup II uçucu bileşenleri, kurutma sırasında trans-2-heksenal'e göre daha yüksek bir seviyede kalır, bu da kuru çayda lezzet indeksini arttıran bir faktördür. Siyah çayın kuvvetli soldurulması normal soldurmaya göre daha yüksek toplam uçucu bileşen vermesine rağmen, kuvvetli soldurulmuş yapraklardaki terpenoidler azalmakta, bu da siyah çayın tadı üzerinde pozitif bir etkiye sahip olan terpenoidlerin oranının düşmesine sebep olmaktadır (Mahanta ve Baruah, 1989; Ravichandran ve Parthiban, 1998b, 2000).

**Tablo 19:** Farklı fermentasyon derecesine sahip çaylarda bulunan bazı uçucu bileşenler ve bu bileşenlerin aromatik özellikleri (K. Wang et al., 2011)

| Uçucu Bileşen Adı            | Aromatik Özellik                  |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 3-methyl butanal             | Malt, acı badem, çikolata         |
| 2-methyl butanal             | Yeşil çimen, malt, badem          |
| 1-penten-3-one               | Sert, keskin                      |
| 1-penten-3-ol                | Yeşil sebze, tereyağı             |
| Pentana                      | Odunsu, vanilya, fındıksı         |
| 2-ethyl furan                | Yanmış, tatlı, kahve              |
| 2-methyl-2-butenal           | Meyvemsi yeşil                    |
| trans-2-Pentenal             | Keskin, yeşil, elma, domates      |
| Toluene                      | Algılanabilen bir koku yok        |
| 2-penten-1-ol                | Taze yeşil, metalik               |
| n-hexanal                    | Yeşil, çimensi, metalik           |
| Furfural                     | Pişmiş ekmek, badem               |
| 2-methyl-2-pentenal          | Çimenli, yeşil                    |
| trans-2-hexenal              | Kokulu, tatlı, meyveli (elma)     |
| Furfuryl alcohol             | Pişmiş şeker (düşük)              |
| cis-3-hexenol                | Taze, meyvemsi yeşil              |
| 1,4-dimethylbenzene          | Tatlı aromatik                    |
| 2-heptanone                  | Baharatsı, tarçın                 |
| cis-4-heptenal               | Yağsı, buharda pişirilmiş patates |
| n-heptanal                   | Yağsı, fındıksı, yeşil            |
| 2,5-dimethyl pyrazine        | Kavrulmuş fındık, pişmiş ekmek    |
| Benzaldehyde                 | Kokulu, tatlı, badem              |
| 6-methyl-5-hepten-2-one      | Otsu, keskin, yağsı               |
| trans, trans-2,4-heptadienal | Yağsı, fındıksı, saman, balıksı   |
| 2-ethyl-5-methylpyrazine     | Tatlı, kavrulmuş, fındıksı        |
| cis, trans-2,4-heptadienal   | Yağsı, fındıksı                   |
| y-terpinene                  | Turunçgiller                      |
| Benzyl alcohol               | Hafif tatlı, kavrulmuş            |
| Phenylacetaldehyde           | Çiçeksi, leylak                   |
| $\alpha$ -isophorone         | Tatlı yeşil, tütün                |
| 3,5-octadien-2-one           | Meyvemsi, saman, oksitlenmiş      |
| cis-linalool oxide           | Tatlı çiçeksi, yeşil, meyvemsi    |
| 6-methyl-3,5-heptadien-2-one | Odunsu, baharatlı, tarçın         |
| trans-linalool oxide         | Tatlı çiçeksi, narenciye, meyveli |
| Linalool                     | Çiçeksi, leylak                   |
| Benzyl acetate               | Çiçeksi, meyvemsi, tatlı, taze    |
| 3,5-diethyl-2-methylpyrazine | Kavrulmuş, fındıksı, sebze        |
| 4-ethylbenzaldehyde          | Acı ve tatlı, badem               |
| n-furfurylpyrrole            | Sebzeli, soğan, yeşil             |
| Methyl salicylate            | Tatlı, baharatsı, naneli          |
| Safranal                     | Otsu (safran)                     |
| 3,4-dimethylbenzaldehyde     | Hoş kokulu, acı badem             |

**Tablo 19. Devamı**

|                             |                                     |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| $\beta$ -cyclocitral        | Hafif yeşil, naneli, meyveli        |
| Geraniol                    | Çiçeksi (gül), tath                 |
| Citral                      | Narenciye, limon                    |
| Indole                      | Fındıksı, çiçeksi                   |
| trans- $\beta$ -damascenone | Gül benzeri                         |
| cis-jasmone                 | Çiçeksi (yasemin)                   |
| $\alpha$ -ionone            | Odunsu, meyvemsi, çiçeksi, fındıksı |
| Geranyl acetone             | Çiçekli (gül), taze meyvemsi        |
| $\beta$ -ionone             | Odunsu, çiçeksi (gül, menekşe)      |
| Cadinene                    | Baharatsı odunsu                    |
| Nerolidol                   | Çiçeksi (gül), elma, yeşil          |

Kuvvetli soldurmanın siyah çayın duyuşal kalitesine negatif etkisinin olduğu düşünölmektedir. Yeşil çay işlemedeki uçucu madde değışimleri ise siyah çaydakilerden daha farklıdır. Lipitler ve yağ asitleri aromatik uçucu maddelerin önemli öncülleri olup lipit içeriğindeki/yağ asitlerindeki değışimlerin çayda üretilen uçucu maddelerle ilişkili olduğu bilinmektedir. Çay yaprağındaki lipitler, sırasıyla toplam lipitlerin yaklaşık %50, %35 ve %15'ini oluşturan glikolipidler, nötr lipitler ve fosfolipidlerden oluşmaktadır. Soldurma ve kurutma sürecinde lipitlerde/yağ asitlerinde önemli kayıplar olurken, kıvrırma ve fermentasyon süreçlerinde lipit/yağ asidi içeriklerindeki değışimler ise daha azdır. Siyah ve yeşil çayın üretim basamaklarının Grup I uçucu bileşeni Trans-2-hexenal ve Grup II uçucu bileşeni Geraniol üzerindeki etkisi Tablo 20'de verilmiştir (Mahanta ve Baruah, 1989; Ravichandran ve Parthiban, 1998b, 2000).

**Tablo 20:** Siyah ve yeşil çay üretim basamaklarının Trans-2-hexenal ve geraniol üzerindeki etkisi (Ravichandran ve Parthiban, 1998b)

| Uçucu Bileşenler | Çay Çeşitleri | İmalat aşamaları |                |                |
|------------------|---------------|------------------|----------------|----------------|
|                  |               | A                | B              | C              |
| Trans-2-hexenal  | Yeşil çay     | 52,619 ± 3,284   | 0,482 ± 0,139  | 0,205 ± 0,111  |
|                  | Siyah çay     | 52,619 ± 3,284   | 60,906 ± 4,969 | 14,261 ± 0,235 |
| Geraniol         | Yeşil çay     | 13,997 ± 2,845   | 0,982 ± 0,039  | 0,844 ± 0,05   |
|                  | Siyah çay     | 13,997 ± 2,845   | 14,885 ± 0,425 | 15,05 ± 0,297  |

A= Yaş yaprak; B= Yeşil çay için buharla şoklama ve siyah çay için fermentasyon aşaması; C= Kuru çay

Hekzanal, trans-2-oktenal, trans-2,4-heptadienal, cis-2,4-heptadienal,  $\beta$ -siklositral ve  $\beta$ -ionon gibi birçok aromatik uçucu bileşenin seviyeleri siyah çay depolanması sırasında büyük ölçüde artar. Bu uçucu bileşenlerdeki değişiklikler çay aroma kalitesinin göstergesi olarak ve çeşitli sürelerde depolanmış çayları ayırt etmede bir indikatör olarak kullanılabilir. Oolong çayının depolanması sırasında, uzun düz zincirli alkoller ve asitler parçalanırken, daha kısa zincirli asitler, bunların amid türevleri ve birçok azot içeren bileşik üretilir. N-etilsüksinimid, 2-asetilpirol, 2-formilpirol ve 3-piridinol gibi azot içeren uçucuların karakteristik aromaları, eski oolong çayının tipik bileşenleri olarak kabul edilir. Yeşil çayın oda sıcaklığında depolanması sırasında, uçucu maddeler olan 1-penten-3-ol, cis-2-penten-1-ol, trans-2-cis-4-heptadienal ve trans-2-trans-4-heptadienal'in seviyeleri, özellikle düşük kaliteli çayda ve Ban-cha'da (kaba sürgünler kullanılarak işlenen, daha çok sap ve dal içeren ucuz bir Japon yeşil çayı) belirgin şekilde artarken, karotenoidlerin oksidasyonu ile oluşan  $\alpha$ -iyonon,  $\beta$ -iyonon,  $\beta$ -siklositral, 5,6-epoksi- $\beta$ -iyonon ve dihidroaktinidiolid gibi iyonon türevlerinde ise hafif bir artış gözlenmiştir. Yeşil çay işlenmeden önce taze çay yaprağının depolanmasının da çayın uçucu bileşenlerini etkilediği tespit edilmiştir. Düşük sıcaklıkta (15 °C) depolanmış yapraklar kullanılarak işlenen yeşil çayın, oda sıcaklığında (25 °C) depolanandan daha yüksek seviyelerde çiçeksi, meyvemsi ve tatlı aromalara sahip olduğu görülmüştür. Taze yaprakların depolanması sırasında, indol başlangıçta artmış ve daha sonra kademeli olarak azalmıştır (Hara ve Kubota, 1982; Katsuno ve ark., 2014; Kuo ve ark., 2011; Springett ve ark., 1994).

### 11.9. Duyusal Değerlendirme

Çayların imalatı sonrası kalite bileşenleri açısından zenginlik her ne kadar önemli bir kıstas olsa da çayların duyusal olarak tüketici tarafından yüksek beğeni alması, o çayı tüketici gözünde değerli kılar. Çayın duyusal değerlendirilmesi, çay için özel olarak tasarlanmış duyusal değerlendirme ekipmanları kullanılarak yapılır. Duyusal analizde kullanılan ekipmanlar Şekil 14'te verilmiştir.





**Şekil 14:** Çay duyuşal tadım ekipmanları

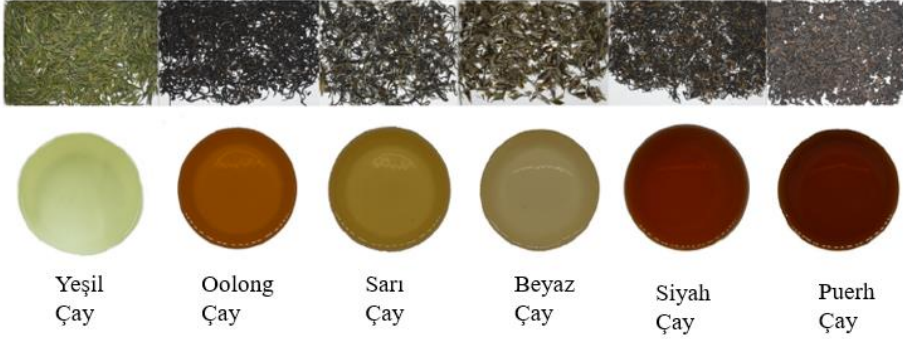
Demleme için kullanılan kapların küçük olanı kabın ağzından 4-6 mm aşığına kadar su ile doldurulduğunda 140 mL, büyük olanı ise 285 mL kadar su almaktadır. Demleme işleminde, kaba kuru çay koyulur ve üzerine taze kaynamış su ilave edilip kapağı kapatılır. Demleme süresi sonunda çay posasının demin süzüleceğı kaba kaçmasını önlemek için, kapağı açılmadan, süzülecek fincana demleme kabının ağzının tırtıklı tarafından çayın demi fincana süzülür. Ardından kapak açılıp ters tutulur, içine demlendirilmiş çay yaprakları alınır ve posa incelenmek üzere kapak ters durumda boşalmış kabın üzerine yerleştirilir. İnce ve toz kuru çaylar kullanıldığında, demin süzüldeğı fincana duyuşal değerlendirmeyi etkilememesi adına dikkatli davranılmalı ve gerekirse bir süzgeç kullanılarak süzme işleminde yapılmalıdır.

Çayın duyuşal değerlendirmesi esnasında, objektif, tarafsız ve tutarlı değerlendirmeler ortaya koyabilmek için ortamın kontrollü, nötr bir ortam olmasına dikkat edilmelidir. Bu hususta,

- Ortam sessiz, dış kokulardan ve dikkat dağıtıcı faktörlerden uzak olmalı,
- Aydınlatma, genel olarak beyaz veya gün ışığı ayarında bir ışık kaynağı altında, çayın ve demin görüntüsünü bozmayacak, değerlendirmeyi etkilemeyecek ölçüde sabit, gözlemi kolaylaştıracak bir ışık olmalı,

- Ortamın oda sıcaklığı ve nem değerleri, panelistleri etkilemeyecek, çayın tat ve aromasının doğru bir şekilde algılanmasını sağlamaya yardımcı olacak şekilde ayarlanmalı
- Değerlendirme esnasında, tadımcıların birbirinden söz, mimik, görsellik anlamında etkilenmeyecekleri ve gizliliğin korunacağı bir ortam oluşturulmalıdır.

Ayrıca önyargıyı ortadan kaldırmak için, örneklerin marka ve köken bilgisi gibi değerlendirmeye etki edebilecek bilgiler içermeden, numaralanarak veya kodlanarak tadımcılara sunulması hususu önem arz eder. Son olarak, tadımcıların ilgili değerlendirme formlarına skorladıkları değerlendirmeleri, bir görevli tarafından toplanarak verileştirilir ve gerek sadece tadım üzerinden gerekse de diğer parametrelerle ilişkilendirilerek yorumlanır. Bazı çay çeşitlerine ait dem rengi ve kuru çay görüntüsüne ait görsellere Şekil 15'te yer verilmiştir.



**Şekil 15:** Altı farklı çay çeşidinin kuru çay ve dem görüntüsü (Wang ve ark., 2022)

### 11.9.1. Siyah Çay

Theaflavinler ve thearubiginler, siyah çayın tadından ve görünüşünden sorumlu kimyasallardır. Siyah çayda TF'ler canlılığını, parlaklığını, burukluğunu ve rengini sağlarken, TR'ler damak tadına (kalınlık) ve renge katkıda bulunurlar. Bu nedenle, thearubiginler, toplam renk ve parlaklık, saf siyah çayın kalite kriterleridir (Anonim, 1983; H. Wang ve ark., 2022). TS 3907: Çay-Duyusal Değerlendirme için Hazırlama” metodundaki düzenek hazırlanıp 2,83 g  $\pm$ 0,1 g tartılır ve üzerine yaklaşık 140 ml kaynamış su ilave edilerek 6 dk bekletilerek demlenip süzülür. Siyah çay duyusal olarak

değerlendirilirken siyah çay duyuşal değerlendirme tablosu üzerinde değerlendirme, ağırlıkları farklı olan 5 kriter üzerinden yapılır. Demleme öncesi kuru çay üzerinden fiziki bir değerlendirme yapıldıktan sonra, demleme sonrası, demin renk profili, burukluğu/dolgunluğu, demin aroması üzerinden bir değerlendirme yapılır. Son olarak demleme sonrası geride kalan posa da rengi ve kokusu üzerinden değerlendirme kriterleri kapsamında incelenerek, çayın duyuşal değerlendirme sonundaki genel skoru ortaya çıkarılır. Siyah çay duyuşal değerlendirme formu Tablo 21'de (Anonim, 1983; Kaçar, 1987) ve örnek bir siyah çay duyuşal değerlendirme görüntüsü Şekil 16'da verilmiştir.

**Tablo 21:** Siyah çay duyuşal değerlendirme formu (Anonim, 1983; Kaçar, 1987)

| ÇAYIN DUYUSAL ÖZELLİKLERİ                   |              | DEĞERLENDİRME  | PUANLAMA   | TADIM PUANLAMASI |
|---|--------------|--|------------|------------------|
| <b>Kuru Görünüşü</b>                        | <b>Çayın</b> | Düştün görünüşlü, siyah veya koyu bakır renkli olmalı, lif ve çöp içermemeli   | <b>10</b>  |                  |
| <b>Dem Rengi</b>                            |              | Koyu kırmızı veya kırmızımsı görünüşte parlak olmalı, mat ve bulanık, tortulu veya esmerimsi olmamalı                                      | <b>25</b>  |                  |
| <b>Burukluk, Dolgunluk</b>                  |              | Dil çeker durumda buruk olmalı ve dolgun özellikte bulunmalı   | <b>30</b>  |                  |
| <b>Dem Artığının (posa) Rengi ve Kokusu</b> |              | Mütecanis ve uygun bir bakır kırmızısı renkte olmalı, yeşil yaprak olabildiğince az, posadaki yapraklar parlak olmalı ve kararmış olmamalı | <b>15</b>  |                  |
| <b>Demin Aroması</b>                        |              | İyi çaya has ve hoş olmalıdır  | <b>20</b>  |                  |
| <b>TOPLAM</b>                               |              |  | <b>100</b> |                  |



Şekil 16: Siyah çay duyusal değerlendirilmesi

Siyah çayın burukluğu cezbedici ve cezbedici olmayan burukluk olarak ikiye ayrılmıştır. Cezbedici keskin buruklukta, ağızdaki yudum sonrasında ağız hafif buruşuran, büzen keskin bir tat kalırken, cezbedici olmayan buruklukta tatsız, yavan, ağızda kuruluk hissi bırakan ve ağızda etkisi daha uzun süre kalan (60 s'den fazla) bir tat tarif edilmiştir. Kafein ve polifenoller de siyah çayın arzu edilen keskin burukluğuna katkıda bulunmaktadır. Öte yandan renk, tüketici tercihlerinin yanı sıra tadı da etkileyen önemli parametrelerden biridir. Hoş aroma ve tadın yanı sıra idem renginin de parlak ve canlı olması arzulanır. Theaflavin-3-gallat ile toplam renk ve demin parlaklığı arasında güçlü bir doğrusal korelasyon olduğunu gösteren araştırmalar, TF'nin çayın demine parlaklığını verirken, TR'nin demin rengi ve koyuluğuna, kuvvetine ve damak tadına etki ettiğini göstermiştir (Kumazawa ve Masuda, 2002; Okinda Owuor ve ark., 2006; Roberts, 1962; Roberts ve Smith, 1963b; Sanderson ve ark., 1976). Siyah çayda glikoz, sakkaroz, fruktoz, L-serin, L-alanin, glisin, L-ornitin, L-prolin ve L-treonin gibi tatlı tadı olan bileşikler bulunur (Scharbert ve Hofmann, 2005). Çayın yapısında bulunan bileşenlerin çaya verdikleri

renkler Tablo 22'de verilmiştir (Bhattacharyya ve ark., 2008; Nakagawa, 1970).

**Tablo 22:** Çayda bulunan bileşenlerin çaya verdiği renkler (Bhattacharyya ve ark., 2008)

| Bileşenler  | Renk                  |
|---|-----------------------|
| Teaflavinler  | Sarımsı kahverengi    |
| Tearubiginler   | Kırmızımsı kahverengi |
| Flavonol glikozitler (quercetin, kaempferol ve myricetin'in glikozitleri) | Açık sarı             |
| Feoforbit   | Kahverengimsi         |
| Feofitin  | Siyahımsı             |
| Karoten   | Sarı                  |

Yapılan bir çalışmada kaba yaprak ve körpe yaprak toplanarak siyah çay imalatı yapılmış ve toplama standardının duyuşal karakter üzerinde önemli bir etki ortaya koyduğu görülmüştür. Duyusal değerlendirme sonuçları Tablo 23'te verilmiştir (Naheed ve ark., 2007).

**Tablo 23:** Toplama standardının duyuşal değerlendirmeye etkisi (Naheed ve ark., 2007).

| Yaprağın hasat şekli | Renk           | Lezzet   | Aroma    | Kuvvet    | Dem        |
|----------------------|----------------|----------|----------|-----------|------------|
| İyi                  | Parlak kırmızı | Mükemmel | Mükemmel | Çok iyi   | Dengeli    |
| Kaba (%50)           | Açık kırmızı   | İyi      | Orta     | Orta      | Dengesiz   |
| Kaba (%100)          | Zayıf          | Kötü     | Sıfır    | Çok düşük | Zayıf/otsu |

### 11.9.2. Yeşil Çay

Fermente olmayan veya yarı fermente çaylar polifenol içeriği açısından daha zengindir. Bu sebeple, duyuşal olarak çayların çoğu daha acı bir tada sahiptir, ancak acı bileşikler işlendikten sonra dönüştürüldüğünde bazı küçük değişiklikler olur. Kateşinler, özellikle (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), yeşil çayın veya diğer yarı fermente edilmiş çayların acımsı ve büzücü tadında baskın bileşiktir (Rossetti ve ark., 2008). Yeşil çay deminin komplike duyuşal karakteri, acılığa, burukluğa, umami tada ve son kısımda hissedilen tatlılığa

dayanır. Burukluk, hidrolize edilebilir ve yoğunlaştırılmış tanenlerin yeşil çayın çok önemli bir duyuşal özelliğidir. Flavan-3-ol monomerleri, fermente olmamış çayların ana bileşikleri oldukları için yeşil çay deminin acı ve buruk özelliklerine de katkıda bulunur. Acımsı ve umami tatlardan farklı olarak burukluk, tanenler ve prolin açısından zengin proteinler arasındaki kovalent olmayan etkileşimin neden olduğu büzüleme, çekilme, kopma, kuruma ve sürtünme gibi kapsamlı bir hisse dayanmaktadır (Granato ve ark., 2014; Susanne Scharbert ve ark., 2004).

Önceki çalışmalarda, yeşil çayın umami tat yoğunluğunun yaklaşık %70'inin amino asitlerle, özellikle L-glutamik asit ve L-glutamatla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde, L-teanine, süksinik asit, gallik asit ve theogallin, matcha'nın umami tadını artırıcı bileşimler olduğu ifade edilmiştir. L-teanine, yeşil çay yapraklarındaki toplam amino asitlerin %50'sinden fazlasını oluşturduğu için çay infüzyonunun umami tadına önemli bir katkıda bulunan bileşim olduğu bildirilmiştir. L-alanin, L-glisin, L-serin, L-prolin ve L-treonin gibi tatlı aminoasitler yeşil çay ve oolong çayı demlerinde tespit edilmiştir (Xu ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2020).

"TS 3907: Çay-Duyusal Değerlendirme için Hazırlama" metodundaki düzenek hazırlanıp 1,6 g  $\pm$  0,1 g tartılır ve üzerine yaklaşık 140 ml kaynamış su ilave edilerek 4 dk 6-7 dk bekletilerek demlenip süzülür. Yeşil çay duyuşal olarak değerlendirilirken yeşil çay duyuşal değerlendirme tablosu üzerinde değerlendirme, ağırlıkları farklı olan 5 kriter üzerinden yapılır. Demleme öncesi kuru çay üzerinden fiziki bir değerlendirme yapıldıktan sonra, demleme sonrası, demin renk profili, tat ve aroması üzerinden bir değerlendirme yapılır. Son olarak demleme sonrası geride kalan posa da değerlendirme kriterleri kapsamında incelenerek, çayın duyuşal değerlendirme sonunda her bir kriterin aldığı skor toplanarak genel skor ortaya çıkarılır. Yeşil çay duyuşal değerlendirme formu Tablo 24'te (Anonim, 1983, 2023) ve örnek bir yeşil çay duyuşal değerlendirme görüntüsü Şekil 17'de verilmiştir. Çay deminde flavonol glikozitlerinden kaynaklanan burukluk, büzücülüğün yanı sıra, epikateşinlerin ve bunların gallatlarının çayda, özellikle yeşil çayda acı ve büzücü-buruk tat veren temel bileşimler olduğu ifade edilmiştir. Çay polifenollerini, özellikle gallatlanmış kateşinler, duyuşal değerlendirmelerde acılıkla ilişkilendirilmiştir. Gallatlanmış kateşinler tükürük proteinlerine

bağlanabilir ve daha sonra ağız sıvısının kayganlığını azaltırken, polifenol-protein kompleksleri algılanan büzücülüğün kaynağı olarak ifade edilebilir.

**Tablo 24:** Yeşil çay duyuşal değerlendirme formu (Anonim, 1983, 2023).

| NUMUNENİN ÖZELLİKLERİ                | DEĞERLENDİRME  | PUAN       |
|--------------------------------------|--|------------|
| <b>Kuru Çayın Görünüşü</b>           | Homojen görünüşlü, lifsiz, koyu yeşil ile sarımsı yeşil arası renkte olmalıdır.                                  | 10         |
| <b>Posanın Görünüşü</b>              | Homojen, doğal yeşil yaprak renginde olmalı, kahverengi ve siyah parçacıklar olmamalıdır.                        | 15         |
| <b>Likörün Rengi</b>                 | Berrak, sarımsı-yeşil renkte olmalıdır. (Aromalı çaylar için, aromadan kaynaklanan renk değişimi olabilir.)      | 25         |
| <b>Likörün Damakta Bıraktığı Tat</b> | Hafif acımsı, buruk bir tat olmalıdır. (Aromalı çaylar için, aroma tadı hissedilmelidir.)                        | 30         |
| <b>Likörün Aroması</b>               | Yeşil çaya özgü, hoş, hafif kavrulmuş, çimensi bir koku olmalıdır. (Katkı olarak eklenen aroma hissedilmelidir.) | 20         |
| <b>TOPLAM</b>                        |  | <b>100</b> |



**Şekil 17:** Yeşil çay duyuşal değerlendirmesi

Yeşil çay deminin acılığı ile EGCG ve ECG konsantrasyonlarının yüksek oranda ilişkili olduğu, burukluğunun ise ECG ve mirisetin 3-O-galaktozid ve kuersetin-3-O-rutinoid (rutin) konsantrasyonlarına bağlı olduğu ifade edilmiştir (Kallithraka ve ark., 2000; Xu ve ark., 2018). Çayın tadına etki eden bileşenler Tablo 25'te verilmiştir (Scharbert ve Hofmann, 2005).

**Tablo 25:** Çayın tadına etki eden ana bileşenler (Scharbert ve Hofmann, 2005).

| Tat            | Bileşenler   | Hissedilebilir Eşik Seviyesi                                      |   |          |
|----------------|--|---|---|----------|
| Umami          | l-theanine   | 24.0 mM   |   |          |
|                | succinic acid  | 0.9 mM  |   |          |
|                | gallic acid  | 0.2 mM  |   |          |
|                | theogallin   | 0.09 mM   |   |          |
|                | epigallocatechin-3-gallate                                       | 190 µM  |   |          |
|                | theaflavin   | 16 µM   |   |          |
|                | catechin   | 410 µM  |   |          |
|                | theaflavin-3'-digallate  | 13 µM   |   |          |
|                | Burukluk   | epicatechin-3-gallate (EGC)                                       | 260 µM  |          |
|                |  | theaflavin-3-gallate  | 15 µM   |          |
|                |  | epicatechin   | 15 µM   |          |
|                |  | epigallocatechin (EGC)  | 520 µM  |          |
|                |  | gallocatechin (GC)  | 540 µM  |          |
|                |  | catechin-3-gallate (CG)   | 930 µM  |          |
|                | gallocatechin-3-gallate (GG)                                     | 250 µM  |   |          |
|                | theaflavic acid  | 24 µM   |   |          |
| Ağızda kuruluk | quercetin-3-O-[R-α-rhamnopyranosyl-(1 → 6)-β-D-glucopyranoside]  | 0.00115 µM  |   |          |
|                | kaempferol-3-O-[R-α-rhamnopyranosyl-(1 → 6)-β-D-glucopyranoside] | 0.25 mM   |   |          |
|                | quercetin-3-O-β-galactopyranoside                                | 0.43 µM   |   |          |
|                | quercetin-3-O-α-galactopyranoside                                | 0.65 µM   |   |          |
|                | kaempferol-3-O-β-glucoyanoside                                   | 0.67 µM   |   |          |
|                | myricetin-3-O-β-glucoyanoside                                    | 2.10 µM   |   |          |
|                | Kadifemsi  | quercetin-3-O-[R-α-rhamnopyranosyl-(1 → 6)-β-D-galactopyranoside] | 1.36 µM   |          |
|                |  | Burukluk  | myricetin-3-O-β-galactopyranoside   | 2.70 µM  |
|                |  |   | kaempferol-3-O-β-glucoyanoside  | 19.80 µM |
|                |  |   | quercetin-3-O-[R-α-rhamnopyranosyl-(1 → 3)-O-R-α-rhamnopyranosyl-(1 → 6)-O-β-D-glucoyanoside] | 18.40 µM |
|                | kaempferol-3-O-[R-α-rhamnopyranosyl-(1 → 2)-β-D-glucoyanoside]   | 2.80 µM   |   |          |
|                | myricetin-3-O-[R-α-rhamnopyranosyl-(1 → 6)-β-D-glucoyanoside]    | 10.50 µM  |   |          |



|        |  |              |
|--------|--|--------------|
|        | kaempferol-3-O-[R- $\alpha$ -rhamnopyranosyl-<br>(1 $\rightarrow$ 3)-O-R- $\alpha$ -rhamnopyranosyl-<br>(1 $\rightarrow$ 6)-O- $\beta$ -D-glucopyranoside] | 5.80 $\mu$ M |
| Acılık | Caffeine   | 500 $\mu$ M  |

### 11.9.3. Oolong Çay

Oolong Çay Duyusal değerlendirme formunda aroma, tat ve renk parametreleri ağırlıklandırılmış derecelendirmeye tabii tutulmuştur. Burada aroma %40, renk %30 ve tat %30 bir ağırlıkla değerlendirilmiş olup, her bir kriterin aldığı puan ağırlıklandırma kat sayısı ile çarpılarak (aroma:0,4/renk:0,3/tat:0,3) elde edilen sonuçlar toplanarak genel değerlendirme hesaplanır. Oolong çay yarı fermente çay olarak kabul edilmekle birlikte, fermentasyon aralığı %20-%70 arasında değişebilmektedir. Bu durum da kuru çayın oksidasyon kaynaklı olarak görüntüsüne yansımaktadır. Bununla beraber boyutsal olarak da kesin bir ayrıma sahip değildir. Bu sebeple, duysal değerlendirme, kendi içerisinde ağırlıkları farklı olmakla birlikte, aroma, tat ve renk parametreleri üzerinden yapılmıştır. TS 3907: Çay-Duyusal Değerlendirme için Hazırlama” metodundaki düzenek hazırlanıp 2,0g  $\pm$ 0,1 g tartılıp üzerine yaklaşık 200 ml kaynamış ve dinlendirilmiş 80 °C sıcaklıkta su ilave edilerek 5 dk bekletilerek demlenir ve ardından süzülür. Oolong çaya ait duysal değerlendirme Tablo 26’da verilmiştir (Anonim, 1983, 2022). Örnek bir oolong çay duysal analiz görüntüsüne Şekil 18’de yer verilmiştir.



**Şekil 18:** Tescilli ve tescile aday klonlardan üretilen mamul oolong çay numunelerinin duysal analiz aşaması

**Tablo 26:** Oolong çay duyuşal analiz değerlendirme formu (Anonim, 1983, 2022).

| Değerlendirme Parametreleri | Duyusal Karakteristik Tanımı  | % Puanlama    |
|-----------------------------|---|---------------|
| Aroma                       | Yoğun aroma, kuvvetli meyvemsi çiçeğimsi, üst düzeyde uzun süre hissedilir. | <b>90-100</b> |
|                             | Meyvemsi çiçeğimsi, uzun süre hissedilir.                                   | <b>80-90</b>  |
|                             | Kısa süreli hissedilen yüksek aroma   | <b>70-80</b>  |
|                             | Belli, belirsiz az hissedilen aroma   | <b>60-70</b>  |
|                             | Zayıf aroma   | <b>50-60</b>  |
|                             | Aroma yok   | <b>40-50</b>  |
| Tat                         | Dolgun, yumuşak, yağ gibi kaygan içim sonrası ağızda bariz tatlı bir tat    | <b>90-100</b> |
|                             | Dolgun ve yumuşak, tadım sonrası tatlı bir tat                              | <b>80-90</b>  |
|                             | Yumuşak, dolgunluk yok, tadım sonrası tatlı bir tat                         | <b>70-80</b>  |
|                             | Yumuşak, dolgunluk yok, tadım sonrası belli belirsiz olmayan tat            | <b>60-70</b>  |
|                             | Sade, yavan, dolgunluk yok  | <b>50-60</b>  |
|                             | Dolgun olmayan, tatsız, boş   | <b>40-50</b>  |
| Renk                        | Turuncumsu sarı veya turuncumsu kırmızı parlak                              | <b>90-100</b> |
|                             | Turuncumsu sarı, açık parlak  | <b>80-90</b>  |
|                             | Sarı, açık parlak   | <b>70-80</b>  |
|                             | Sarı  | <b>60-70</b>  |
|                             | Sarımsı   | <b>50-60</b>  |
|                             | Açık  | <b>40-50</b>  |

Yeşil, siyah ve oolong çayın üretim aşamaları, biyokimyasal özellikleri ve duyuşal karakteristiklerinin kıyaslandığı bir değerlendirme Tablo 27'de verilmiştir (Zhang ve Ruan, 2016).

**Tablo 27:** Yeşil, siyah ve oolong çayın biyokimyasal bileşenleri (mg/g, KM) ve duyuusal karakteristik özellikleri (Zhang ve Ruan, 2016).

|                                   | Yeşil çay   | Siyah çay  | Oolong çay   |
|-----------------------------------|---|--|--|
|                                   | Soldurma  | Hayır  | Evret  |
|                                   | Şoklama   | Evret  | Hayır  |
| Proses aktışı                     | Kıvırma/CTC   | Evret  | Evret  |
|                                   | Fermentasyon  | Hayır  | Hayır  |
|                                   | Kurutma   | Evret  | Evret  |
|                                   | Kateşinler  | 60-150   | 50-70  |
|                                   | Theaflavinler (TF)  | ~1   | 3-10   |
|                                   | Thearubiginler (TR)   | ~10  | 40-110   |
|                                   | Theabrownin   | ND   | ~20  |
|                                   | Teanin  | 15-20  | 10-20  |
|                                   | Amino asitler   | 30-40  | 30-35  |
|                                   | Peptitler/protein   | 130-170  | 130-160  |
| Temel bileşenler                  | Organik asitler   | 10-15  | 18-25  |
|                                   | Şekerler  | 20-30  | 20-40  |
|                                   | Diğer karbonhidratlar   | 180-270  | 170-270  |
|                                   | Lipidler  | 35-75  | 40-80  |
|                                   | Kafein  | 30-40  | 30-40  |
|                                   | Diğer metilksantinler   | 2-2,5  | 2-2,5  |
|                                   | Mineraller/kül  | ~60  | ~60  |
|                                   | Klorofil  | 1-5  | 0,1-0,2  |
|                                   | Uçucu bileşenler  | 0,2-0,5  | 0,1-0,3  |
| Renk                              | Kırmızılık veya kahverengilik içermeyen yeşilimsi veya sarımsı-yeşil renk | Parlak kırmızimsı ve kahverengi                                      | Kırmızimsı-kahverengi (ortadan kuvvetliye fermente); koyu yeşilimsi (hafif fermente) |
| Duyuusal karakteristik özellikler | Tat   | Kuvvetli burukluk ve acılık, orta umami ve tatlılık ve hafif ekşilik | Yumuşak ve tatlı, zayıf burukluk ve yeşil çaya göre daha fazla tatlılık              |
| Aroma                             | Tazelik içeren lezzet/aroma   | Tatlı ve zengin aroma  | Meyvemsi ve çiçeksi  |

#### 11.9.4. Beyaz Çay

TS 3907: Çay-Duyusal Değerlendirme için Hazırlama” metodundaki düzenek hazırlanıp 2,5 g  $\pm$ 0,1 g tartılır ve üzerine yaklaşık 200 ml kaynatılmış ve dinlendirilmiş 80 °C sıcaklıkta su ilave edilir, ardından 6-7 dk bekletilerek demlenip süzülür (Anonim, 1983; Anonim, 2024b). Beyaz çay duyusal olarak değerlendirilirken beyaz çay duyusal değerlendirme tablosu üzerinde değerlendirme, ağırlıkları farklı olan 5 kriter üzerinden yapılır. Demleme öncesi kuru çay üzerinden fiziki bir değerlendirme yapıldıktan sonra, demleme sonrası, demin renk profili, tat ve aroması üzerinden bir değerlendirme yapılır. Son olarak demleme sonrası geride kalan posa da değerlendirme kriterleri kapsamında incelenerek, çayın duyusal değerlendirme sonunda her bir kriterin aldığı skor toplanarak genel skor ortaya çıkarılır. Beyaz çay duyusal değerlendirmesi Tablo 28’de verilmiştir (Anonim, 2021).

**Tablo 28.** Beyaz Çay Duyusal Değerlendirme Tablosu (Anonim, 2021).

| NUMUNENİN ÖZELLİKLERİ                | DEĞERLENDİRME   | PUAN       |
|--------------------------------------|---|------------|
| <b>Kuru Çayın Görünüşü</b>           | Homojen görünümlü, etli, parlak renkli ve küçük beyaz tüylerle kaplı olmalıdır. Görünümleri yeknesak olmalı, sap veya yaprak içermemelidir. Okside olan parçacıklar ve tomurcuklar kırık olmamalıdır. | 10         |
| <b>Posanın Görünüşü</b>              | Homojen, doğal yeşil yaprak renginde olmalı, kahverengi parçacıklar ve sap olmamalıdır.   | 15         |
| <b>Likörün Rengi</b>                 | Parlak berrak bir liköre sahip olmalıdır. Likör, yüzen beyaz tüylerin ortaya çıkması ve ışığı yansıtması ile çarpıcı soluk sarı bal renkte olmalıdır.   | 25         |
| <b>Likörün Damakta Bıraktığı Tat</b> | Tadı ve kokusu leziz, kalıcı kokusu, buruk ve acı olmayan ve çimensin koku içermeyen hafif taze, yumuşak ve hafifçe tatlı olmalıdır.  | 30         |
| <b>Likörün Aroması</b>               | Buruk olamayan, yüksek aromalı beyaz çaya özgü, hoş, çimenimsi bir koku olmamalıdır. Belirgin çiçeksi, hafif meyvemsi aromaya sahip olmalıdır.  | 20         |
| <b>TOPLAM</b>                        |   | <b>100</b> |

Örnek bir beyaz çay duyusal değerlendirme görüntüsüne Şekil 19’da yer verilmiştir.



**Şekil 19:** Tescilli ve tescile aday klonlardan üretilen mamul beyaz çay numunelerinin duyuusal analiz aşaması

### 11.10. Türk Gıda Kodeksi Çay Tebliği ve Siyah ve Yeşil Çayın Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Çay ticaretinde ürünü standardize etmek ve kaliteyi korumak için hem uluslararası hem de ulusal standartlar belirlenmiştir. Ülkemizde satılan çayların ticari olarak dolaşıma sokulabilmesi ve tüketici lehine bir regülasyon oluşturmak amacıyla çeşitli kalite parametrelerini karşılaması gereken fiziksel ve kimyasal özellikler belirlenmiş ve bu kriterler Türk Gıda Kodeksi Çay Tebliği ile sunulmuştur (Tablo 29) (Anonim, 2015).

Tebliğde toplam toz çay miktarı, okside olmamış parça, toplam kül, su ekstraktı, ham selüloz, suda çözünen külde alkalilik, %10'luk hidroklorik asitte çözünmeyen kül, kafein, suda çözünen kül, nem oranı, toplam polifenol ve toplam kateşin, fiziksel ve kimyasal kriterler olarak belirlenmiş olup, toplam polifenol ve toplam kateşin sadece yeşil çay için, diğer kriterler hem siyah hem de yeşil çay için ortak parametreler olarak belirlenmiştir.

#### 11.10.1. Toplam Toz Çay Miktarı

Çay, imalat esnasında yaprakların ezilip, bükülmesi, kıvrılması, parçalanması gibi mekanik işlemler sebebiyle partikül boyutunda küçülmeler gerçekleşmekte, bunun sonucunda da "toz" olarak bilinen küçük parçacıklar ortaya çıkmaktadır. Bu toz parçacıkları çayın kalitesini ve lezzet profilini etkileyebilir ve genellikle daha hızlı demlenmeye ancak daha buruk bir tada neden olur.

**Tablo 29:** Türk Gıda Kodeksi Çay Tebliği Siyah ve Yeşil Çay Fiziksel ve Kimyasal Özellikler (Anonim, 2015).

| Özellikler  | Değerler           |                         |                    |                         |
|---|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
|   | Siyah Çay          | Siyah Çay (Süzen Poşet) | Yeşil Çay          | Yeşil Çay (Süzen Poşet) |
| Toplam Toz Çay Miktarı (g/g) (%)<br>(Tanecik Boyutu ≤ 355 µ)      | En çok 14          | En çok 35               | En çok 14          | En çok 35               |
| Okside Olmamış Parça (g/g) (%)                                    | En çok 8           | En çok 8                | -                  | -                       |
| Toplam Kül (Kuru Madde) (g/g) (%)                                 | En az 4 - En çok 8 | En az 4 - En çok 8      | En az 4 - En çok 8 | En az 4 - En çok 8      |
| Su Ekstraktı (Kuru Madde) (g/g) (%)                               | En az 29           | En az 32                | En az 32           | En az 32                |
| Ham Selüloz (Kuru Madde) (g/g) (%)                                | En çok 16,5        | En çok 15,0             | En çok 16,5        | En çok 15,0             |
| Suda Çözünen Kütle Alkalilik (KOH Cinsinden) (Kuru Madde) (%)     | En az 1 - En çok 3 | En az 1 - En çok 3      | En az 1 - En çok 3 | En az 1 - En çok 3      |
| % 10'luk Hidroklorik Asitte Çözünmeyen Kül (Kuru Madde) (g/g) (%) | En çok 1           | En çok 1                | En çok 1           | En çok 1                |
| Kafein (Kuru Madde) (g/g) (%)                                     | En az 1,6          | En az 1,6               | En az 1,6          | En az 1,6               |
| Suda Çözünen Kül (Toplam Kütle Göre, (g/g) (%))                   | En az 45           | En az 45                | En az 45           | En az 45                |
| Nem Oranı (g/g) (%)   | En çok 7           | En çok 7                | En çok 7           | En çok 7                |
| Toplam Polifenol (Kuru Madde) (g/g) (%)                           | -                  | -                       | En az 11           | En az 11                |
| Toplam Kateşin (Kuru Madde) (g/g) (%)                             | -                  | -                       | En az 7            | En az 7                 |

Üretilen toz miktarı çay üretim türüne ve sürecine göre değişir. Örneğin, siyah çay, daha yüksek oksidasyon ve mekanizasyon içermesi sebebiyle, yeşil çaydan daha fazla toz üretme eğilimindedir. Çay tozu tüketiciye sunulacak ürünün yüksek kalite standartlarını sağlamada önem arz eden parametrelerden birisidir. Araştırmalar, daha fazla miktarda tozun nihai ürünün genel lezzet profilini ve görünümünü etkileyebileceğini göstermektedir. Fazla tozluluk demleme neticesinde çayda bulanıklık ortaya çıkarmakta, aromanın kuvvetini azaltmaktadır. Bu sebeple berrak, göze hoş gelen ve içimi lezzetli bir çay için yüksek tozluluk istenmemektedir.

### **11.10.2. Okside Olmamış Parça**

Siyah çayda, okside olmamış parça ifadesi genellikle imalat esnasında tam okside olmamış çay yaprağı parçalarını ifade eder. Siyah çay üretiminde enzimatik oksidasyon ile kateşinler ve diğer bileşikler dönüşerek çay yapraklarının koyulaşmasını, tat ve aromanın gelişmesini sağlayan bir oksidasyon süreci gerçekleşir. Ancak, özellikle daha kaba yapraklar veya mekanik hasat ile düzensiz kesim yapılmış çaylarda belirli yapraklar kısmen oksitlenmemiş parçacıkları içerebilir. Siyah çaydaki oksidasyon, çayın karakteristik rengine, lezzetine ve burukluğuna etki eder. Okside olmamış parça sayısının fazlalığı ise duyuusal ve biyokimyasal kalite bileşenleri açısından siyah çayın kalitesini aşağı çekecek olup, yüksek olması arzulanmaz.

### **11.10.3. Toplam Kül**

Çayda, toplam kül içeriği, çay yakıldıktan sonra kalan inorganik kalıntıyı ifade eder ve mineral içeriğini ve herhangi bir safsızlığı yansıtır. Çayın kül içeriği, sürgün dönemi, çevre koşulları, yaprağın fiziksel durumu ve işletmenin temizlik koşullarına bağlıdır. Çayda toplam kül içeriği genellikle bir kalite parametresi olarak kullanılır; örneğin, daha düşük kaliteli çaylar, toprak parçacıkları veya işleme kalıntıları nedeniyle daha yüksek kül içeriğine sahip olabilir. Yüksek kaliteli çaylar, çoğunlukla temel mineralleri içeren ve lezzetlerine ve besin profillerine katkıda bulunan toplam kül içeriğine sahip olma eğilimindedir. Standartlarda belirtilmiş olan limit aralığının altı veya üstü çayın kalitesine yönelik şüphe uyandırabilmektedir. Aşırı işleme, dolgu ve diğer katkı maddelerinin ilavesi, inorganik maddelerle kontaminasyon

ihtimallerini içermektedir. Normalden yüksek kül, düşük kaliteli veya sahte çaylarda yaygın bir taklit yöntemi olan sahteciliği de gösterebilir.

#### **11.10.4. Su Ekstraktı**

Çayın, genellikle suda çözünür katı özütü olarak kabul edilen ekstrakt, polifenoller, amino asitler, kafein ve şekerler gibi biyoaktif bileşikler içerir. Bu bileşenler çayın lezzetini, gücünü ve sağlık özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Çözünür katıların içeriği, farklı işleme yöntemleri nedeniyle çay türlerine (örneğin yeşil, siyah veya oolong) göre değişiklik gösterir. Çözünür katılar ayrıca bir kalite göstergesi olarak kullanılır, daha yüksek ekstrakt seviyeleri genellikle duyuşal olarak tat ve aromanın kuvvetini artırır ve kalite kontrol değerlendirmelerinde bir kalite parametresi olarak dikkate alınır. Çayda ekstrakt değerinin yüksek olması istenir. Özellikle ham madde kalitesi ekstrakt üzerinde etkilidir. Yaş yaprağın taze ve körpe olması ekstraktı pozitif etkiler. Bununla birlikte mevsim, ekolojik ve iklim şartlarındaki değişimler de ekstrakt üzerinde etkilidir.

#### **11.10.5. Ham Selüloz**

Selüloz çayın yapısında doğal olarak bulunan bileşenlerden birisi olup, yaprağın tazeliğine, konumuna, sürgün dönemine, yaşına, iklim şartlarına ve besin elementlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Taze ve körpe yapraklarda kart yapraklara göre, yapraklarda da odunsu kısımlara göre selüloz içeriği daha düşüktür. Selüloz suda çözünemez bir yapıda olup, miktarsal olarak fazlalığı, kalite bileşenlerinin çayda daha az yer almasına sebep olmaktadır. Demleme kalitesini de etkilemekte, düşük selüloz içeriğine sahip çayların optimum imalat şartları neticesinde dem kalitesi, yüksek selüloz içeriğine sahip çaylara göre daha yüksek olmaktadır. Selüloz içeriği ile ekstrakt ve kalite bileşenleri arasında genel olarak ters bir orantı var olup, yüksek selüloz içeriği çayda istenmeyen bir durumdur. Ayrıca yüksek selüloz içeriği, imalatta da işletme açısından negatif etkiler göstermekte, randımanı ve işletme kapasitesini aşağı çekmektedir.



#### **11.10.6. Suda Çözünen Külde Alkalilik**

Çayda bulunan minerallerin bir kısmı bitkideki bileşenler içerisinde bağlı olup suda çözünmez halde iken bir kısmı ise suda çözünebilir formdadır. Suda çözünen külün alkaliliği, suda çözünen kül kısmının (suda çözünebilir formdaki mineraller ve inorganik bileşikler) asitleri nötralize etme kapasitesini ifade eder. Bu durumda kontrol genellikle titrasyonla yapılır ve ortaya çıkan sonuç çayın kalitesi, işleme ve çayda olası sahtecilik hakkında fikir verir. Limitler dahilinde yüksek alkalilik, genellikle iyi kaliteli yapraklardan gelen daha yüksek mineral içeriğini gösterebilir, ancak aşırı yüksek seviyelerdeki alkalilik katkı maddesi ilavesini ve buna bağlı olarak da sahteciliği işaret edebilir. Tersine, düşük alkalilik de zayıf toprak besin elementlerini veya düşük yaprak kalitesini gösterebilir.

#### **11.10.7. %10'luk Hidroklorik Asitte Çözünmeyen Kül**

Asitte çözünmeyen kül içeriği ile genel olarak çay içerisinde özellikle hasat, taşıma ve imalat koşullarına bağlı olarak imalat esnasında ortaya çıkabilecek toprak veya kum gibi inorganik kirleticiler hedef alınmaktadır. Çayın saflığına dair bir kalite parametresi olarak değerlendirilebilir. Asitte çözünmeyen külde, toplam kül, hidroklorik asitle etkileşime sokulur ve çözünen mineraller uzaklaştırılarak geride sadece silika gibi çözünmeyen inorganik maddelerin kalması amaçlanır. Genel olarak, asitte çözünmeyen kül içeriğinin yüksek olması, kontaminasyon veya sahtecilik belirtisi olabilir. Herhangi bir kontaminasyona maruz kalmamış, çay yaprakları genellikle düşük seviyelerde asitte çözünmeyen kül değerine sahiptir.

#### **11.10.8. Kafein**

Kafein de çayda bir kalite parametresi olarak değerlendirilebilmektedir. Çaydaki kafein içeriği, çayın varyetesi, yaprak yaşı, yetiştirme koşulları, iklim şartları ve işleme yöntemleri gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Genellikle taze, körpe, genç çay yapraklarından üretilen çayların kafein içeriği daha yüksek iken, daha eski, olgun yapraklar daha az kafein içerir. Ayrıca, çayın imalattaki fermantasyon derecesi çaydaki kafein seviyesini etkilemekte olup, siyah çayın kafein içeriği yeşil çaydan daha yüksektir. Bu veriler ışığında ortalama bir çay bitkisinden üretilen çayların düşük kafein içeriği, kalite açısından negatif bir veri olarak değerlendirilebilir.

### 11.10.9. Suda Çözünen Kül

Çayda suda çözünen külün toplam küle oranı, çay ürününün özellikle safsızlığı veya sahteciliği hususunda bize fikir verebilir. Toplam kül, tam yanmadan sonra tüm mineral içeriği temsil ederken, suda çözünen kül, suda çözünebilir formda kolayca bulunan mineralleri (sodyum, potasyum, kalsiyum vb) temsil eden kısımdır. Deme geçen mineral yüksekliği kaliteye dair bir emare olarak kabul edilse ve buna bağlı olarak daha yüksek suda çözünür kül oranı daha iyi kaliteyi işaret etse de, bu miktarın ve buna bağlı olarak çayda suda çözünen külün toplam küle oranının fazla yüksek olması örneğin kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) veya potasyum karbonat ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) gibi kontaminasyon kaynakları sebebiyle sahteciliğe dair veya, aşırı düşük olması suda çözünmeyen dolgu maddeleriyle seyreltme veya toprak, kum gibi kontaminasyon kaynakları ile kirlenme olduğunu gösterebilir.

### 11.10.10. Nem Oranı

Kuru çaylarda nem içeriği kaliteyi ve lezzeti koruma açısından kritik bir öneme sahiptir. Nem içeriğinin yüksek olması mikrobiyal gelişime ve çeşitli enzimatik reaksiyonlara imkân tanır. Aynı zamanda raf ömrünü kısaltır. Yüksek nem seviyeleri küf oluşumuna yol açabilir ve enzimatik aktiviteler nedeniyle tat ve aromada kayıplar ortaya çıkmasına sebep olabilir. Nemin aşırı düşük olması ise çayın uzun süre veya yüksek sıcaklıklarda kurutulduğunu gösterir. Bu durum da var olan aromanın kaybına, yanık ve acı bir tadın ortaya çıkmasına ve kalite kaybına işaret eder.

### 11.10.11. Toplam Polifenol

Yeşil çay sağlık açısından fonksiyonelliği ile öne çıkar ve burada yeşil çaydaki toplam polifenol içeriği, antioksidan kapasitesinin ve yeşil çayın genel kalitesinin bir göstergesi olarak değerlendirilir. Polifenol içeriği, yetiştirme koşulları, yaprağın olgunluğu, hasat dönemi ve işleme teknikleri gibi faktörlerden etkilenebilir. Bu açıdan toplam polifenol içeriğinin yüksekliği, yeşil çayın kalitesi açısından pozitif bir gösterge olarak kabul edilir. Düşük polifenol içeriği, düşük kalitede ham madde kullanıldığına veya polifenollerin okside olduğuna dair bir fikir verebilir.

### 11.10.12. Toplam Kateşin

Kateşinler yeşil çaydaki en önemli fenolik bileşikler olup, toplam kateşin içeriği önemli bir kalite parametresi olarak değerlendirilir. Kateşinler yeşil çayın sağlığa faydası bakımından, lezzet ve antioksidan özellikleri açısından ana polifenolik bileşiklerdir. Yeşil çaydaki kateşin miktarı, yaprağın yaşına, hasat zamanına, hasat şekline, yetiştirme koşullarına, iklim ve işleme teknikleri gibi faktörlere bağlı olarak değişmekle birlikte toplam polifenolün %60-80'ini oluşturur. Genellikle genç yapraklardan üretilen yeşil çaylar, daha yüksek kateşin içeriğine sahiptir. Üretim esnasında enzim inaktivasyonu ile yeşil çaydaki kateşin içeriğinin mümkün olabildiğince korunması amaçlanır. Bu sebeple, yüksek kateşin içeriği yeşil çay için istenen bir özelliktir. Düşük kateşin içeriği imalatla düşük kalitede yaprak kullanıldığına, yeşil çayda oksidasyon olduğuna veya kateşin açısından zayıf başka bileşenlerin karıştırılmış olabileceği şeklinde yorumlanabilir.

## KAYNAKÇA

- Aircloough, J. P. A. A. F., Avies, A. L. A. N. P. D., and Illiamson, M. I. P. W. (2005). *Creaming in Black Tea*.
- Aksuner, N., Henden, E., Aker, Z., Engin, E., and Satik, S. (2012). Determination of essential and non-essential elements in various tea leaves and tea infusions consumed in Turkey. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 5(2), 126–132. <https://doi.org/10.1080/19393210.2012.675592>
- Anan, T., Hirotsugu, T., and Kenjiro, I. (1985). Changes in the Contents of Free Sugar of Tea Shoots during Development and by Shade Culture. *Nippon Shokuhin Gakkaishi*, 32(1), 43–50.
- Anonim. (1983). *Çay duyuusal değerlendirme için hazırlama* (pp. 1–5). TSE.
- Anonim. (2015). *Türk Gıda Kodeksi Çay Tebliği Fiziksel ve Kimyasal Özellikler* (p. 1). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/06/20150617-4-1.pdf>
- Anonim. (2021). *Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çeşit Adaylarının Belirlenmesi. 118G038 Nolu TÜBİTAK 1007 Projesi 5 Dönem*.
- Anonim. (2022). *Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çeşit Adaylarının Belirlenmesi 118G038 Nolu TÜBİTAK 1007 Projesi 6. Dönem Raporu*.
- Anonim. (2023). *Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çeşit Adaylarının Belirlenmesi 118G038 Nolu TÜBİTAK 1007 Projesi 7. Dönem Raporu*.
- Anonim. (2024a). *Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çeşit Adaylarının Belirlenmesi. 118G038 Nolu TÜBİTAK 1007 Projesi 8. Dönem Raporu*.
- Anonim. (2024b). *Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çeşit Adaylarının Belirlenmesi. 118G038 Nolu TÜBİTAK 1007 Projesi Sonuç Raporu*.
- Anonymous. (1995). VI. Biochemistry of processing black tea. *Food Reviews International*, 11(3), 457–471. <https://doi.org/10.1080/87559129509541054>
- Baba, R., and Kumazawa, K. (2014). Characterization of the potent odorants contributing to the characteristic aroma of Chinese green tea infusions by aroma extract dilution analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(33), 8308–8313. [https://doi.org/10.1021/JF502308A/SUPPL\\_FILE/JF502308A\\_SI\\_001.PDF](https://doi.org/10.1021/JF502308A/SUPPL_FILE/JF502308A_SI_001.PDF)
- Balcı, M., Taşkın, M. B., Kaya, E. C., Soba, M. R., Özer, P., Kabaoğlu, A., Turan, M. A., ve Taban, S. (2016). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Çay Tarımı Yapılan Toprakların ve Çay Bitkisinin Demir, Bakır, Çinko ve

- Mangan Durumları. *Toprak Su Dergisi*, 5(2), 65–74. <https://doi.org/10.21657/TOPRAKSU.269370>
- Bayrak, A. (2002). *İşlenmiş Türk Çaylarının Uçucu Aroma Bileşimi Üzerine Araştırma*.
- Bhaskarrao, B. B. (2008). *Bio-chemical and Technological Investigations on Tea* (Issue November) [The University of Mysore]. <http://ir.cftri.com/9938/1/borse.pdf>
- Bhattacharyya, N., Bandyopadhyay, R., Bhuyan, M., Tudu, B., Ghosh, D., and Jana, A. (2008). Electronic nose for black tea classification and correlation of measurements with “tea taster” marks. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 57(8), 1313–1321.
- Bhuyan, L. P., Senapati, K. K., Saikia, P., Hazarika, M., Bhuyan, L. P., Senapati, K. K., Saikia, P., and Hazarika, M. (2012). Characterization of volatile flavour constituents of orthodox black tea of twenty nine Tocklai released cultivars for Darjeeling. *Two and a Bud*, 59(2), 112–118.
- Bledzki, A. K., and Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in Polymer Science*, 24(2), 221–274. [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(98\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(98)00018-5)
- Bolwell, G. P. (1990). *Plant Polyphenols: Vegetable tannins revisited (1989)*. By E. Haslam. *Chemistry and Pharmacology of Natural Products*. Cambridge University Press.
- Bondarovich, H. A., Giammarino, A. S., Renner, J. A., Shephard, F. W., Shingler, A. J., and Gianturco, M. A. (1967). Volatiles in Tea Some Aspects of the Chemistry of Tea. A Contribution to the Knowledge of the Volatile Constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 15(1), 36–47. <https://doi.org/10.1021/jf60149a011>
- Borse, B. B., Rao, L. J. M., Nagalakshmi, S., and Krishnamurthy, N. (2002). Fingerprint of black teas from India: Identification of the regio-specific characteristics. *Food Chemistry*, 79(4), 419–424. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00191-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00191-7)
- Borthakur, D., Lu, J. L., Chen, H., Lin, C., Du, Y. Y., Liang Y. R. (2008). Expression of phytoene synthase (psy) gene and its relation with accumulation of carotenoids in tea [*Camellia sinensis* (L) O Kuntze]. *African Journal of Biotechnology*, 7(4), 434–438. <https://doi.org/10.5897/AJB07.910>
- Cai, H., Zhong, Z., Li, Z., Zhang, X., Fu, H., Yang, B., and Zhang, L. (2022). Metabolomics in quality formation and characterisation of tea products: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 4001–4014. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15767>
- Çalkoğlu, E., and Bayrak, A. (2008). *Siyah çayda aroma maddelerinin oluşumu*. 33, 137–142.
- Chandini, S. K., Jaganmohan Rao, L., and Subramanian, R. (2011). Influence of extraction conditions on polyphenols content and cream constituents in

- black tea extracts. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(4), 879–886. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02576.x>
- Chen, Q., Yu, P., Li, Z., Wang, Y., Liu, Y., Zhu, Y., and Fu, H. (2023). Re-Rolling Treatment in the Fermentation Process Improves the Aroma Quality of Black Tea. *Foods*, 12(19), 3702. <https://doi.org/10.3390/FOODS12193702/S1>
- Chen, Q., Zhu, Y., Dai, W., Lv, H., Mu, B., Li, P., Tan, J., Ni, D., and Lin, Z. (2019). Aroma formation and dynamic changes during white tea processing. *Food Chemistry*, 274(September 2018), 915–924. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.072>
- Chen, Q., Zhu, Y., Liu, Y., Liu, Y., Dong, C., Lin, Z., and Teng, J. (2022). Black tea aroma formation during the fermentation period. *Food Chemistry*, 374, 131640. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.131640>
- Chen, T., Lin, S., Chen, Z., Yang, T., Zhang, S., Zhang, J., Xu, G., Wan, X., and Zhang, Z. (2022). Theanine, a tea-plant-specific non-proteinogenic amino acid, is involved in the regulation of lateral root development in response to nitrogen status. *Horticulture Research*, 10(2), uhac267. <https://doi.org/10.1093/HR/UHAC267>
- Chen, Y., Cheng, S., Dai, J., Wang, L., Xu, Y., Peng, X., Xie, X., and Peng, C. (2021). Molecular mechanisms and applications of tea polyphenols: A narrative review. *Journal of Food Biochemistry*, 45(10), 1–19. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13910>
- Chen, Y., Jiang, Y., Duan, J., Shi, J., Xue, S., and Kakuda, Y. (2010). Variation in catechin contents in relation to quality of “Huang Zhi Xiang” Oolong tea (*Camellia sinensis*) at various growing altitudes and seasons. *Food Chemistry*, 119(2), 648–652. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.014>
- Chen, Y. L., Duan, J., Jiang, Y. M., Shi, J., Peng, L., Xue, S., and Kakuda, Y. (2011). Production, Quality, and Biological Effects of Oolong Tea (*Camellia sinensis*). *Food Reviews International*, 27(June 2013), 1–15. <https://doi.org/10.1080/87559129.2010.518294>
- Chen, Y., Yu, M., Xu, J., Chen, X., and Shi, J. (2009). Differentiation of eight tea (*Camellia sinensis*) cultivars in China by elemental fingerprint of their leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(14), 2350–2355. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3716>
- Cheng, Y., Huynh-Ba, T., Blank, I., and Robert, F. (2008). Temporal changes in aroma release of Longjing tea infusion: interaction of volatile and nonvolatile tea components and formation of 2-butyl-2-octenal upon aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(6), 2160–2169. <https://doi.org/10.1021/JF073132L>
- Chun-hua, M., Connieal, T., Wei-lin, L., Liang-bi, C., Yi-ru, W., and Xi, C. (2013). Identification of the Different Aroma Compounds between

- Conventional and Freeze Dried Wuyi Rock Tea ( Danguai ) using Headspace Solid Phase Microextraction. *Food Sci. Technol. Res.*, 19(5), 805–811. <https://doi.org/10.3136/fstr.19.805>
- Clifford, M. N., and Crozier, A. (2011). Phytochemicals in Teas and Tisanes and their Bioavailability. *Teas, Cocoa and Coffee: Plant Secondary Metabolites and Health*, 45–98. <https://doi.org/10.1002/9781444347098.ch3>
- Costa, L. M., Gouveia, S. T., and Nóbrega, J. a. (2002). Comparison of heating extraction procedures for Al, Ca, Mg, and Mn in tea samples. *Analytical Sciences : The International Journal of the Japan Society for Analytical Chemistry*, 18(3), 313–318. <https://doi.org/10.2116/analsci.18.313>
- Danrong, Z., Yuqiong, C., and Dejiang, N. (2009). Effect of water quality on the nutritional components and antioxidant activity of green tea extracts. *Food Chemistry*, 113(1), 110–114. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2008.07.033>
- Deng, W. W., and Ashihara, H. (2015). Occurrence and De novo Biosynthesis of Caffeine and Theanine in Seedlings of Tea (*Camellia sinensis*). <https://doi.org/10.1177/1934578X1501000502>, 10(5), 703–706. <https://doi.org/10.1177/1934578X1501000502>
- Deng, W. W., Fei, Y., Wang, S., Wan, X. C., Zhang, Z. Z., and Hu, X. Y. (2013). Effect of shade treatment on theanine biosynthesis in *Camellia sinensis* seedlings. *Plant Growth Regulation*, 71(3), 295–299. <https://doi.org/10.1007/S10725-013-9828-1/FIGURES/3>
- Dix, M. A., Fairley, C. J., Millin, D. J., and Swaine, D. (1981). Fermentation of tea in aqueous suspension. Influence of tea peroxidase. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32(9), 920–932. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740320910>
- Dongmei Wang, Kikue Kubota, Akio Kobayashi, and Juan I-Ming. (2001). Analysis of Glycosidically Bound Aroma Precursors in Tea Leaves. 3. Change in the Glycoside Content of Tea Leaves during the Oolong Tea Manufacturing Process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5391–5396. <https://doi.org/10.1021/JF010235+>
- Du, Y. Y., Shin, S., Wang, K. R., Lu, J. L., and Liang, Y. R. (2009). Effect of temperature on the expression of genes related to the accumulation of chlorophylls and carotenoids in albino tea. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84(3), 365–369. <https://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512533>
- Ebenezer, I. A. (2011). *Investigations on achieving high degree of quality in manufacturing of black tea using total failure mode and effects analysis technique*. Anna University of Technology, Coimbatore.
- Farakte, R. A., Yadav, G., Joshi, B., Patwadhan, A. W., and Singh, G. (2015). *Role of Particle Size in Tea Infusion Process*. 1–16. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2015-0213>

- Shahidi, F., and Naczki, M. (2003). *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. CRC Press.
- Fernández, P. L., Pablos, F., Martín, M. J., and González, A. G. (2002). Study of catechin and xanthine tea profiles as geographical tracers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(7), 1833–1839. <https://doi.org/10.1021/jf0114435>
- Ferrara, L., Montesano, D., and Senatore, A. (2001). The distribution of minerals and flavonoids in the tea plant (*Camellia sinensis*). *Farmaco*, 56(5–7), 397–401. [https://doi.org/10.1016/S0014-827X\(01\)01104-1](https://doi.org/10.1016/S0014-827X(01)01104-1)
- Finger, A. (1994). In-vitro studies on the effect of polyphenol oxidase and peroxidase on the formation of polyphenolic black tea constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 66(3), 293–305. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740660306>
- Gallaher, R. N., Gallaher, K., Marshall, A. J., and Marshall, A. C. (2006). Mineral analysis of ten types of commercially available tea. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(SUPPL.), 53–57. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.02.006>
- Goldenberg, L., Yaniv, Y., Choi, H. J., Doron-Faigenboim, A., Carmi, N., and Porat, R. (2016). Elucidating the biochemical factors governing off-flavor perception in mandarins. *Postharvest Biology and Technology*, 120, 167–179. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.06.009>
- González-García, E., Puchalska, P., Marina, M. L., and García, M. C. (2015). Fractionation and identification of antioxidant and angiotensin-converting enzyme-inhibitory peptides obtained from plum (*Prunus domestica* L.) stones. *Journal of Functional Foods*, 19, 376–384. <https://doi.org/10.1016/J.JFF.2015.08.033>
- Graham, H. N. (1992). Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive Medicine*, 21(3), 334–350. [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(92\)90041-F](https://doi.org/10.1016/0091-7435(92)90041-F)
- Gramza, A., Korczak, J., and Amarowicz, R. (2005). *Tea Polyphenols – Their Antioxidant Properties and Biological Activity – a Review*. 14(3), 219–235.
- Granato, D., Grevink, R., Zielinski, A. A. F., Nunes, D. S., and Van Ruth, S. M. (2014). Analytical strategy coupled with response surface methodology to maximize the extraction of antioxidants from ternary mixtures of green, yellow, and red teas (*Camellia sinensis* var. *sinensis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(42), 10283–10296. <https://doi.org/10.1021/JF504480F>
- Guo, X., Ho, C. T., Wan, X., Zhu, H., Liu, Q., and Wen, Z. (2021). Changes of volatile compounds and odor profiles in Wuyi rock tea during processing. *Food Chemistry*, 341, 128230. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.128230>
- Gürses, Ö. L. (1982). *Çay ve Çay İşlemenin kimya ve Biyokimyası*. Çay Kurumu



Yayını.

- Gürses, Ö. L., ve Artık, N. (1982). Çaylarımızda ve Demlerinde Demir, Bakır, Kurşun, Civa Miktarları ve Deme Geçme Oranları Üzerinde Araştırmalar [Investigations on Iron, Copper, Lead, Mercury Quantities and Transition Rate in Our Teas and Infusions]. *GIDA*, 7(5), 215–222.
- Han, Y., Huang, K., Liu, Y., Jiao, T., Ma, G., Qian, Y., Wang, P., Dai, X., Gao, L., and Xia, T. (2017). Functional Analysis of Two Flavanone-3-Hydroxylase Genes from *Camellia sinensis*: A Critical Role in Flavonoid Accumulation. *Genes*, 8(11), 300. <https://doi.org/10.3390/GENES8110300>
- Han, Z. X., Rana, M. M., Liu, G. F., Gao, M. J., Li, D. X., Wu, F. G., Li, X. B., Wan, X. C., and Wei, S. (2016). Green tea flavour determinants and their changes over manufacturing processes. *Food Chemistry*, 212, 739–748. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.049>
- Hara, T., and Kubota, E. (1982). Changes in Aroma Components of Green Tea after Storage. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 56(8), 625–630.
- Harbowy, M. E., and Balentine, D. a. D. A. (1997). Tea chemistry. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 16(5), 415–480. <https://doi.org/10.1080/713608154>
- Haslam, E. (2003). Thoughts on thearubigins. *Phytochemistry*, 64(1), 61–73. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00355-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00355-8)
- Hattori, S., Takagaki, H., and Fujimori, T. (2005). A Comparison of the Volatile Compounds in Several Green Teas. *Food Science and Technology Research*, 11(1), 82–86. <https://doi.org/10.3136/FSTR.11.82>
- Hazarika, M., and Mahanta, P. K. (1984). Compositional changes in chlorophylls and carotenoids during the four flushes of tea in North East India. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(3), 298–303. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740350309>
- Hazarika, M., Mahanta, P. K., and Takeo, T. (1984). Studies on some volatile flavour constituents in orthodox black teas of various clones and flushes in North-east India. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(11), 1201–1207.
- Hilton, P. J., and Palmer-Jones, R. (1973). Relationship between the flavanol composition of fresh tea shoots and the theaflavin content of manufactured tea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24(7), 813–818. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740240709>
- Ho, C.-T., Zheng, X., and Li, S. (2015). Tea aroma formation. *Food Science and Human Wellness*, 4(1), 9–27. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.04.001>
- Ho, C. T., Lin, J. K., and Shahidi, F. (2008). Tea and tea products: Chemistry and health-promoting properties. In *Tea and Tea Products: Chemistry and Health-Promoting Properties* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420008036/TEA-TEA-PRODUCTS-CHI->

## TANG-HO-JEN-KUN-LIN-FEREIDOOON-SHAHIDI

- Huang, W., Lin, M., Liao, J., Li, A., Tsewang, W., Chen, X., Sun, B., Liu, S., and Zheng, P. (2022). Effects of Potassium Deficiency on the Growth of Tea (*Camellia sinensis*) and Strategies for Optimizing Potassium Levels in Soil: A Critical Review. *Horticulturae* 2022, Vol. 8, Page 660, 8(7), 660. <https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE8070660>
- Ik, A., Wong, C., and Huang, D. (2013). Tea in Health and Disease Prevention. In *Tea in Health and Disease Prevention* (pp. 457–467). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384937-3.00038-0>
- Ipeaiyeda, A. R., and Dawodu, M. O. (2011). Leaching of manganese, iron, copper and zinc from tea (*Camellia sinensis*) in tea mugs. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 10(5), 2240–2247.
- Jiang, C. K., Ma, J. Q., Apostolides, Z., and Chen, L. (2019). Metabolomics for a Millenniums-Old Crop: Tea Plant (*Camellia sinensis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(23), 6445–6457. [https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.9B01356/ASSET/IMAGES/MEDIUM/JF-2019-013563\\_0007.GIF](https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.9B01356/ASSET/IMAGES/MEDIUM/JF-2019-013563_0007.GIF)
- Jiang, X., Liu, Y., Li, W., Zhao, L., Meng, F., Wang, Y., Tan, H., Yang, H., Wei, C., Wan, X., Gao, L., and Xia, T. (2013). Tissue-specific, development-dependent phenolic compounds accumulation profile and gene expression pattern in tea plant [*Camellia sinensis*]. *PloS One*, 8(4). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0062315>
- Johns, M. (1998). *The evaluation of volatile quality factors in black tea* (Issue 98).
- Joshi, R., and Gulati, A. (2015). Fractionation and identification of minor and aroma-active constituents in Kangra orthodox black tea. *Food Chemistry*, 167, 290–298. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.112>
- Joshi, R., Rana, A., and Gulati, A. (2015). Studies on quality of orthodox teas made from anthocyanin-rich tea clones growing in Kangra valley, India. *Food Chemistry*, 176, 357–366. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.067>
- Jumtee, K., Komura, H., Bamba, T., and Fukusaki, E. (2011). Predication of Japanese green tea (Sen-cha) ranking by volatile profiling using gas chromatography mass spectrometry and multivariate analysis. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 112(3), 252–255. <https://doi.org/10.1016/J.JBIOOSC.2011.05.008>
- Kaçar, B. (1987). *Çayın Biyokimyası ve İşleme Teknolojisi*. Çaykur Yayını.
- Kaçar, B. (1992). *Yapraktan Bardağa Çay* (1st ed.). Ziraat Bankası Kültür Yayınları.
- Kaçar, B. (2010). *Çay Bitkisi, Biyokimyası, Gübrenmesi ve İşleme Teknolojisi [Tea Plant, Biochemistry, Fertilization and Process Technology]* (1st ed.). NOBEL.

- Kallithraka, S., Bakker, J., and Clifford, M. N. (2000). Interaction of (+)-catechin, (-)-epicatechin, procyanidin B2 and procyanidin C1 with pooled human saliva in vitro. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 261–268.
- Kang, S., Yan, H., Zhu, Y., Liu, X., Lv, H. P., Zhang, Y., Dai, W. D., Guo, L., Tan, J. F., Peng, Q. H., and Lin, Z. (2019). Identification and quantification of key odorants in the world's four most famous black teas. *Food Research International*, 121, 73–83. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2019.03.009>
- Katsuno, T., Kasuga, H., Kusano, Y., Yaguchi, Y., Tomomura, M., Cui, J., Yang, Z., Baldermann, S., Nakamura, Y., Ohnishi, T., Mase, N., and Watanabe, N. (2014). Characterisation of odorant compounds and their biochemical formation in green tea with a low temperature storage process. *Food Chemistry*, 148, 388–395. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.069>
- Kazan, R. M., Seddik, H. A., Marstani, Z. M., Elsutohy, M. M., and Yasri, N. G. (2019). Determination of amino acids content in tea species using liquid chromatography via pre-column fluorescence derivatization. *Microchemical Journal*, 150, 104103. <https://doi.org/10.1016/J.MICROC.2019.104103>
- Knoerzer, K., Juliano, P., and Smithers, G. (2016). Innovative Food Processing Technologies: Extraction, Separation, Component Modification and Process Intensification. In *Innovative Food Processing Technologies: Extraction, Separation, Component Modification and Process Intensification*.
- Komatsu, Y., Suematsu, S., Hisanobu, Y., Saigo, H., Matsuda, R., and Hara, K. (1993). Effects of pH and Temperature on Reaction Kinetics of Catechins in Green Tea Infusion. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 57(6), 907–910. <https://doi.org/10.1271/bbb.57.907>
- Korbee, N., Figueroa, F. L., and Aguilera, J. (2005). Effect of light quality on the accumulation of photosynthetic pigments, proteins and mycosporine-like amino acids in the red alga *Porphyra leucosticta* (Bangiales, Rhodophyta). *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 80(2), 71–78. <https://doi.org/10.1016/J.JPHOTOBIO.2005.03.002>
- Kothari, V., and Seshadri, S. (2010). Antioxidant activity of seed extracts of *Annona squamosa* and *Carica papaya*. *Nutrition and Food Science*, 40(4), 403–408. <https://doi.org/10.1108/00346651011062050/FULL/PDF>
- Kottawa-Arachchi, J. D., Gunasekare, M. T. K., Ranatunga, M. A. B., Jayasinghe, L., and Karunagoda, R. P. (2011). Analysis of Selected Biochemical Constituents in Black Tea (*Camellia sinensis*) for Predicting the Quality of Tea Germplasm in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research*, 23(1), 30–41. <https://doi.org/10.4038/tar.v23i1.4629>
- Krejčová, A., and Černohorský, T. (2003). The determination of boron in tea

- and coffee by ICP–AES method. *Food Chemistry*, 82(2), 303–308. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00566-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00566-6)
- Kumar, A., Nair, A. G. C., Reddy, A. V. R., and Garg, A. N. (2005). Availability of essential elements in Indian and US tea brands. *Food Chemistry*, 89(3), 441–448. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.003>
- Kumazawa, K., Kubota, K., and Masuda, H. (2005). Influence of manufacturing conditions and crop season on the formation of 4-mercapto-4-methyl-2-pentanone in Japanese green tea (sen-cha). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(13), 5390–5396. <https://doi.org/10.1021/JF050392Z>
- Kumazawa, K., and Masuda, H. (1999). Identification of Potent Odorants in Japanese Green Tea (Sen-cha). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(12), 5169–5172. <https://doi.org/10.1021/JF9906782>
- Kumazawa, K., and Masuda, H. (2002). *Identification of Potent Odorants in Different Green Tea Varieties Using Flavor Dilution Technique*. <https://doi.org/10.1021/JF020498J>
- Kuo, P. C., Lai, Y. Y., Chen, Y. J., Yang, W. H., and Tzen, J. T. C. (2011). Changes in volatile compounds upon aging and drying in oolong tea production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(2), 293–301. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4184>
- L.Sparks, D., Page, A. ., Helmke, P. A., and Loeppert, R. H. (1996). *Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods*. SSSA Book Series.
- Lee, J., Chambers, D. H., Chambers IV, E., Adhikari, K., and Yoon, Y. (2013). Volatile aroma compounds in various brewed green teas. *Molecules*, 18(8), 10024–10041. <https://doi.org/10.3390/molecules180810024>
- Lee, J. E., Lee, B. J., Hwang, J. A., Ko, K. S., Chung, J. O., Kim, E. H., Lee, S. J., and Hong, Y. S. (2011). Metabolic Dependence of Green Tea on Plucking Positions Revisited: A Metabolomic Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(19), 10579–10585. <https://doi.org/10.1021/JF202304Z>
- Lee, J., Lee, H. K., Kim, C. Y., Hong, Y. J., Choe, C. M., You, T. W., and Seong, G. J. (2005). Purified high-dose anthocyanoside oligomer administration improves nocturnal vision and clinical symptoms in myopia subjects. *The British Journal of Nutrition*, 93(6), 895–899. <https://doi.org/10.1079/BJN20051438>
- Li, J., Wang, J., Yao, Y., Hua, J., Zhou, Q., Jiang, Y., Deng, Y., Yang, Y., Wang, J., Yuan, H., and Dong, C. (2020). Phytochemical comparison of different tea (*Camellia sinensis*) cultivars and its association with sensory quality of finished tea. *LWT*, 117, 108595. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.108595>
- Li, S., Lo, C.-Y., Pan, M.-H., Lai, C.-S., and Ho, C.-T. (2013). Black tea: chemical analysis and stability. *Food Funct.*, 4(1), 10–18.

- <https://doi.org/10.1039/C2FO30093A>
- Li, Z. X., Yang, W. J., Ahammed, G. J., Shen, C., Yan, P., Li, X., and Han, W. Y. (2016). Developmental changes in carbon and nitrogen metabolism affect tea quality in different leaf position. *Plant Physiology and Biochemistry*, *106*, 327–335. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2016.06.027>
- Liang, Y., Lu, J., Zhang, L., Wu, S., and Wu, Y. (2003). Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions. In *Food Chemistry* (Vol. 80, Issue 2, pp. 283–290). [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00415-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00415-6)
- Lin, J. K., Lin, C. L., Liang, Y. C., Lin-Shiau, S. Y., and Juan, I. M. (1998). Survey of Catechins, Gallic Acid, and Methylxanthines in Green, Oolong, Pu-erh, and Black Teas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *46*(9), 3635–3642. <https://doi.org/10.1021/JF980223X>
- Lin, Z. H., Chen, C. S., Zhao, S. Q., Liu, Y., Zhong, Q. S., Ruan, Q. C., Chen, Z. H., You, X. M., Shan, R. Y., Li, X. L., and Zhang, Y. Z. (2023). Molecular and physiological mechanisms of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) leaf and root in response to nitrogen deficiency. *BMC Genomics*, *24*(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/S12864-023-09112-Y/FIGURES/8>
- LITTLE, A. C., and BRINNER, L. (1981). Optical Properties of Instant Tea and Coffee Solutions. *Journal of Food Science*, *46*(2), 519–522. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04900.x>
- Liu, H., Xu, Y., Wu, J., Wen, J., Yu, Y., An, K., and Zou, B. (2021). GC-IMS and olfactometry analysis on the tea aroma of Yingde black teas harvested in different seasons. *Food Research International*, *150*, 110784. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110784>
- Liu, P. P., Yin, J. F., Chen, G. S., Wang, F., and Xu, Y. Q. (2018). Flavor characteristics and chemical compositions of oolong tea processed using different semi-fermentation times. *Journal of Food Science and Technology*, *55*(3), 1185–1195. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3034-0>
- Liu, Z. W., Shi, X. Y., Duan, S. M., Nian, B., Chen, L. J., Zhang, G. H., Ma, Y., Lv, C. Y., and Zhao, M. (2023). Multiomics analysis of the mechanisms behind flavonoid differences between purple and green tender shoots of *Camellia sinensis* var. *assamica*. *G3 Genes/Genomes/Genetics*, *13*(2). <https://doi.org/10.1093/G3JOURNAL/JKAC297>
- Lopez, S. J., Thomas, J., Pius, P. K., Raj Kumar, R., and Muraleedharan, N. (2005). A reliable technique to identify superior quality clones from tea germplasm. *Food Chemistry*, *91*(4), 771–778. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.005>
- Lukaski, H. C., and Penland, J. G. (1996). Functional Changes Appropriate for

- Determining Mineral Element Requirements. *J. Nutr.*, 126, 2354–2364.
- Luximon-Ramma, A., Bahorun, T., Crozier, A., Zbarsky, V., Datla, K. P., Dexter, D. T., and Aruoma, O. I. (2005). Characterization of the antioxidant functions of flavonoids and proanthocyanidins in Mauritian black teas. In *Food Research International* (Vol. 38, Issue 4, pp. 357–367). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.10.005>
- Ly, H.-P., Dai, W.-D., Tan, J.-F., Guo, L., Zhu, Y., and Lin, Z. (2015). Identification of the anthocyanins from the purple leaf coloured tea cultivar Zijuan (*Camellia sinensis* var. *assamica*) and characterization of their antioxidant activities. *Journal of Functional Foods*, 17, 449–458. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.05.043>
- Maga, J. A. (1979). Furans in foods. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 11(4), 355–400. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/378551>
- Mahanta, P. K., and Baruah, S. (1989). Relationship between process of withering and aroma characteristics of black tea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 46(4), 461–468. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740460408>
- Mahanta, P. K., Boruah, S. K., Boruah, H. K., and Kalita, J. N. (1993). Changes of Polyphenol Oxidase and Peroxidase Activities and Pigment Composition of Some Manufactured Black Teas (*Camellia sinensis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(2), 272–276. [https://doi.org/10.1021/JF00026A026/ASSET/JF00026A026.FP.PNG\\_V03](https://doi.org/10.1021/JF00026A026/ASSET/JF00026A026.FP.PNG_V03)
- Mahanta, P. K., and Hazarika, M. (1985). Chlorophylls and degradation products in orthodox and CTC black teas and their influence on shade of colour and sensory quality in relation to thearubigins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36(11), 1133–1139. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740361117>
- Malyukova, L. S., Koninskaya, N. G., Orlov, Y. L., and Samarina, L. S. (2022). Effects of exogenous calcium on the drought response of the tea plant (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze). *PeerJ*, 10. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.13997>
- Mamati, G. E., Liang, Y., and Lu, J. (2006). Expression of basic genes involved in tea polyphenol synthesis in relation to accumulation of catechins and total tea polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(3), 459–464. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2368>
- Miyauchi, S., Yonetani, T., Yuki, T., Tomio, A., Bamba, T., and Fukusaki, E. (2017). Quality evaluation of green tea leaf cultured under artificial light condition using gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 123(2), 197–202. <https://doi.org/10.1016/J.JBIOOSC.2016.07.017>
- Mohan Rao, L. J., and Ramalakshmi, K. (2011). Chemical composition and pharmacological, medical properties of tea. *Recent Trends in Soft*

- Beverages*, 101–112. <https://doi.org/10.1533/9780857093653.2.101>
- Mossion, A., Potin-Gautier, M., Delerue, S., Le Hécho, I., and Behra, P. (2008). Effect of water composition on aluminium, calcium and organic carbon extraction in tea infusions. *Food Chemistry*, 106(4), 1467–1475. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2007.05.098>
- Müezzinoğlu, N. (2011). *Yeşil Çayın Fenolik ve Mineral Madde İçerikleri Üzerine Üretim Yöntemi, Hasat Dönemi ve Demleme Süresinin Etkisi*. Atatürk.
- Mukhtar, H., and Ahmad, N. (2000). Tea polyphenols: prevention of cancer and optimizing health. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(6 Suppl). <https://doi.org/10.1093/AJCN/71.6.1698S>
- MUNEYUKI NAKAGAWA. (1970). Constituents in Tea Leaf and Their Contribution To The Taste of Green Tea Liquor. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 5(3), 43–47.
- Naheed, Z., Barech, A. R., and Sajid, M. (2007). Effect of rolling, fermentation and drying on the quality of black tea. *Sarhad Journal of Agriculture*, 23(3), 577–580.
- Natesan, S., and Ranganathan, V. (1990). Content of various elements in different parts of the tea plant and in infusions of black tea from Southern India. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 51(1), 125–139. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740510112>
- Ngure, F. M., Wanyoko, J. K., Mahungu, S. M., and Shitandi, A. A. (2009). Catechins depletion patterns in relation to theaflavin and thearubigins formation. *Food Chemistry*, 115(1), 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.006>
- Obanda, M., and Owuor, P. O. (1995). Impact of shoot maturity on chlorophyll content, composition of volatile flavour compounds and plain black tea chemical quality parameters of clonal leaf. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69(4), 529–534. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740690418>
- ØDEGÅRD, K. E., and LUND, W. (1997). Multi-element Speciation of Tea Infusion Using Cation-exchange Separation and Size-exclusion Chromatography in Combination with Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. *J. Anal. At. Spectrom.*, 12(4), 403–408. <https://doi.org/10.1039/A606153B>
- Okinda Owuor, P., Obanda, M., Nyirenda, H. E., Mphangwe, N. I. K., Wright, L. P., and Apostolides, Z. (2006). The relationship between some chemical parameters and sensory evaluations for plain black tea (*Camellia sinensis*) produced in Kenya and comparison with similar teas from Malawi and South Africa. *Food Chemistry*, 97(4), 644–653. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.027>
- Owuor, P. O. (2005). Advances in the Development of Reliable Black Tea Quality Parameters and Use in Selection of Superior Quality Plants. *11th*

- NAPRECA Symposium Book of Proceedings, 45–55.
- Owuor, P. O., and Obanda, M. (2007). *Food Chemistry The use of green tea (Camellia sinensis) leaf flavan-3-ol composition in predicting plain black tea quality potential*. 100, 873–884. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.030>
- Ozdemir, F., Topuz, A., and Erbaş, M. (1999). Ortodoks ve Çaykur Yöntemleri ile Üretilen Farklı Sınıf Siyah Çayların Mineral İçerikleri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23(4), 809–815.
- Pang, X., Qin, Z., Zhao, L., Cheng, H., Hu, X., Song, H., and Wu, J. (2012). Development of regression model to differentiate quality of black tea (Dianhong): Correlate aroma properties with instrumental data using multiple linear regression analysis. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(11), 2372–2379. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03112.x>
- Podwika, W., Kleszcz, K., Krośniak, M., and Zagrodzki, P. (2018). Copper, Manganese, Zinc, and Cadmium in Tea Leaves of Different Types and Origin. *Biological Trace Element Research*, 183(2), 389–395. <https://doi.org/10.1007/S12011-017-1140-X/TABLES/6>
- Polat, A. (2013). *Derepazarı-7, Fener-3 ve Tuğlalı-10 Klonlarından Üretilen Siyah Çayların Kalite Parametrelerinin Karşılaştırılması*. Atatürk Üniversitesi.
- Polat, A. (2019). *Çözünebilir (İstant) Siyah Çay Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. Atatürk Üniversitesi.
- Polat, A., Şat, İ. G., and Ilgaz, Ş. (2018). Comparison of black tea volatiles depending on the grades and different drying temperatures. *Journal of Food Processing and Preservation*, e13653. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13653>
- Powell, J. J., Burden, T. J., and Thompson, R. P. H. (1998). In vitro mineral availability from digested tea: a rich dietary source of manganese. *The Analyst*, 123(8), 1721–1724. <https://doi.org/10.1039/a802131g>
- Pripdeevech, P., and Wongpornchai, S. (2013). Odor and Flavor Volatiles of Different Types of Tea. In *Tea in Health and Disease Prevention* (pp. 307–322). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384937-3.00026-4>
- Rahman, N. H. A., Chieng, B. W., Ibrahim, N. A., and Rahman, N. A. (2017). Extraction and Characterization of Cellulose Nanocrystals from Tea Leaf Waste Fibers. *Polymers 2017, Vol. 9, Page 588*, 9(11), 588. <https://doi.org/10.3390/POLYM9110588>
- Rani, A., Singh, K., Ahuja, P. S., and Kumar, S. (2012). Molecular regulation of catechins biosynthesis in tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]. *Gene*, 495(2), 205–210. <https://doi.org/10.1016/J.GENE.2011.12.029>
- Ravichandran, R. (2002). Carotenoid composition, distribution and degradation to flavour volatiles during black tea manufacture and the effect of



- carotenoid supplementation on tea quality and aroma. *Food Chemistry*, 78(1), 23–28. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00303-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00303-X)
- Ravichandran, R., and Parthiban, R. (1998a). Changes in enzyme activities (polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase) with type of tea leaf and during black tea manufacture and the effect of enzyme supplementation of dhool on black tea quality. *Food Chemistry*, 62(3), 277–281. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00220-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00220-3)
- Ravichandran, R., and Parthiban, R. (1998b). The impact of processing techniques on tea volatiles. *Food Chemistry*, 62(3), 347–353. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00229-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00229-X)
- Ravichandran, R., and Parthiban, R. (2000). Lipid occurrence, distribution and degradation to flavour volatiles during tea processing. *Food Chemistry*, 68(1), 7–13. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00143-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00143-0)
- Reto, M., Figueira, M. E., Filipe, H. M., and Almeida, C. M. M. (2007). Chemical composition of green tea (*Camellia sinensis*) infusions commercialized in Portugal. In *Plant Foods for Human Nutrition* (Vol. 62, Issue 4, pp. 139–144). <https://doi.org/10.1007/s11130-007-0054-8>
- Roberts, E. (1962). *Economic importance of flavonoid substances: Tea fermentation*, in *The Chemistry of Flavonoid Compounds* (T. Geissman (ed.)). Pergamon Press.
- Roberts, E. A. H., and Smith, R. F. (1963a). The phenolic substances of manufactured tea. IX.—the spectrophotometric evaluation of tea liquors. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14(10), 689–700. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740141002>
- Roberts, E. A. H., and Smith, R. F. (1963b). The phenolic substances of manufactured tea. IX.—the spectrophotometric evaluation of tea liquors. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14(10), 689–700. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740141002>
- Rossetti, D., Yakubov, G. E., Stokes, J. R., Williamson, A. M., and Fuller, G. G. (2008). Interaction of human whole saliva and astringent dietary compounds investigated by interfacial shear rheology. *Food Hydrocolloids*, 22(6), 1068–1078. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2007.05.014>
- Ruan, J., Ma, L., Shi, Y., and Han, W. (2004). The impact of pH and calcium on the uptake of fluoride by tea plants (*Camellia sinensis* L.). *Annals of Botany*, 93(1), 97–105. <https://doi.org/10.1093/AOB/MCH010>
- Ruan, J., and Wong, M. H. (2001). Accumulation of fluoride and aluminium related to different varieties of tea plant. *Environmental Geochemistry and Health*, 23(1), 53–63. <https://doi.org/10.1023/A:1011082608631/METRICS>
- Saito, K., Yonekura-Sakakibara, K., Nakabayashi, R., Higashi, Y., Yamazaki, M., Tohge, T., and Fernie, A. R. (2013). The flavonoid biosynthetic pathway in Arabidopsis: Structural and genetic diversity. *Plant*

- Physiology and Biochemistry*, 72, 21–34. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2013.02.001>
- Salahinejad, M., and Aflaki, F. (2010). Toxic and essential mineral elements content of black tea leaves and their tea infusions consumed in Iran. *Biological Trace Element Research*, 134(1), 109–117. <https://doi.org/10.1007/s12011-009-8449-z>
- Samanta, T., Kotamreddy, J. N. R., Ghosh, B. C., and Mitra, A. (2017). Changes in targeted metabolites, enzyme activities and transcripts at different developmental stages of tea leaves: a study for understanding the biochemical basis of tea shoot plucking. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/S11738-016-2298-0/FIGURES/6>
- Samynathan, R., Kiruthikaa Shanmugam, Chithraanjane Nagarajan, Harsha Murugasamy, Ilango, R. V. J., Shanmugam, A., Venkidasamy, B., and Thiruvengadam, M. (2021). The effect of abiotic and biotic stresses on the production of bioactive compounds in tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). *Plant Gene*, 27(February), 100316. <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2021.100316>
- Sanderson, G. W., Ranadive, A. S., Eisenberg, L. S., Farrell, F. J., Simons, R., Manley, C. H., and Coggon, P. (1976). *Contribution of Polyphenolic Compounds to the Taste of Tea* (pp. 14–46). <https://doi.org/10.1021/bk-1976-0026.ch002>
- Sang, S., Lambert, J. D., Tian, S., Hong, J., Hou, Z., Ryu, J. H., Stark, R. E., Rosen, R. T., Huang, M. T., Yang, C. S., and Ho, C. T. (2004). Enzymatic synthesis of tea theaflavin derivatives and their anti-inflammatory and cytotoxic activities. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 12(2), 459–467. <https://doi.org/10.1016/J.BMC.2003.10.024>
- Sang, S., Yang, C. S., and Ho, C. T. (2004). Peroxidase-mediated oxidation of catechins. *Phytochemistry Reviews*, 3(1–2), 229–241. <https://doi.org/10.1023/B:PHYT.0000047794.45076.7C/METRICS>
- Scharbert, S., and Hofmann, T. (2005). Molecular Definition of Black Tea Taste by Means of Quantitative Studies, Taste Reconstitution, and Omission Experiments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(13), 5377–5384. <https://doi.org/10.1021/JF050294D>
- Schuh, C., and Schieberle, P. (2006). *Characterization of the Key Aroma Compounds in the Beverage Prepared from Darjeeling Black Tea: Quantitative Differences between Tea Leaves and Infusion*. 2, 916–924.
- Schwab, W., Davidovich-Rikanati, R., and Lewinsohn, E. (2008). Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. In *Plant Journal* (Vol. 54, Issue 4, pp. 712–732). <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03446.x>
- Sedaghatthoor, S., Haghghat, S. R., Shokrgozar, S. A., Biosci, I. J., Sedaghatthoor, S., Haghghat, S. R., and Shokrgozar, S. A. (2013). Storage period effects on the qualitative characteristics of scented tea. *International Journal of Biosciences*, 6655, 66–73.

- <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12692/ijb/3.7.66-73>
- Senthil Kumar, R. S., Murugesan, S., Kottur, G., and Gyamfi, D. (2013). Black Tea: The Plants, Processing/Manufacturing and Production. *Tea in Health and Disease Prevention*, 41–57. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384937-3.00004-5>
- Seok, Y.-J., Her, J.-Y., Kim, Y.-G., Kim, M. Y., Jeong, S. Y., Kim, M. K., Lee, J.-Y., Kim, C.-I., Yoon, H.-J., and Lee, K.-G. (2015). Furan in Thermally Processed Foods - A Review. *Toxicological Research*, 31(3), 241–253.
- Sharangi, A. B. (2009). Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L.) – A review. *Food Research International*, 42(5–6), 529–535. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2009.01.007>
- Sheibani, E., Duncan, S. E., Kuhn, D. D., Dietrich, A. M., Newkirk, J. J., and O’Keefe, S. F. (2015). Changes in flavor volatile composition of oolong tea after panning during tea processing. *Food Science and Nutrition*, 4(3), 456–468. <https://doi.org/10.1002/fsn3.307>
- Shi, J., Ma, C., Qi, D., Lv, H., Yang, T., Peng, Q., Chen, Z., and Lin, Z. (2015). Transcriptional responses and flavor volatiles biosynthesis in methyl jasmonate-treated tea leaves. *BMC Plant Biology*, 15(1), 233. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0609-z>
- Shi, J., Wang, L., Ma, C.-Y., Lv, H.-P., Chen, Z.-M., and Lin, Z. (2014). Aroma changes of black tea prepared from methyl jasmonate treated tea plants. *Journal of Zhejiang University. Science. B*, 15(4), 313–321. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1300238>
- Śmiechowska, M., and Dmowski, P. (2006). Crude fibre as a parameter in the quality evaluation of tea. *Food Chemistry*, 94(3), 366–368. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.026>
- Song, H., and Liu, J. (2018). GC-O-MS technique and its applications in food flavor analysis. *Food Research International*, 114, 187–198. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.07.037>
- Song, R., Kelman, D., Johns, K. L., and Wright, A. D. (2012). Correlation between leaf age, shade levels, and characteristic beneficial natural constituents of tea (*Camellia sinensis*) grown in Hawaii. In *Food Chemistry* (Vol. 133, Issue 3, pp. 707–714). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.078>
- Spiro, M., and Price, W. E. (1987). Kinetics and equilibria of tea infusion: Part 7-The effects of salts and of pH on the rate of extraction of caffeine from Kapchorua Pekoe Fannings. *Food Chemistry*, 25(1), 49–59. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(87\)90053-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(87)90053-7)
- Spiro, M., and Siddique, S. (1981). Kinetics and equilibria of tea infusion: Kinetics of extraction of theaflavins, thearubigins and caffeine from Koonsong broken pekoe. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32(11), 1135–1139. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740321115>
- Springett, M. B., Williams, B. M., and Barnes, R. J. (1994). The effect of

- packaging conditions and storage time on the volatile composition of Assam black tea leaf. *Food Chemistry*, 49(4), 393–398. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(94\)90010-8](https://doi.org/10.1016/0308-8146(94)90010-8)
- Su, H., Wu, W., Wan, X., and Ning, J. (2019). Discriminating geographical origins of green tea based on amino acid, polyphenol, and caffeine content through high-performance liquid chromatography: Taking Lu'an guapian tea as an example. *Food Science and Nutrition*, 7(6), 2167–2175. <https://doi.org/10.1002/FSN3.1062>
- Susanne Scharbert, Nadine Holzmann, and Thomas Hofmann. (2004). Identification of the Astringent Taste Compounds in Black Tea Infusions by Combining Instrumental Analysis and Human Bioresponse. *J. Agric. Food Chem.*, 52(11), 3498–3508. <https://doi.org/10.1021/JF049802U>
- Suzuki, H., Izuka, S., Miyakawa, N., and Kumagai, H. (2002). Enzymatic production of theanine, an “umami” component of tea, from glutamine and ethylamine with bacterial  $\gamma$ -glutamyltranspeptidase. *Enzyme and Microbial Technology*, 31(6), 884–889. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(02\)00213-2](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00213-2)
- Taban, S., Okay, Y., and Kunter, B. (2001). Klon ve tohumdan üretilen çay bitkisinin genç ve yaşlı yapraklarının ekstrakt, polifenol, kül ve bazı mineral madde içerikleri. *Gıda*, 26(1), 49–53.
- Takeo, T. (1981). Production of Linalool and Geraniol by Hydrolytic Breakdown of Bound Forms in Disrupted Tea Shoots. *Phytochemistry*, 20(9), 2145–2147.
- Takeuchi, A., Matsumoto, S., and Hayatsu, M. (1994). Chalcone Synthase from *Camellia sinensis*: Isolation of the cDNAs and the Organ-Specific and Sugar-Responsive Expression of the Genes. *Plant and Cell Physiology*, 35(7), 1011–1018. <https://doi.org/10.1093/OXFORDJOURNALS.PCP.A078688>
- Taşcıoğlu, S., and Kök, E. (1998). Temperature dependence of copper, iron, nickel and chromium transfers into various black and green tea infusions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(2), 200–208. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199802\)76:2<200::AID-JSFA884>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2<200::AID-JSFA884>3.0.CO;2-W)
- Thanaraj, S. N. S., and Seshadri, R. (1990). Influence of polyphenol oxidase activity and polyphenol content of tea shoot on quality of black tea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 51(1), 57–69. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740510107>
- Tüfekçi, M., and Güner, S. (1997). The determination of optimum fermentation time in Turkish black tea manufacture. *Food Chemistry*, 60(1), 53–56. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00302-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00302-0)
- Ullah, M. R., Gogoi, N., and Baruah, D. (1984). The effect of withering on fermentation of tea leaf and development of liquor characters of black teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(10), 1142–1147.

- <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740351014>
- Ullah, M. R., and Roy, P. C. (1982). Effect of withering on the polyphenol oxidase level in the tea leaf. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33(5), 492–495. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740330515>
- Upadhyaya, H., Dutta, B. K., and Panda, S. K. (2018). Impact of zinc on dehydration and rehydration responses in tea. *Biologia Plantarum*, 62(2), 395–399. <https://doi.org/10.1007/S10535-017-0758-Z/METRICS>
- Vatan, Ö., Hasdemir, İ. M., İnci, İ., Bilgin, M., ve Aydın, A. (2000). Kafeinin su ve etil asetat/kloroform karışımı arasındaki dağılıma katsayılarının ortam asitliğine bağlı olarak değişimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(3), 1–6. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/deumffmd/issue/40892/493733>
- Vuong, Q. V., Golding, J. B., Stathopoulos, C. E., and Roach, P. D. (2013). Effects of aqueous brewing solution pH on the extraction of the major green tea constituents. *Food Research International*, 53(2), 713–719. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.017>
- Wan, X., Zhang, Z., and Li, D. (2008). Chemistry and biological properties of theanine. In *Tea and Tea Products: Chemistry and Health-Promoting Properties* (pp. 255–274). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420008036-20>
- Wang, C., Han, J., Pu, Y., and Wang, X. (2022). Tea (*Camellia sinensis*): A Review of Nutritional Composition, Potential Applications, and Omics Research. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(12), 1–20. <https://doi.org/10.3390/app12125874>
- Wang, C., Lv, S., Wu, Y., Lian, M., Gao, X., and Meng, Q. (2016). Study of aroma formation and transformation during the manufacturing process of Biluochun green tea in Yunnan Province by HS-SPME and GC-MS. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, July 2015, 4492–4498. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7663>
- Wang, H.-F., You, X.-Q., and Chen, Z.-M. (2002). The chemistry of tea non-volatiles. In Y. Zhen (Ed.), *TEA Bioactivity and Therapeutic Potential* (First, pp. 57–88).
- Wang, H. F., Tsai, Y. S., Lin, M. L., and Ou, A. S. M. (2006). Comparison of bioactive components in GABA tea and green tea produced in Taiwan. *Food Chemistry*, 96(4), 648–653. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2005.02.046>
- Wang, H., Hua, J., Yu, Q., Li, J., Wang, J., Deng, Y., Yuan, H., and Jiang, Y. (2021). Widely targeted metabolomic analysis reveals dynamic changes in non-volatile and volatile metabolites during green tea processing. *Food Chemistry*, 363, 130131. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.130131>
- Wang, H., Provan, G. J., and Helliwell, K. (2000). Tea flavonoids: Their functions, utilisation and analysis. *Trends in Food Science and*

- Technology*, 11(4–5), 152–160. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00061-3](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00061-3)
- Wang, H., Shen, S., Wang, J., Jiang, Y., Li, J., Yang, Y., Hua, J., and Yuan, H. (2022). Novel insight into the effect of fermentation time on quality of Yunnan Congou black tea. *LWT*, 155, 112939. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.112939>
- Wang, J., Li, X., Wu, Y., Qu, F., Liu, L., Wang, B., Wang, P., and Zhang, X. (2022). HS–SPME/GC–MS Reveals the Season Effects on Volatile Compounds of Green Tea in High–Latitude Region. *Foods 2022, Vol. 11, Page 3016*, 11(19), 3016. <https://doi.org/10.3390/FOODS11193016>
- Wang, K., Liu, F., Liu, Z., Huang, J., Xu, Z., Li, Y., Chen, J., Gong, Y., and Yang, X. (2011). Comparison of catechins and volatile compounds among different types of tea using high performance liquid chromatograph and gas chromatograph mass spectrometer. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(7), 1406–1412. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02629.x>
- Wang, L. F., Lee, J. Y., Chung, J. O., Baik, J. H., So, S., and Park, S. K. (2008). Discrimination of teas with different degrees of fermentation by SPME-GC analysis of the characteristic volatile flavour compounds. *Food Chemistry*, 109(1), 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.054>
- Wang, L., Xu, R., Hu, B., Li, W., Sun, Y., Tu, Y., and Zeng, X. (2010). Analysis of free amino acids in Chinese teas and flower of tea plant by high performance liquid chromatography combined with solid-phase extraction. *Food Chemistry*, 123(4), 1259–1266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.063>
- Wang, X. C., Chen, L., Ma, C. L., Yao, M. Z., and Yang, Y. J. (2010). Genotypic variation of beta-carotene and lutein contents in tea germplasms, *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(1), 9–14. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2009.01.016>
- Wanyika, H., Gatebe, E., Gitu, L., Ngumba, E., and Maritim, C. (2010). Determination of caffeine content of tea and instant coffee brands found in the Kenyan market. *African Journal of Food Science*, 4(June), 353–358.
- Wedherilt, H., Gürcan, T., Löker, M., ve Özay, G. (1991). Türk çaylarının nesnel kalite parametrelerine göre değerlendirilmesi.pdf. *Gıda*, 16(3), 209–216.
- Welna, M., Szymczycha-Madeja, A., Stelmach, E., and Pohl, P. (2012). Speciation and fractionation of elements in teainfusions. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 42(August), 349–365. <https://doi.org/10.1080/10408347.2012.694730>
- Wong, S., and Shanks, R. (2009). Biocomposites of Natural Fibers and Poly(3-

- Hydroxybutyrate) and Copolymers: Improved Mechanical Properties Through Compatibilization at the Interface. *Biodegradable Polymer Blends and Composites from Renewable Resources*, 303–347. <https://doi.org/10.1002/9780470391501.CH13>
- Wright, L. P. (2005). *Biochemical analysis for identification of quality in black tea (Camellia sinensis)*. University of Pretoria.
- Wright, L. P., Mphangwe, N. I. K., Nyirenda, H. E., and Apostolides, Z. (2002a). Analysis of the theaflavin composition in black tea (*Camellia sinensis*) for predicting the quality of tea produced in Central and Southern Africa. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(5), 517–525. <https://doi.org/10.1002/JSFA.1074>
- Wright, L. P., Mphangwe, N. I., Nyirenda, H. E., and Apostolides, Z. (2002b). Analysis of the theaflavin composition in black tea (*Camellia sinensis*) for predicting the quality of tea produced in Central and Southern Africa. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(5), 517–525. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1074>
- Wu, C., Xu, H., Héritier, J., and Andlauer, W. (2012). Determination of catechins and flavonol glycosides in Chinese tea varieties. *Food Chemistry*, 132(1), 144–149. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.045>
- Wu, H., Huang, W., Chen, Z., Chen, Z., Shi, J., Kong, Q., Sun, S., Jiang, X., Chen, D., and Yan, S. (2019). GC–MS-based metabolomic study reveals dynamic changes of chemical compositions during black tea processing. *Food Research International*, 120(February), 330–338. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.02.039>
- Wu, Y., Wang, W., Li, Y., Dai, X., Ma, G., Xing, D., Zhu, M., Gao, L., and Xia, T. (2017). Six phenylalanine ammonia-lyases from *Camellia sinensis*: Evolution, expression, and kinetics. *Plant Physiology and Biochemistry*, 118, 413–421. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2017.06.030>
- Xie, M., von Bohlen, A., Klockenkämper, R., Jian, X., and Günther, K. (1998). Multielement analysis of Chinese tea (*Camellia sinensis*) by total-reflection X-ray fluorescence. *Zeitschrift Für Lebensmitteluntersuchung Und -Forschung A*, 207(1), 31–38. <https://doi.org/10.1007/s002170050291>
- Xie, X., Sun, Z., Zhang, X., and Han, X. (2023). Novel Aspects of Regulation of Nitrogen Responses in the Tea Plant (*Camellia sinensis* (L.)). *Agronomy* 2023, Vol. 13, Page 144, 13(1), 144. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY13010144>
- Xu, Y. Q., Zhang, Y. N., Chen, J. X., Wang, F., Du, Q. Z., and Yin, J. F. (2018). Quantitative analyses of the bitterness and astringency of catechins from green tea. *Food Chemistry*, 258, 16–24. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2018.03.042>

- Yang, T., Lu, X., Wang, Y., Xie, Y., Ma, J., Cheng, X., Xia, E., Wan, X., and Zhang, Z. (2020). HAK/KUP/KT family potassium transporter genes are involved in potassium deficiency and stress responses in tea plants (*Camellia sinensis* L.): expression and functional analysis. *BMC Genomics*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/S12864-020-06948-6>
- Yang, T., Xie, Y., Lu, X., Yan, X., Wang, Y., Ma, J., Cheng, X., Lin, S., Bao, S., Wan, X., Lucas, W. J., and Zhang, Z. (2021). Shading Promoted Theanine Biosynthesis in the Roots and Allocation in the Shoots of the Tea Plant (*Camellia sinensis* L.) Cultivar Shuchazao. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(16), 4795–4803. <https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.1C00641>
- Yang, Z., Sakai, M., Sayama, H., Shimeno, T., Yamaguchi, K., and Watanabe, N. (2009). Elucidation of the biochemical pathway of 2-phenylethanol from shikimic acid using isolated protoplasts of rose flowers. *Journal of Plant Physiology*, 166(8), 887–891. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.11.001>
- Yaylalı Abanuz, G. (2007). *Doğu Karadeniz Bölgesinde Çay Tarımı Yapılan Toprakların Ve Çay Bitkilerinin Ağır Metal Kapsamlarının Araştırılması [Heavy Metal Concentration in Soils and Tea Plants in Black Sea Region]*. Karadeniz Technical University.
- Ye, Y., Yan, J., Cui, J., Mao, S., Li, M., Liao, X., and Tong, H. (2018). Dynamic changes in amino acids, catechins, caffeine and gallic acid in green tea during withering. *Journal of Food Composition and Analysis*, 66, 98–108. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2017.12.008>
- Yemane, M., Chandravanshi, B. S., and Wondimu, T. (2008). Levels of essential and non-essential metals in leaves of the tea plant (*Camellia sinensis* L.) and soil of Wushwush farms, Ethiopia. *Food Chemistry*, 107(3), 1236–1243. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2007.09.058>
- Yilmaz, G., Kandemir, N., and Kinalioglu, K. (2004). Effects of different pruning intervals on fresh shoot yield and some quality properties of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(7), 1208–1212.
- Yilmaz, C., Özdemir, F., and Gökmen, V. (2020). Investigation of free amino acids, bioactive and neuroactive compounds in different types of tea and effect of black tea processing. *Lwt*, 117(January 2019), 108655. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108655>
- Zhang, C., Suen, C. L. C., Yang, C., and Quek, S. Y. (2018). Antioxidant capacity and major polyphenol composition of teas as affected by geographical location, plantation elevation and leaf grade. *Food Chemistry*, 244(September 2017), 109–119. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.126>
- Zhang, L., Cao, Q. Q., Granato, D., Xu, Y. Q., and Ho, C. T. (2020). Association between chemistry and taste of tea: A review. *Trends in Food*



- Science and Technology*, 101(May), 139–149. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.015>
- Zhang, L., Ho, C. T., Zhou, J., Santos, J. S., Armstrong, L., and Granato, D. (2019). Chemistry and Biological Activities of Processed *Camellia sinensis* Teas: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), 1474–1495. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12479>
- Zhang, L. Q., Wei, K., Cheng, H., Wang, L. Y., and Zhang, C. C. (2016). Accumulation of catechins and expression of catechin synthetic genes in *Camellia sinensis* at different developmental stages. *Botanical Studies*, 57(1), 31. <https://doi.org/10.1186/S40529-016-0143-9>
- Zhang, L., Zhang, Z. Z., Lu, Y. N., Zhang, J. S., and Preedy, V. R. (2013). L-Theanine from Green Tea: Transport and Effects on Health. In *Tea in Health and Disease Prevention* (pp. 425–435). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384937-3.00035-5>
- Zhang, Q., and Ruan, J. (2016). Tea: Analysis and Tasting. *Encyclopedia of Food and Health*, 256–267. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00687-5>
- Zhang, Q., Shi, Y., Ma, L., Yi, X., and Ruan, J. (2014). Metabolomic analysis using ultra-performance liquid chromatography-quadrupole-time of flight mass spectrometry (UPLC-Q-TOF MS) uncovers the effects of light intensity and temperature under shading treatments on the metabolites in tea. *PLoS ONE*, 9(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112572>
- Zhang, S., Jin, J., Chen, J., Ercisli, S., Chen, L., Zhang, S., Jin, J., Chen, J., Ercisli, S., and Chen, L. (2022). Purine alkaloids in tea plants component, biosynthetic mechanism and genetic variation. *Beverage Plant Research 2022 1:13*, 2(1), 1–9. <https://doi.org/10.48130/BPR-2022-0013>
- Zhang, W., Ni, K., Long, L., and Ruan, J. (2023). Nitrogen transport and assimilation in tea plant (*Camellia sinensis*): a review. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2023.1249202>
- Zhang, Y., Wang, Y., Ding, Z., Wang, H., Song, L., Jia, S., and Ma, D. (2017). Zinc stress affects ionome and metabolome in tea plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 111, 318–328. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2016.12.014>
- Zhao, L. Y., Cao, C. Y., Chen, G. T., Fang, Y., and Hu, Q. H. (2011). Determination of mineral elements in two grades of three green tea varieties by ICP-AES. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi/Spectroscopy and Spectral Analysis*, 31(4), 1119–1121. [https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2011\)04-1119-03](https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2011)04-1119-03)
- Zhao, T., Li, C., Wang, S., and Song, X. (2022). Green Tea (*Camellia sinensis*): A Review of Its Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology. *Molecules*, 27(12). <https://doi.org/10.3390/molecules27123909>
- Zhen, Yong-su, Zong-mao Chen, S. C. and M. C., and Zhen, Y. (2003). *Tea:*

- Bioactivity and Therapeutic Potential.*  
<https://books.google.com/books?id=tEm6wjBAQUCandpgis=1>
- Zheng, F., Gan, S., Zhao, X., Chen, Y., Zhang, Y., Qiu, T., Zheng, P., Zhai, X., and Dai, Q. (2023). Unraveling the chemosensory attributes of Chinese black teas from different regions using GC-IMS combined with sensory analysis. *LWT*, *184*, 114988. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2023.114988>
- Zheng, X. Q., Li, Q. S., Xiang, L. P., and Liang, Y. R. (2016). Recent advances in volatiles of teas. *Molecules*, *21*(3), 1–12. <https://doi.org/10.3390/molecules21030338>
- Zorn, H., Langhoff, S., Scheibner, M., and Berger, R. G. (2003). Cleavage of  $\beta,\beta$ -carotene to flavor compounds by fungi. *Appl Microbiol Biotechnol*, *62*, 331–336.



## BÖLÜM 12

### ÇAYIN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Hülya KILIÇ<sup>1</sup>

Dr. Şaziye ILGAZ<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14291396>

---

<sup>1</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya Bölümü, Rize, Türkiye. [hulya.kilic@erdogan.edu.tr](mailto:hulya.kilic@erdogan.edu.tr), ORCID: 0000-0002-2724-1897

<sup>2</sup> Avrupa Çay Birliği (ESTA), Ar & Ge ve İnovasyon Komitesi Türkiye Temsilcisi, Bursa, Türkiye. [aylailk@gmail.com](mailto:aylailk@gmail.com), ORCID:0009-0000-4838-1197



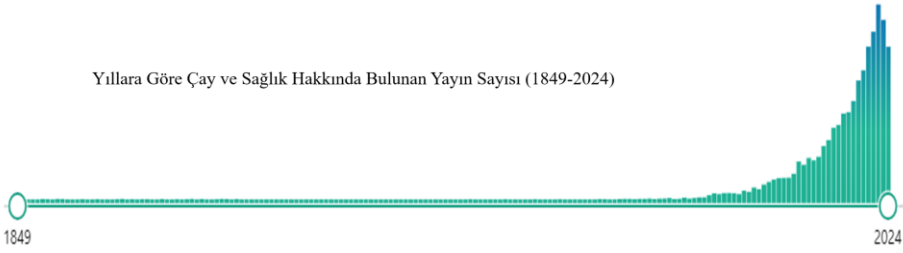
## GİRİŞ

Çayın yüzyıllardır popüler bir içecek olmasının yanında, geleneksel olarak sağlık amaçlarıyla kullanıldığına da değinmek oldukça önemlidir. Çayın tarihçesi, yaklaşık 5000 yıl öncesine kadar uzanır ve Çin mitolojisine göre MÖ 2700'lü yıllarda İmparator Shen Nong tarafından keşfedildiği rivayet edilir. Çay, o dönemden itibaren sadece keyifli bir içecek olarak değil, aynı zamanda bir şifa kaynağı olarak da kullanılmıştır. Geleneksel Çin Tıbbında, çay sindirim sistemi rahatsızlıklarını yatıştırmak, ruh halini iyileştirmek, vücudu temizlemek ve zihinsel odaklanmayı artırmak için kullanılmıştır. Japonya'da Zen Budist rahipleri, yeşil çayı meditasyon sırasında uyanık kalabilmek ve zihinsel konsantrasyonlarını artırabilmek için tüketmişlerdir. Çaydaki L-theanine amino asidinin rahatlatıcı etkileri, bu kullanımın temellerinden biridir. Bu bileşik, uyanıklığı artırırken anksiyeteyi azaltarak dengeleyici bir etki sağlar. Hint Ayurvedası'nda ise çay, özellikle sindirim sorunları, baş ağrıları ve genel halsizlik gibi durumların tedavisinde kullanılmıştır. Siyah çay ve zencefil gibi diğer bitkilerle yapılan karışımlar, soğuk algınlığı ve mide sorunları gibi rahatsızlıklara karşı iyileştirici bir içecek olarak sunulmuştur. Avrupa'da çayın popüleritesi, 17. yüzyılda Çin'den Avrupa'ya getirilmesiyle başlamıştır. Başlangıçta sadece varlıklı kesim tarafından tüketilen çay, daha sonraları geniş kitlelere yayılmış ve özellikle sindirimi kolaylaştırıcı ve rahatlatıcı etkileri nedeniyle tüketilmiştir. Çayın içeriğindeki antioksidanlar, kalp sağlığını koruma ve bağışıklık sistemini destekleme gibi faydalarıyla Avrupa'da sağlık açısından da önem kazanmıştır.

Bu geleneksel kullanımlar, çayın tarih boyunca hem keyif verici bir içecek hem de tedavi edici özellikleriyle değer gördüğünü göstermektedir. Yüzyıllardır her iki etkisinden de faydalanılan çayın sağlık üzerindeki faydaları ancak son dekadlarda bilimsel olarak incelenmeye başlamıştır. Bu gelişmede, modern bilimin ilerlemesi ve biyokimyasal analiz tekniklerinin gelişmesi önemli bir rol oynamıştır. Özellikle polifenoller, kateşinler, L-theanine ve kafein gibi çayın biyoaktif bileşenleri üzerine yapılan araştırmalar, bu bitkinin sağlık üzerindeki çok yönlü etkilerini bilimsel olarak daha net ortaya koymuştur.

Günümüzde çayın metabolizma, kardiyovasküler sağlık başta olmak üzere potansiyel sağlık etkileri, modern tıbbın önemli araştırma alanlarından biri haline gelmiştir. Çayın sağlık üzerindeki faydalarını değerlendiren bilimsel

çalışmaların sayısı her geçen gün artmakta ve bu alandaki bilgi birikimi hızla derinleşmektedir. Çay ile ilgili, ilk olarak 1849 yılında S. Jackson tarafından yayımlanan ve çay ve kahve tüketiminin beslenme açısından faydalı olabileceğini öne süren ilk yazıdan bu yana, çayın içerdiği biyoaktif bileşiklerin *in vivo* ve *in vitro* etkilerinin ayrıntılarıyla incelenmesine kadar önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Şekil 1'de yıllara göre çay ve sağlık hakkında bulunan bilimsel yayın sayısı verilmiştir. Çayın geleneksel kullanımları ile modern bilimsel araştırmaların bulgularının bir araya getirilmesi, bu doğal içeceğin insan sağlığına olan katkılarını daha iyi anlamamıza olanak sağlamaktadır.



**Şekil 1.** Yıllara Göre Çay ve Sağlık Hakkında Bulunan Yayın Sayısı (1849-2024)  
Kaynak: PubMed- 2024

Yukarıdaki grafik, 1849 yılından 2024 yılına kadar "çay ve sağlık" konulu yayınların yıllara göre sayısındaki değişimi göstermektedir. Grafik, ilk yıllarda neredeyse yok denecek kadar az olan yayın sayısının 20. yüzyılın sonlarına doğru artmaya başladığını ve özellikle 2000'li yıllardan itibaren büyük bir ivme kazandığını ortaya koymaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmaların sayısındaki artış, çayın sağlık üzerindeki etkilerine olan akademik ilginin ve bu konuda yapılan çalışmaların hızla arttığını göstermektedir. Bu durum, modern bilimin yöntemlerinin ilerlemesi ve çayın faydalarına dair bilimsel kanıtların çoğalmasıyla ilişkilendirilebilir (Veri [www.pubmed.com](http://www.pubmed.com) internet sitesinden 01.10.2024 tarihinde alınmıştır).

## 12. ÇAYIN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Başta siyah, yeşil, oolong ve beyaz çaylar olmak üzere tüm çay çeşitleri *Camellia sinensis* çay bitkisinden üretilir. Bu mucizevi bitkinin bileşenleri işleme sırasında az veya çok değişikliğe uğrasa da, insan sağlığına olan faydaları bilim insanları tarafından uzun yıllardır incelenmektedir. Çok bilinen bu çay çeşitleri dışında mikrobiyal fermentasyonla üretilen Pu'erh çay ve tarihi çok eski olsa da ülkemizde henüz tanınmaya başlamış Kombucha da sağlığa yararları sebebi ile araştırmacıların ilgi odağındadır. Tüm çay çeşitlerinin genel sağlık yararları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çayın sağlığa yararları

Çay çeşidine göre bazı farklılıklar olsa da çayın sağlığa yararlı temel bileşenleri polifenoller, amino asitler ve alkaloidlerdir.

Polifenoller, çayda % 25-35 (w/w) bulunan çayın en önemli biyoaktif bileşenleridir. Yapılan bilimsel çalışmaların çoğu polifenollerin % 90'ını oluşturan kateşinler (EGCG, EGC, EC, GC) ve kateşinlerin oksidasyon ürünü olan Theaflavin (TF) ve Tearubigin (TR) ile ilgilidir. Yeşil çay kateşinlerce zenginken, siyah çay kateşinlerin oksidasyon ürünü olan TF ve TR içerir. Oolong çay ise yarı okside bir çay çeşidi olduğundan oksidasyon seviyesine bağlı olarak değişen oranlarda hem kateşinleri, hem de TF ve TR'i içerir. Çalışmalar polifenollerin anti-karsinojen, anti-mutojen, anti-kariyojenik, anti-viral, anti-diyabetik, anti-aging etkiye sahip olduğunu, kemik sağlığını



koruduyucu etkisini, obeziteyi engellediğini, LDL kolesterolü düşürdüğünü ve bilişsel sağlığı koruduğunu göstermiştir(Fraga ve ark., 2010).

Çayda bulunan amino asitlerden L-Theanine ve Gama Amino Bütirik Asit (GABA) sağlığa yararları sebebi ile en fazla çalışılan amino asitlerdir.

*L-Theanine* çayda bulunan serbest amino asitlerin %50'sini oluşturan önemli bir nöroaktif bileşendir. Nöroprotektif etkiye sahip olan L-Theanine anksiyeteyi ve depresyonu baskılar, uyku kalitesini artırır ve bağışıklık sisteminin güçlenmesini sağlar. Bu amino asidin kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etki gösterdiği ve ilaçların anti-tümör aktivitesini artırdığı bildirilmiştir(Hidese ve ark., 2019; Türközü & Şanlier, 2017).

GABA ise *Camellia sinensis* çay bitkisinde doğal olarak bulunan ve anaerobik fermantasyonda hızla artan diğer önemli serbest amino asittir. GABA'nın stresi, uykusuzluğu, yüksek tansiyonu, diyabeti, felci, şizofreniyi ve Alzheimer hastalığını engellediği ile ilgili bulgular mevcuttur(Diez-Gutiérrez ve ark., 2020).

Çayda en fazla bulunan alkaloid kafeindir. Farmakolojinin ve içecek endüstrisinin önemli girdilerinden olan kafeinin merkezi sinir sistemini uyardığı, ruh halini rahatlattığı ve fiziksel performansı geliştirdiği, kronik dejeneratif hastalık riskini azalttığı ifade edilmiştir.

Bu çay bileşenleri dışında mikrobiyal fermantasyonla üretilen Pu'erh çay ve Kombucha'da bulunan diğer çaylardan farklı olan çay bileşenleri de vardır. Bunlardan en önemlileri Pu'erh çayda bulunan Theabrownin ve Kombucha'da bulunan D-sakkarik asit-1,4-lakton (DSL) ve glukuronik asit (GlcUA)'dir. *Theabrownin*, Pu'erh çaya özgü bir pigment olup mikroorganizmalar tarafından flavan-3-ol'ün kademeli oksidasyonu ve polimerizasyonu ile oluşur. Biyoaktif çay polifenollerini fermente edilmemiş yeşil çayda yaygın olsa da, Pu'erh çayın mikrobiyal fermentasyon sürecinde kaybolurlar. Bağırsak mikrobiyotasını değiştirir ve ağırlıklı olarak safra tuzu hidrolaz (BSH) aktivitesiyle ilişkili mikropları baskılar(Liu ve ark., 2021; Zhao ve ark., 2015).

Pu'erh çayı, karaciğerde inflamasyonu etkileyen, metabolik sendromda hiperlipidemi ve hiperkolesterolemiyi iyileştiren theabrownin açısından zengindir (F. Huang ve ark., 2019).

Pu'erh çayın vücut ağırlığını azalttığı, hiperlipidemiye baskılayabildiği, trigliserit, toplam kolesterol ve düşük yoğunluklu lipoprotein-kolesterol seviyelerini düşürebildiği ve yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol

seviyelerini artırdığı rapor edilmiştir (Chu ve ark., 2011; H.-C. Huang & Lin, 2012; Qiong & Xishuang, 2014).

Kombucha mikrobiyal fermantasyonla üretilen probiyotik özellikte bir çaydır. Diğer çaylardan farklı olarak içerdiği D-sakkarik asit-1,4-lakton (DSL), detoksifiye edici ve antioksidan özelliklere sahip bir bileşendir. (Bhattacharya ve ark., 2012). Kombucha'daki DSL içeriğinin, ürünün kaynağına bağlı olarak 57,99 ile 132,72 µg/mL arasında değiştiği bildirilmiştir. Kombucha'nın en yüksek DSL değerine fermantasyonun sekizinci gününde ulaştığı ve sonrasında DSL'nin azaldığı bildirilmiştir (Yang ve ark., 2022).

Kombucha, ilaçlara, bilirubine ve kimyasallara, ayrıca kirleticilere ve aşırı steroid hormonlarına karşı detoks etkisi olan yüksek bir glukuronik asit (GlcUA) kaynağıdır. GlcUA, toksin molekülleriyle birleşerek organizmadan atılmalarını kolaylaştırma yeteneğine sahip olduğundan, ksenobiyotiklerin karaciğer detoksifikasyonunda rol oynar ve bu da onu karaciğer fonksiyonları üzerinde yardımcı bir madde olarak önemli hale getirir. Endobiyotik atılımında da rol oynar (Vina ve ark., 2014). Glukuronidasyonun bir bileşeni olarak GlcUA, yağ asitlerinin lipid peroksidasyonundan korunması ve biyotransformasyonu için de önemlidir. Peroksidasyon, ateroskleroz, böbrek hasarı ve Parkinson hastalığı gibi belirli patolojilerin gelişimi için bir risk faktörü olarak kabul edilmiştir (Mylonas & Kouretas, 1999).

Probiyotik işleviyle en çok ilişkilendirilen mikroorganizmalar *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacillus cereus*, *Propionibacterium freudenreichii* gibi bakteriler ve *Saccharomyces* cinsinin mayalarıdır. Bu mikroorganizmalar sağlık mikrobiyomu açısından faydalar sunar, aynı zamanda amino asitler, organik asitler, şekerler, polifenoller ve vitaminler gibi diğer ilgili bileşikler de üretirler. Yapılan in vivo veya in vitro çalışmalar, Kombucha'nın insan ve hayvan deneyleri, bu ürünün anti-inflamatuar, antioksidan, anti-bakteriyel, anti-diyabetik, antikarsinojenik etkilere sahip olduğunu, kolesterol konsantrasyonunu azalttığını ve karaciğer metabolizmasını, bağışıklık sistemini ve gastrointestinal fonksiyonları iyileştirdiğini ortaya koymuştur (Batista ve ark., 2021).

Çay **bileşenlerinin** vücuttaki etki mekanizmaları aşağıda ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

## 12.1. ÇAYIN OBEZİTE, METABOLİZMA VE GLİSEMİK KONTROL ÜZERİNE ETKİSİ

Obezite, dünya genelinde artan bir sağlık problemi olup, metabolik hastalıkların ve insülin direnci gibi durumların oluşumunda önemli bir risk faktörüdür. Obezitenin yönetiminde ve önlenmesinde, yaşam tarzı değişiklikleri ve beslenme alışkanlıkları büyük önem taşır. *Camellia sinensis* bitkisinden elde edilen çaylar (yeşil, siyah, beyaz ve oolong çayları), obezitenin önlenmesinde ve tedavisinde destekleyici bir role sahip olabilir. Çayın biyoaktif bileşenlerinden olan polifenoller özellikle kateşinler metabolizma ve glisemik kontrol üzerinde çeşitli olumlu etkiler gösterebilmektedir.

### 12.1.1. Çayın Obezite ve Yağ Metabolizması Üzerindeki Etkileri

Çayın içeriğinde bulunan kateşinler, özellikle epigallokateşin gallat (EGCG), enerji harcamasını artırarak ve yağ oksidasyonunu destekleyerek kilo kontrolüne yardımcı olabilir. Yapılan çalışmalar, çay tüketiminin vücut yağ oranını azalttığını ve bu etkinin, kateşinlerin metabolik hızı artırıcı etkisiyle ilişkili olduğunu göstermiştir. EGCG, termojenezi artırır ve yağ dokusunda enerji tüketimini artırarak yağ hücrelerinin büyümesini kontrol altında tutar. Çayın ayrıca, lipid profilini iyileştirici etkileri olduğu gösterilmiştir. Siyah çay ve yeşil çay, trigliserit ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterol düzeylerini düşürerek, yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) kolesterol düzeylerini artırdığı belirtilmektedir. Bu etkiler, obeziteye bağlı kardiyovasküler riskleri azaltmada önemli bir rol oynar. Kateşinlerin, yağ dokusundaki lipogenezi baskılayarak ve lipolizi artırarak yağ metabolizmasını düzenlediği bilinmektedir (Bérubé-Parent ve ark., 2005; Hursel & Westerterp-Plantenga, 2013). Yarı okside bir çay çeşidi olan oolong çayın özellikle abdominal yağ birikimini azaltıcı etkileriyle sahip olduğu rapor edilmiştir (Yuan ve ark., 2018).

### 12.1.2. Çayın Enerji Harcaması ve Termojenik Etkileri

Çayın içeriğinde bulunan kafein, metabolizma hızını artırıcı ve enerji harcamasını destekleyici etkilere sahiptir. Kafein ve kateşinlerin sinerjistik etkileri, çayın obezite ile mücadelede etkili bileşikler olmasına katkı sağlar. Kafein, yağ dokusundan yağ asitlerinin serbest bırakılmasını artırarak, yağ asitlerinin enerji üretiminde kullanılmasına olanak tanır (Sun ve ark., 2013). Bu

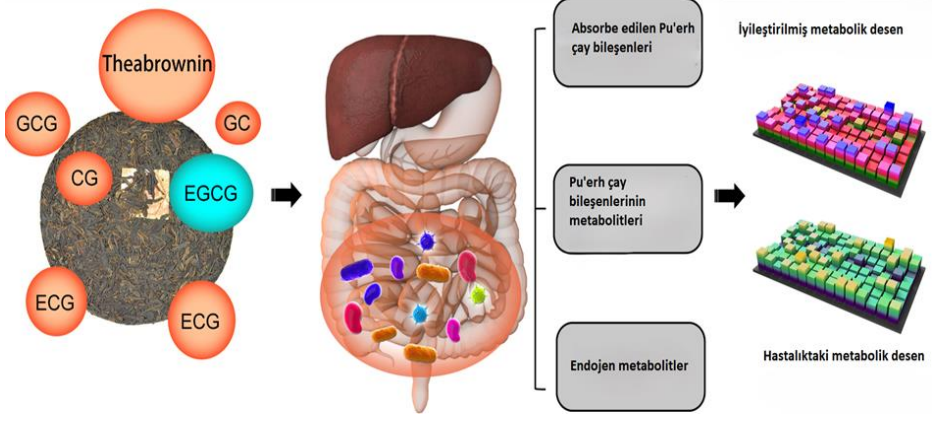
durum, özellikle egzersiz sırasında yağ yakımını destekleyerek kilo kaybını teşvik edebilir. Termojenik etkiler, vücudun enerji tüketimini artırarak kilo kontrolüne katkıda bulunur. Çalışmalar, düzenli yeşil çay tüketiminin bazal metabolizma hızını %3-4 oranında artırabileceğini göstermektedir(M. Li ve ark., 2024).

### **12.1.3. Çayın Glisemik Kontrol ve İnsülin Duyarlılığı Üzerine Etkileri**

Çaydaki polifenoller, glukoz metabolizmasını düzenleyerek kan şekeri seviyelerinin kontrol altına alınmasına katkıda bulunur. Bu bileşiklerin, pankreas beta hücrelerinden insülin salgılanmasını desteklediği ve hedef dokularda insülin duyarlılığını artırdığı gösterilmiştir(Qin ve ark., 2010). Yapılan bazı klinik çalışmalarda, düzenli yeşil çay tüketiminin, açlık kan şekeri ve HbA1c düzeylerini düşürdüğü gözlenmiştir. Bu, yeşil çayın insülin direncini azaltıcı ve glisemik kontrolü iyileştirici etkileriyle ilişkilidir. Yeşil çaydaki EGCG, kas ve karaciğer hücrelerinde glukoz alımını artırarak insülin sinyalizasyonunu destekler ve bu durum, diyabetin kontrolünde önemli bir fayda sağlar. Ayrıca, siyah çayın da postprandiyal (yemek sonrası) kan şekeri yükselmesini baskıladığı ve bu sayede glisemik yükün kontrol altında tutulmasına yardımcı olduğu rapor edilmiştir(Hanhineva ve ark., 2010).

### **12.1.4. Çayın Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkisi ve Glisemik Kontrole Katkısı**

Bağırsak mikrobiyotası, metabolik sağlık üzerinde önemli bir role sahiptir ve obezite ile yakından ilişkilidir. Çayın içerdiği polifenoller, bağırsak mikrobiyotasını düzenleyerek metabolik sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterebilir. Polifenollerin, faydalı bakterilerin büyümesini desteklediği ve obeziteye yol açabilecek inflamatuvar mekanizmaları baskıladığı belirtilmektedir. Bu durum, hem kilo kontrolü hem de glisemik kontrol üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yeşil çay polifenollerinin, bağırsaklarda kısa zincirli yağ asitlerinin (SCFA'lar) üretimini artırarak insülin duyarlılığını iyileştirdiği ve böylece kan şekeri seviyelerinin kontrol altına alınmasına katkıda bulunduğu rapor edilmiştir. SCFA'lar, ayrıca inflamasyonu baskılayarak ve insülin sinyalizasyonunu artırarak glukoz metabolizmasını düzenler. Bu etkiler, çayın glisemik kontrol üzerindeki faydalarının altını çizen önemli bulgular arasındadır.



**Şekil 3.** Pu'erh çay ve içindeki biyoaktif bileşenler karaciğer ve bağırsak mikrobiyomu ile etkileşime girerek çayın biyotransformasyonunu ve endojen metabolizmasını teşvik ederek sağlık yararlarına katkıda bulunur. *Kısaltmalar:* GC: galocatechin; CG: catechingallate; GCG: galocatechin gallate; ECG: epicatechin gallate; EGCG: epigallocatechin gallate (Liu ve ark., 2021).

Fermente bir çay olan Pu'erh çayın bağırsak mikrobiyotası üzerinde olumlu etki yaptığı ve yeni nesil probiyotik olarak bilinen *Faecalibacterium prausnitzii* artırdığı tesbit edilmiştir. Pu'erh çay, karaciğer-bağırsak metabolik eksenini aracılığıyla metabolize edilir ve vücutta metabolik değişikliklere neden olur. Pu'erh çayından türetilen bileşikler, biyotransforme edilmiş Pu'erh çayı metabolitleri ve endojen metabolitler birlikte inflamasyonu azaltır ve glikoz ve lipid homeostazında iyileşmeler sağlar (Şekil 3). Bağırsak ve çay bileşenleri arasındaki karmaşık etkileşimleri çözmek için hala ek çalışmalar yapılması gerekiyor (Liu ve ark., 2021).

## 12.2. ÇAYIN KALP ve DAMAR SAĞLIK ÜZERİNE ETKİSİ

Kardiyovasküler hastalıklar (KVH), dünya genelinde önde gelen ölüm nedenlerinden biri olarak dikkat çekmektedir. Oksidatif stres, inflamasyon, endotel disfonksiyonu ve düzensiz lipid profili, KVH'nin patogeneğinde önemli rol oynayan faktörlerdir. Çayın, özellikle *Camellia sinensis* bitkisinden elde edilen yeşil, siyah ve beyaz çay türlerinin, bu süreçler üzerinde olumlu etkileri olabileceği gösterilmiştir. Çayın biyoaktif bileşenleri olan polifenoller

özellikle kateşinler ve L-Theanine amino asidi kardiyovasküler sağlığı destekleyici mekanizmalar sunmaktadır.

### **12.2.1. Çaydaki Biyoaktif Bileşenler ve Kalp ve Damar Sağlığı**

Çayın kardiyovasküler sağlık üzerindeki etkileri, büyük ölçüde bileşiminde bulunan polifenollerden flavanoller (kateşinler ve kateşinlerin oksidasyon türevleri) ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Özellikle epigallokateşin gallat (EGCG) gibi kateşinler, güçlü antioksidan ve antienflamatuvar özelliklere sahiptir(Warzak ve ark., 2015). Bu bileşenlerin, serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif stresi azaltmada ve endotel fonksiyonlarını iyileştirmede etkili olduğu gösterilmiştir. Polifenollerin, kalp-damar sağlığını destekleyen bir dizi faydalı mekanizması vardır. Bunlar arasında vazodilatasyon, kan basıncının düşürülmesi, trombosit agregasyonunun inhibisyonu ve lipid profilinin iyileştirilmesi gibi etkiler yer almaktadır. Bu mekanizmalar, çayın düzenli tüketiminin kardiyovasküler olayların (örneğin, kalp krizi ve inme) riskini azalttığını ortaya koymaktadır(Stangl ve ark., 2006).

### **12.2.2. Çayın Antioksidan ve Antienflamatuvar Etkileri**

Oksidatif stres ve inflamasyon, ateroskleroz gibi kardiyovasküler hastalıkların gelişiminde temel rol oynar(Gianazza ve ark., 2021). Çayın biyoaktif bileşenleri, reaktif oksijen türlerini (ROS) nötralize ederek oksidatif stresin zararlarını hafifletir. Oksidatif stresin azalması, LDL kolesterolün oksidasyonunu önleyerek damar duvarında aterom plağı birikimini azaltarak aterosklerotik süreci yavaşlatır. Yeşil çayın içeriğinde bulunan kateşinler, güçlü antioksidan aktivite göstererek LDL oksidasyonunu önler ve bu da ateroskleroza bağlı kalp hastalıklarını önlemeye yardımcı olur. Buna ek olarak, çayın antienflamatuvar özellikleri, damar duvarında inflamatuvar süreçlerin baskılanmasına katkı sağlar. Yapılan çalışmalar, çayın düzenli tüketiminin, C-reaktif protein (CRP) gibi inflamasyon belirteçlerini azalttığını ve bu yolla kardiyovasküler risk faktörlerinin yönetilmesine yardımcı olduğunu göstermektedir. Siyah çay tüketiminin, inflamasyon belirteçleri üzerindeki baskılayıcı etkileri de bu durumu destekler niteliktedir(Sharma & Rao, 2009).

### 12.2.3. Çayın Endotel Fonksiyonları Üzerine Etkisi

Endotel hücreleri, kan damarlarının sağlığını ve işlevini korumada kritik bir role sahiptir. Endotel disfonksiyonu, kardiyovasküler hastalıkların başlangıcında önemli bir faktördür. Çaydaki polifenoller, nitrik oksit (NO) üretimini artırarak endotel bağımlı vazodilatasyonu iyileştirir. Nitrik oksit, damarların genişlemesine yardımcı olarak kan akışını düzenler ve yüksek tansiyon gibi kardiyovasküler risk faktörlerinin kontrolüne katkıda bulunur. Bazı çalışmalar, düzenli yeşil çay tüketiminin, endotel bağımlı vazodilatasyonu artırarak kan basıncını düşürdüğünü göstermektedir. Yeşil çayın özellikle ateroskleroz plağı oluşumunu azaltarak damar sağlığını iyileştirmede etkili olabileceği belirtilmektedir. Benzer şekilde, beyaz çayın da endotel fonksiyonlarını destekleyici etkileri olduğu rapor edilmiştir. Bu etkiler, kalp-damar sağlığı üzerinde çayın önemli bir rol oynadığını göstermektedir(Siamwala ve ark., 2013).

### 12.2.4. Kan Basıncı Üzerine Etkileri

Hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıkların önde gelen risk faktörlerinden biridir. Yeşil çayın düzenli tüketimi, sistolik ve diyastolik kan basıncını düşürücü etkilere sahiptir. Bu etkiler, çaydaki kateşinlerin kan damarlarında vazodilatasyona neden olması ve damar direncini azaltmasıyla ilişkilidir. Bazı randomize kontrollü çalışmalarda, yeşil çay tüketiminin kan basıncını %28 oranında düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bu düşüş, kardiyovasküler olayların görülme sıklığını azaltmada önemli bir etkidir. Siyah çayın da benzer şekilde kan basıncı üzerinde düzenleyici etkileri olduğu gösterilmiştir. Siyah çaydaki theaflavinler ve thearubiginler, kan damarlarının elastikiyetini korumaya yardımcı olur ve hipertansiyon riskini azaltır. Ayrıca, siyah çayın renin-anjiyotensin-aldosteron sistemi (RAAS) üzerindeki düzenleyici etkileri de kan basıncının kontrol altına alınmasında rol oynar(Verma ve ark., 2021).

### 12.2.5. Kolesterol ve Lipid Profili Üzerine Etkileri

Yüksek LDL kolesterol düzeyleri ve düşük HDL kolesterol düzeyleri, kardiyovasküler hastalıkların gelişiminde önemli risk faktörleridir. Çayın düzenli tüketimi, lipid profilini iyileştirici etkiler gösterir. Yeşil çay ve beyaz çayın, LDL kolesterol düzeylerini düşürdüğü ve HDL kolesterol düzeylerini artırdığı birçok çalışmada rapor edilmiştir. Bu durum, çaydaki kateşinlerin

karaciğerde kolesterol emilimini azaltması ve lipoprotein lipaz enzim aktivitesini artırmasıyla ilişkilidir. Trigliserit düzeylerinin yüksek olması da kardiyovasküler hastalık riskini artıran bir faktördür. Yeşil çayın trigliserit düzeylerini düşürerek genel lipid profilini iyileştirdiği ve bu sayede kardiyovasküler risklerin azaltılmasına katkıda bulunduğu gösterilmiştir. Siyah çayın da kolesterol seviyeleri üzerinde benzer etkiler gösterdiği ve bu sayede kardiyovasküler sağlığı desteklediği bilinmektedir(Sirichaiwetchakoon ve ark., 2020; Suzuki-Sugihara ve ark., 2016).

### **12.2.6. Trombosit Fonksiyonu ve Kan Pıhtılaşması Üzerine Etkileri**

Kardiyovasküler olayların çoğu, kan pıhtılaşmasının aşırı aktivasyonu ile ilişkilidir. Çayın trombosit agregasyonunu baskılayıcı etkileri, kan pıhtılaşma riskini azaltmada önemli rol oynar. Kateşinlerin, trombositlerin damar duvarına yapışmasını engelleyerek aterosklerotik plak oluşumunu önlediği ve bu yolla kalp krizi ve inme gibi olayların riskini azalttığı gösterilmiştir. Siyah çayın içeriğindeki theaflavinler, trombosit agregasyonunu azaltarak kan pıhtılaşmasının önüne geçer ve bu da çayın kardiyovasküler koruma sağlama potansiyelini destekler. Bu etkiler, çayın kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde çok yönlü bir rol oynadığını ortaya koymaktadır(X.-Q. Chen ve ark., 2013).

### **12.3. ÇAYIN BÖBREK SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ**

Böbrekler, vücuttaki atık maddeleri uzaklaştırmak, sıvı ve elektrolit dengesini düzenlemek, kan basıncını kontrol etmek gibi kritik işlevlere sahip organlardır. Çay, böbrek sağlığı üzerinde potansiyel faydalı etkileri olabilecek biyoaktif bileşikler içermektedir. Özellikle yeşil çay ve beyaz çay, içeriklerindeki polifenoller özellikle kateşinler sayesinde böbrek fonksiyonları üzerinde olumlu etkiler gösterir.

#### **12.3.1. Oksidatif Stresin Azaltılması ve Antioksidan Etkiler**

Oksidatif stres, böbrek hücrelerinde hasara yol açarak kronik böbrek hastalığı (KBH) ve akut böbrek hasarı gibi durumların gelişiminde rol oynar(Valle-Velázquez ve ark., 2024). Yeşil çay ve beyaz çay, içeriklerindeki yüksek düzeyde flavanoller ve flavonoidler, böbreklerdeki serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif stresi azaltır ve böbrek dokusunu oksidatif hasara



karşı korur. Yapılan hayvan çalışmalarında, yeşil çayın içerdiği epigallocateşin gallat (EGCG) gibi kateşinlerin, oksidatif stresin böbrek hücrelerinde yol açtığı hasarı önlediği ve böbrek fonksiyonlarını iyileştirdiği gösterilmiştir(Kanlaya & Thongboonkerd, 2019). Özellikle diyabetik böbrek hastalığı ve hipertansiyon gibi durumlarda, çay polifenollerinin oksidatif hasarı ve buna bağlı gelişen böbrek hasarını önleyici etkileri olduğu gözlemlenmiştir(Wan ve ark., 2024). Bu etkiler, çayın böbrek fonksiyonlarının korunmasında önemli bir destekleyici rol oynayabileceğini göstermektedir.

### **12.3.2. Anti-İnflamatuvar Etkiler ve Böbrek Koruma**

Böbrek hastalıklarının önemli bir patolojik bileşeni, inflamasyondur. İnflamatuvar süreçlerin kontrol altına alınması, böbrek sağlığını koruma açısından büyük önem taşır. Yeşil çay ve siyah çayın içerdiği polifenoller, C-reaktif protein (CRP) ve diğer inflamasyon belirteçlerini azaltarak böbreklerdeki inflamasyonu baskılar. Bu durum, böbrek hasarının ilerlemesini yavaşlatabilir ve kronik böbrek hastalıklarının kontrolüne katkı sağlayabilir. Hayvan modelleri üzerinde yapılan çalışmalarda, yeşil çayın düzenli tüketiminin renal inflamasyonu baskıladığı ve böbreklerdeki fibrozis gelişimini önlediği gösterilmiştir. Bu anti-inflamatuvar etkiler, özellikle diyabet veya yüksek tansiyon nedeniyle böbreklerde meydana gelen hasarların önlenmesinde büyük önem taşır(Kanlaya & Thongboonkerd, 2019).

### **12.3.3. Böbrek Taşlarının Önlenmesi**

Böbrek taşları, böbrek sağlığını olumsuz etkileyen yaygın sorunlardan biridir. Çayın böbrek taşlarının oluşumu üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar, bazı önemli bulgular sunmaktadır. Yeşil çayın içerdiği polifenollerin, kalsiyum oksalat taşlarının böbreklerde birikmesini önleyici etkileri olduğu gösterilmiştir. Bu durum, çayın böbrek taşı oluşum riskini azaltabileceği ve böbrek sağlığını koruyucu bir rol oynayabileceği anlamına gelmektedir. Ancak, çayın böbrek taşları üzerindeki etkisi, çayın türüne ve tüketim miktarına bağlı olarak değişebilir. Özellikle siyah çay, yüksek oksalat içeriği nedeniyle aşırı tüketildiğinde böbrek taşı riskini artırabilir. Bu nedenle, böbrek taşı riski olan bireylerin çay tüketiminde dikkatli olmaları ve özellikle oksalat içeriği düşük olan çay türlerini tercih etmeleri önerilir (Nirumand ve ark., 2018).

### 12.3.4. Kan Basıncı ve Böbrek Fonksiyonları Üzerine Etkileri

Yüksek tansiyon (hipertansiyon), böbrek sağlığını olumsuz etkileyen ve böbrek hastalıklarının gelişiminde önemli rol oynayan bir faktördür. Yeşil çayın düzenli tüketiminin, kan basıncını düşürücü etkileri olduğu ve bu sayede böbrek fonksiyonlarını koruduğu gösterilmiştir. Kateşinler ve diğer polifenoller, kan damarlarının genişlemesini sağlayarak kan akışını artırır ve damar direncini azaltır. Bu durum, böbreklerin sağlıklı kan akışı ile beslenmesini sağlar ve böbrek fonksiyonlarının korunmasına katkıda bulunur (Y. Chen ve ark., 2023).

### 12.3.5. Diyabetik Nefropati Üzerine Etkiler

Diyabetik nefropati, diyabetik hastalarda ilerleyen dönemlerde sıkça görülen bir komplikasyondur. Yeşil çayın, diyabetik nefropatinin ilerlemesini yavaşlatabileceği ve böbrek fonksiyonlarını iyileştirebileceği rapor edilmiştir. EGCG gibi kateşinlerin, böbreklerdeki glomerüler hasarı azaltarak proteinüriyi düşürdüğü ve böbrek fonksiyonlarını desteklediği gösterilmiştir. Bu durum, çayın diyabetik bireylerde böbrek sağlığının korunmasında potansiyel fayda sağlayabileceğini ortaya koymaktadır (Ribaldo ve ark., 2009).

## 12.4. ÇAYIN KEMİK SAĞLIĞI ÜZERINE ETKİSİ

Kemik sağlığı, genel sağlığın korunmasında ve yaşam kalitesinin artırılmasında önemli bir faktördür. Kemik dokusu, sürekli bir döngü halinde yenilenmekte ve yaşam boyu güçlü kalabilmek için doğru besinlere ve düzenli fiziksel aktiviteye ihtiyaç duymaktadır. Osteoporoz gibi kemik yoğunluğunun azalmasıyla ilişkili durumlar, özellikle yaşlı bireylerde ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Bu bağlamda, çayın kemik sağlığı üzerindeki potansiyel faydaları giderek artan bir ilgi konusu haline gelmiştir. *Camellia sinensis* bitkisinden üretilen çaylar, içerdikleri polifenoller özellikle kateşinler ve diğer biyoaktif bileşenler sayesinde kemik dokusu üzerinde olumlu etkiler gösterebilir.

### 12.4.1. Çaydaki Biyoaktif Bileşenler ve Kemik Sağlığı

Çayın kemik sağlığı üzerindeki etkileri, büyük ölçüde içeriğinde bulunan flavanoller (kateşinler ve türevleri) ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşenlerle ilişkilidir. Yeşil çayın temel bileşenlerinden biri olan epigallokateşin gallat (EGCG), kemik yapımını destekleyen hücreler olan osteoblastların aktivitesini artırırken, kemik yıkımından sorumlu osteoklastların aktivitesini baskılar. Bu

denge, kemik kütlesinin korunmasında ve osteoporoz gibi kemik yoğunluğu kaybıyla ilişkili durumların önlenmesinde kritik bir öneme sahiptir (Xie ve ark., 2024).

#### 12.4.2. Oksidatif Stresin Azaltılması ve Kemik Sağlığı

Oksidatif stres, serbest radikallerin aşırı üretimi ve bu durumun antioksidan savunma mekanizmaları tarafından yeterince kontrol edilememesi durumunda oluşur. Kemik dokusu, oksidatif strese karşı oldukça hassastır ve oksidatif hasar, kemik yoğunluğunun azalmasına ve osteoporoz gelişimine neden olabilir. Çayın, özellikle yeşil çayın içerdiği polifenoller, güçlü antioksidan özellikleri sayesinde oksidatif stresi azaltmada ve kemik dokusunun korunmasında etkili olabilir. Hayvan modelleri üzerinde yapılan çalışmalarda, yeşil çay ekstraktlarının kemik mineral yoğunluğunu artırdığı ve kemik dokusundaki oksidatif hasarı önlediği gözlenmiştir. Bu etkiler, kemik kaybını azaltarak yaşlanma sürecine bağlı osteoporoz riskini düşürmede önemli bir rol oynayabilir. Aynı şekilde, insanlarda yapılan bazı klinik çalışmalar da yeşil çay tüketiminin kemik yoğunluğunu artırabileceğini ve osteoklastların neden olduğu kemik yıkımını azaltabileceğini göstermektedir (Alagawany ve ark., 2020).

#### 12.4.3. Kemik Hücreleri Üzerine Etkileri: Osteoblastlar ve Osteoklastlar

Kemik dokusunun sağlıklı bir şekilde korunması, osteoblastlar (kemik yapıcı hücreler) ve osteoklastlar (kemik yıkıcı hücreler) arasındaki dengenin sürdürülmesine bağlıdır. Yeşil çayın içerdiği biyoaktif bileşenlerin, bu hücreler üzerindeki etkileri çeşitli çalışmalarda incelenmiştir. EGCG, osteoblastların farklılaşmasını ve mineralizasyonunu desteklerken, osteoklastların oluşumunu ve aktivitesini baskılar. Bu durum, kemik yapım sürecinin artırılmasına ve kemik yıkım sürecinin azaltılmasına katkıda bulunur. Bazı *in vitro* çalışmalarda, yeşil çay kateşinlerinin RANKL (Receptor Activator of Nuclear factor Kappa-B Ligand) yoluyla osteoklast farklılaşmasını inhibe ettiği gösterilmiştir. RANKL, osteoklast aktivasyonunda kritik bir rol oynar ve osteoklastların kemik yıkımına neden olan süreci başlatır. Yeşil çay, RANKL sinyal yolunu inhibe ederek osteoklastların aktivitesini sınırlandırır ve kemik

yoğunluğunun korunmasına yardımcı olur (Shen ve ark., 2009; Wu ve ark., 2018a).

#### **12.4.4. Kemik Mineral Yoğunluğu Üzerine Etkileri**

Kemik mineral yoğunluğu (KMY), kemiklerin dayanıklılığının ve sağlığının bir göstergesidir. Kemik mineral yoğunluğunun azalması, özellikle yaşlı kadınlarda ve menopoz sonrası dönemde osteoporoz riskini artırır. Yeşil çay ve siyah çay tüketiminin, kemik mineral yoğunluğunu korumaya ve artırmaya yardımcı olabileceği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Postmenopozal kadınlarda yapılan bazı gözlemsel çalışmalarda, düzenli çay tüketiminin KMY üzerinde koruyucu etkileri olduğu ve osteoporoz riskini azalttığı rapor edilmiştir. Çaydaki polifenoller, ince barsaklardan kalsiyum emilimini artırarak kemik mineralizasyonunu destekler ve bu da kemik yoğunluğunun korunmasına katkıda bulunur (Karimi ve ark., 2024).

#### **12.4.5. Antienflamatuvar Etkiler ve Kemik Sağlığı**

Kronik inflamasyon, kemik dokusunda hasara yol açabilir ve osteoklastların aktivitesini artırarak kemik kaybına neden olabilir. Çayın içerdiği polifenoller, inflamasyonu baskılayıcı etkiler gösterir ve bu yolla kemik sağlığını korur. Hayvan modelleri üzerinde yapılan çalışmalarda, yeşil çayın inflamatuvar sitokinlerin (örneğin, TNF- $\alpha$  ve IL-6) üretimini azalttığı ve böylece kemik kaybını önlediği gözlenmiştir. Bu etkiler, çayın osteoporozun önlenmesinde ve inflamasyona bağlı kemik kaybının azaltılmasında önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir (Das ve ark., 2009).

#### **12.4.6. Menopoz Sonrası Kemik Kaybı Üzerine Etkileri**

Menopoz sonrası dönemde, kadınlarda östrojen düzeylerinin azalmasıyla birlikte kemik kaybı hızlanır ve osteoporoz riski artar. Bu süreçte kemik sağlığını korumak için yaşam tarzı değişiklikleri ve beslenme önlemleri büyük önem taşır. Postmenopozal dönemdeki kadınlarda yapılan çalışmalarda, yeşil çayın kemik mineral yoğunluğunu artırarak osteoporoz riskini azalttığı ve kemik kaybını yavaşlattığı rapor edilmiştir (Kulkarni ve ark., 2022; Wu ve ark., 2018b).

## 12.5. ÇAYIN KANSER ÖNLEME ÜZERİNE ETKİSİ

Kanser, dünya genelinde önde gelen ölüm nedenlerinden biri olarak dikkat çekmekte ve halk sağlığı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Kanser gelişimi, genetik ve çevresel faktörlerin karmaşık etkileşimi sonucu oluşur ve bu süreçte oksidatif stres, kronik inflamasyon ve hücre anormallikler önemli rol oynar. Çay araştırmalarında, polifenoller özellikle kateşinler ve diğer biyoaktif bileşikler, kanserin başlangıcı ve ilerlemesi üzerindeki potansiyel koruyucu etkileriyle dikkat çekmektedir.

### 12.5.1. Çaydaki Biyoaktif Bileşenler ve Anti-Kanser Mekanizmaları

Çayın kanser önleyici özellikleri, temel olarak içeriğindeki biyoaktif bileşenlerden kaynaklanır. Üretiminde oksidasyon prosesi olmayan yeşil ve beyaz çaylar epigallocateşin gallat (EGCG), epikateşin gallat (ECG) ve diğer kateşinler bakımından oldukça zengindir. Bu bileşenler, güçlü antioksidan özellikleri sayesinde hücrelerde DNA hasarını önleyerek ve serbest radikalleri nötralize ederek kansere karşı koruma sağlar. Ayrıca çay polifenollerini hücre döngüsünü düzenleyerek ve kanser hücrelerinin büyümesini baskılayarak kanserin ilerlemesini önleyici rol oynar. Polifenoller, hücre proliferasyonu ve apoptoz süreçlerinde anahtar rol oynayan proteinleri düzenleyebilir. Apoptoz, kanser hücrelerinin programlanmış hücre ölümüyle ortadan kaldırılması sürecidir. Çaydaki kateşinler, özellikle EGCG, Bcl-2 gibi anti-apoptotik proteinlerin ekspresyonunu baskılayarak ve Bax gibi pro-apoptotik proteinlerin seviyesini artırarak kanser hücrelerinin ölmesini destekler. Bu, kanser hücrelerinin kontrolsüz çoğalmasını durdurmada önemli bir mekanizmadır (X.-X. Li ve ark., 2022).

### 12.5.2. Antioksidan Etkiler ve Oksidatif Stresin Azaltılması

Oksidatif stres, kanserin başlangıcı ve ilerlemesi açısından önemli bir risk faktörüdür. Serbest radikallerin hücrede birikmesi, DNA mutasyonlarına ve hücre hasarına yol açabilir. Çay, yüksek antioksidan kapasitesi sayesinde serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif stresin azaltılma özelliği kanser hücrelerinin oluşum ve çoğalma potansiyelini azaltarak kanser riskini düşürmede etkili olabilir. Yeşil çayın içerdiği polifenoller, özellikle reaktif oksijen türleri (ROS) oluşumunu azaltarak kanser gelişim riskini düşürmektedir. ROS, hücrelerde DNA, protein ve lipitlerde oksidatif hasara yol

açarak kansere neden olabilir. Yeşil çayın güçlü antioksidan özellikleri, bu oksidatif hasarı engelleyerek hücresel düzeyde koruma sağlamaktadır. Ayrıca, çaydaki flavonoidlerin glutatyon peroksidaz gibi endojen antioksidan enzimlerin aktivitesini artırarak hücresel savunma mekanizmalarını güçlendirdiği gösterilmiştir (Ban ve ark., 2023).

### **12.5.3. Kanser Hücrelerinin Proliferasyonu ve Apoptozu Üzerine Etkileri**

Çayın kanser önleyici etkilerinin bir diğer önemli mekanizması, kanser hücrelerinin çoğalmasını (proliferasyonu) baskılama ve bu hücrelerin kontrollü şekilde ölmesini (apoptoz) sağlamaktır. Yeşil çay kateşinleri, özellikle EGCG, hücre döngüsünün G1 ve G2/M fazlarında duraklamaya neden olarak kanser hücrelerinin kontrolsüz çoğalmasını engeller. Ayrıca, çay bileşenleri, kanser hücrelerinin DNA onarım mekanizmalarını bozarak bu hücrelerin çoğalmasını durdurur ve ölümünü hızlandırır (Wang ve ark., 2017).

*In vitro* çalışmalarda, EGCG'nin kanser hücrelerinin büyümesini baskıladığı ve p53 gibi tümör baskılayıcı proteinlerin aktivitesini artırdığı gözlemlenmiştir. Bu durum, EGCG'nin kanser hücreleri üzerindeki doğrudan sitotoksik etkilerini ve apoptozun indüklenmesini açıklamaktadır. Çaydaki biyoaktif bileşenler, bu sayede tümör gelişimini baskılayarak kanser hücrelerinin yayılmasını önleyebilir (Tu ve ark., 2020).

### **12.5.4. Anjiogenez ve Metastaz Üzerine Etkileri**

Anjiogenez, yeni kan damarlarının oluşumu anlamına gelir ve tümörlerin büyümesi ve yayılması için kritik bir süreçtir. Yeni kan damarları, tümör hücrelerinin beslenmesini ve oksijenlenmesini sağlayarak tümörün hızlı bir şekilde büyümesine neden olur. Çaydaki kateşinlerin, özellikle EGCG'nin anjiogenezi baskıladığı ve tümörlerin büyümesi için gerekli olan kan akışını sınırladığı gösterilmiştir.

Metastaz, kanserin birincil tümörden vücudun diğer bölgelerine yayılması sürecidir ve kanserin ölümcül etkilerinin temel nedenidir. Yeşil çay, kanser hücrelerinin metastaz potansiyelini azaltıcı etkiler göstermektedir. Bu etkiler, kanser hücrelerinin matriks metalloproteinazlar (MMP) gibi enzimlerin aktivitesini baskılaması ve bu sayede hücrelerin çevre dokulara yayılmasını önlemesiyle ilişkilidir. Özellikle, MMP-2 ve MMP-9 enzimlerinin inhibisyonu,

tümör hücrelerinin çevre dokulara nüfuz etme yeteneğini sınırlayarak metastazın önlenmesine katkıda bulunur (Bag & Bag, 2020; Luo ve ark., 2014).

### **12.5.5. Bağışıklık Sistemi ve Kanser Önleme**

Bağışıklık sistemi, kanserin önlenmesinde ve gelişmiş tümörlerin ortadan kaldırılmasında kritik bir rol oynar. Çay, bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri sayesinde kanserin önlenmesine katkı sağlayabilir. Yeşil çayın polifenolleri, sitotoksik T hücrelerinin aktivitesini artırarak kanser hücrelerine karşı bağışıklık yanıtını güçlendirir. Ayrıca, çaydaki flavonoidler ve kateşinler, doğal öldürücü (NK) hücrelerin aktivitesini artırarak tümör hücrelerinin ortadan kaldırılmasına yardımcı olur. Bazı çalışmalarda, yeşil çay tüketiminin kanser gelişimi üzerinde immünomodülatör bir etkisi olduğu ve bağışıklık sisteminin kanser hücrelerine karşı daha etkili bir yanıt oluşturmaya katkıda bulunduğu rapor edilmiştir. Bu durum, kanser hücrelerinin vücut tarafından daha hızlı tanınmasına ve ortadan kaldırılmasına olanak tanır (Baraya ve ark., 2017a; Butt & Sultan, 2009).

### **12.5.6. Beslenme ve Yaşam Tarzı İle Kombinasyonun Önemi**

Çayın kanser önleyici etkileri, sağlıklı bir yaşam tarzı ve dengeli beslenme ile birleştirildiğinde daha belirgin hale gelir. Antioksidan bakımından zengin gıdalar, düşük yağlı beslenme ve düzenli fiziksel aktivite ile çay tüketimi, kanser riskini önemli ölçüde azaltabilir. Ayrıca, çayın kanser önleyici etkilerinin gözlemlenebilmesi için düzenli ve yeterli miktarda tüketim önemlidir. Günde 3-4 fincan yeşil çay tüketimi, bilimsel çalışmalarda kanser önleyici etkilerin gözlemlenmesi açısından önerilmektedir. Ancak bu miktarın bireylerin genel sağlık durumuna ve herhangi bir kronik hastalıklarının olup olmamasına göre ayarlanması önemlidir. Örneğin, böbrek veya karaciğer hastalığı olan bireyler, fazla miktarda kateşin tüketiminin olumsuz etkilerinden korunmak için tüketim miktarlarını sınırlamalıdır (Butt & Sultan, 2009).

## **12.6. ÇAYIN CİLT SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ**

Cilt sağlığı, genel sağlığın ve yaşam kalitesinin bir yansıması olup, çevresel etmenler, yaşlanma, beslenme ve genetik faktörlerin etkisi altında şekillenir. Çeşitli çevresel faktörlere maruz kalan cildin sağlığını korumak ve yaşlanma sürecini geciktirmek, modern kozmetik ve sağlık alanında önemli hedeflerden biridir. Çay, özellikle yeşil çay ve beyaz çay, içerdiği biyoaktif

bileşikler ile cilt sağlığı üzerinde olumlu etkiler gösteren bir içecek olarak bilinmektedir. Çayın içerdiği polifenoller, kateşinler, flavonoidler ve diğer bileşikler, antioksidan, anti-inflamatuar ve yaşlanma karşıtı (anti-aging) etkiler sunarak cilt sağlığının korunmasına ve iyileştirilmesine katkıda bulunur (Di Sotto ve ark., 2022).

### **12.6.1. Çaydaki Biyoaktif Bileşenler ve Cilt Sağlığına Faydaları**

Çayın cilt sağlığı üzerindeki etkileri, büyük ölçüde içerdiği kateşinler (özellikle epigallokateşin gallat - EGCG), flavonoidler ve diğer polifenollerin varlığı ile ilişkilidir. Bu bileşikler, güçlü antioksidan özelliklere sahiptir ve cilt hücrelerini serbest radikallerin neden olduğu hasardan korur. Serbest radikaller, oksidatif stres oluşturarak ciltte kollajen ve elastin gibi önemli yapıların bozulmasına yol açar. Bu da kırışıklıklar, ince çizgiler ve cilt sarkması gibi yaşlanma belirtilerinin oluşmasına neden olabilir. Çayda bulunan bu biyoaktif bileşenler, serbest radikalleri nötralize ederek cilt sağlığının korunmasına yardımcı olur (Alagawany ve ark., 2020b).

### **12.6.2. Antioksidan Etkiler ve Oksidatif Stresin Azaltılması**

Oksidatif stres, cilt hücrelerinde erken yaşlanmaya ve cilt hasarına neden olan başlıca faktörlerden biridir. Çay, içerdiği yüksek miktarda antioksidan bileşikler sayesinde ciltte oksidatif stresi azaltır ve bu sayede cilt hücrelerinin yenilenme sürecini destekler. Yeşil çayın antioksidan etkileri, özellikle UV ışınlarına maruz kalma sonucu oluşan oksidatif hasarın önlenmesinde etkilidir. Güneş ışınları, cildin erken yaşlanmasının en önemli sebeplerinden biri olup, UV ışınlarının etkisiyle ciltte serbest radikal üretimi artar ve bu da oksidatif hasara yol açar (Valko ve ark., 2007).

Yeşil çayda bulunan EGCG gibi kateşinler, UV ışınlarının neden olduğu bu oksidatif hasarı önlemeye yardımcı olur ve cilt hücrelerinde DNA onarım süreçlerini destekler. Çeşitli çalışmalarda, yeşil çayın UV ışınlarına karşı koruyucu bir bariyer oluşturduğu ve güneşin zararlı etkilerinden korunmada etkili olduğu gösterilmiştir. Bu özellikleri nedeniyle yeşil çay özütleri, pek çok cilt bakım ürünüde antioksidan bir bileşen olarak kullanılır (Valko ve ark., 2007).



### 12.6.3. Cilt Kanserine Karşı Koruyucu Etkiler

Çayın, özellikle yeşil çayın, cilt kanserine karşı koruyucu etkileri de bulunmaktadır. UV ışınlarına aşırı maruz kalma, cilt kanserinin en önemli nedenlerinden biridir. Çaydaki kateşinler, UV ışınlarının neden olduğu DNA hasarını azaltarak cilt kanserine karşı koruma sağlar. EGCG, UVB ışınlarının neden olduğu hasarı önleyici ve DNA onarım süreçlerini destekleyici özellikler gösterir. Hayvan modelleri üzerinde yapılan çalışmalarda, yeşil çayın UV ışınlarına maruz bırakılan farelerde cilt kanseri oluşumunu önlediği gözlemlenmiştir. Yeşil çayın topikal uygulaması, UV ışınlarının neden olduğu oksidatif stresi ve inflamasyonu azaltarak cilt hücrelerini korur. Bu özellikler, yeşil çayın güneş koruyucu kremler ve cilt bakım ürünlerinde bir bileşen olarak kullanılmasının nedenlerinden biridir (Baraya ve ark., 2017b).

## 12.7. ÇAYIN BEYİN FONKSİYONLARI ÜZERİNE ETKİSİ

Beyin sağlığı, genel yaşam kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Yaşlanma, stres, beslenme alışkanlıkları ve çevresel faktörler gibi çeşitli etmenler beyin fonksiyonlarını etkileyebilir. Çay, özellikle yeşil çay ve siyah çay, içerdiği biyoaktif bileşenlerle beyin fonksiyonlarını destekleyici ve nörodejeneratif hastalıkları önleyici etkiler gösterebilir. Çayda bulunan biyoaktif bileşenlerden kateşinler başta olmak üzere polifenoller, L-teanin, GABA ve kafein bilişsel fonksiyonları geliştirmeye ve nörodejeneratif hastalık riskini azaltmaya katkı sağlar (Abe ve ark., 1995).

### 12.7.1. GABA ve Beyin Sağlığı Üzerindeki Etkileri

**Gama Amino Bütirik Asit (GABA):** Beyaz çayda 36.8 – 50.5 mg/100g, siyah çayda 8.8- 44.4 mg/100g, oolong çayda 7.2 – 32.0 mg/100g GABA vardır(Zhao ve ark., 2011). GABA, sinir sistemindeki temel rolü nedeniyle yıllar içinde giderek artan ilgi gören, inhibitör bir nörotransmitter olarak kabul edilen önemli bir postbiyotiktir. Epilepsi de dahil olmak üzere birçok nörolojik hastalığın GABAerjik nörotransmisyonun bozulmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Epileptik bölgelerde GABA konsantrasyonunun normalden 10 kat daha düşük olduğu tesbit edilmiştir(Hinton ve ark., 2019; Petroff ve ark., 1996). Her ne kadar diyet ile alınan GABA'nın merkezi sinir sistemi üzerinden kan beyin bariyerini (BBB) geçip geçmediği netlik kazanmamış olsa da, Enterik Sinir Sistemi (ENS) aracılığıyla etki ettiğini ortaya koymuştur.

Epileptik bölgelerde GABA konsantrasyonu normalden 10 kat daha düşmüştür. Diyetle alınan GABA, ENS aracılığı ile beyne ulaşır ve epilepsi krizlerinin oluşumunu engeller (ABE ve ark., 1995; Baulac ve ark., 2001).

GABA'nın aynı etki mekanizması ile stresi azalttığı, uykuyu düzenlediği (Hepsomali ve ark., 2020), anksiyeteyi önlediği (Perucca ve ark., 2023), yüksek tansiyonu düzenlediği (Diana ve ark., 2014) ile ilgili bulgular vardır.

### **12.7.2. Kafein ve Uyanıklık Üzerindeki Etkileri**

Çaydaki kafein, merkezi sinir sistemini etkileyerek uyanıklığı ve bilişsel performansı artırmada önemli bir rol oynar. Kafein, beyindeki adenosin reseptörlerine bağlanarak bu reseptörlerin aktivasyonunu engeller. Adenosin, beyinde yorgunluk ve uyku hissi oluşturan bir nörotransmitterdir ve kafeinin bu reseptörleri bloke etmesi, uyanıklık ve enerji seviyesinin artmasına neden olur. Bu etkiler, özellikle iş yerinde veya ders çalışırken odaklanma ve verimliliği artırmada faydalıdır. Kafein ayrıca dopamin ve norepinefrin gibi nörotransmitterlerin salınımını artırarak ruh halini iyileştirir ve bilişsel performansı artırır. Beyinde dopamin seviyelerinin artması, motivasyon ve dikkat üzerinde olumlu etkiler yaratırken, norepinefrin ise beyin aktivitesini ve uyanıklığı destekler. Çayın bu uyarıcı etkileri, kısa süreli bilişsel performansı artırmak ve yorgunlukla mücadele etmek için etkili olabilir (Minné ve ark., 2023).

### **12.7.3. L-Teanin ve Alfa Beyin Dalgaları Üzerindeki Etkileri**

Çayın içerdiği bir diğer önemli bileşen olan L-teanin, bilişsel aktivitelerde odaklanmayı artırıcı etki göstermektedir. Kafein ve L-teanin kombinasyonu, dikkat ve bilişsel performansı artırırken kaygı ve stres seviyelerini düşürür. Bu durum, kişinin daha uzun süre odaklanmasını ve zihinsel görevlerde daha başarılı olmasını sağlar. Yapılan çalışmalarda, yeşil çay tüketiminin bilişsel görevlerde performansı artırdığı ve bu etkinin L-teanin ile kafein arasındaki sinerjiden kaynaklandığı gözlemlenmiştir.

### **12.7.4. Çayın Hafıza ve Bilişsel Fonksiyonlar Üzerine Etkisi**

Çayın, özellikle yeşil çayın, bilişsel fonksiyonları geliştirdiği ve hafızayı güçlendirdiği gösterilmiştir. Beyinde hipokampus, hafızanın oluşumu ve düzenlenmesinde kritik bir rol oynar. Yeşil çayın içerdiği kateşinlerin, hipokampustaki nöronların gelişimini desteklediği ve bu sayede nöronal

plastisiteyi artırdığı gözlemlenmiştir. Bu durum, özellikle yeni bilgilerin öğrenilmesi ve hafızaya alınması süreçlerinde önemli bir rol oynar. Hayvan modelleri üzerinde yapılan çalışmalarda, yeşil çayın düzenli tüketiminin, yaşa bağlı hafıza kaybını azalttığı ve yaşlanma sürecine bağlı bilişsel bozulmayı yavaşlattığı rapor edilmiştir. Ayrıca, *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarda, EGCG gibi kateşinlerin, beyindeki nöronlar arasındaki sinaptik bağlantıları güçlendirdiği ve bu bağlantıların korunmasına yardımcı olduğu gösterilmiştir. Bu etkiler, hafıza ve öğrenme kapasitesinin korunmasında önemli bir rol oynar.

### 12.7.5. Nöroprotektif Etkiler ve Nörodejeneratif Hastalıklar

Nörodejeneratif hastalıklar, özellikle Alzheimer ve Parkinson hastalıkları, yaşlılık döneminde sık görülen beyin rahatsızlıklarıdır. Bu hastalıkların temelinde oksidatif stres, inflamasyon ve beyin hücrelerinin kaybı yer alır. Çayın, özellikle yeşil çayın, içerdiği biyoaktif bileşenler sayesinde nörodejeneratif hastalıklara karşı koruyucu etkiler gösterebileceği düşünülmektedir. Yeşil çay kateşinlerinin, beyindeki beta-amiloid plak oluşumunu önleyerek Alzheimer hastalığının ilerlemesini yavaşlattığı gösterilmiştir. Beta-amiloid plakları, Alzheimer hastalığında beyinde birikerek sinir hücreleri arasındaki iletişimi bozar ve hafıza kaybına yol açar. EGCG, bu plakların birikimini azaltarak sinir hücrelerinin korunmasına ve hastalığın ilerlemesinin yavaşlatılmasına katkı sağlar(Alexander ve ark., 2023).

Ayrıca, Parkinson hastalığı üzerinde yapılan çalışmalarda, yeşil çayın içerdiği antioksidanların dopamin üreten nöronların kaybını önleyerek hastalığın ilerlemesini yavaşlattığı gözlemlenmiştir. Parkinson hastalığında beyindeki dopamin seviyeleri azalır ve bu da motor fonksiyonlarda bozulmalara yol açar. Yeşil çayın antioksidan etkileri, dopamin nöronlarının korunmasına ve hastalık semptomlarının hafifletilmesine yardımcı olabilir (Malar ve ark., 2020).

### 12.7.6. Çayın Stres ve Anksiyete Üzerindeki Etkileri

Çayın içerdiği L-teanin, stres ve anksiyete üzerinde önemli rahatlatıcı etkiler gösterir. L-teanin, beyin kimyasını etkileyerek GABA (gamma-aminobütirik asit) seviyelerini artırır. GABA, beyindeki sinirsel uyarıları düzenleyerek sakinleştirici bir etki yaratır ve kaygı hissini azaltır. Bu durum,

çayın gevşeme ve odaklanmayı desteklemede neden etkili olduğunu açıklamaktadır (Perucca ve ark., 2023).

## 12.8. ÇAYIN AKCİĞER SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Akciğer sağlığı, genel yaşam kalitesi ve sağlıklı bir yaşam sürebilmek için kritik bir öneme sahiptir. Solunum sistemi, vücudun oksijen ihtiyacını karşılar ve çeşitli zararlı maddelerin vücuttan atılmasına yardımcı olur. Çay, özellikle yeşil çay ve siyah çay, içerdiği biyoaktif bileşenler ile akciğer sağlığı üzerinde olumlu etkiler gösterebilir. Antioksidan özelliğe sahip çay polifenollerinden kateşinler ve flavonoidler, çayın akciğer dokusu üzerinde koruyucu ve iyileştirici etkiler yaratmasına olanak tanır. Çayın antioksidan, anti-inflamatuvar ve anti-fibrotik özellikleri, akciğer fonksiyonlarını desteklerken kronik akciğer hastalıklarının önlenmesine de katkıda bulunabilir.

### 12.8.1. Antioksidan Etkiler ve Oksidatif Stresin Azaltılması

Oksidatif stres, serbest radikallerin doku hasarına neden olmasıyla ortaya çıkar ve akciğer sağlığını tehdit eden önemli bir faktördür. Çaydaki antioksidan bileşenler, serbest radikallerin etkisini azaltarak akciğer dokusunu oksidatif hasardan korur. Yeşil çay, içerdiği kateşinler sayesinde oksidatif stresin azaltılmasında oldukça etkili bir rol oynar. Akciğer dokusu, çevresel zararlara (örneğin sigara dumanı, hava kirliliği) ve oksidatif strese karşı oldukça hassastır. Sigara dumanı ve hava kirliliği, akciğerlerde serbest radikal oluşumunu artırarak kronik inflamasyona ve akciğer hasarına yol açabilir. Yeşil çayda bulunan EGCG, bu serbest radikalleri nötralize ederek akciğer dokusunun korunmasına yardımcı olur. Ayrıca, *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarda, yeşil çayın akciğer hücrelerinde oksidatif hasarı azalttığı ve antioksidan enzimlerin aktivitesini artırdığı gösterilmiştir (Dhatwalia ve ark., 2018).

### 12.8.2. Anti-İnflamatuvar Etkiler ve Solunum Yolları

Kronik inflamasyon, birçok solunum yolu hastalığının gelişiminde ve ilerlemesinde önemli bir rol oynar. Özellikle astım, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) ve bronşit gibi hastalıklarda solunum yollarında sürekli bir inflamatuvar yanıt oluşur. Çaydaki polifenoller, bu inflamatuvar süreçleri baskılayarak akciğer sağlığını korumada etkili olabilir. Yeşil çayın içerdiği kateşinler ve flavonoidler, pro-inflamatuvar sitokinlerin (örneğin, TNF- $\alpha$ , IL-6) üretimini azaltarak solunum yollarındaki inflamasyonu baskılar. Bu etkiler,

astım ve KOAH gibi hastalıkların kontrol altına alınmasına ve solunum yollarındaki inflamasyonun azaltılmasına katkıda bulunur. Çay, inflamasyonu azaltarak akciğerlerin sağlıklı kalmasını ve solunum yollarındaki tıkanıklığın önlenmesini sağlar( Shin ve ark., 2022).

### **12.8.3. Anti-Fibrotik Etkiler ve Akciğer Fibrozisi**

Akciğer fibrozisi, akciğer dokusunda skar oluşumu ve kalınlaşma ile karakterize edilen kronik bir hastalıktır. Bu hastalık, akciğerlerin esnekliğini kaybetmesine ve solunum kapasitesinin azalmasına neden olur. Yeşil çayın içerdiği EGCG, anti-fibrotik özellikler göstererek akciğer fibrozisinde önemli bir rol oynayabilir. Hayvan modelleri üzerinde yapılan çalışmalarda, EGCG'nin akciğer dokusundaki kollajen birikimini azalttığı ve fibroblastların aşırı aktivasyonunu engellediği gösterilmiştir. Kollajen, fibrozis sürecinde artış gösteren bir proteindir ve EGCG bu süreci baskılayarak akciğerlerin esnekliğinin korunmasına katkıda bulunur. Bu durum, akciğer fibrozisinin ilerlemesinin **yavaşlatılmasında** ve hastaların solunum fonksiyonlarının korunmasında önemli bir fayda sağlayabilir(Chakraborty ve ark., 2019).

### **12.8.4. Çayın Anti-Mikrobiyal Etkileri ve Solunum Yolu Enfeksiyonları**

Solunum yolu enfeksiyonları, özellikle üst ve alt solunum yollarını etkileyen bakteriyel ve viral enfeksiyonlar şeklinde yaygındır. Çayın içerdiği polifenoller, antimikrobiyal özellikler göstererek bu tür enfeksiyonların önlenmesinde fayda sağlayabilir. Yeşil çay, Streptococcus pneumoniae ve Haemophilus influenzae gibi solunum yolu enfeksiyonlarına yol açan patojenlere karşı etkili olabilir(Surya ve ark., 2024).

Çayın düzenli tüketimi, bağışıklık sistemini destekleyerek enfeksiyonlara karşı koruma sağlar. Ayrıca, çaydaki bileşiklerin virüslerin hücrelere girişini ve çoğalmasını engelleyerek solunum yolu enfeksiyonlarının yayılmasını önleyici etkiler sunduğu belirtilmiştir. Bu özellikler, soğuk algınlığı ve grip gibi yaygın solunum yolu enfeksiyonlarına karşı korunmada çayın potansiyel bir destek sağlayabileceğini göstermektedir(Dinda ve ark., 2023).

## 12.9. ÇAYIN KARACİĞER SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Karaciğer, vücudun metabolik faaliyetlerini düzenleyen, detoksifikasyon görevini üstlenen ve enerji dengesinde rol alan en önemli organlardan biridir. Karaciğer sağlığı, genel sağlığın korunmasında ve metabolik denge sağlanmasında kritik bir rol oynar. Günümüzde, beslenme alışkanlıkları, alkol tüketimi, obezite ve çevresel faktörlerin etkisiyle karaciğer hastalıkları dünya genelinde artış göstermektedir. Bu hastalıkların başında metabolik ilişkili yağlı karaciğer hastalığı (MASLD), alkolik hepatit, siroz ve hepatoselüler karsinom gelmektedir. Çay, özellikle yeşil çay ve beyaz çay, içerdiği kateşinler, flavonoidler ve diğer biyoaktif bileşiklerle karaciğer sağlığı üzerinde olumlu etkiler gösterebilir. Bu etkiler, çayın antioksidan, anti-inflamatuvar ve anti-fibrotik özelliklerine dayanmaktadır.

Yeşil çay, özellikle içerdiği EGCG gibi kateşinler sayesinde karaciğerde reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu azaltarak oksidatif hasarı önler. Oksidatif stres, karaciğer hücrelerinde lipit peroksidasyonuna yol açarak hücre zarının bozulmasına ve hücre hasara neden olabilir. Yeşil çay, bu süreçleri engelleyerek karaciğer dokusunun sağlıklı kalmasına katkı sağlar. Aynı zamanda, yeşil çayın düzenli tüketiminin, karaciğerde glutatyon peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi endojen antioksidan enzimlerin aktivitesini artırarak karaciğerin detoksifikasyon kapasitesini iyileştirdiği gösterilmiştir (Zhou ve ark., 2019).

Yeşil çayda bulunan polifenoller, karaciğerde inflamasyonun oluşumunda rol oynayan pro-inflamatuvar sitokinlerin (örneğin TNF- $\alpha$ , IL-6) salınımını baskılar. Bu, inflamatuvar yanıtın azalmasına ve karaciğer dokusundaki hasarın önlenmesine yardımcı olur. Çayın anti-inflamatuvar etkileri, karaciğerin kronik inflamasyon sonucu hasar görmesini engelleyerek karaciğer fonksiyonlarının korunmasına katkıda bulunur. Yapılan çalışmalarda, yeşil çayın alkol tüketimine bağlı karaciğer hasarını azaltmada etkili olduğu ve karaciğerdeki lipit peroksidasyonunu baskıladığı gözlemlenmiştir. EGCG, alkolün karaciğerde neden olduğu serbest radikal üretimini ve inflamasyonu azaltarak hepatoprotektif bir etki gösterir. Ayrıca, yeşil çayın alkolün neden olduğu fibrozis gelişimini yavaşlatarak karaciğerin daha fazla hasar görmesini önlediği rapor edilmiştir ( Mansour-Ghanaei ve ark., 2018).

Karaciğer fibrozisi, karaciğer dokusunun skar dokusuyla yer değiştirmesi sonucu gelişen ve siroz gibi ciddi karaciğer hastalıklarının temelini

oluşturan bir süreçtir. Fibrozisin ilerlemesi, karaciğer fonksiyonlarını kaybetmesine yol açabilir ve bu durum karaciğer yetmezliğiyle sonuçlanabilir. Yeşil çayın içerdiği EGCG, karaciğer fibrozisini önleyici ve yavaşlatıcı etkiler gösterir. Hayvan modelleri üzerinde yapılan çalışmalarda, yeşil çayın fibroblast hücrelerinin aktivasyonunu baskıladığı ve kollajen birikimini azalttığı gözlemlenmiştir. EGCG, karaciğer hücrelerinde transforming growth factor-beta (TGF- $\beta$ ) gibi fibrozisin ilerlemesinde rol oynayan proteinlerin aktivitesini inhibe ederek karaciğerin sağlıklı yapısını korur. Bu durum, yeşil çayın karaciğer fibrozisini yavaşlatarak siroz gelişme riskini azalttığını ve karaciğerin fonksiyonel kapasitesini koruduğunu göstermektedir (Y.-Q. Huang ve ark., 2016; Shivashankara ve ark., 2012).

Yeşil çay kateşinlerinden EGCG, kanser hücrelerinin çoğalmasını (proliferasyonu) baskılar ve bu hücrelerin programlanmış hücre ölümü olan apoptoz sürecini indükler. Bu durum, kanser hücrelerinin büyüme potansiyelini azaltarak tümör gelişimini yavaşlatır. Ayrıca, EGCG'nin beta-katenin ve NF- $\kappa$ B gibi onkogenik sinyal yollarını baskılayarak tümör oluşumunu önleyici etkiler gösterdiği rapor edilmiştir. Bu mekanizmalar, yeşil çayın karaciğer kanserine karşı koruyucu etkilerinin altında yatan önemli faktörlerdir. *In vitro* ve hayvan çalışmaları, yeşil çayın karaciğer kanser hücrelerinin büyümesini durdurduğunu ve tümör büyüklüğünü azalttığını göstermektedir. EGCG, aynı zamanda anjiyogenez (yeni kan damarlarının oluşumu) sürecini baskılayarak tümörlerin beslenme kaynaklarını sınırlamakta ve bu sayede tümörlerin büyümesini engellemektedir. Yeşil çayın bu anti-kanser etkileri, karaciğer kanserinin önlenmesi ve tedavisinde potansiyel bir destekleyici olarak değerlendirilmektedir (Jin ve ark., 2008).

### 12.10. ÇAYIN FERTİLİTE ÜZERİNE ETKİSİ

Fertilite, bireylerin üreme yeteneğini ifade eden karmaşık bir süreçtir ve hormonal denge, beslenme, yaşam tarzı, çevresel etkenler gibi birçok faktörden etkilenir. Çay, dünya genelinde en yaygın tüketilen içeceklerden biridir ve içerdiği kafein, kateşinler ve flavonoidler gibi bileşenler fertilite üzerinde farklı şekillerde etkili olabilir. Bu etkiler, hem kadın hem de erkek fertilesi üzerinde pozitif veya negatif yönde değişikliklere yol açabilir ve literatürde bu konuda çeşitli araştırmalar bulunmaktadır.

### 12.10.1. Çayın Kadın Fertilitesi Üzerine Etkileri

Çayın kadın fertilitesi üzerindeki etkileri, büyük ölçüde içerdiği kafein ve antioksidan bileşenler ile ilişkilidir. Kafein, sinir sistemi üzerindeki uyarıcı etkisiyle bilinse de üreme sağlığı üzerindeki etkileri tartışmalıdır.

**Kafein ve Ovulasyon:** Çaydaki kafein, yumurtlama (ovulasyon) süreci üzerinde olumsuz etkiler gösterebilir. Yüksek miktarda kafein tüketiminin, foliküler gelişimi olumsuz yönde etkileyerek yumurtlama döngüsünde gecikmelere veya düzensizliklere yol açabileceği öne sürülmektedir. Epidemiyolojik çalışmalarda, günde 300 mg'dan fazla kafein tüketen kadınların yumurtlama düzensizlikleri yaşama olasılığının daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu da çay gibi kafein içeren içeceklerin aşırı tüketiminin kadın fertilitelerini olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir (Ogunwole ve ark., 2024; Zhang ve ark., 2024).

**Antioksidanların Koruyucu Etkileri:** Öte yandan, çayın içerdiği antioksidan bileşenler (örneğin kateşinler ve flavonoidler) kadın üreme sağlığını destekleyici etkilere sahip olabilir. Bu bileşikler, yumurtalık hücrelerinde serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresi azaltarak hücresel sağlığı korur. Oksidatif stres, yumurta hücrelerinde hasara ve fertilitite sorunlarına yol açabilir. Yeşil çayda bulunan epigallokateşin gallat (EGCG) gibi güçlü antioksidanlar, bu süreci baskılayarak yumurta kalitesini iyileştirebilir ve kadın üreme sağlığını korumaya yardımcı olabilir (Valko ve ark., 2007).

**Endometriosis ve Polikistik Over Sendromu (PCOS):** Endometriosis ve PCOS, kadınlarda fertiliteli olumsuz etkileyen en yaygın rahatsızlıklardan ikisidir. Yeşil çayın, endometriosis ve PCOS gibi inflamatuvar hastalıklar üzerindeki olumlu etkileri de literatürde yer almaktadır. Çaydaki antioksidanların ve anti-inflamatuvar bileşenlerin, bu durumlarla ilişkili inflamasyonu azaltarak üreme sağlığını iyileştirebileceği öne sürülmektedir. Yeşil çayın, PCOS'lu kadınlarda insülin duyarlılığını artırarak hormonal dengeyi iyileştirdiği ve bu yolla ovulasyonu desteklediği rapor edilmiştir (Hazimeh ve ark., 2023).



### 12.10.2. Çayın Erkek Fertilitesi Üzerine Etkileri

Erkek fertilitesi, özellikle sperm kalitesi, sperm sayısı, motilite ve morfoloji gibi parametrelerle değerlendirilir. Çayın erkek üreme sağlığı üzerindeki etkileri ise hem olumlu hem de olumsuz yönlerde olabilir.

**Kafein ve Sperm Kalitesi:** Çaydaki kafeinin erkek fertilitesi üzerindeki etkileri hakkında yapılan çalışmalar, çelişkili sonuçlar sunmaktadır. Bazı çalışmalar, kafein tüketiminin sperm sayısını azaltabileceğini ve sperm DNA hasarına yol açabileceğini öne sürmektedir. Yüksek miktarda kafein tüketimi, sperm DNA'sında fragmantasyon ve oksidatif hasar riskini artırarak erkek fertilitisini olumsuz etkileyebilir. Bununla birlikte, düşük veya orta düzeyde kafein alımının erkek fertilitesi üzerinde ciddi olumsuz etkiler göstermediği de belirtilmiştir (Ogunwole ve ark., 2024; Zhang ve ark., 2024).

**Antioksidan Etkiler ve Sperm Sağlığı:** Çayın içerdiği kateşinler ve diğer antioksidanlar, sperm sağlığı üzerinde olumlu etkiler gösterebilir. Yeşil çayın sperm kalitesini ve hareketliliğini iyileştirebileceği belirtilmektedir. Yeşil çaydaki polifenoller, sperm hücrelerinde oksidatif stresi azaltarak sperm motilitesini ve morfolojisini iyileştirir. Sperm hücrelerinde oksidatif stres, sperm zarının hasar görmesine ve DNA'nın bozulmasına yol açarak fertiliteyi olumsuz etkileyebilir. Yeşil çayın içerdiği antioksidanlar, bu süreci engelleyerek sperm sağlığını koruyabilir (Barbarestani ve ark., 2024).

**Sperm Sayısı ve Morfoloji Üzerine Etkiler:** Çayın düzenli tüketiminin sperm sayısı ve morfolojisi üzerindeki etkileri konusunda literatürde bazı farklılıklar vardır. Bazı araştırmalar, yüksek miktarda kafein tüketiminin sperm sayısını azaltabileceğini belirtirken, diğer çalışmalar orta düzeyde çay tüketiminin bu parametreler üzerinde belirgin bir olumsuz etkisi olmadığını bildirmektedir. Bununla birlikte, yeşil çaydaki antioksidanların sperm morfolojisini iyileştirme ve DNA hasarını azaltma konusunda faydalı olabileceği gösterilmiştir (Raooft ve ark., 2024).

### 12.10.3. Fertilité Üzerine Çay Tüketimi Konusunda Öneriler

Çayın fertilité üzerindeki etkileri, tüketim miktarına ve bireyin sağlık durumuna bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle, çay tüketimi konusunda bazı genel öneriler aşağıda belirtilmiştir:

**Orta Düzeyde Tüketim:** Günlük çay tüketimi konusunda dikkatli olunmalıdır. Orta düzeyde kafein alımı, genellikle fertilité üzerinde olumsuz bir

etki yaratmazken, aşırı kafein tüketimi kadınlarda yumurtlama sürecini bozabilir ve erkeklerde sperm kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, fertiliteye zarar vermemek adına kafein alımının günlük 200-300 mg'ı geçmemesi önerilmektedir. Bu miktar yaklaşık 2-3 fincan çay tüketimine karşılık gelir. Türk çayında kafein oranı düşük olduğundan bu miktar 4-5 fincana çıkabilir.

**Yeşil Çayın Tercih Edilebilirliği:** Yeşil çay, içerdiği yüksek antioksidan bileşenler sayesinde fertilitte üzerinde daha olumlu etkiler sunabilir. EGCG ve diğer polifenoller, hem kadın hem de erkek üreme sağlığını destekleyici etkiler göstermektedir. Bu nedenle, özellikle oksidatif stresi azaltmak ve üreme sağlığını desteklemek amacıyla yeşil çay tercih edilebilir.

**Yaşam Tarzı ve Beslenme:** Fertilitte üzerinde etkili olan birçok faktör bulunmaktadır. Çay tüketiminin yanı sıra sağlıklı bir diyet, düzenli fiziksel aktivite ve sigara/alkol kullanımının sınırlanması gibi yaşam tarzı faktörleri de üreme sağlığının korunmasında önemlidir. Bu bağlamda, çayın yararlı etkilerini artırmak ve olumsuz etkilerinden kaçınmak için diğer sağlıklı yaşam alışkanlıklarıyla birlikte tüketilmesi önerilir.

## 12.11. ÇAYIN AĞIZ SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Ağız sağlığı, genel sağlık ve yaşam kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Diş çürükleri, diş eti hastalıkları ve ağız enfeksiyonları gibi yaygın sorunlar, ağız hijyenine ve beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak gelişebilir. Çay, özellikle yeşil çay ve siyah çay, içerdiği kateşinler, flavonoidler ve florür gibi bileşenler sayesinde ağız sağlığını destekleyici etkiler göstermektedir. Çayın antimikrobiyal, antioksidan ve anti-inflamatuar özellikleri, ağız sağlığının korunmasına ve ağız içi patojenlerin kontrol altına alınmasına yardımcı olabilir.

### 12.11.1. Çaydaki Polifenoller ve Antimikrobiyal Etkiler

Yeşil çay ve siyah çay, ağız sağlığını korumada önemli bir rol oynayan flavonoidler özellikle kateşinler ve kateşin türevleri gibi biyoaktif bileşenler içerir. Bu bileşikler, ağız içindeki patojen mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyerek diş çürüğü ve diş eti hastalıklarının önlenmesine katkıda bulunur. Özellikle yeşil çayda bulunan epigallokateşin gallat (EGCG) gibi kateşinler, ağız içi bakteriler üzerinde antimikrobiyal etkiler gösterir. Streptococcus

mutans, diş çürüğüne yol açan başlıca bakterilerden biridir. Yeşil çay, bu bakterinin diş yüzeyine yapışmasını ve asit üretimini engelleyerek çürük oluşumunu azaltabilir. *In vitro* çalışmalarda, yeşil çayın diş plağının oluşumunu ve asit üretimini baskıladığı gösterilmiştir. Bu etkiler, çayın ağız sağlığını korumada önemli bir katkı sunduğunu ortaya koymaktadır (Khurshid ve ark., 2016).

### 12.11.2. Antioksidan ve Anti-İnflamatuvar Etkiler

Diş eti hastalıkları (periodontal hastalıklar), diş eti iltihabı ve diş destek dokularında tahribatla karakterize edilen kronik inflamatuvar durumlardır. Yeşil çay ve siyah çay, içerdiği antioksidan bileşenler sayesinde diş eti hastalıklarına karşı koruyucu etkiler gösterebilir. Polifenoller, diş eti dokularındaki oksidatif stresi azaltarak iltihaplanmayı önler ve diş eti sağlığını korur. Çaydaki anti-inflamatuvar bileşikler, gingivitis gibi diş eti iltihaplarını azaltarak diş etlerinin daha sağlıklı kalmasına yardımcı olabilir. Aynı zamanda yeşil çayın düzenli tüketimi, periodontal hastalıklara yol açan pro-inflamatuvar sitokinlerin (örneğin IL-1 $\beta$  ve TNF- $\alpha$ ) üretimini baskılayarak diş etlerindeki inflamasyonu hafifletebilir ( Vyas ve ark., 2021).

### 12.11.3. Ağız Kokusunun Azaltılması

Ağız kokusu (halitöz), ağız içindeki bakterilerin ürettiği uçucu bileşikler nedeniyle ortaya çıkan yaygın bir sorundur. Yeşil çayın, ağız kokusunu azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir. Yeşil çayda bulunan polifenoller, ağız içindeki kötü kokuya neden olan uçucu sülfür bileşiklerinin oluşumunu baskılar ve ağız kokusunun giderilmesine yardımcı olur. Ayrıca, çayın antibakteriyel etkileri, ağız içi patojenlerin azaltılmasına ve dolayısıyla ağız kokusunun önlenmesine katkı sağlar (Tahani & Sabzian, 2018).

## SONUÇ

Çayın sağlık üzerindeki etkileri, antik geleneklerden modern bilime kadar uzanan derin bir bilgi birikimine dayanmaktadır. Çin, Japonya ve Hindistan gibi Asya ülkelerinin kültürlerinde çayın sindirim sorunlarından ruh hali düzenlemeye, bağışıklık güçlendirmeden zihinsel odaklanmayı artırmaya kadar çeşitli faydaları gözlemlenmiş ve bu faydalar günümüze kadar ulaşmıştır. Çayın insan sağlığı üzerindeki faydaları, hem geleneksel kullanımlarından hem de modern bilimsel araştırmalardan beslenen zengin bir birikime dayanır. Çayın

özellikle polifenol grubu biyoaktif bileşenleri sayesinde obezite, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, böbrek sağlığı ve bilişsel fonksiyonlar üzerinde olumlu etkiler sağladığı görülmektedir. Ayrıca, antioksidan ve anti-inflamatuvar özellikleri sayesinde kanserden nörodejeneratif hastalıklara kadar geniş bir sağlık spektrumunda koruyucu rol oynar.

Günümüzde yapılan araştırmalar, çayın biyokimyasal yapısının insan sağlığına katkılarını daha net bir şekilde anlamamıza olanak tanırken, bu doğal içeceğin düzenli ve kontrollü tüketiminin sağlıklı yaşam için değerli bir destek sunduğunu ortaya koymaktadır. Çayın geçmişten günümüze taşınan sağlık serüveni, modern tıbbın da desteğiyle, sağlığı koruyucu ve yaşam kalitesini artırıcı bir unsur olarak önemini korumaktadır.

## KAYNAKÇA

- Abe, Y., Umemura, S., Sugimoto, K., Hirawa, N., Kato, Y., Yokoyama, N., Yokoyama, T., Iwai, J., & Ishii, M. (1995). Effect of green tea rich in  $\gamma$ -aminobutyric acid on blood pressure of Dahl salt-sensitive rats. *American Journal of Hypertension*, 8(1), 74–79.
- Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Saeed, M., Naveed, M., Arain, M. A., Arif, M., Tiwari, R., Khandia, R., Khurana, S. K., Karthik, K., Yattoo, Mohd. I., Munjal, A., Bhatt, P., Sharun, K., Iqbal, H. M. N., Sun, C., & Dhama, K. (2020). Nutritional applications and beneficial health applications of green tea and L-theanine in some animal species: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(1), 245–256.
- Alexander, C., Parsaee, A., & Vasefi, M. (2023). Polyherbal and Multimodal Treatments: Kaempferol- and Quercetin-Rich Herbs Alleviate Symptoms of Alzheimer's Disease. *Biology*, 12(11), 1453.
- Bag, N., & Bag, A. (2020). Antimetastatic Properties of Tea Polyphenols. *Nutrition and Cancer*, 72(3), 365–376.
- Ban, Q., Chi, W., Wang, X., Wang, S., Hai, D., Zhao, G., Zhao, Q., Granato, D., & Huang, X. (2023). (-)-Epigallocatechin-3-Gallate Attenuates the Adverse Reactions Triggered by Selenium Nanoparticles without Compromising Their Suppressing Effect on Peritoneal Carcinomatosis in Mice Bearing Hepatocarcinoma 22 Cells. *Molecules*, 28(9), 3904.
- Baraya, Y. S., Wong, K. K., & Yaacob, N. S. (2017). The Immunomodulatory Potential of Selected Bioactive Plant-Based Compounds in Breast Cancer: A Review. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 17(6).
- Barbarestani, S. Y., Samadi, F., Zaghari, M., Khademian, S., Pirsaraei, Z. A., & Kastelic, J. P. (2024). A review of antioxidant strategies to improve reproduction in aging male broiler breeders. *GeroScience*.
- Batista, É. A., Silva, G. N. M., Sgobbi, L. F., Machado, F. B., Macedo, I. Y., Moreno, E. K., Neto, J. R., Scalize, P. S., & Gil, E. S. (2021). Enzymatic Electroanalytical Biosensor Based on *Maramiellus colocasiae* Fungus for Detection of Phytomarkers in Infusions and Green Tea Kombucha. *Biosensors*, 11(3), 91.

- Baulac, S., Huberfeld, G., Gourfinkel-An, I., Mitropoulou, G., Beranger, A., Prud'homme, J.-F., Baulac, M., Brice, A., Bruzzone, R., & LeGuern, E. (2001). First genetic evidence of GABAA receptor dysfunction in epilepsy: a mutation in the  $\gamma 2$ -subunit gene. *Nature Genetics*, 28(1), 46–48.
- Bérubé-Parent, S., Pelletier, C., Doré, J., & Tremblay, A. (2005). Effects of encapsulated green tea and Guarana extracts containing a mixture of epigallocatechin-3-gallate and caffeine on 24 h energy expenditure and fat oxidation in men. *British Journal of Nutrition*, 94(3), 432–436.
- Butt, M. S., & Sultan, M. T. (2009). Green Tea: Nature's Defense against Malignancies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(5), 463–473.
- Chakraborty, K., Dey, A., Bhattacharyya, A., & Dasgupta, S. C. (2019). Anti-fibrotic effect of black tea (*Camellia sinensis*) extract in experimental pulmonary fibrosis. *Tissue and Cell*, 56, 14–22.
- Chen, X.-Q., Wang, X.-B., Guan, R.-F., Tu, J., Gong, Z.-H., Zheng, N., Yang, J.-H., Zhang, Y.-Y., & Ying, M.-M. (2013). Blood anticoagulation and antiplatelet activity of green tea (–)-epigallocatechin (EGC) in mice. *Food & Function*, 4(10), 1521.
- Chen, Y., Luo, L., Hu, S., Gan, R., & Zeng, L. (2023). The chemistry, processing, and preclinical anti-hyperuricemia potential of tea: a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(24), 7065–7090.
- Chu, S., Fu, H., Yang, J., Liu, G., Dou, P., Zhang, L., Tu, P., & Wang, X. (2011). A randomized double-blind placebo-controlled study of Pu'er tea (普洱茶) extract on the regulation of metabolic syndrome. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, 17(7), 492–498.
- Das, A. S., Mukherjee, M., Das, D., & Mitra, C. (2009). Protective action of aqueous black tea (*Camellia sinensis*) extract (BTE) against ovariectomy-induced oxidative stress of mononuclear cells and its associated progression of bone loss. *Phytotherapy Research*, 23(9), 1287–1294.

- Dhatwalia, S. K., Kumar, M., & Dhawan, D. K. (2018). Role of EGCG in Containing the Progression of Lung Tumorigenesis – A Multistage Targeting Approach. *Nutrition and Cancer*, 70(3), 334–349.
- Di Sotto, A., Gulli, M., Percaccio, E., Vitalone, A., Mazzanti, G., & Di Giacomo, S. (2022). Efficacy and Safety of Oral Green Tea Preparations in Skin Ailments: A Systematic Review of Clinical Studies. *Nutrients*, 14(15), 3149.
- Diana, M., Quílez, J., & Rafecas, M. (2014). Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: a review. *Journal of Functional Foods*, 10, 407–420.
- Diez-Gutiérrez, L., San Vicente, L., R. Barrón, L. J., Villarán, M. del C., & Chávarri, M. (2020). Gamma-aminobutyric acid and probiotics: Multiple health benefits and their future in the global functional food and nutraceuticals market. *Journal of Functional Foods*, 64, 103669.
- Dinda, B., Dinda, S., & Dinda, M. (2023). Therapeutic potential of green tea catechin, (-)-epigallocatechin-3-O-gallate (EGCG) in SARS-CoV-2 infection: Major interactions with host/virus proteases. *Phytomedicine Plus*, 3(1), 100402.
- Fraga, C. G., Galleano, M., Verstraeten, S. V., & Oteiza, P. I. (2010). Basic biochemical mechanisms behind the health benefits of polyphenols. *Molecular Aspects of Medicine*, 31(6), 435–445.
- Gianazza, E., Brioschi, M., Martinez Fernandez, A., Casalnuovo, F., Altomare, A., Aldini, G., & Banfi, C. (2021). Lipid Peroxidation in Atherosclerotic Cardiovascular Diseases. *Antioxidants & Redox Signaling*, 34(1), 49–98.
- Hanhineva, K., Törrönen, R., Bondia-Pons, I., Pekkinen, J., Kolehmainen, M., Mykkänen, H., & Poutanen, K. (2010). Impact of Dietary Polyphenols on Carbohydrate Metabolism. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(4), 1365–1402.
- Hazimeh, D., Massoud, G., Parish, M., Singh, B., Segars, J., & Islam, M. S. (2023). Green Tea and Benign Gynecologic Disorders: A New Trick for An Old Beverage? *Nutrients*, 15(6), 1439.
- Hidese, S., Ogawa, S., Ota, M., Ishida, I., Yasukawa, Z., Ozeki, M., & Kunugi, H. (2019). Effects of L-Theanine Administration on Stress-Related Symptoms and Cognitive Functions in Healthy Adults: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*, 11(10), 2362.
- Hinton, T., Jelinek, H. F., Viengkhou, V., Johnston, G. A., & Matthews, S. (2019). Effect of GABA-Fortified Oolong Tea on Reducing Stress in a University Student Cohort. *Frontiers in Nutrition*, 6.
- Huang, F., Wang, S., Zhao, A., Zheng, X., Zhang, Y., Lei, S., Ge, K., Qu, C., Zhao, Q., Yan, C., & Jia, W. (2019). Pu'erh Tea Regulates Fatty Acid

- Metabolism in Mice Under High-Fat Diet. *Frontiers in Pharmacology*, 10.
- Huang, H.-C., & Lin, J.-K. (2012). Pu'erh tea, green tea, and black tea suppresses hyperlipidemia, hyperleptinemia and fatty acid synthase through activating AMPK in rats fed a high-fructose diet. *Food Funct.*, 3(2), 170–177.
- Huang, Y.-Q., Lu, X., Min, H., Wu, Q.-Q., Shi, X.-T., Bian, K.-Q., & Zou, X.-P. (2016). Green tea and liver cancer risk: A meta-analysis of prospective cohort studies in Asian populations. *Nutrition*, 32(1), 3–8.
- Hursel, R., & Westerterp-Plantenga, M. S. (2013). Catechin- and caffeine-rich teas for control of body weight in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 98(6), 1682S-1693S.
- Jin, X., Zheng, R., & Li, Y. (2008). Green tea consumption and liver disease: a systematic review. *Liver International*, 28(7), 990–996.
- Kanlaya, R., & Thongboonkerd, V. (2019). Molecular Mechanisms of Epigallocatechin-3-Gallate for Prevention of Chronic Kidney Disease and Renal Fibrosis: Preclinical Evidence. *Current Developments in Nutrition*, 3(9), nzz101.
- Karimi, S. M., Bayat, M., & Rahimi, R. (2024). Plant-derived natural medicines for the management of osteoporosis: A comprehensive review of clinical trials. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 14(1), 1–18.
- Khurshid, Z., Zafar, M. S., Zohaib, S., Najeeb, S., & Naseem, M. (2016). Green Tea (*Camellia Sinensis*): Chemistry and Oral Health. *The Open Dentistry Journal*, 10(1), 166–173.
- Kulkarni, C., Sharma, S., Bora, P. S., Verma, S., Rajput, S., Porwal, K., Rath, S. K., Gayen, J. R., Sharma, U., & Chattopadhyay, N. (2022). A novel extraction method enhanced the osteogenic and anti-osteoporosis effect of tea extract without any hepatotoxicity in ovariectomized rats. *Frontiers in Endocrinology*, 13.
- Li, M., Duan, Y., Wang, Y., Chen, L., Abdelrahim, M. E. A., & Yan, J. (2024). The effect of Green green tea consumption on body mass index, lipoprotein, liver enzymes, and liver cancer: An updated systemic review incorporating a meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(4), 1043–1051.
- Li, X.-X., Liu, C., Dong, S.-L., Ou, C.-S., Lu, J.-L., Ye, J.-H., Liang, Y.-R., & Zheng, X.-Q. (2022). Anticarcinogenic potentials of tea catechins. *Frontiers in Nutrition*, 9.
- Liu, J.-Y., He, D., Xing, Y.-F., Zeng, W., Ren, K., Zhang, C., Lu, Y., Yang, S., Ou, S.-J., Wang, Y., & Xing, X.-H. (2021). Effects of bioactive components of Pu'erh tea on gut microbiomes and health: A review. *Food Chemistry*, 353, 129439.
- Luo, K.-W., Ko, C.-H., Yue, G. G.-L., Lee, J. K.-M., Li, K.-K., Lee, M., Li, G., Fung, K.-P., Leung, P.-C., & Lau, C. B.-S. (2014). Green tea (*Camellia*



- sinensis) extract inhibits both the metastasis and osteolytic components of mammary cancer 4T1 lesions in mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 25(4), 395–403.
- Malar, D. S., Prasanth, M. I., Brimson, J. M., Sharika, R., Sivamaruthi, B. S., Chaiyasut, C., & Tencomnao, T. (2020). Neuroprotective Properties of Green Tea (*Camellia sinensis*) in Parkinson's Disease: A Review. *Molecules*, 25(17), 3926.
- Mansour-Ghanaei, F., Hadi, A., Pourmasoumi, M., Joukar, F., Golpour, S., & Najafgholizadeh, A. (2018). Green tea as a safe alternative approach for nonalcoholic fatty liver treatment: A systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Phytotherapy Research*, 32(10), 1876–1884.
- Minné, D., Stromin, J., Docrat, T., Engel-Hills, P., & Marnewick, J. L. (2023). The effects of tea polyphenols on emotional homeostasis: Understanding dementia risk through stress, mood, attention & sleep. *Clinical Nutrition ESPEN*, 57, 77–88.
- Mylonas, C., & Kouretas, D. (1999). Lipid peroxidation and tissue damage. *In Vivo (Athens, Greece)*, 13(3), 295–309.
- National Library of Medicine (PubMed), National Center for Biotechnology Information (t.y.). Tea and Health Publications.(Alıntı tarihi: 01.10.2024).  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=%28tea%29+AND+%28health%29&sort=>
- Nirumand, M., Hajialyani, M., Rahimi, R., Farzaei, M., Zingue, S., Nabavi, S., & Bishayee, A. (2018). Dietary Plants for the Prevention and Management of Kidney Stones: Preclinical and Clinical Evidence and Molecular Mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3), 765.
- Ogunwole, E., Emojevwe, V. O., Shittu, H. B., Olagoke, I. E., & Ayodele, F. O. (2024). Deleterious Effects of Caffeine Consumption on Reproductive Functions of Female Wistar Rats. *JBRA Assisted Reproduction*.
- Perucca, E., Bialer, M., & White, H. S. (2023). New GABA-Targeting Therapies for the Treatment of Seizures and Epilepsy: I. Role of GABA as a Modulator of Seizure Activity and Recently Approved Medications Acting on the GABA System. *CNS Drugs*, 37(9), 755–779.
- Petroff, O. A. C., Rothman, D. L., Behar, K. L., & Mattson, R. H. (1996). Low brain GABA level is associated with poor seizure control. *Annals of Neurology*, 40(6), 908–911.
- Qin, B., Polansky, M. M., Harry, D., & Anderson, R. A. (2010). Green tea polyphenols improve cardiac muscle mRNA and protein levels of signal pathways related to insulin and lipid metabolism and inflammation in insulin-resistant rats. *Molecular Nutrition & Food Research*, 54(S1).

- Qiong, S., & Xishuang, Y. (2014). History of Pu'er Tea and comparative study for the effect of its various extracts on lipid-lowering diet. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 27(4 Suppl), 1015–1022.
- Raooft, A., Gholami, O., Mokhtari, H., Bagheri, F., Rustamzadeh, A., Nasiry, D., & Ghaemi, A. (2024). Caffeine attenuates spermatogenic disorders in mice with induced chronic scrotal hyperthermia. *Clinical and Experimental Reproductive Medicine*, 51(1), 28–41.
- Ribaldo, P. D. B., Souza, D. S., Biswas, S. K., Block, K., Lopes de Faria, J. M., & Lopes de Faria, J. B. (2009). Green tea (*Camellia sinensis*) attenuates nephropathy by downregulating Nox4 NADPH oxidase in diabetic spontaneously hypertensive rats. *The Journal of Nutrition*, 139(1), 96–100.
- Sharma, V., & Rao, L. J. M. (2009). A Thought on the Biological Activities of Black Tea. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(5), 379–404.
- Shen, C.-L., Yeh, J. K., Cao, J. J., & Wang, J.-S. (2009). Green tea and bone metabolism. *Nutrition Research*, 29(7), 437–456.
- Shin, D.-U., Eom, J.-E., Song, H.-J., Jung, S. Y., Nguyen, T. Van, Lim, K. M., Chai, O. H., Kim, H.-J., Kim, G.-D., Shin, H. S., & Lee, S.-Y. (2022). *Camellia sinensis* L. Alleviates Pulmonary Inflammation Induced by Porcine Pancreas Elastase and Cigarette Smoke Extract. *Antioxidants*, 11(9), 1683.
- Shivashankara, A. R., Azmidah, A., Haniadka, R., Rai, M. P., Arora, R., & Baliga, M. S. (2012). Dietary agents in the prevention of alcohol-induced hepatotoxicity: preclinical observations. *Food Funct.*, 3(2), 101–109.
- Siamwala, J. H., Dias, P. M., Majumder, S., Joshi, M. K., Sinkar, V. P., Banerjee, G., & Chatterjee, S. (2013). L-Theanine promotes nitric oxide production in endothelial cells through eNOS phosphorylation. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 24(3), 595–605.
- Sirichaiwetchakoon, K., Lowe, G. M., & Eumkeb, G. (2020). The Free Radical Scavenging and Anti-Isolated Human LDL Oxidation Activities of *Pluchea indica* (L.) Less. Tea Compared to Green Tea (*Camellia sinensis*). *BioMed Research International*, 2020, 1–12.
- Stangl, V., Lorenz, M., & Stangl, K. (2006). The role of tea and tea flavonoids in cardiovascular health. *Molecular Nutrition & Food Research*, 50(2), 218–228.
- Sun, L., Tian, X., Gou, L., Ling, X., Wang, L., Feng, Y., Yin, X., & Liu, Y. (2013). Beneficial synergistic effects of concurrent treatment with theanine and caffeine against cerebral ischemia–reperfusion injury in rats. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 91(7), 562–569.
- Surya, K. G., Shanmugam, R., Behera, A., & Dharmalingam Jothinathan, M. K. (2024). Assessment of Antibacterial Properties and Cytotoxic Effect

- of Ethanolic Extracts of *Clitoria ternatea* and *Camellia sinensis* Herbal Formulation Against Clinical Pathogens. *Cureus*, 15;16(4):e58287.
- Suzuki-Sugihara, N., Kishimoto, Y., Saita, E., Taguchi, C., Kobayashi, M., Ichitani, M., Ukawa, Y., Sagesaka, Y. M., Suzuki, E., & Kondo, K. (2016). Green tea catechins prevent low-density lipoprotein oxidation via their accumulation in low-density lipoprotein particles in humans. *Nutrition Research*, 36(1), 16–23.
- Tahani, B., & Sabzian, R. (2018). Effect of *Camellia sinensis* plant on decreasing the level of halitosis: A systematic review. *Dental Research Journal*, 15(6), 379–384.
- Tu, Y., Chen, L., Ren, N., Li, B., Wu, Y., Rankin, G. O., Rojanasakul, Y., Wang, Y., & Chen, Y. C. (2020). Standardized Saponin Extract from Baiye No.1 Tea (*Camellia sinensis*) Flowers Induced S Phase Cell Cycle Arrest and Apoptosis via AKT-MDM2-p53 Signaling Pathway in Ovarian Cancer Cells. *Molecules*, 25(15), 3515.
- Türközü, D., & Şanlıer, N. (2017). L-theanine, unique amino acid of tea, and its metabolism, health effects, and safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8), 1681–1687.
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T. D., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 39(1), 44–84.
- Valle-Velázquez, E., Zambrano-Vásquez, O. R., Cortés-Camacho, F., Sánchez-Lozada, L. G., Guevara-Balcázar, G., & Osorio-Alonso, H. (2024). Naringenin – a potential nephroprotective agent for diabetic kidney disease: A comprehensive review of scientific evidence. *Biomolecules and Biomedicine*, 24(6), 1441–1451.
- Verma, T., Sinha, M., Bansal, N., Yadav, S. R., Shah, K., & Chauhan, N. S. (2021). Plants Used as Antihypertensive. *Natural Products and Bioprospecting*, 11(2), 155–184.
- Vīna, I., Semjonovs, P., Linde, R., & Deniņa, I. (2014). Current Evidence on Physiological Activity and Expected Health Effects of Kombucha Fermented Beverage. *Journal of Medicinal Food*, 17(2), 179–188.
- Vyas, T., Nagi, R., Bhatia, A., & Bains, S. K. (2021). Therapeutic effects of green tea as an antioxidant on oral health- A review. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 10(11), 3998–4001.
- Wan, C., Ouyang, J., Li, M., Rengasamy, K. R. R., & Liu, Z. (2024). Effects of green tea polyphenol extract and epigallocatechin-3-O-gallate on diabetes mellitus and diabetic complications: Recent advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(17), 5719–5747.
- Wang, Y., Ren, N., Rankin, G. O., Li, B., Rojanasakul, Y., Tu, Y., & Chen, Y. C. (2017). Anti-proliferative effect and cell cycle arrest induced by

- saponins extracted from tea (*Camellia sinensis*) flower in human ovarian cancer cells. *Journal of Functional Foods*, 37, 310–321.
- Warzak, D. A., Johnson, S. A., Ellersieck, M. R., Roberts, R. M., Zhang, X., Ho, S.-M., & Rosenfeld, C. S. (2015). Effects of post-weaning diet on metabolic parameters and DNA methylation status of the cryptic promoter in the Avy allele of viable yellow mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 26(6), 667–674.
- Wu, X., Xie, C., Zhu, Q., Wang, M., Sun, B., Huang, Y., Shen, C., An, M., Zhao, Y., Wang, X., & Sheng, J. (2018a). Green tea (*Camellia sinensis*) aqueous extract alleviates postmenopausal osteoporosis in ovariectomized rats and prevents RANKL-induced osteoclastogenesis in vitro. *Food & Nutrition Research*, 62(0).
- Xie, X., Fu, J., Gou, W., Qin, Y., Wang, D., Huang, Z., Wang, L., & Li, X. (2024). Potential mechanism of tea for treating osteoporosis, osteoarthritis, and rheumatoid arthritis. *Frontiers in Medicine*, 11.
- Yang, J., Lagishetty, V., Kurnia, P., Henning, S. M., Ahdoot, A. I., & Jacobs, J. P. (2022). Microbial and Chemical Profiles of Commercial Kombucha Products. *Nutrients*, 14(3), 670.
- Yuan, E., Duan, X., Xiang, L., Ren, J., Lai, X., Li, Q., Sun, L., & Sun, S. (2018). Aged Oolong Tea Reduces High-Fat Diet-Induced Fat Accumulation and Dyslipidemia by Regulating the AMPK/ACC Signaling Pathway. *Nutrients*, 10(2), 187.
- Zhang, H., Qian, S., Chen, J., & Chen, J. (2024). Association between tea, coffee and caffeine consumption and risk of female infertility: a cross-sectional study. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 22(1), 91.
- Zhao, M., Ma, Y., Wei, Z., Yuan, W., Li, Y., Zhang, C., Xue, X., & Zhou, H. (2011). Determination and Comparison of  $\gamma$ -Aminobutyric Acid (GABA) Content in Pu'erh and Other Types of Chinese Tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8), 3641–3648.
- Zhao, M., Zhang, D., Su, X., Duan, S., Wan, J., Yuan, W., Liu, B., Ma, Y., & Pan, Y. (2015). An Integrated Metagenomics/Metaproteomics Investigation of the Microbial Communities and Enzymes in Solid-state Fermentation of Pu'erh tea. *Scientific Reports*, 5(1), 10117.
- Zhou, J., Ho, C.-T., Long, P., Meng, Q., Zhang, L., & Wan, X. (2019). Preventive Efficiency of Green Tea and Its Components on Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(19), 5306–5317.



## BÖLÜM 13

### ÇAY TARIMINDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Prof. Dr. Keziban YAZICI<sup>1,2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14291420>

---

<sup>1</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye. keziban.yazici@erdogan.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-5957-053X

<sup>2</sup>Çay ve Çay Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize, Türkiye. keziban.yazici@erdogan.edu.tr. Orcid ID: 0000-0002-5957-053X



## GİRİŞ

Son yıllarda yaşanan teknolojik yenilikler, iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik odaklı yeni yaklaşımlar, tarım sektöründeki dinamikleri büyük ölçüde değiştirmiştir. Küresel tarım sektörü, teknoloji ve sürdürülebilirlik odaklı bir dönüşüm geçirmektedir. Akıllı tarım teknikleri, veri analitiği ve büyük veri kullanımı, hassas tarım teknolojileri, iklim değişikliği ve sürdürülebilir tarım uygulamaları, tarımda kooperatifleşme ve dijital pazarlama gibi yeni yenilikçi iş modelleri geleceğin tarımını şekillendirecektir. Bu yenilikçi yaklaşımlar, gıda güvenliğini artırırken, çevresel sürdürülebilirliği de desteklemektedir.

Akıllı tarım; üretimi hızlandırmak, verimliliği artırmak ve kaliteyi yükseltmek için teknolojinin tarımsal süreçlere entegrasyonunu ifade etmektedir. Akıllı tarım otomasyon sistemleri, tarımsal üretimin akıllı teknolojilerle gerçekleştirilmesine olanak tanıyarak artan taleplerin karşılanması ve işgücü eksikliğinin giderilmesine katkı sağlamaktadır. Sensörler, drone'lar, uydu teknolojileri, robotlar ve yapay zeka gibi dijital tarım araçları, tarımsal faaliyetlerin daha verimli, sürdürülebilir ve karlı hale gelmesini sağlamaktadır.

Akıllı tarım uygulamalarının geleneksel tarım ekonomisine ciddi bir değişim getireceği ve küçük üreticiler ile büyük kuruluşlar arasındaki uçurumun azalabileceği öngörülmektedir. Doğu Karadeniz Bölgemizin çok önemli bir ürünü olan çay tarımını geleceğe hazırlamak için güncel yenilikleri takip ederek çay yetiştiriciliğinin sorunlarını yeni yaklaşımlarla daha hızlı ve etkili bir şekilde çözmemiz gerekmektedir.

Çay yetiştiriciliği yapılan tarım alanlarımız ülkemizdeki diğer tarımsal alanlardan oldukça farklılık göstermektedir. Birçok bölgemizde tarım yapılamayacak olarak ifade edilen eğimli arazilerde, Karadeniz bölgemizde çay tarımı yapılmaktadır. Bu nedenle de çay Doğu Karadeniz Bölgemizin meyilli arazileri ve dik yamaçları gibi engebeli arazilerinin de ekonomiye kazandırılmasına olanak sağlayan, ekonomide yeni katma değerler yaratma potansiyeli yüksek stratejik bir üründür.

Ancak çay yetiştiriciliğimizin; çay bahçelerinin yıllar geçtikçe yaşlanması ve verimden düşmesi, köyden kente göç nedeni ile köylerde yaşlı nüfusun kalması, yapılan yanlış uygulamalar sonucunda çay toprak yapısının bozulması, gübreleme, budama, çapalama, hastalık-zararlı ve yabancı ot ile



mücadele ve hasat gibi kültürel uygulamaların yeterince ve aslına uygun bir şekilde yapılamaması, ve dolayısı ile uygulamalardaki eksiklikler nedeni ile birim alandan gereken verimin alınamaması gibi önemli sorunları bulunmaktadır. Bu nedenlerle, çay bahçelerinin ıslahı, verimliliğinin artırılması ve en önemlisi de gençler tarafından sahiplenilerek gereken kültürel uygulamaların eksiksiz olarak yapılması oldukça önem arz etmektedir.

Bununla birlikte günümüzde tarım sektörü gelişen teknolojinin etkisiyle büyük bir dönüşüm içerisinde ve artık tarım sektörünün geleceği teknolojik uygulamalar ile şekillenmektedir. Çay tarımımızı bu teknolojik dönüşüme hazırlamak sürdürülebilirlik açısından son derece önemli olacaktır. Bu nedenle, yeni yaklaşımlar içeren akıllı tarım uygulamalarını üniversite, sanayi ve devlet desteği ile başarılı şekilde çay tarımımıza entegre etmemiz gerekmektedir.

Türkiye'de en çok üretilen çay siyah çaydır ve organik siyah çay üretiminde de önemli gelişmeler kaydedilmektedir. Dünyada yeşil çay, beyaz çay, oolong çay gibi çay çeşitlerinin üretimi her geçen gün artarken, bizim bu alandaki üretimlerimiz istenilen seviyelere ulaşamamıştır.

Ancak son yıllarda katma değeri yüksek bu çayların üretilmesine yönelik önemli çalışmalar yürütülmektedir (Yazıcı 2021a). Günümüzde geleneksel yöntemlerle üretilen siyah, yeşil, oolong ve beyaz çaya ilaveten yeni teknolojiler kullanılarak üretilen çay ve çay yan ürünleri de uluslararası çay ticaretinde yerini almaya devam etmektedir. Gerek gündelik yaşam tarzının değişmesi, gerek içecek sektöründeki rekabetçi koşullar, gerekse de çay tüketicisi olmayan bireyleri tüketici profiline ekleyebilmek amacıyla geliştirilen yeni çay ürünleri ve çaydan elde edilebilecek katma değerli ürünler uluslararası pazarda alıcı bulmaktadır. 1960'lara kadar ticareti yapılan çayların büyük çoğunluğu dökme çay olarak pazarlanırken, bugün paketli çay, demlik ve fincan poşet çaylar, granül çay, preslenmiş çay, aromalı çay, kafeinsiz çay, çözünebilir hazır çay ve soğuk çaylar ile hem ürün yelpazesinde hem de tüketimde bir dönüşüm başlamıştır. Türkiye'de üretilen çayın büyük bir kısmı yurt içinde tüketilmektedir. İhracat olanakları, kalite farklılıkları ve yüksek maliyetler sebebiyle sınırlı kalmakta; en çok ihraç edilen çay türünü ise dökme siyah çay oluşturmaktadır (Çay Çalıştay, 2019).

Türkiye'nin Uluslararası çay ticaretinde daha fazla yer alabilmesi, marka ürünler oluşturarak dünya piyasasında rekabet edebilecek bir konuma gelebilmesi için ürün kalitesinin yükseltilmesi ve ürün çeşitliliğinin sağlanması

büyük önem taşımaktadır. Kaliteli kuru çay üretebilmek için de özellikle ham madde kaynağını oluşturan çay bitkisinin kalitesini artırmaya yönelik tedbirlerin alınması gerekmektedir. Ancak, ülkemizdeki tüm çay plantasyonlarının tohum ekimiyle yapılması, yabancı tozlanan bu bitkilerde hasat edilen yaprakların verim ve kalite açısından farklılık göstermesine neden olmaktadır. Kültürel uygulamalarda yapılan hatalar ve eksiklikler de çay kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu durum yüksek kalitede standart ve homojen ürün elde edilememesine ve dolayısıyla ihracatta sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, tatmin edici verime ve yüksek kaliteye sahip çeşitlerin belirlenerek çay bahçelerinin kurulması, bu bahçelerde kültürel uygulamaların usulüne uygun olarak yapılması oldukça önemlidir (Çay Çalıştayı, 2019). Ayrıca, bu çeşitlere en uygun işleme yöntemlerinin tespitinin yanı sıra, katma değeri yüksek ve dünyada pazarlanabilir nitelikte nihai ürünlerin elde edilmesine yönelik yapılacak çalışmalar Türkiye çay sektörünün gelişiminde önemli rol oynayacaktır.

Çay tarımında, gerek yetiştirme teknikleri gerekse ürün çeşitlendirilmesi ve pazarlamaya yönelik sorunlar teknolojiyi yakından takip ederek; akıllı tarım teknikleri, otomasyon, konsolüdasyon, uzman ve profesyonel ekipler oluşturularak etkili ve hızlı bir şekilde çözümlenmelidir. Dünyada, 2030 yılına kadar tarım sektöründe etkili olacak faktörler arasında akıllı tarım uygulamaları %60'lık bir pay ile ilk sırada yer almaktadır (Şekil 1).

Ülkemizde de çay tarımının güçlü yönlerinden faydalanarak, zayıf yönlerini yeni yaklaşımlar ile güçlendirip, dünyada yaşanan gelişmelere uygun tarım teknikleri benimsenmelidir. Çünkü dünyada tarım alanında yaşanan bu değişimleri uygulamaya sokan ülkeler ileride küresel tarımı şekillendirecek ve söz sahibi olacak ülkeler olacaktır.

### **13.1. ÇAY TARIMININ SORUNLARINA YÖNELİK, YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR**

Çay tarımının yeni sanayi devrimi olarak nitelendirilen Sanayi süreçlerine entegrasyonu açısından bazı temel yapısal sorunları olduğu görülmektedir. Bu sorunların başında çay üretici profilinin yaşı nedeni ile bu teknolojik dönüşüme uygun olmaması gelmektedir. Ayrıca, arazilerin küçük ölçekli olması nedeniyle teknoloji kullanımının maliyetli ve zor olması, tarımsal altyapının, örgütlenme ve kooperatifleşmenin yetersiz olması, bölgesel

paydaşlar arasında iletişim ve işbirliği kanallarının yeterince gelişmemiş olması, çay tarım teknolojilerine yapılan yatırımların mevcut ihtiyaçları karşılayamaması gibi sorunlar da çay tarımının modern teknolojiden yararlanmasını sınırlandırmaktadır.

Çay tarımında modern tarım teknolojilerini kullanamamanın en önemli nedenlerinden biri de tarım sektöründe nitelikli işgücünün yetersiz olmasıdır. Çay bahçeleri ile ilgilenen nüfusun yaşlı olması, tarımda yeni yaklaşımları ve teknolojilerin kullanımını olumsuz etkilemekte, bu durum verimliliğin ve rekabet gücünün azalmasına neden olmaktadır. Özellikle, küçük arazi yapısı nedeni ile yeniliklerin maliyetli olduğu gerekçesi ile teknolojiye bakış açılarının olumsuz olduğu anlaşılmaktadır. Öncelikli olarak bu algıyı değiştirmek ve tarımdaki işgücünü daha nitelikli hale getirmek gerekmektedir. Yeni nesil, eğitilmiş çiftçi profilinin oluşturulması da oldukça önemlidir.

Genç üreticileri özendirmek, çay tarımını cazip hale getirmek, tarımsal teknolojilerin geliştirilmesi için tarım teknoparkları veya kuluçkalıkları oluşturmak ve agro girişimciliği teşvik etmek gibi diğer önlemler de farklı kurumlar tarafından desteklenip hayata geçirilebilir. Tersine göçü hızlandıracak, “genç çiftçi yetiştirme” proje ve programlarının kapsam ve bütçesi artırılarak, yerel yönetimlerin öncelikli olarak bu alanlara finansman ve danışmanlık hizmeti vermesi sağlanmalıdır. Üreticilerin bu sürece entegrasyonunda, işbirliği oluşturarak üreticilerin bilgilendirilmesi, eğitilmesi ve teknoloji kullanımının yaygınlaştırılması konusunda, devlete olduğu kadar yerel yönetimlere, STK'lara, üniversitelere ve özel sektöre önemli görevler düşmektedir. Örneğin, üniversiteler disiplinler arası etkileşimi arttıracak bir anlayışla, ziraat, gıda, mühendislik ve iktisat fakülteleri bir araya getirerek, hem kendi teknolojisini üretebilir, geliştirebilir, hem de uygulama alanları olarak üniversitenin merkezlerinden faydalanılabilir. Bu süreçte yine, yerel yönetim-STK-özel sektör işbirliği önemlidir (Saygılı ve ark., 2020).

Çay üretimimizde bu sorunlarımızın yenilikçi ve modern yaklaşımlarla çözülmesi gerekmektedir. Çay bitkisinin günümüzdeki önemli sorunları, çay bahçelerinin tamamen tohumla kurulmuş olması nedeniyle homojen bahçelerin bulunmaması, miras hukuku sebebiyle parçalanmış araziler, gençlerin çay bahçelerine ilgisizliği ve bakımın yetersizliği sayılabilir. Ayrıca, budama, hasat ve gübreleme aşamalarındaki eksiklikler, verim ve kalitenin düşmesine neden olmaktadır. Sürdürülebilir çay tarımı için çay yetiştiriciliğinin bu sorunlarının

kısa, orta ve uzun vadede ele alınarak modern yaklaşımlarla çözülmesi önem arz etmektedir.

### 13.1.1. Yaşlanan ve Verimsiz Çay Bahçelerinin Yenilenmesi

Çayda ürün kalitesini arttırmak için kaliteli çay çeşitleri ile bahçe tesisi ve kaliteyi azaltmayacak doğru hasat yöntemlerini kullanmak oldukça önemlidir. Türkiye’de çay bahçelerinin tamamı tohum ekimi ile kurulmuştur. Türkiye’de çay plantasyonlarının tohumla kurulmuş olması yabancı tozlanan bu bitkilerde verim ve kalite bakımından farklılık göstermesine neden olmaktadır (Yazıcı ve ark. 2016). Bu durum, yüksek kalitede standart ve homojen ürün elde edilmesini zorlaştırmakta ve dolayısıyla ihracatta sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle Türkiye’de son yıllarda kaliteli ve standart çay çeşitlerinin geliştirilmesi ve bu çeşitler ile yaşlanan çay bahçelerinin yenilenmesi konularında çalışmalara ağırlık verilmektedir.

Çay bitkisinde ekonomik verim yaşı genellikle 50-60 yıl olarak bilinmekte olup, bundan sonra verim giderek azalmaktadır (Ziraat Odaları Çay Raporu, 2004). Tohumla 1938’de tesis edilmeye başlanan çay bahçelerimizin ekonomik ömürlerini tamamlamaya başladıkları görülmektedir. Bu yaşlı ve verimden düşen çay bahçelerimizin yenilenmesine ihtiyaç vardır (Öksüz 1987a,b, Kacar, 1987; Turna 1993; Yazıcı ark., 2016). Genel anlamda ülkemizdeki bütün çay bahçeleri tohumla yani generatif yolla tesis edilmiştir. Çay bitkisi fizyolojik olarak yabancı döllenme gösterdiğinden, tohumla kurulan bahçelerde farklı tip ve özelliklere sahip çay plantasyonları oluşmakta, bu da standart bir ürün normunun oluşmasını engellemektedir. Örneğin bir çay bahçesinde, çay ocaklarının değişik zamanlarda, sürgünlerin hasat olgunluğuna gelmesi, hasat yönünden üreticiye birçok zorluk oluşturmaktadır. Aynı zamanda üreticinin çaylıklarında en geç süren ocakları bekledikten sonra ürünü toplama eğilimine yönlendirmekte ve dolayısı ile ürünün kalitesinde köre kaçan ve kartlaşan sürgünlerden ötürü bir düşme görülmektedir. Bu nedenle bu çay bahçelerinin kaliteli çeşitlerle yenilenmesi ülkemiz çay tarımı açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu amaçla Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, ÇAYKUR Genel Müdürlüğü ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi arasında 2021 yılında imzalanan “Çay Bahçelerinin Rehabilitasyonu Projesine Ait İş Birliği Protokolü” ile çay bahçeleri yenilenmeye yönelik çalışmalar

başlatılmıştır. Bu çalışmaların bölgesel bazlı planlanması, örnek bahçelerin demonstrasyonunun yapılması ve süreklilik arz etmesi önemlidir. Şu anda bu protokole yönelik bahçeler tesis edilmeye başlanmıştır. Yenileme çalışmalarının sürdürülebilirliği için fidan üretiminin ve yeni kurulan bahçelerin bakımlarının düzenli olarak yapılması gerekmektedir. Çay bahçelerinin yenilenmesinde önemli sorunlardan birisi vejetatif yolla üretilmiş fidan yetersizliğidir. Bölgemizde ismine doğru çeşitlerle fidan üretiminin artırılması konusunda çalışmalara önem verilmeli, teşvik edici faaliyetler artırılmalıdır.

### **13.1.2. Yeni kurulacak çay bahçelerinde verimli ve kaliteli çeşit seçimi, fidan temini**

Dünya çay pazarında söz sahibi ülkeler; 1930'lu yıllarda gen kaynaklarının toplanmasına ve seleksiyon çalışmalarına, 1955'li yıllarda ise ıslah çalışmalarına başlamış, günümüzde ise klasik ıslah yöntemleri moleküler ıslah teknikleri birleştirilerek dayanıklı çeşit ıslahına yönelik büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Dünyada çay üretiminde önemli ülkelerin çoğu çay bahçelerini verimli ve kaliteli çeşitler ile yenilemiştir.

Türkiye'de ilk kez Atatürk Çay ve Bahçe Bitkileri Araştırma Enstitüsü tarafından 6 adet yerli çay klonu (ÇAYKUR 1, ÇAYKUR 2, ÇAYKUR 3, ÇAYKUR 4, ZİHNİ DERİN, ALİ RIZA ERTEN) 04.11.2013 tarihinde "Meyve ve Asma Çeşit Listesinde" yayınlanarak tescil ettirilmiştir (TTSM, 2013). Ancak, Ülkemizde, bahçe yenileme çalışmalarının 2022 yılında başlaması nedeni ile henüz ticarete konu olamamışlardır.

Tüm bu değerlendirmeler baz alınarak; Karadeniz Bölgesi'nde çay genetik kaynaklarındaki geniş varyasyondan yararlanmak amacı ile seleksiyonu, korunması, moleküler ve biyokimyasal karakterizasyonu üzerinde yoğunlaşan ve çay kalitesini iyileştirmesine yönelik 01.03.2019-01.10.2023 yılları arasında yürütülmüş "Çay bitkisinin gen havuzunun oluşturulması ve ticari çay çeşit adaylarının belirlenmesi" isimli TÜBİTAK 1007 projesi kapsamında Türkiye'de biri ÇAYKUR, diğeri Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi olmak üzere iki adet gen havuzu kurulmuştur. Bu gen havuzlarına proje kapsamında 2034 adet çay genotipinin dikimi yapılmıştır. Ülkemizde ilk kez bu proje ile kapsamlı bir seleksiyon çalışması yapılarak, elde edilen çeşit adayları fenolojik, morfolojik, biyokimyasal ve moleküler tekniklerle kapsamlı

bir tanımlamaya tabi tutulmuş ve 13 yeni çay çeşit adayı belirlenmiştir. Bu çeşit adayları şu anda tescil aşamasındadır.

Gerek ÇAYKUR' un elindeki tescilli çeşitler gerekse yukarıda belirtilen proje kapsamında belirlenen 13 çay çeşit adayı, çay bahçelerinin yenilenmesi protokolü kapsamında üreticilere önerilecektir. Bu çeşit adaylarını üreticilere tavsiye ederken özellikle son yıllarda Karadeniz Bölgesinde de etkisini göstremeye başlayan iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirecek çeşit adaylarının seçilmesi de önem arz etmektedir. Son yıllarda Doğu Karadeniz çay bölgemizde yapılan araştırmalar, yakın gelecekte iklim değişikliğinin kuraklığa neden olarak çay verim ve kalitesini azaltacağını ortaya koymaktadır (Yazıcı, 2021b). Çayın kuraklığa dayanıklılığı üzerine de birçok çalışma yürütülmektedir (Netto vd., 2010; Chaeikar vd., 2020; Zhang vd., 2020). Ülkemizde de çayda kuraklığa dayanıklılık çalışmaları 2024 yılında, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat Fakültesi yürütücülüğünde, ÇAYKUR ve ÇAYMER işbirliği ile “Çay Bahçelerinin Yenilenmesinde Kullanılacak Çay Çeşit ve Çeşit Adaylarının Kuraklığa Dayanıklılıklarının Belirlenmesi” isimli TÜBİTAK projesi ile başlatılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda da kuraklığa dayanıklı çeşit adayları belirlenecektir.

Ülkemizde gerekli kontroller yapılarak çay bahçelerinin önerilen verimli ve kaliteli, iklim değişikliğine dayanıklı çeşitler ile yenilenmesi gerekmektedir. Çaylıkların yenilenmesinde kullanılacak çay çeşitlerine ait fidanların yetkili üreticisi kuruluşlar tarafından ismine doğru ve hastaliksız kitlesel üretimi yapılarak üreticilere ulaştırılması da önem arz etmektedir.

### **13.1.3. Çay Bahçelerinde Kültürel Uygulamaların Doğru Teknikler Kullanılarak Yapılması**

Çay bahçelerinde görülen bir diğer sorun da gübreleme, budama, hastalık ve zararlılarla mücadele gibi yetiştirme tekniklerine yönelik uygulamalardaki eksikliklerden dolayı birim alandan gereken verimin ve kalitenin alınamaması ve yanlış uygulamalardan dolayı toprak verimliliğinin de azalmasıdır. Bu nedenle çay bahçelerinde kültürel uygulamaların usulüne uygun olarak yapılması oldukça önemlidir.

Çay bahçelerinde bilinçsizce yapılan gübrelemeler ürün kalitesinin azalmasına ve toprak yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Çayda gerek toprak, gerekse yaprak analizleri yapılarak, bu sonuçlar doğrultusunda

gübreleme programları oluşturulmalıdır. Çay topraklarında mikro besin elementi analizleri de yapılarak, gübreleme programına bu besin elementleri de dahil edilmelidir (Yazıcı ve ark. 2016).

Toprak ve bitki analizleri, bitkilerin gübre ihtiyaçlarının doğru bir şekilde tespitinde yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin özellikle çay tarımının yoğun olduğu Rize İlimizde kapsamlı bir şekilde hizmet verecek, gerekli teknik ekip ve donanımına sahip "Toprak ve Bitki Analiz Laboratuvarı" kurulmalı ve aktif olarak hizmet vermesi sağlanmalıdır.

Çay bahçelerinde, gübrelemeden tam olarak yarar sağlanabilmesi, toprakların besin maddesi içeriklerinin doğru tespit edilmesi ve bitkinin ihtiyacı kadar gübre verilmesi ile mümkündür. Aşırı gübreleme, toprağın organik maddesinin azalmasına ve toprak reaksiyonunun asitleşmesine neden olarak da ürün verimini azaltmaktadır. Bu nedenle, bitkisel üretimde verimliliği ve sürdürülebilirliği sağlamanın yanı sıra çevre sağlığını korumak için, üreticilerimize "ne kadar fazla gübre atarsam o kadar fazla ürün alırım" mantığının yanlış olduğunu anlatıp kimyasal gübrelere bağımlılığın azaltılması önemlidir. Ayrıca toprak ve yaprak analiz sonuçlarına göre yeterli miktarlarda, uygun zaman ve tekniklerle gübreleme yapılması gerekmektedir.

Çayda verimliliği ve kaliteyi doğrudan etkileyen önemli kültürel uygulamalardan birisi de budamadır. Çay bitkisi çok yıllık bir ağaççık olduğu için dallarda düzenli olarak budama ve bakıma ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle budama dünya çay tarımında zorunlu, vazgeçilmez bir kültürel tedbir olarak yerini almıştır. Türkiye'de çay bahçelerinde budama işlemi özellikle yaşı ilerlemiş çaylıklarda gençleştirme amacı ile yapılmakta, çay bahçelerinin büyük bir oranında düzenli ve usulüne uygun bir budama yapılmamaktadır.

Dünyada çay üretiminde önde gelen birçok ülkede konvansiyonel üretim ve iyi tarım uygulamaları kapsamında hastalık ve zararlılara karşı bazı pestisitler kullanılmaktadır. Türkiye'de çay yetiştiriciliğinde ise bahçelerde çay hastalık ve zararlıların yoğun ve ekonomik düzeyde olmaması nedeniyle pestisit kullanmadan doğal sürdürülebilir bir üretim modeli esas alınmış olup, Türkiye'de hastalık ve zararlı yönetimi çay üretiminin en avantajlı olduğu alan olarak belirtilmektedir. Yine çay bahçelerinde herbisit kullanımına çevreye ve ürüne olan zararlı etkileri nedeniyle izin verilmemektedir. Ülkemizde hastalık ve zararlılara karşı sürdürülebilir ekosistemi koruyabilmek için kültürel işlemlerle ve biyolojik mücadele yöntemleri ile önlem alınmaktadır. Ancak

iklim değişikliği ile birlikte çay üretim bölgemizde mevcut hastalık ve zararlı popülasyonunun artacağı öngörülmektedir. Bu nedenle hastalık ve zararlılara karşı mevcut tedbirler ileriki yıllarda yetersiz kalabilecektir. Bu nedenle çay tarımında hastalık ve zararlılarla mücadele konusunda hazırlıklı olunmalıdır. Bu nedenle de bu kitapta hastalık ve zararlılarla mücadele yöntemlerine geniş yer verilmiştir.

### **13.1.4. Toprak Rehabilitasyonun Yapılması**

Bütün Türkiye topraklarında olduğu gibi bölge topraklarımızın da etüt sorunu mevcut olup, çay topraklarının etüde ihtiyacı vardır. Çay üretim alanlarında toprakla ilgili en önemli sorun pH seviyesinin düşük olmasıdır. Eğer önlem alınmaz ise iklim değişikliği ile birlikte görülecek ekstrem yağmurlar toprak asitliğini daha da arttıracaktır. Asidik toprakların rehabilitasyonu dünya genelinde de önemli bir sorundur. Toprak pH'sı bitki besin elementlerinin alımı noktasında uygun değilse toprağı ne kadar gübre verilirse verilsin bitki topraktan besin elementlerini alamamaktadır.

Monokültür tarım yapılan alanlarda zamana bağlı olarak toprağın biyolojik dengesinde bozulmalar neticesinde toprak yorgunluğu ortaya çıkmaktadır. Türkiye çay plantasyonlarında, uzun yıllardır çay tarımı yapılan bahçelerde toprakların besin elementleri yönünden fakirleştiği bilinmektedir (Taban and Namlı 2019). Bu nedenlerle, çay tarımı yapılan bölgenin toprak haritalarının oluşturulması gerekmektedir. Toprak haritaları oluşturulurken toprak özelliklerinde belli kalite parametreleri olarak (yer alan) toprak derinliği, hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi, organik karbon ve mikrobiyal biyokütle karbonu gibi özellikler tespit edilerek çay tarımı yapılan toprakların kalite indisinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Kalite indisine göre de hangi derinlikteki toprakların rehabilitasyona ihtiyacı olduğu ortaya konabilecektir. Böylece çaylık alanlardaki kalite indisine göre sadece gerekli olan topraklara rehabilitasyon programları uygulanabilecektir.

### **13.1.5. Çay Tarımında Uygun Mekanizasyon Tekniklerinin Kullanılması**

Türkiyede çay yetiştiriciliği yapılmakta olan alanların önemli bir kısmı eğimli araziler olduğu için çay tarımında makineli tarım uygulamaları çok sınırlı kalmıştır. Ancak, son yıllarda işçilik maliyetlerindeki artışlar özellikle



budama ve hasad olmak üzere tarımsal mekanizasyona olan talebi giderek artırmıştır. Dünyada çay tarımında birçok ülkede budama, hasat ve toprak işleme amacı ile tarım makineleri kullanılmaktadır. Türkiye'de çay konusunda meyilli arazilere ve mevcut bahçelere göre özelleşmiş tarım makinesi sayısı sınırlı kalmıştır. Bu noktada mevcut bahçelerin, yeni kurulacak veya yenilenecek çay bahçelerinin özellikle sıra arası toprak işleme, gübreleme ve budama işlemlerinin kolay yapılabilmesi için makineli tarıma uygun şekilde planlanması gerekmektedir (Çay Çalıştay Kitapçığı, 2019).

Çay bahçelerinde makineli tarım yapılması işgücünü azaltarak yetiştiricilerin üretim maliyetlerini de azaltacaktır. Ülkemiz çay bahçelerinin mevcut durumu nedeniyle portatif, kolay uygulanabilir ve hatta otonom mekanizasyon aletlerin geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması önemlidir. Bunun için, dünya çay tarımında kullanılan farklı makinelerin performansları, kullanım kolaylığı, araziye uygunluğu, çalışma verimliliği, maliyeti gibi özellikler yönünden incelenerek üreticilere gerekli bilgilendirmeler yapılmalıdır.

### **13.1.6. İklim Değişikliğine Karşı Gereken Tedbirlerin Alınması**

Son yıllarda, iklim değişikliğinin çay tarımı üzerine etkileri üzerine hazırlanan raporlarda iklim değişikliğinin kuraklığa neden olarak dünya çay tarımını önemli oranda etkileyeceği ve ileriki yıllarda dünya çay üretimini yaklaşık %50 oranında azaltabileceği belirtilmiştir (WMO, 2018; FAO, 2015). Kenya, Sri Lanka, Çin ve Hindistan gibi çayın yetiştirildiği daha sıcak ülkelerde iklim değişikliğinin etkileri şiddetli bir şekilde görülmeye başlanmıştır (FAO, 2015).

Türkiye dünyada çayın yetiştirildiği en kuzey bölgede yer almaktadır. Türkiye için yapılan iklim değişikliği projeksiyonları bu etkilerin önlem alınmaz ise Türkiye'de de görülebileceğini göstermektedir. Ancak Türkiye gibi çayın yetiştiği subtropik iklime sahip ülkelerin iklim değişikliği riskinden tropik bölgelere göre daha az etkileneceği öngörülmektedir (Beringer ve ark., 2019)

İklim değişikliği; ekstrem meteorolojik olaylarda artış, daha sıcak ve az yağışlı iklim koşulları, su kaynaklarında azalma, kuraklık şiddetinde artış, su ve toprak kalitesinin bozulması, ekosistemin bozulması ve biyolojik

çeşitliliğin azalması, ekolojik alanlarda kayma, çay üretim ve kalitesinde azalma, zararlılarda ve hastalıklarda artış, gübreleme ve ilaçlama sorunları, sürdürülebilir çay tarımı sorunları, mevcut veya yeni çay zararlılarının ortaya çıkması ve yayılmasına yol açarak çay için tehdit oluşturmaktadır (Yazıcı, 2022).

İklim değişikliğinin neden olacağı bir diğer sorun da; Türkiye çay tarımı yapılan bölgelerde yağmurun yıl boyu düzenli olarak değil bir dönemde aşırı olarak düşmesi sonucunda, çayın vejetasyon döneminde sulama suyu ihtiyacı doğabileceği öngörüsüdür. Türkiyede sulama yapılmadan çay tarımı yapılmaktadır. Çünkü vejetasyon döneminde yağın yağmur miktarı çay bitkisi için yeterli olmaktadır. Ancak iklim değişikliğinin neden olacağı vejetasyon dönemindeki düşük yağmur miktarları, ileride çay tarımı yapılan alanların sulama suyu ihtiyacını gündeme getireceği öngörülmektedir (Yazıcı, 2021b).

Türkiye koşullarında ilkbaharın erken dönemlerinde görülen yüksek sıcaklıklar hasat dönemlerinde kaymalara neden olabilecek, erken başlayan hasatla birlikte diğer çay yetiştirilen ülkelerdeki gibi hasat sayısı daha fazla olabilecek ve işlenen yaş çay kapasitesi de artış gösterebilecektir. Ancak sıcaklıkların artması ile birlikte yağışların azalması çay kalitesinde olumsuzluklara sebep olabilecektir (Han 2018, Yazıcı 2021c).

Bu nedenlerle dünya çay tarımında olduğu gibi Türkiye'de de çay tarımında iklim değişikliğine karşı gerekli tedbirlerin alınması önem arz etmektedir. Bu çerçevede, çay ürün arzının sürdürülebilir kılınması için iklim değişikliğinin gözlenen ve öngörülen etkilerine yönelik: gen kaynaklarının koruma altına alınması, kuraklığa/sıcağa/dona/zararlı ve hastalıklara dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, toprak yönetimi, ekosistem yönetimi, hastalık ve zararlı yönetimi, su yönetimi, atık yönetimi, yaşlı ve verimden düşmüş bahçelerin yenilenmesi ve gençleştirilmesi ile altyapı iyileştirmeye yönelik çalışmaların kısa, orta ve uzun vadeli olarak planlanarak bu konudaki tarım politikalarının acil olarak belirlenmesi gerekmektedir.

### **13.1.7. Organik Tarım ve İyi Tarım Uygulamalarının Arttırılması**

Ülkemizde ve dünyada en yaygın kullanılan izlenebilir ve sürdürülebilir tarım sistemleri “iyi tarım” ve “organik tarım” uygulamalarıdır. Sürdürülebilir sistemlerin temelinde özellikle; kuvvetli ve dayanıklı tür ve çeşitlerin

kullanılması, uygun dikim sistemi ve kültürel tekniklerin kullanılması, uygun hasat ve hasat zamanının ayarlanması ile yabancı ot kontrolü önem arz etmektedir.

Organik çay; yetiştiriciliğinde kimyasal ilaç ve kimyasal gübre kullanılmayan, üretimi esnasında organik yapısını bozacak herhangi bir işleme tabi tutulmayan, hiçbir surette sentetik katkı maddesi içermeyen çay olarak tanımlanmaktadır. Dünyada sağlıklı beslenme bilincinden dolayı gelişmiş ülkelerde kişi başına yıllık geleneksel çay tüketiminde belirgin bir düşüş, organik çay tüketiminde ise artış olduğu gözlenmektedir.

Çayın üretimi, taşınması ve işlenmesi aşamalarının belirli kritik noktalarında kontrol edilmesi tüketici için ayrı bir güven kaynağı olacaktır. Üretici bilincinin de arttığı günümüzde, tüketiciler tükettikleri ürünün hangi aşamalardan geçtiğini bilmek istemektedirler. Bu nedenle izlenebilir ve sürdürülebilir sistemlerin yakın gelecekte daha da yaygınlaşacağı ifade edilmektedir (İslam, 2019).

Ülkemizde iyi tarım ve organik tarım ile çay üretimi teşvik edilmeli, bu konudaki araştırmalar arttırılmalı, daha geniş alanlarda, bilinçli bir şekilde yapılması sağlanmalıdır. Mevcut üretimin bir bölümünün organik çaya dönüştürülebilme olanakları oldukça fazladır. Bu durum değerlendirilmeli ve proje bazında çalışmalara başlanmalıdır.

### **13.1.8. Hasat ve Nakliye Sorunlarının Çözülmesi**

Ülkemizde çay hasadı makasla yapılmaktadır. Makas ile yapılan hasat neticesinde çay ocakları çalılışmakta, oluşan sürgünler köre kaçmakta ve verimde düşüşler meydana gelmektedir. Bugünkü şartlarda elle hasat mümkün görülmemektedir. Bu nedenle makas ile hasatta daha itinalı ve dikkatli davranılmalıdır. Ülkemizde çay tarımında önemli sorunlardan biri de yaş çay yaprağı kalitesi ile ilgili olup, özellikle hasat aşamasında toplama tekniği uygun makas kullanılması sağlanmalıdır. 1970'lere kadar çay sektöründe hassas hasat yöntemi olan elle hasat yapılmaktaydı. Çay hasadından sonra fermentasyonun bahçede başlamaması için de yaprakların sıkışık olmamasına özen gösterilmekteydi. Daha sonra alım yerlerinde de yaprakların zarar görmesi engellenerek doğru şekilde fabrikalara taşınması sağlanırdı. Geçmişte yaş çay elle toplandıktan sonra sepetlere konularak daha sonra fabrikalara alım yerlerindeki tahta kasalarla getirilmekteydi. Günümüzde çay makası ile hasat

başladıktan sonra hasat ve nakliye sistemi de değişmiştir (Çay Çalıştayı, 2019). Çayın hasat edildiği bahçeden alım yerine, alım yerinden de fabrikaya getirilmesi çay ürününe zarar vermeyen sistemler ile yapılmalıdır.

Üretici çay hasadını makasla kendisi yaptığında çay bitkilerinde az hasar oluşurken, son yıllarda yabancı işçilere yaptırılan hasatta çay bahçelerinde büyük zararlar ortaya çıkmaktadır. Bölgede köyden kente göç ve köylerde yaşlı nüfusun kalması da önemli bir problem olup, bu durum hasat ve bahçelerdeki bakım işlemlerinde sorunlar yaşanmasına sebep olmaktadır.

Yanlış hasat uygulamaları ile çay ocaklarında hasat edilmemesi gereken çay bitkisinin yaşlı, odunsu kısımları yaş çay ürününe karışarak kaliteyi düşürmektedir. Çay alımlarında bu hususun göz ardı edildiği durumlarda, özel sektör de çayda kaliteli alım yapamamaktadır. Öncelikle hasatta kaliteli yaş çay yaprağı ilk 2,5-3,5 yaprak baz alınarak standart oluşturulması önemlidir.

### **13.1.9. Türk Çayının Dünya Pazarında Tanıtılması ve Ar-Ge Faaliyetlerine Önem Verilmesi**

Yetiştiriciliğinde kimyasal ilaç, fabrikasyon aşamasında katkı maddesi kullanılmadan üretilen Türk çayı dünya pazarlarına tanıtılmalı ve dünya pazarlarında ihraç olanakları araştırılmalıdır. Dünya pazarında güçlü bir “Türk Çayı” imajı oluşturulmalı, ürünün pazara sunum olanakları geliştirilerek ürün çeşitlemesi, reklam-tanıtım ve tüketimi artırmaya yönelik Ar-Ge çalışmalarına ağırlık verilmelidir. Uluslar arası çay pazarları hakkında doğru bilgiye sahip olunmalı ve teknolojik gelişmeler yakından izlenmelidir.

Türkiye'nin çay ihracatının artırılmasında, öncelikle kaliteyi artırıcı ve maliyeti düşürmeye yönelik önlemlerin alınması ve uygulamaya konulması gerekmektedir. Çay ihracatında hala istenilen seviyelere ulaşamamasına rağmen, son yıllarda standartlara uygun yaş çay alımı ve kuru çay üretiminin yapılması, AR-GE çalışmalarına önem verilmesi ve maliyet düşürücü çalışmalara yönelmesi ile nispi bir artış sağlanmıştır.

Tarım sektöründe verimliliği artırırken, aynı zamanda bölgesel işbirliğini de güçlendirilmesine katkı sunan, üreticinin ürünlerini doğrudan tüketicilere satabilecekleri dijital platformlar olan “dijital pazaryerleri”, ürünlerin taşınması ve depolanması süreçlerini optimize eden “akıllı lojistik çözümleri” içeren teknolojiler, farklı yerlerdeki üreticiler arasında veri ve bilgi paylaşımını teşvik eden bölgesel veri paylaşımı gibi yenilikler, tarım

sektöründe bölgesel işbirliğini güçlendirirken, aynı zamanda küçük ölçekli çiftçilerin de küresel pazarlara erişimini kolaylaştırmaktadır. Bu sistemlerin kullanılması küçük ölçekte üretim yapan üreticilerin ürünlerini daha geniş bir müşteri kitlesine ulaştırılmasını da sağlamaktadır. Bu sistemler özellikle son yıllarda bölgemizde pilot ölçekte farklı çay çeşitleri üreten çay üreticileri için avantajlar sağlayacaktır.

Çay konusunda yetiştirme teknikleri, ıslah, gıda ve işleme teknolojileri, kuru çay üretimi ve pazarlama, ürün çeşitlendirme ve markalaşma, enerji, makine, mekanizasyon ve alt yapı, çay turizmi konularında Ar-Ge ve inovasyon faaliyetleri arttırılmalıdır. İklim değişikliğinden diğer çay üreten ülkelere göre daha geç ve daha az etkileneceği projeksiyonları yapılan çay yetiştiriciliğimizde (Beringer ve ark., 2019) iklim değişikliğine karşı alınması gerekli önemler baz alınarak Ar-Ge çalışmaları teşvik edilmelidir. Türk çay sektöründe iklim değişikliğine karşı gerekli Ar-Ge faaliyetleri yürütülebilir ise önümüzdeki 50-60 yıllık süreçte dünya çay üretiminde ve dünya pazarında önemli bir yer edinme potansiyelimiz mevcuttur.

Bitki ıslahındaki ilerlemeler, zararlılara, hastalıklara ve olumsuz iklim koşullarına karşı daha dayanıklı ve yüksek verimli çay çeşitlerinin geliştirilmesine olanak sunmaktadır. Dünyadaki bu gelişmeler çay yetiştiriciliğinde verimliliğin ve sürdürülebilirliğin arttırılmasına yardımcı olmuştur. Klonal üretme tekniklerindeki gelişmeler, üreticilerin istenen özelliklere sahip çeşitleri üretmesini sağlayarak üretilen çayın kalitesini ve miktarını arttırmıştır. Entegre Zararlı Yönetimindeki gelişmeler, zararlı popülasyonlarını izlemek ve bunları etkili bir şekilde yönetmek için fırsatlar sağlamış, mahsulleri korurken kimyasal pestisitlere olan bağımlılığı da azaltmıştır. Biyopestisitler ve biyogübrelerdeki yenilikler, kimyasal girdilere olan bağımlılığı azaltarak çay üretiminde sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmektedir (Al Mamun ve Ahmed, 2011; Chen, Zhou, Lin ve Bai, 2024; Li, Zhang, Li ve Zhang, 2019; Xi, Lu, Liu ve Ge, 2016). Ülkemizde de özellikle ıslah konusundaki çalışmalar başta olmak üzere, çay konusunda yapılan çalışmalar önemli bir ivme kazanmıştır. Bu çalışmalara yönelik AR-GE faaliyetleri daha da arttırılmalı, teşvik edici faaliyetler yürütülmelidir.

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü'nün çayın sorunlarına yönelik başlattığı ve desteklediği projeler çay konusunda yapılan AR-GE faaliyetlerine önemli bir ivme

kazandırmıştır. Yapılan iş birliği çalışmalarıyla sürecin devamlılığının sağlanması oldukça önemlidir. Bölgedeki Kurum ve Kuruluşlar bu sürece destek vermeli, Türk çayının geleceği, bu işbirliğinden doğacak güç ile şekillendirilmelidir.

### **13.1.10. Çok Paydaşlı İşbirliği Ağlarının Oluşturulması**

Çayın en fazla yetiştirildiği Rize ili başta olmak üzere bölgede çay üretimi yapılan Trabzon, Artvin ve Giresun illerinde İl Tarım ve Orman Müdürlükleri ile Çay işletmeleri Genel Müdürlüğü (ÇAYKUR), çay bahçelerinin yenilenmesi konusu başta olmak üzere çayımızın sorunlarını çözmek konusunda işbirliğine yönelik çalışmalara ağırlık vermelidirler. Çay İhtisas Üniversitesi olan Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, bölgede çay konusunda oldukça önemlidir ve ihtisas faaliyetleri kapsamında bölgedeki ilgili tüm kurum ve kuruluşlarla işbirliği içerisindedir. RTEÜ Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü, çay ihtisaslaşma faaliyetleri kapsamında çay sektörü ile ilgili dış paydaşların çemberin içine alınması adına çalıştay, panel ve toplantılar gerçekleştirilmektedir. Çay alanındaki faaliyetlerin programlanması ve yönetiminde üniversite bünyesindeki araştırmacılardan oluşan Koordinasyon Kurulu ve dış paydaşlardan oluşan Danışma Kurulu ile gerekli görüşmeler yapılarak faaliyetler planlanmaktadır. Bu toplantılar aracılığıyla çay sektörü ve akademik personel arasında iletişim kanalı kurulmuş ve bu ortaklıktan çok sayıda iş birliği üretilmiştir.

Ancak, çay konusunda, Tarım ve Orman Bakanlığı, ÇAYKUR, üniversite ve özel sektör kuruluşları arasında yeterli düzeyde bir koordinasyonun sağlanamaması ülke hedeflerin gerçekleştirilmesinde süreci uzatmaktadır. Çay Kanununun henüz çıkmamış olması da sektör stratejisi açısından belirsizliklere neden olmaktadır. Bu nedenlerle Türk çay sektörünün sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi amacı ile, özel hedef ve amaçlara yönelik daha güçlü kurumsal işbirliği ağlarının bir an önce kurulması gerekmektedir.

### **13.1.11 Uluslararası İşbirliğinin Arttırılması ve Teknoloji Transferi**

Uluslararası işbirliği ve teknoloji transferi, küresel tarımın geleceğinde önemli bir rol oynayacaktır. Özellikle, gelişmekte olan ülkelerin bu yeni teknolojilere erişimi, küresel gıda güvenliği açısından büyük önem

taşımaktadır. Küresel kalkınma ve sürdürülebilir tarım stratejileri, uluslararası işbirliğinin temelini oluşturmaktadır. Son yıllarda ülkeler arasındaki stratejik ortaklıklar, tarımsal gelişim ve gıda güvenliği sorunlarına çözümlere odaklanıyor. Bu bağlamda, ticaret, altyapı, biyoçeşitliliği koruma, tarım teknolojileri, temiz enerji, bilim ve teknoloji alanlarında uluslararası işbirlikleri ve teknoloji transferleri önem kazanmaktadır. Özellikle, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve akıllı tarım teknikleri konusunda bilgi ve teknoloji paylaşımı, sektörün geleceği için kritik önem taşımaktadır. Bu bağlamda; hassas tarım teknolojileri, ürün izleme sistemleri ve yapay zeka destekli tarımsal veri analizleri uluslararası işbirliğinde ele alınması gerekli öncelikli konular olmalıdır.

Yapılan çalışmalarda Akıllı tarım teknikleri ve tarımsal veri analitiği'nin kırsal kalkınmaya önemli katkılar sağladığı ve ürün verimini %25'e kadar artırabildiği belirtilmektedir. Örneğin, veri analitiği sayesinde, su ve gübre kullanımını optimize edilerek, hem maliyetler düşürülmekte, hem de çevresel sürdürülebilirliğe büyük katkı sağlanmaktadır. Yine yapay zeka destekli veri analizleri ile her bir üreticiye kendi çay bahçesine özel öneriler sunulmuş olarak optimizasyonu sağlanabilir.

Uzaktan algılama, toprak sensörleri ve iklim izleme sistemleri gibi teknolojiler, çay bahçelerinin haritalanması ve izlenmesi için kullanılacak sistemlerdir. Bu sistemler çay üreticilerinin toprak sağlığı, nem seviyeleri ve hava koşullarıyla ilgili verileri toplamasına ve analiz etmesine olanak tanımaktadır. Bu veriler, çiftçilerin sulama, gübreleme ve hasat konusunda bilinçli kararlar almasına yardımcı olmakta, verim ve kaliteyi de artmaktadır. Akıllı sulama sistemleri, çiftçilerin su kullanımını optimize etmelerini, israfı azaltmalarını ve çay bitkilerinin büyüme için ihtiyaç duyduğu doğru miktarda suyu almasını sağlamaktadır. Sulamaya yönelik sistemler iklim değişikliği ile birlikte ülkemiz çay tarım alanlarında da kullanılacak yöntemlerdir. Bu konuda da ileriye yönelik hazırlıklar başlatılmalıdır.

Yine son yıllarda drone teknolojisi, IoT sensörleri ve Blockchain tabanlı izlenebilirlikler ile çayın bahçeden bardağa kadar olan yolculuğunu şeffaf bir şekilde takip etmemizi sağlayabilecek teknolojiler karşımıza çıkmaktadır. Dron teknolojisi, çiftçilerin zararlı istilası veya su stresi gibi sorunları

erken tespit etmelerini sağlayarak verimi artırıp kayıpları azaltabilen büyük çay bahçelerinin gözetimi için kullanılabilir. Bu teknolojiler, tarımsal üretimi daha verimli ve sürdürülebilir hale getirirken, aynı zamanda tüketicilere de güven vermektedir. Örneğin, blockchain tabanlı izleme sistemleri ile bir ürünün hangi bahçede, ne zaman ve nasıl üretildiği kolayca öğrenilebilmektedir.

### 13.2. TÜRKİYE ÇAY TARIMININ YENİLİKLERE AÇIK GÜÇLÜ YÖNLERİ

- Çay konusunda İhtisas Üniversitesi olan Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (RTEÜ)'nin Çay İhtisas Üniversitesi Misyonu, çay konusunda yapılacak çalışmaların planlanması ve uygulamaya aktarılması konusunda oldukça önemlidir. RTEÜ bünyesinde kurulan Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü çay konusunda sorunların çözümüne yönelik projelerin hayata geçirilmesinde hem yönlendirici etkisi, hem de bütçe desteği ile önemli katkılar sunmaktadır.
- Çayın en fazla yetiştirildiği Rize ilinde iki Çay Araştırma Merkezi ve bir Çay Araştırma Enstitüsü'nün bulunması önemli bir avantajdır. RTEÜ Çay ve Çay Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Rize Ticaret Borsası'na bağlı, Çay Araştırma Merkezi (ÇAYMER) ve ÇAYKUR'a bağlı Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü gerek uzman personel, gerekçe tecrübe paylaşımı bakımından bölge için büyük avantajlar sunmaktadırlar.
- RTEÜ, Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü'nün sağladığı bütçe desteği ile verilen eğitimler sonucunda çay konusunda farklı alanlarda uzmanlar eğitilmiş ve çay sektörüne kazandırılmıştır. Çay konusunda ihtiyaç duyulan alanlarda uzmanların yetişmiş olması, çay sektörünün gelişimine katkı sunmaktadır.
- Türkiye'de Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi ile Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü'nün işbirliği ile yürütülen "Çay Bitkisi Gen Havuzunun Oluşturulması ve Ticari Çay Çeşit Adaylarının Belirlenmesi" isimli TÜBİTAK 1007 projesi, çay konusunda yapılan AR-GE faaliyetlerine önemli bir ivme kazandırmıştır. Proje sonucunda, çay bahçelerini yenileme imkanı



verecek siyah, beyaz, yeşil ve oolong çaya uygun çay çeşitleri geliştirilmiş ve tescile sunulmuştur. Bu proje kapsamında RTEÜ Ziraat Fakültesi bünyesinde 2034 çay genotipini barındıran “Ulusal Çay Gen Havuzu” kurulmuştur. ÇAYKUR, Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü bünyesindeki mevcut Çay Gen Havuzuna ise 2034 genotipten en iyi 200 tanesi aktarılmıştır. Bu gen havuzları Türkiye’de çay tarımının sürdürülebilirliğinin garantisi konumundadır ve Türkiye çay tarımına önemli katkılar sunacaktır.

- Türkiye’de son yıllarda Organik çay üretimi de teşvik edilmektedir, daha geniş alanlarda, bilinçli bir organik çay tarımı yapılması için çalışmalar yürütülmektedir. Çay yetiştiriciliğinde organik tarım ve sertifikalı üretim modellerinin ekosistem olarak uygun bölgelerde uygulanıyor olması sürdürülebilirlik için önemli gelişmelerdir.
- Türkiye’de çay yetiştirilen alanlarda pestisit kullanımı yasak olup, Türk çayı ilaç kalıntısı içermemektedir. Bu hususta hastalık ve zararlı popülasyonunun yoğun olduğu için ilaç kullanmak zorunda olan diğer çay üreticisi ülkelere göre, çay ticaretinde, çayda ilaç kalıntısı yönünden avantajlı durumdadır.
- Türkiye, gerekli tedbirlerin alınması halinde, dünya çay tarım alanlarını tehdit eden iklim değişikliğinden coğrafik konumu itibarı ile en az etkilenebilecek ülkelerin başında gelmektedir. Çay sektöründe dünya ticaretinin yapısına ve talep durumuna bakıldığında, iklim değişikliğinden Türkiye’den daha önce ve daha fazla etkilenecek önemli çay üretici ülkelerde üretimde ve kalitede yaşanabilecek sorunlar nedeniyle, Türk çayının organik siyah ve yeşil çay olarak ihracatında potansiyel fırsatlar olduğu öngörülmektedir. Türkiye stratejik planlar ile iklim değişikliği krizini çay sektöründe kendi lehine çevirebilecek potansiyele sahiptir.
- Türkiye’de iklim değişikliğine karşı dayanıklı çeşit geliştirmeye yönelik ıslahı çalışmaları 2024 yılında “Çay Bahçelerinin Yenilenmesinde Kullanılacak Kuraklığa Dayanıklı Çay Çeşit Adaylarının Belirlenmesi” isimli TÜBİTAK projesi ile Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi yürütücülüğünde, ÇAYKUR, Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü ve ÇAYMER işbirlikleri ile başlatılmıştır. Bu proje sonucunda da iklim değişikliğinin neden

olacağı kuraklığa karşı dayanıklı çay çeşitleri belirlenerek, bahçe yenileme çalışmalarında üreticilere önerilebilecektir. Böylece dünya örneklerinde olduğu gibi Ülkemizde dayanıklılık ıslahı çalışmalarının başlaması önemli bir gelişme niteliğindedir.

- Son yıllarda bölgede gençlerin pilot çay üretimine gösterdikleri ilgi ve yeşil, oolong, matcha ve beyaz çay gibi farklı çay çeşitlerinin üretilmesi, gençlerin çayı sahiplenmesi açısından önemli gelişmelerdir.

### 13.3. SONUÇ VE ÖNERİLER

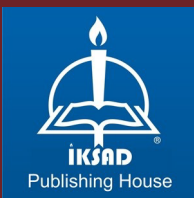
Türk insanının sosyal yaşantısının vazgeçilmez bir parçası olan çay, dünyada en fazla Türkiye’de tüketilmektedir. Türkiye’nin çay ihracatının artırılmasında, öncelikle kaliteyi arttırıcı ve maliyeti düşürmeye yönelik önlemlerin alınması ve uygulamaya konulması, standartlara uygun yaş çay alımı ve kuru çay üretiminin yapılması, AR-GE çalışmalarına önem verilmesi gerekmektedir. Bir tarım ülkesi olan Türkiye’nin çay konusunda üretim potansiyelini, etkinliğini ve verimliliğini arttırmak amacı ile yenilikçi yaklaşımlara ve bu süreçlere entegrasyonu, çay sektörünün uluslararası rekabet gücü kazanabilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu doğrultuda ortaya konacak politika ve uygulamaların ciddiyetle ele alınması, yapısal sorunların üzerine gidilmesi, kamu ve özel sektör işbirliğiyle yeni açılımlar sağlanması; çayın geleceği açısından önem arz etmektedir.

## KAYNAKÇA

- Al Mamun, M.S. ve Ahmed, M. (2011). Integrated pest management in tea: prospects and future strategies in Bangladesh. *The Journal of Plant Protection Sciences*, 3, 1-13.
- Beringer, T., Kulak, M., Müller, C., Schaphoff, S., Jans, Y. (2019). First process based simulations of climate change impacts on global tea production indicate large effects in the World's major producer countries. *Environ. Res. Lett.*, 15, 034023.
- Chaeikar, S.S., Marzvan, S., Khiavi, S.J., Rahimi, M., (2020). "Changes in Growth, Biochemical, and Chemical Characteristics and Alteration of the Antioxidant Defense System in the Leaves of Tea Clones (*Camellia sinensis* L.) Under Drought Stress", *Scientia Horticulturae*, 265, 109257.
- Chen, Z., Zhou, H., Lin, H. ve Bai, D. (2024). TeaViTNet: tea disease and pest detection model based on fused multiscale attention. *Agronomy*, 14(3), 633. doi:10.3390/agronomy14030633
- Çay İhtisaslaşma Koordinatörlüğü, (2019). "Çay Çalıştayı Kitapçığı". 17-18 Ekim 2019, Rize/Turkey. <https://cayihtisas.erdogan.edu.tr>
- FAO, (2015). Socio-economic implications of climate change for tea producing countries. Market and policy analyses of raw materials, horticulture and tropical (RAMHOT) products team, FAO, Rome.
- Han, W.Y., Huang, J.G., Li, X., Li, Z.X., Ahammed, G.J., Yan, P., Stepp, J.R. (2018). Altitudinal effects on the quality of green tea in east China: A climate change perspective. *Eur. Food Res. Technol.*, 243, 323–330.
- İslam, A. (2019). Sürdürülebilir İyi Tarım Uygulamaları, "Çay Çalıştayı Kitapçığı", sayfa:124-132. 17-18 Ekim 2019, Rize/Turkey. <https://cayihtisas.erdogan.edu.tr>
- Kacar, B. (1987). Çayın Biyokimyası ve İşleme Teknolojisi. Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Çay-Kur Yayını No:6, 329 s., Ankara.
- Li, N., Zhang, D., Li, L. ve Zhang, Y. (2019). Mapping the spatial distribution of tea plantations using high-spatiotemporal-resolution imagery in Northern Zhejiang, China. *Forests*, 856 10(10): 856. Erişim adresi: <https://www.mdpi.com/1999-4907/10/10/856/htm> (November 21, 2024).

- Netto, L.A., Jayaram, K.M. & Puthur, J.T. (2010). "Clonal Variation of Tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] in Countering Water Deficiency", *Physiol Mol Biol Plants*, 16, 359–367.
- Öksüz, M. (1987a). Çaya Gönül Verenler, ÇAYKUR Dergisi, Sayı:8, Rize.
- Öksüz, M. (1987b). Ülkemizdeki Klon çayların verimi ve mamul çay kalite özelliklerinin tespiti. Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, ÇAYKUR Yayını:8.
- Saygılı, F., Kaya, A.A., Çalışkan, E.T., Erdölek Kozal, Ö. (2020). Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0, Raporu, Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İzmir Ticaret Borsası. -turk-tariminin-global-entegrasyonu-ve-tarim-40-pr.pdf
- Taban, S., Namlı, A. (2019). Doğu Karadeniz Bölgesinde Çay Tarımı Yapılan Toprakların Potansiyel Beslenme Sorunları. Çay Çalıştay Kitabı, pp:101-112.
- Turna, T. (1993). Türkiye’de seleksiyonla bulunan üç çay klonunun (Fener-3, Muradiye-10, Derepazarı-7) doku kültürü yöntemi ile çoğaltılması olanakları, (Doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilimdalı, Orman Mühendisliği Programı, Haziran- 1993, Trabzon.
- TTSM, (2013). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- WMO, (2018). World Meteorological Organization (WMO) Statement on the State of the Global Climate in 2018. WMO No.1233. CH-1211 Geneva 2, Switzerland.
- Xi, Z., Lu, D., Liu, L. ve Ge, H. (2016). Detection of drought-induced hickory disturbances in western lin an county, China, using multitemporal landsat imagery. *Remote Sensing*, 8(4), 345. <https://doi.org/10.3390/rs8040345>
- Yazıcı K., Akbulut M., Göksu B., Bakoglu N. (2016). Çay Üretiminde Degisimler ve Modern Yaklaşımlar. *Bahçe Dergisi*, 45, 838-842.
- Yazıcı, K. (2021a). Tea Agriculture in Turkey. In: Current Studies on Fruit Science, M. PAKYÜREK (Eds.). Ankara, Turkey, Iksad Publications, p:281-300.

- Yazıcı, K. (2021b). Possible Effects of Climate Change on Turkish Tea and Future Prospects. In: Current Studies on Fruit Science, M. PAKYÜREK (editör). Ankara, Turkey, Iksad Publications, p:301-323.
- Yazıcı, K. (2021c). İklim Değişikliğinin Çayda Hasat Zamanları Üzerine Olası Etkileri. VIII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu 7-9 Eylül 2021- Pazar / Rize. Sözlü Bildiri
- Yazıcı, K. (2022). "Possible Effects of Climate Change on World Tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] Cultivation and Future Approaches", International Tea Congress, Azerbaycan, 13 Mayıs 2022.
- Ziraat Odaları, (2004). Türkiye Ziraat Odaları Birliği Çay Raporu. [cay\\_calisma\\_grubu\\_2004.pdf](#) [cay\\_calisma\\_grubu\\_2004.pdf](#)
- Zhang C, Wang M, Chen J, Gao X, Shao C, Lv Z, Jiao H, Xu H. ve Shen C. (2020). "Survival Strategies Based on The Hydraulic Vulnerability Segmentation Hypothesis, for the Tea Plant [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] in Long-Term Drought Stress Condition", Plant Physiol Biochemistry, 56, 484-493.



**ISBN: 978-625-367-993-4**