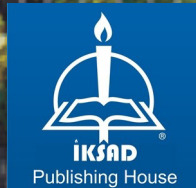




ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ ALANINDA AKADEMİK ÇALIŞMALAR IX

EDİTÖR
Öğr. Gör. Dr. Fatma Funda ÖZDÜVEN



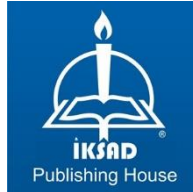
ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ ALANINDA AKADEMİK ÇALIŞMALAR IX

EDİTÖR

Öğr. Gör. Dr. Fatma Funda ÖZDÜVEN

YAZARLAR

Prof. Dr. Coşkun SAĞLAM
Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK
Prof. Dr. Resul GERÇEKÇİOĞLU
Prof. Dr. Tamer ERYİĞİT
Prof. Dr. Yusuf ARSLAN
Doç. Dr. İlhan SUBAŞI
Doç. Dr. İlker ÜNAL
Doç. Dr. Orkun BABACAN
Doç. Dr. Timuçin TAŞ
Dr. Öğr. Üyesi Ezgi KURTULMUŞ
Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER
Dr. Öğr. Üyesi Seda OĞUR
Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŞİMŞEK
Öğr. Gör. Dr. Osman ECEOĞLU
Dr. Öğr. Gör. Yahya IŞIK
Gıda Müh. Şakir SİLİ
Muttalip ERDEM
Sevde BOYACI



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: 978-625-378-148-4

Cover Design: İbrahim KAYA

December / 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

Öğr. Gör. Dr. Fatma Funda ÖZDÜVEN1

BÖLÜM 1

KETENCİK (*Camelina sativa*) YETİŞTİRİCİLİĞİ

Doç. Dr. İlhan SUBAŞI

Prof. Dr. Yusuf ARSLAN3

BÖLÜM 2

TARIMSAL ÜRÜNLERİN MODERN KALİTE DEĞERLENDİRME TEKNİKLERİ

Prof. Dr. Resul GERÇEKÇİOĞLU15

BÖLÜM 3

PELEMİR TARIMI

Prof. Dr. Yusuf ARSLAN

Doç. Dr. İlhan SUBAŞI41

BÖLÜM 4

SULANAN ALANLARIN DRENAJİ

Dr. Öğr. Üyesi Ezgi KURTULMUŞ57

BÖLÜM 5

MEYVE BAHÇELERİ İÇİN GELİŞMİŞ YABANCI OT YÖNETİMİ TEKNOLOJİLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

Öğr. Gör. Dr. Osman ECEOĞLU

Doç. Dr. İlker ÜNAL75

BÖLÜM 6

TEK SAĞLIK BAKIŞIYLA, KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIM VE HAYVANCILIĞA ETKİSİ

Dr. Öğr. Gör. Yahya IŞIK

Doç. Dr. Orkun BABACAN

Doç. Dr. Timuçin TAŞ97

BÖLÜM 7

KETENCİK (*Camelina sativa* L. Cranz): TÜRKİYE'NİN TARIM VE ENDÜSTRİSİ İÇİN STRATEJİK BİR ALTERNATİF

Prof. Dr. Tamer ERYİĞİT

Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER.....133

BÖLÜM 8

***Celtis tournefortii* Lam. (DARDAĞAN) TÜRÜNÜN ÜRETİMİ VE PEYZAJ TASARIMINDA KULLANIMI ÜZERİNE ARAŞTIRMALARI**

Muttalip ERDEM

Prof. Dr. Coşkun SAĞLAM.....165

BÖLÜM 9

PROPOLİSİN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİNİN ANTİMİKROBİYAL VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTESİ

Dr. Öğr. Üyesi Seda OĞUR

Gıda Müh. Şakir SİLİ..... 179

BÖLÜM 10

GIDALARDA LEZZET PROFİL ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŞİMŞEK

Sevde BOYACI.....235

BÖLÜM 11

GIDALARDA DOKU PROFİL ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŞİMŞEK

Sevde BOYACI.....249

ÖNSÖZ

Ziraat, orman ve su ürünleri iç içe geçmiş sistemleri nedeniyle insanlık için büyük öneme sahiptir. Bu kaynakların doğru kullanılması, ekonomik kalkınma ve sürdürülebilirlik açısından olumlu katkılar sağlamaktadır. Günümüzde önemli bir sorun olan iklim değişikliği, tarımsal üretimin devamlılığı ve verimliliğinin yanı sıra ormanlar, temiz su kaynakları ve biyolojik çeşitlilik üzerinde de geniş çaplı bir etkiye sahiptir. Bu nedenlerle ziraat, orman ve su ürünleri alanlarında çalışan bilim insanlarının söz konusu sorunlara yenilikçi çözümler bulması gerekmektedir. Bu kitabın amacı, ziraat, orman ve su ürünleri alanlarındaki güncel bilimsel araştırmaları ve yenilikçi yaklaşımları alanında uzman akademisyenlerin ve araştırmacıların katkılarıyla geniş bir perspektiften ele almaktır.

Kitaba katkılarından dolayı kıymetli yazarlarımıza, emeği geçen İksad Yayınevi çalışanlarına teşekkürlerimi sunar, kitabın ziraat, orman ve su ürünleri alanına faydalı bir kaynak olmasını dilerim.

Öğr. Gör. Dr. Fatma Funda ÖZDÜVEN¹

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Bitkisel Hayvansal Üretim Bölümü Seracılık Programı
fozduven@nku.edu.tr.Orcid:0000-0003-4286-8943

BÖLÜM 1

KETENCİK (*Camelina sativa*) YETİŞTİRİCİLİĞİ

Doç. Dr. İlhan SUBAŞI¹
Prof. Dr. Yusuf ARSLAN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14580829>

¹ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi/Ziraat Fakültesi/Tohum Bilimi Ve Teknolojisi Bölümü/
Tohum Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Türkiye. ORCID NO: 0000-0001-7237-937X,
e-posta: ilhansubasi@gmail.com

² Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Bolu/Türkiye.
ORCID NO: 0000-0001-8496-6037, e-posta: yarslantarm@gmail.com

1. GİRİŞ

Ketencik (*Camelina sativa*), turpgiller (*Brassicaceae*) familyasına ait, yağlı tohumlu bir bitkidir. Yalancı keten olarak da bilinen ketenciğin orijini kesin olarak bilinmemekle birlikte Güneydoğu Avrupa ve Güneybatı Asya'da ortaya çıktığı düşünülmektedir. Arkeolojik bulgular, ketencik ekiminin Güneydoğu Avrupa'da Neolitik dönemlerde başladığı ve demir çağında da tüm Avrupa'nın bildiği önemli ürünlerden bir tanesi olduğunu göstermektedir. Orta Çağ döneminde yetiştiriciliği azalmış ancak 20. yüzyılın ortalarına kadar az da olsa tarımının yapıldığı bildirilmektedir. Dünyanın birçok bölgesine diğer tohumlu bitkilerin içerisinde karışarak taşındığı ve bu şekilde yayıldığı düşünülmektedir (Sydor vd., 2022). Bunun yanında Van Yoncatepe'de bulunan kalıntılarda çok sayıda ketencik tohumu bulunmuştur. Bulunan tohumların MÖ1000 yıllarına ait olduğu tespit edilmiştir (Dönmez ve Belli, 2007). Ketencik günümüzde tarımsal önemi giderek artan bir kültür bitkisi olarak kabul edilmektedir.

Literatürde *Camelina* L. cinsinin 6 ila 11 tür içerdiği bildirilmiştir. Kromozom sayısı ve ploidi seviyesinde göre;

- *Camelina sativa* ($2n = 6x = 40$),
- *Camelina microcarpa* ($2n = 2x = 12$)
- *Camelina hispida* ($2n = 2x = 14$),
- *Camelina rumelica* ($2n = 4x = 26$),
- *Camelina neglecta* ($2n = 2x = 12$)
- *Camelina laxa* ($2n = 2x = 12$)

türleri bulunmaktadır (Chaudhary, 2020). Bunlardan sadece *C. sativa* ve *C. microcarpa*'nın kışlık tip oldukları bildirilmektedir.

Ketencik, ana amaç olarak tohumları için yetiştirilir. Ketencik bitkisinden elde edilen tohumlar endüstriyel olarak işlenir ve ana ürünü yağdır. Ketencik samanının kullanım alanı pek fazla değildir. Ketencik yağı ya geleneksel soğuk pres ile sıkım yapılarak ya da yüksek kapasiteli sıcak presleme yöntemi ile elde edilir. Artan küspe kısmında kalan yağ ise hekzan ile çözüldürülerek ayrılır (Zubr, 1997).

2. MORFOLOJİK VE BOTANİK ÖZELLİKLER

Ketencik (*Camelina sativa*) otsu ve tek yıllık bir bitkidir. Bitkiler dik olarak gelişirler ve 30 ila 120 cm'ye kadar uzayabilirler. Ketencik doğal olarak çayırarda, hububat, keten ve yonca tarlalarında, açık ağaçlıklarda, göl kıyısında, yol kenarlarında ve demiryollarında bulunabilir. Soğuk ve yarı kurak iklim bölgelerinde bile iyi şekilde büyüyebilir (Henricsen vd.,2020). Kuraklığa toleransı yüksektir. Ancak özellikle çiçeklenme gibi hassas büyüme dönemlerinde ciddi kuraklıkların olumsuz bir etkisi olabilir. Tohumlar +1 ve +2 °C gibi düşük sıcaklıklarda bile çimlenebilmektedir. Rozet döneminde soğuğa tahammül düzeyi yüksektir (Shaikh, 2023). Bazı tiplerin rozet döneminde zarar görmeden -11 ° C'ye kadar düşük sıcaklıklarda yaşadığı gözlemlenmiştir. Daha düşük sıcaklıklarda da yapraklar zarar görse de daha sonra büyüme noktasından ve yanlardan tekrar sürgün vererek hayatına devam edebilmektedir. Ketencik bitkisi böcek zararına ve yabancı otlara karşı yüksek toleransa sahip olup, bu yönüyle de diğer yağ bitkilerinden üstündür. Bitkide sapa kalkma başlayana kadar büyüme noktası rozet içinde kalır. Sapa kalkma döneminde rozet uzar ve çok sayıda dal oluşturur. Bitki sap kalınlığı genel olarak 0,5 cm kadardır. Nadiren 1 cm'ye ulaşır. Bundan dolayı uygun çevre şartları oluştuğunda fazla boylandığı için yatmalar görülür.

2.1. Tohum Özellikleri

Tohumlar, yaklaşık olarak 1-1,5 mm çapında, 1,5-2 mm uzunluğunda ve bin tane ağırlığı 0,8 ile 1,5 gr arasında değişmektedir. Tohum, solgun sarı-kahverengidir. Tohumlar, küçük kapsüllerin içinde, dalların ucunda oluşur. Yağ oranı % 34-42 arasında değişmektedir. Fakat yağ oranı, çeşit ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Subaşı vd., 2022). Kapsüller, yaklaşık 0,65 cm uzunluğunda ve her kapsülde 10-16 tohum bulunmaktadır. Türkiye'de 2024 yılı itibarı ile henüz tescilli olan sadece Arslanbey çeşidi mevcuttur.



Şekil 1. *C. Sativa*'nın tohum ve kapsül durumu.

2.2. Çiçek

Ketencik bitkisi, çok sayıda küçük, solgun sarı ya da yeşilimsi renkli çiçekler oluşturur. Çiçekler 4 petallidir. Çiçekler yüksek oranda kendine döllendir. Çiçeklerde altı tane anter, bir tane stigma vardır.



Şekil 1. *C. Sativa*'nın çiçek durumu.

3. KETENCİK YETİŞTİRİCİLİĞİ VE TARIMSAL TEKNİKLER

3.1. İklim ve Toprak İstekleri

Ketencik bitkisi yarı kurak bölgelerin verimsiz topraklarında bile çok az girdiyle tarımı yapılabilen bir bitkidir. Ketencik çoğu toprak tipinde yetişebildiği gibi marjinal topraklarda ekildiğinde, genelde iyi büyüdüğü bildirilmiştir. Tuza toleransı orta düzeydedir. Kireçli topraklar ise ketencik için uygun değildir. Ketencik bitkisi, çok asidik olmayan, su baskınına uğramamış, çok ağır ve yabancı otların işgaline uğramamış hemen hemen tüm topraklarda yetiştirilebilmektedir. Kanola, soya ve ayçiçeği gibi yağ bitkilerinin üretimi için fazla miktarda gübre girdisine ihtiyaç duyulmasına karşılık ketencik bitkisi çok daha az gübreyle çok daha iyi tohum verimi sağlamaktadır. Ketencik bitkisinin soğuğa karşı toleransı da yüksek olup, Kasım sonlarında ve Aralık başlarındaki soğuklardan ve donma çözülme olaylarından zarar görmemektedir. Kar örtüsü olmaksızın -18 °C'lere kadar dayanabilmektedir. Çiçeklenme döneminde meydana gelen şiddetli kuraklıklar bitki gelişimini ve tohum verimini sınırlamaktadır. Fakat tohum gelişim periyodundaki yeterli yağışlar yağ oranını yükseltmektedir. Sulama yapıldığında tohum verimi 350 kg/da'a kadar çıkabilmektedir. Hafif alkali ve iyi drene edilmiş topraklarda optimum verim alınır.

3.2. Ekim Zamanı ve Yöntemleri

Sonbahar veya erken ilkbaharda ekim yapılabilir. Ancak yapılan çalışmalar göstermiştir ki kışı zarar görmeden geçirebileceği bölgelerde yazlık ekimle kışlık ekim arasında hem verimde hem de yağ oranında iki katına

varan oranda artışlar olabilmektedir. Ketencik genellikle buğday ile ekim nöbetine girdiğinden toprak hazırlığında buğday anızı hemen hasat sonrası gölge tavında pulluk ile yüzeysel olarak sürülür. Daha sonra kazayağı ile toprak inceltir ve homojen hale getirilir. Sonrasında ise diskaro çekilerek ekime tam hazır hale getirilir. Ketencik buğdayla münavebeye alınmalı ancak kanola ve hardalla münavebeden uzak durulmalıdır.

Ekimde dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan bir tanesi, tohumların küçük olması nedeniyle hem iyi bir toprak temasının sağlanması hem de çok derine ekilmemesi gerekir. Ekimde havalı mibzerlerin kullanımı uygundur. Bunun yanı sıra serpmeye ekim makineleri ile de tohum içine belli oranlarda kum karıştırılarak ekilebilir. Her iki ekim şeklinde de mutlaka merdane ile toprak sıkıştırılmalıdır. Ekim sıklığı ile ilgili yeterli çalışma olmamakla birlikte tarlanın durumuna göre 1 ila 1,5 kg/da arasında tohum ekimi uygundur. Ancak hassas mibzer ayarı ve uygun ekim derinliğine tam dikkat edildiğinde tohum miktarı 700 grama kadar düşürülebilir. Tohumların 1000 dane ağırlığı yaklaşık olarak 1 gr'dır. Genel olarak, kanola, hardal veya buğday için kullanılan ekim ve hasat makineleri ketencik içinde uygundur. Ekim derinliğinin 1cm, sıra aralığının 14-17 cm olması yeterlidir.

Ketencik'in karasal iklim koşullarında Ekim ayında ekilmesi uygundur. Ekimden sonra hava sıcaklıkları 4-5 °C civarında olduğunda çıkışlar 2-3 haftayı bulabilmektedir ancak hava sıcaklıkları 15-16 °C civarında seyrettiği takdirde çıkışlar 7 günde gerçekleşebilmektedir. Türkiye'de ekimi yapılan genotiplerde soğuğa dayanım çok yüksektir. Genç bitkiler -20 °C'ye kadar düşük sıcaklıklara dayanır.

Ketencik 85 ila 100 günde olgunlaşan kısa mevsim bitkisidir (Liubchenko vd., 2020). Ketencik doğrudan biçerdöverle hasat edilebildiği gibi hasat olgunluğuna yakın bir zamanda dipten biçilip yerde yastıkta kurutulduktan sonra da biçerdöverle harmanlanabilir. Dane dökme problemi olan çeşitler için bu yöntem önerilebilir. Böyle durumlarda, biçme işlemi baklaların üçte ikisi yeşilden sarıya döndüğünde yapılmalıdır

Tohumları %8 nemli iken kombine hasat makineleri ile direkt hasat edilebilir. Zamanında hasat yapılırsa, kanola ve hardaldaki bakla çatlatma sorunu ketencik bitkisinde oluşmamaktadır. Saplar hala yeşil, fakat tohumlar sarı iken harmanlanabilir. Eğer yolunarak hasat edilecekse bitkilerin tohumlarının dökülmemesine dikkat edilmeli ve belirli bir süre kurumaları için

bekletilip, sonra harmanlanmalıdır. Hasatta tane neminin %8-9 yabancı madde oranının ise ortalama %3,5 olması istenmektedir.

3.3. Gübreleme

Ketencik bitkisinin gübre uygulaması olmadan büyüyebileceği öne sürülüyor olsa da yapılan çalışmalar azot ve fosfor uygulamasıyla verimin ve yağ oranının arttığını bildirilmektedir. Saf olarak 6 ila 10 kg azot/fosfor uygulamasının uygun dozlar olduğu bildirilmektedir. Pratikte taban gübresi olarak 10 kg/da 20-20-0 (NPK) ve üst gübre olarak 10 kg/da üre (CO(NH₂)₂) ve 15 kg/da %21 N içeren amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) kullanılmaktadır. Yeterli yağışın olduğu yıllarda bitkinin verilen gübreden faydalanma oranı oldukça yüksektir. Bazı bölgelerde 150 gr/da Bor uygulaması iyi sonuç vermektedir. Ketencik kuru tarım sistemlerinde genellikle sulamasız yetiştirilir, ancak kritik dönemlerde su desteği verimi artırır.

4. KETENCİK HASTALIKLARI VE ZARARLILARI - YABANCI OT MÜCADELESİ

Ketencik bitkisinin hastalık ve zararlıları nispeten azdır. Türkiye’de ketencik yetiştiriciliğinde ekonomik zarar eşiğini aşacak hastalık ve zararlı yoğunluğu henüz görülmemiştir. Ancak potansiyel hastalık ve zararlılar ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır. *C.sativa* kara leke hastalığına ve kök çürüklüğüne dayanıklı bir bitkidir. Ancak kök uru, beyaz pas ve bakteriyel yanıklık gibi hastalıklara karşı hassastır (Séguin-Swartz vd., 2009). Ketencik'te zararlı böceklerin etkili olmamasının sebebi, birçok Brassica ailesine ait bitkide olduğu gibi ketencikte de bulunan glukosinolatların, böcek zararı esnasında enzimatik parçalanma ürünü olan ve keskin kokusu sayesinde kaçırmacı etkisi olan izotiyosiyanatlarla dönüşmesi olarak gösterilmektedir. Bu doğal savunma mekanizması zararlılara karşı güçlü koruma sağlamaktadır.

Brassicaceae familyasına ait yabancı otlar hariç diğer yabancı otlarla rekabetinin iyi olması nedeniyle kimyasal ilaç kullanımına gereksinim duymaması ketencik'in çevre dostu yetiştirme sistemlerine uygun karakterde bitkiler arasında yer almasını sağlamaktadır. Ketencik yetiştiriciliği yapılan bölgelerde genellikle yabancı ot olarak sirken (*Chenopodium suecicum*), gelincik (*Papaver rhoeas*) ve çoban çantası (*Capsella bursa-pastoris*) görülmüştür. Bu yabancı otların yoğun olduğu yerlerde mücadele için toprak hazırlığında Pendimethalin veya Trifluarin etkili maddeli ilaçlar önerilmektedir.

5. KETENCİK ÜRETİMİNDE VERİM VE KALİTE KRİTERLERİ

5.1. Tohum Verimi

Kıraç koşullarda 65-190 kg/da arasında olmakla birlikte uygun çevre şartları gerçekleştiği zamanlarda İç Anadolu Bölgesinde dekara verimi 400 kg'ın üzerine çıkabilmektedir. Ortalama verim 150 kg ile 200 kg arasında değişmektedir (Arslan vd., 2022). Kıyı bölgelerde susuz yetiştirilen alanlarda verim 250 kg/da'nın üzerindedir.

5.2. Yağ İçeriği ve Kalitesi

Ketencik yağındaki doymamış yağ asitleri içeriği yaklaşık %90'dır. Toplam yağ asitlerinin yaklaşık %50'si çoklu doymamış yağ asitleri olan linoleik ve alfa linolenik asittir. Yağındaki erüsik asit içeriği yaklaşık %2-3 civarındadır (Katar vd., 2012). Tokoferol içeriği 700 mg/kg'dır. Ketencik yağındaki yüksek düzeydeki esansiyel yağ asitleri, özellikle de omega-3 yağ asidi α -linolenik asit nedeniyle önemli bir besin kaynağı olarak araştırılmaktadır. Ketencik yağında bulunan yüksek orandaki eikosenoik ve linolenik asitler yağın tadında arzulanmayan bir değişime neden olmaktadır.

Ketencik bitkisinin yağında bulunan linolenik ve linoleik asitlerin toplamı %50'den daha fazladır. Doymuş yağ asitlerinin oranı ise %10 dolayındadır. Ketencik yağında bulunan yağ asitlerinin oransal dağılımı Şekil 1 de gösterilmiştir. Yapılan birçok çalışma ketencik yağında bulunan linolenik asit faydalı kolesterol olarak bilinen HDL (yüksek yoğunluklu lipoprotein) kolesterolünü artırdığını ve zararlı kolestererol olarak bilinen LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterolünü azalttığını göstermiştir (Karvonen, 2002).

6. KETENCİK YAĞININ ENDÜSTRİYEL VE EKONOMİK ÖNEMİ

Ketencik yağı, biyodizel üretiminde kullanılmakta olup, çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük potansiyele sahiptir. Biyodizel üretiminde kullanılan ketencik yağı, düşük viskoziteye sahiptir. Günümüzde, ketencik yağının biyoyakıt üretimi için hammadde olarak kullanımı artmıştır. Biyoyakıt için önemli pazar potansiyeli askeri ve ticari havayolu yakıt endüstrisini de içermektedir (Eynck ve Falk, 2013). Ayrıca, boyalarda, mürekkeplerde, sabunlarda, verniklerde, kayganlaştırıcılarda, kozmetiklerde ve plastik yapımında hem hammadde hem de katkı maddesi olarak kullanımı da dahil

olmak üzere bir dizi başka endüstriyel kullanım mevcuttur. Yağ asidi profili sayesinde cilt bakım ürünlerinde de kullanılmaktadır

6.1. Hayvan Beslenmesinde *Camelina sativa* Ununun Kullanımı: Potansiyel ve Sınırlamalar

Ketencik küspesi, omega-3 yağ asitleri bakımından zengin olup, hayvan beslenmesinde önemli rol oynar. Çeşitli çalışmalar, ketencik küspesinin yem bileşeni olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Ketencik küspesi ile beslenen tavuk, sığır ve somon balıklarından elde edilen etin, yumurtaların ve süt sığırlarından elde edilen süt ürünlerinin omega-3 içeriğinin arttığı gözlenmiştir. ABD Gıda ve İlaç İdaresi, broiler tavukları, yumurta tavukları ve sığır yemlerinin % 10'una kadar ketencik küspesi kullanımını onaylamıştır (Dharavath vd., 2016). Ülkemizde ise bununla ilgili bir mevzuat henüz yoktur.

Ketencik tohumunda %23-27 protein ihtiva etmektedir (Subaşı vd.,202; Arslan vd., 20231). Ketencik unu, biyodizel ekstraksiyonunun bir yan ürünü olarak yaklaşık %45 protein (450 g kg^{-1}) ve %10 yağ (100 g kg^{-1}) içeriğiyle dikkat çekmektedir. Kuru maddede $15,0 \text{ MJ ME kg}^{-1}$ olan metabolik enerji (ME) değeri, özellikle geviş getiren hayvanlar için oldukça yüksektir ve bu değer domuzlarda $14,0 \text{ MJ ME kg}^{-1}$ KM ve kümes hayvanlarında 8 MJ ME kg^{-1} KM kadar elde edilebilmektedir. Besin değerleri açısından avantajlı olmasına rağmen, ketencik ununun hayvan beslenmesinde kullanımı, glukozinolatlar (GSL), fitik asit, sinapin ve yoğunlaştırılmış tanenler gibi antinutrisyonel faktörlerin varlığı nedeniyle yasal sınırlamalarla karşılaşmaktadır (Hegedus vd., 2022).

Özellikle glukozinolatların varlığı, hayvan yemlerinde kullanılabilirliğine dair endişeler yaratmaktadır. 2002 yılında yürürlüğe giren bir Avrupa Birliği (AB) direktifi, GSL'lerin olumsuz etkileri nedeniyle hayvancılık rasyonlarına ketencik ununun tespit edilebilir miktarda eklenmesini yasaklamıştır. Ancak, 2008 yılında, kolza tohumu ile beslenen çiftlik hayvanları üzerine yapılan kapsamlı çalışmaları değerlendiren AB, bu durumu yeniden ele almıştır. Güncellenen direktif, toplam diyet glukozinolat içeriğinin hayvan ve insan sağlığını tehlikeye atmayacak düzeyde olması şartıyla ketencik unu ve türevlerinin hayvan yemlerinde kullanılmasına izin vermiştir. Örneğin, monogastrik hayvanlar için yemlere $1,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ 'e kadar glukozinolat eklenmesine izin verilmektedir. Bu düzenleme, düşük girdili bir protein kaynağı olan ketenciğin, potansiyel olarak değerli bir yağlı

tohum ürünü olarak hayvan beslemede yeniden ilgi görmesine yol açmıştır (Séguin-Swartz vd., 2009).

Geviş getiren hayvanlar için ketencik ununun yem olarak kullanımı, kimyasal bileşimi, besin değeri, sindirilebilirliği ve ürün kalitesi üzerindeki etkileri hakkında detaylı bilgi gerektirmektedir. Yüksek protein ve enerji değeri gibi önemli özelliklerine rağmen, ketencik ununun optimum kullanımı henüz yeterince araştırılmamıştır ve hayvancılık rasyonlarında en etkili şekilde nasıl kullanılacağına dair pek çok soru yanıtız kalmaktadır. Görece yeni bir yan ürün olan ketencik unu ile ilgili daha fazla çalışma yapılması, bu yem kaynağının tam potansiyelini ortaya çıkarmak için gereklidir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ketenciğın endüstriyel kullanımı son yıllarda artış göstermiş ve buna paralel olarak tarımsal üretim başlamıştır. Ketencik tarımı Türkiye için Orta Anadolu Bölgesi'nin kurak şartlarında tavsiye edilebilecek bir bitkidir. Özellikle soğuşa dayanıklılığı kışlık ekimi mümkün kıldığından tatmin edici ürün alınabilmesi ve düşük girdi maliyeti gibi avantajlarından dolayı potansiyeli olan bir bitkidir. Dünya'da da Türkiye'de de henüz yeni sayılabilecek ketencik bitkisi üzerinde araştırmalar son yıllarda artış göstermiştir. Ancak yine de özellikle tarımsal yetiştiriciliğı konusunda daha çok agronomik araştırmaların yapılması gereklidir. Özellikle münavebede kendinden sonraki bitkilere olan etkisi, değışik makro ve mikro gübre dozlarının optimizasyonu, gelişebilecek hastalıklar ve etkili olabilecek zararlılar konusunda çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Arslan, Y., Subaşı, İ., Hatipoğlu, H., Abrak, S., & İşler, B. (2022). Study on correlation of agromorphologic properties in some camelina (*Camelina sativa* (L.) CRANTZ.) genotypes. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 32(4), 835-842.
- Arslan, Y., Yaşar, M., İşler, B., Ünal, S., & Subaşı, İ. (2023). Yield and yield components of some advanced Camelina (*Camelina sativa* L. CRANTZ) genotypes in Bolu ecological conditions. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 8(1), 211-219.
- Chaudhary, R., Koh, C. S., Kagale, S., Tang, L., Wu, S. W., Lv, Z., ... & Parkin, I. A. (2020). Assessing diversity in the Camelina genus provides insights into the genome structure of *Camelina sativa*. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 10(4), 1297-1308.
- Dharavath, R. N., Singh, S., Chaturvedi, S., & Luqman, S. (2016). Camelina sativa (L.) Crantz A mercantile crop with speckled pharmacological activities. *Ann Phytomed*, 5(2), 6-26.
- Dönmez, E. O., & Belli, O. (2007). Urartian plant cultivation at Yoncatepe (Van), eastern Turkey. *Economic botany*, 61(3), 290-298.
- Eynck, C., & Falk, K. C. (2013). Camelina (*Camelina sativa*). In *Biofuel crops: production, physiology and genetics* (pp. 369-391). Wallingford UK: CABI.
- Hegedus, D., Coutu, C., Gjetvaj, B., Hannoufa, A., Harrington, M., Martin, S., ... & Wanasundara, J. (2022). Genetic variation and structural diversity in major seed proteins among and within Camelina species. *Planta*, 256(5), 93.
- Henriksen, P. S., Harild, J., & Nielsen, B. H. (2020). Early Iron Age Agriculture and Land Use in Thy: Evidence from Plant Macro-Remains at Smedegård. *Smedegård: A Village Mound from the Early Iron Age near Nors in Thy, North-West Denmark*. Copenhagen: The Royal Society of Northern Antiquaries & Odense, University Press of Southern Denmark, 537-72.
- Karvonen, H. M., Aro, A., Tapola, N. S., Salminen, I., Uusitupa, M. I., & Sarkkinen, E. S. (2002). Effect of [alpha]-linolenic acid [ndash] rich

- Camelina sativa oil on serum fatty acid composition and serum lipids in hypercholesterolemic subjects. *Metabolism-Clinical and Experimental*, 51(10), 1253-1260.
- Katar, D., Arslan, Y., & Subaşı, İ. (2012). Genotypic variations on yield, yield components and oil quality in some Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) genotypes. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(2), 105-110.
- Liubchenko, A., Liubchenko, I., Riabovol, I., Riabovol, L., Serzhuk, O., Chernov, O., & Vyshnevskaya, L. (2020). Analysis of the duration of the vegetation period and phases of development of Somaclonal lines of *Camelina sativa*. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(3), 1-5.
- Séguin-Swartz, G., Eynck, C., Gugel, R. K., Strelkov, S. E., Olivier, C. Y., Li, J. L., ... & Falk, K. C. (2009). Diseases of *Camelina sativa* (false flax). *Canadian Journal of Plant Pathology*, 31(4), 375-386.
- Séguin-Swartz, G., Eynck, C., Gugel, R. K., Strelkov, S. E., Olivier, C. Y., Li, J. L., ... & Falk, K. C. (2009). Diseases of *Camelina sativa* (false flax). *Canadian Journal of Plant Pathology*, 31(4), 375-386.
- Shaikh, T. M. (2023). *Identifying Loci, Markers and Candidate Genes to Unravel Freezing Tolerance Mechanism in Camelina sativa* (Doctoral dissertation, North Dakota State University).
- Subaşı, İ., Arslan, Y., Eryiğit, T., Çiftçi, V., & Çamlıca, M. (2022). Determination of Some Seed Characteristics of False Flax (*Camelina sativa* L. Crantz) Genotypes Grown Under Semi-Temperate Conditions. *The Philippine Agricultural Scientist*, 105(4), 341-348.
- Subaşı, İ., Arslan, Y., Güler, S., Hatipoğlu, H., Abrak, S., & Köse, A. (2021). Oil and Protein Stability in Some *Camelina* (*Camelina sativa* L. Crantz) Genotypes. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(8), 1368-1374.
- Sydor, M., Kurasiak-Popowska, D., Stuper-Szablewska, K., & Rogoziński, T. (2022). *Camelina sativa*. Status quo and future perspectives. *Industrial Crops and Products*, 187, 115531.
- Zubr, J. (1997). Oil-seed crop: *Camelina sativa*. *Industrial crops and products*, 6(2), 113-119.

BÖLÜM 2

TARIMSAL ÜRÜNLERİN MODERN KALİTE DEĞERLENDİRME TEKNİKLERİ

Prof.Dr. Resul GERÇEKÇİOĞLU¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14580841>

¹ * Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye, resul.gercekcioglu@gop.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3175-4038

GİRİŞ

Tarımsal ürünlerin kalitesi üreticiler ve tüketiciler açısından önemli bir konudur. Ancak, tarımsal ürünler için kalitenin açık bir tanımı yoktur. Farklı araştırmacılar kaliteyi farklı tanımlamaktadırlar. Bununla beraber, kalite sınıflandırmasında büyüklük, şekil, renk, lezzet(tat), meyve eti sertliği, yapı, duyuusal değerler ile bozuklukların ve yabancı cisimlerin bulunmaması gibi bazı faktörlerin esas alınması yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tarımsal ürünlerin kalite faktörlerinin birçoğu, ürünün fiziksel özelliklerine bağlıdır. Geçen otuz yılda araştırmacılar, büyüklük, şekil, renk ve bazı yapısal bozukluklar gibi özellikleri esas alan ve yıkıcı olmayan(ürüne zarar vererek analiz edilmesi) kalite değerlendirme metotları geliştirmede modern teknolojinin gelişmesine de bağlı olarak önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Olgunluk, şeker içeriği, yağ içeriği, meyve eti sertliği, iç bozukluklar, dokuların yıkılması, istenmeyen nesnelerin varlığı gibi iç kalite faktörlerinin değerlendirilmesi daha zordur. Ancak, bu değerlerin belirlenmesinde, görsel özelliklerin tanımlanması ve yapay zekanın kullanılması gibi yeni modern teknikler geliştirilmiştir (Chen, 1996). Bunlar ayrı başlıklar halinde, yapılan araştırmalar ışığında aşağıda sunulmuştur.

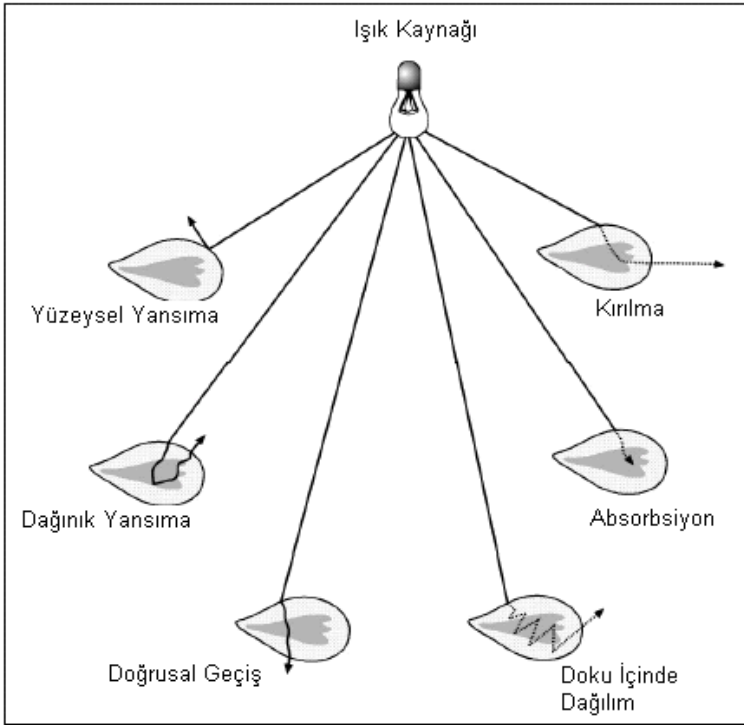
1.GÖRSEL(OPTİK) ÖZELLİKLER

Tarımsal ürünlerin yıkıcı olmayan kalite değerlendirmeleri ve sınıflandırmaları için kullanılan pratik ve başarılı tekniklerin birçoğu elektro-optik tekniklerdir ve bu teknikler ürünlerin görsel özelliklerini esas almaktadırlar. Görsel özellikler, ürünün ışığı yansıtmasına, direkt geçirmesine, absorpsiyonuna veya etrafa yaymasına bağlıdır. Bir meyve veya sebzenin dış yüzeyine gelen ışığın yaklaşık %4'ü ürün içine hiç nüfuz edmeden yüzeyden direk yansır(yüzeysel yansıma). Kalan %96'sı yüzeyden geçerek ürün içine nüfuz eder. Bunun bir kısmı yaklaşık 5 mm ilerledikten sonra girdiği noktaya yakın bir yerden geri çıkar(dağınık yansıma), bir kısmı ürünün hücresel yapısı içerisinde dokulardaki küçük ara yüzeyler tarafından dağıtıldıktan sonra ürünü terk eder(doku içinde dağılım), bir kısmı hücre bileşenleri tarafından absorbe edilir(absorpsiyon), bir kısmı ürün bileşenleri tarafından kırılarak(kırılma) ürünü terk eder ve bir kısmı da ürünün bir tarafından girdiği gibi diğer tarafından çıkar(doğrusal geçiş) (Şekil.1)(Abbott,1999).

Ürün üzerine gelen ışığın bu şekilde farklı yollarla ürünü terk etmesi renk oluşumu için gereklidir. Renk ise ticari olarak tasnif edilen birçok ürünün sınıflandırılmasında esastır ve tüketicilerin dış görünüşü algılamasında

doğrudan doğruya en çok etkili olan faktördür. Renk ölçüm cihazları kullanılarak ürünlerin renklerinin belirlenmesi mümkündür. Bu sayede ürünün kalite özellikleri hakkında bilgi sahibi olunabilmekte ve ticari olarak elma, şeftali ve daha birçok bahçe ürünün paketleme hattında otomatik renk ayrımı yapılabilmektedir. Renk ölçüm cihazları ile renk ölçümü, üç boyutlu renk bölgesinde insan görüşünü ifade eder. Görülebilir tayfın dışındaki dalga boyları ürünün bazı kalite özelliklerine tepki göstermekte ve bu sayede ürün hakkında bilgi edinilmektedir. Bir nesnenin rengi farklı bir kaç renk koordinat sistemi tarafından tanımlanabilmektedir.

RGB(red, green ve blue) en popüler sistemdir. Hunter L a b, CIE(Commission Internationale de l'Eclairage) $L^*a^*b^*$, CIE XYZ, CIE $L^*u^*v^*$, CIE Yxy Hunter sisteminin üç boyutlu metodu ve benzer CIE sistemleri aletsel ölçümlerde en önemli yere sahiptir. CIE konseptine göre insan gözü üç renk reseptörüne — kırmızı, yeşil ve mavi(RGB) — sahiptir ve diğer bütün renkler bunların kombinasyonundan oluşmaktadır.

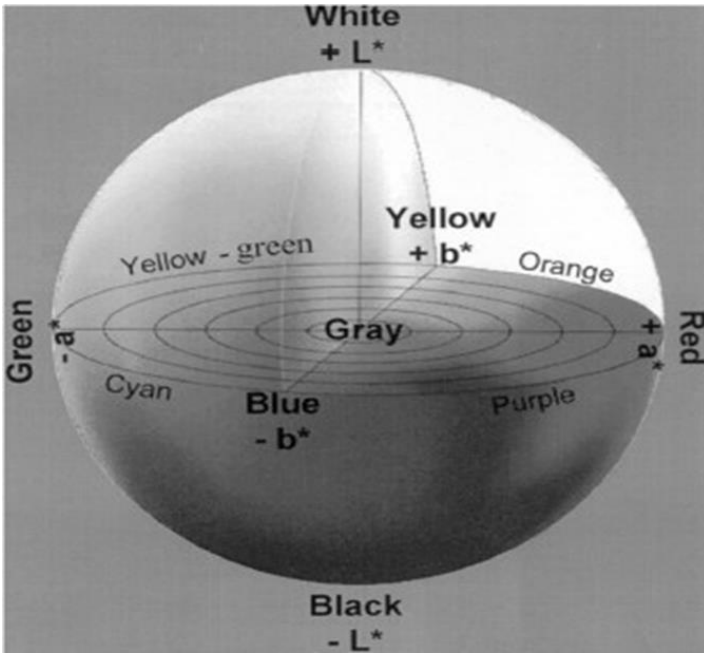


Şekil.1. Işığın ürünü terk etme yolları (Tigabu, 2003)

En yaygın kullanılan işaretleme sistemi olan CIE Yxy renk bölgesi ilk olarak 1931'de geliştirilmiştir. 1976'da insan algısındaki farklılıklara ilişkin renk farklılıklarını daha üniform bir şekilde ortaya koymak için CIE $L^*a^*b^*$ renk sistemi(Şekil 2) tasarlanmıştır(Abbott, 1999).

Ürün yüzeyinden ayrılan ışığın özellikleri, ürünün bileşenlerine ve ürün tarafından absorbe edilen ışığa bağlıdır. Bu sayede tarımsal bir ürünün görsel özellikleri belirlenerek ürünün kalite özellikleri ile ilgili bilgiler sağlanabilmektedir. Geçen otuz yılda çeşitli tarımsal ürünlerin görsel özelliklerinin araştırılmasına yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda, görsel özellikler ve ürünün diğer kalite özellikleri arasında korelasyon olduğu tespit edilmiştir(Chen, 1996).

Bütünlüğü bozulmamış meyvelerde ve sebzelerde(elma, turuncgiller, kivi, mango, kavun-karpuz, soğan, şeftali, patates ve domates) nişasta veya çözünebilir kuru madde içeriği $R2 \approx 0.93$ ve kalibrasyon standart hatası(SEC-Standard error of calibration) $\approx \% 0.5$ seviyesinde belirlenmiştir (Birth et al., 1985; Kawano et al., 1992).



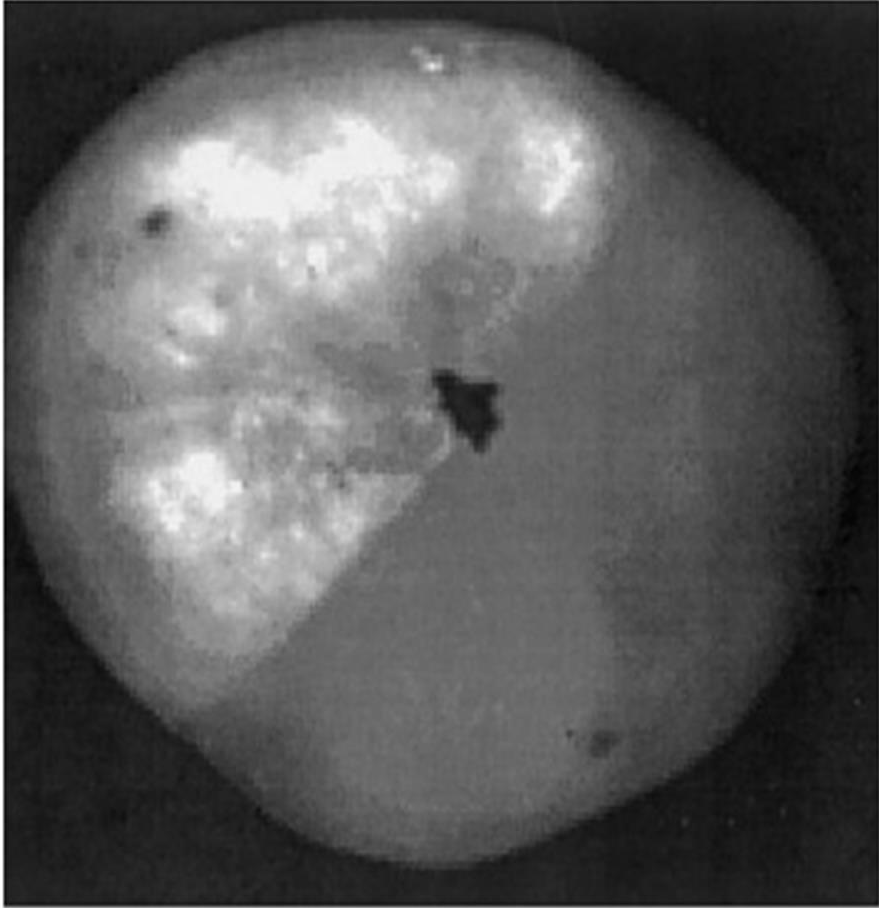
Şekil 2. CIE $L^*a^*b^*$ renk koordinat sistemi(L^* aydınlığı ifade eder, white=100, black=0; a^* yeşilden kırmızıya renk değişimini ve b^* maviden sarıya renk değişimini gösterir (Alataş ve ark., 2021).

460 ve 1030 nm arasında 58 dalga boyunda birkaç elma çeşidinde yaygın rastlanan 18 farklı bozukluğa ait görüntüler analiz edildiğinde, sağlam ve hasarlı dokuların genellikle 4 dalga boyunda görüldüğü tespit edilmiştir. Bunlar 540, 750, 970 ve 1030 nm dalga boylarıdır(Throop and Aneshansley, 1997).

2.FLORESAN VE DLE (Delayed Light Emission)

Floresan, yüksek enerjili(kısa dalga boylu) bir ışığın uyardığı bir molekül tarafından bu ışığın dönüşüme uğratılması sonucu ortaya çıkan daha düşük enerjili(uzun dalga boylu) bir ışıktır. Bir çok tarımsal ürün floresan özelliğe sahiptir ve hemen hemen bütün bahçecilik uygulamalarında klorofile bağlı floresan esas alınır. DLE, fotosentezin ikinci aşaması olan karanlık reaksiyon tarafından teşvik edilen, klorofil varlığıyla ilgili bir olaydır ve floresanda olduğu gibi bir değişim sonucu oluşur (Abbot, 1999).

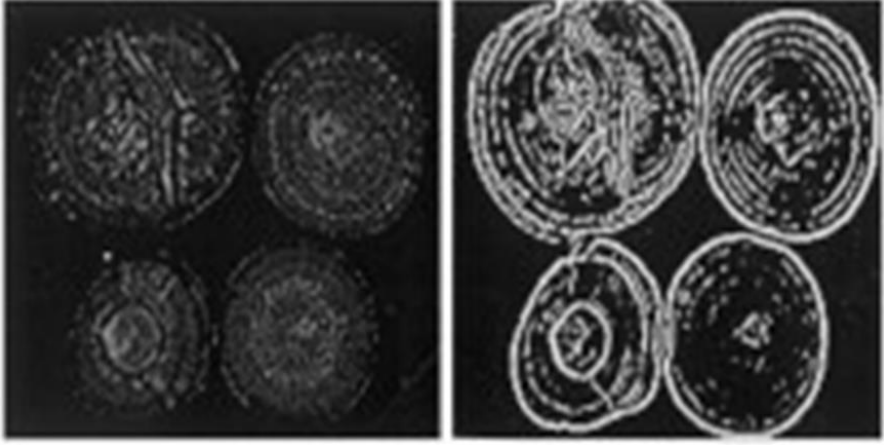
Butler and Norris(1963)' e göre klorofilin uyarılmasıyla yayılan floresan ve DLE ışıkları kaydedilebilmektedir (Şekil.3). Klorofil içeriği ve fotosentetik kapasite, çoğu kez bitki organlarının olgunluğu ve bazı noksanlıklar veya bozukluklarla ilgilidir. Floresan ve DLE meyve ve sebzelerde olgunluk değerlendirmesi için kullanılabilir metotlardır. Çünkü, meyve ve sebzelerin ağaç olumu ve yeme olumlarında klorofil azalmaktadır(Forbus et al., 1992). Seiden et al.(1996), iki elma çeşidini birbirinden ayırt edebilmek ve SÇKM tespit etmek için floresanı kullanmışlar, bunu için de pastörize elma suyunda 275 nm' den 560 nm' ye kadar ölçüm yapmışlar ve 285 ve 315 nm' de istedikleri sonuçları elde etmişlerdir.



Şekil 3. Hasat olumundaki yeşil domateste yeni başlamış soğuk zararının floresan görüntüsü(siyah benekler böcek zararı veya çiçek izini, parlak yerler ise soğuk stresine bağlı zararlanmalar

3. X- IŞINI

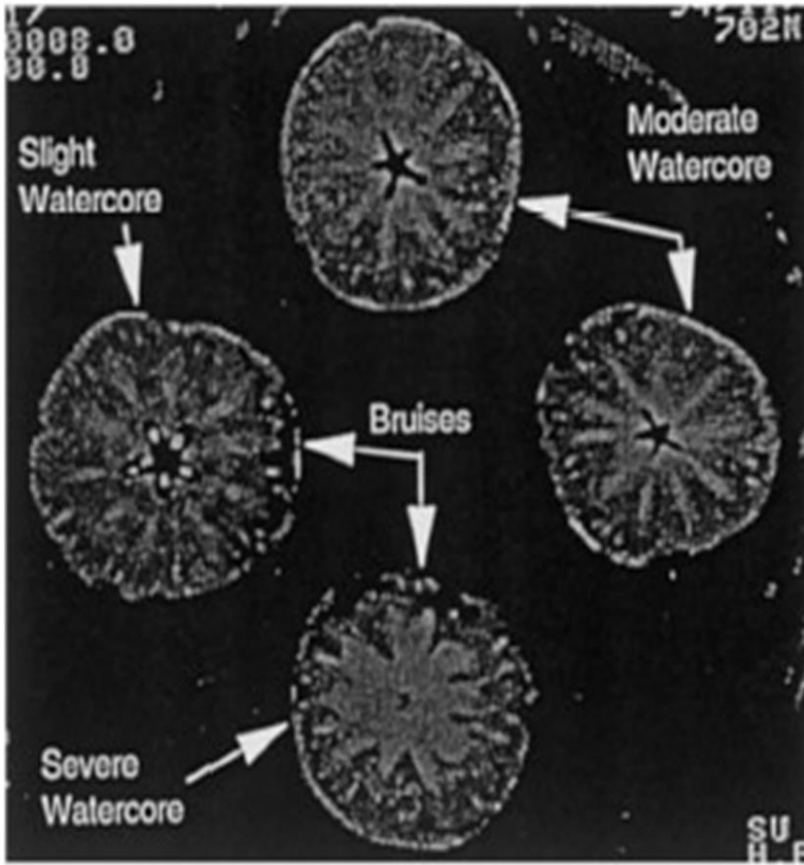
X-ışını gibi kısa dalgalı radyasyonlar bir çok tarımsal ürünün bir tarafından diğer tarafına geçebilmektedirler. Bu ışınların iletim derecesi başlıca materyalin kütle yoğunluğuna ve kütle absorpsiyon katsayısına bağlıdır. Bu sayede, x-ışınları kütle yoğunluğundaki değişime bağlı olarak ürünün iç özellikleri hakkında bilgi veririler. Meyve ve sebzelerde yüksek nem içeriğine bağlı olarak x- ışınının absorpsiyonunda su ön plana çıkmaktadır (Baoping, 1999).



Şekil 4. X-ışını ile elde edilmiş bir soğan görüntüsü(solda orijinal, sağda Sober filtre ile elde edilmiş görüntüler)(Tollner et al., 1995)

X-ışını, olgunlaşma sürecinde kıvrıkcık salata başlarının yoğunluk artışlarının belirlenmesinde kullanılabilir. Schatzki et al.(1981), olgun baş salataları seçmek için x-ışını kullanan bir salata hasat makinesi geliştirdiler. Johnson(1985), bir elektromekanik sınıflandırma sistemi oluşturmuştur. Bu sistem Sunkist Grower Inc. tarafından geliştirilmiştir. Meyve iç yoğunluğundaki değişimlerinin belirlenmesi esasına dayanan bu sistemde, düşük seviyeli x- ışını tarayıcısı kullanılarak portakallarda don zararı, granulasyon ve Alternaria'nın zararını belirlemiştir.

Bowers et al.(1988), elmada ezikleri ve şeftalide çekirdek çatlamasını belirlenmesinde x-ışını tekniğinin kullanılabilceğini belirtmişlerdir (Şekil 5).



Şekil 5. X-ışınılı bilgisayarlı tomografi ile elde edilmiş elmada ezik ve watercore görüntüsü (Tollner, 1992).

4. NÜKLEER MANYETİK REZONANS(NMR-MRI-MR)

NMR, hidrojen çekirdeği(protonu)nin konsantrasyonunu belirleyen bir tekniktir. Materyaldeki su, yağ ve şekerin hareketliliğine ve konsantrasyonlarındaki değişime hassastır. Meyve ve sebzeler olgunlaşma sürecinde çeşitli değişimlere maruz kalırlar. Üründe olgunluk ilerledikçe su, yağ ve/veya şekerlerin miktarı yavaş yavaş değişir. Buna bağlı olarak su, yağ ve şekerlerin hidrojen çekirdeklerinin hareketliliği de değişir. Ayrıca meyve ve sebzelerde su, yağ ve şekerlerin konsantrasyonu ve hareketliliği çoğu kez mekanik hasarlar, doku bozuklukları, aşırı olgunluk durumu, çürükler, kurt zararı ve don zararı gibi diğer birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir. NMR su, yağ ve şekerlerin konsantrasyon ve hareketliliğindeki bu değişimleri tespit edebilmektedir(Chen et al., 1999).

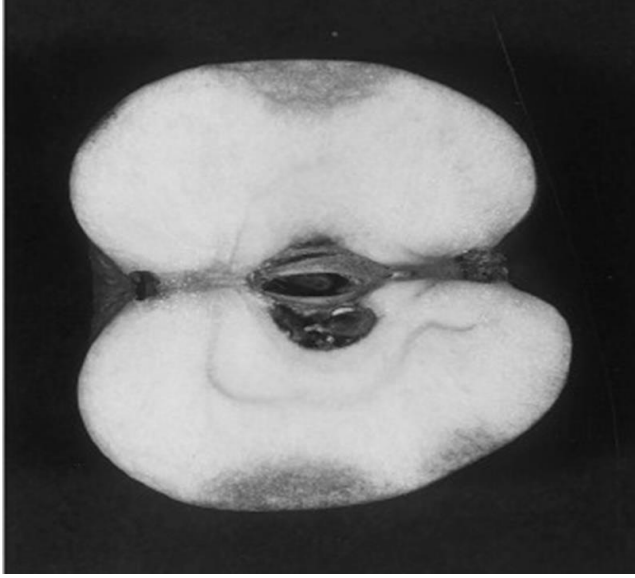
Wang et al.(1988), Red Delicious elmalarında sulu çürük(watercore) varlığını ve bunun dağılımının görüntülerini elde etmek için MRI metodunu kullanmışlardır. Bu çalışmada elma iç yapısını çok iyi bir şekilde görüntülemeyi başarmışlardır.

Kaliforniya Üniversitesinde Amerikalı ve İsraili araştırmacıların ortak olarak yürüttükleri çalışmalarda, avokado'nun olgunluk değerlendirmesinde(Chen et al., 1993), eriklerin şeker içeriğinin belirlenmesinde(Zion et al., 1994) ve kavunlarda doku yıkılmalarının araştırılmasında yüksek hızlı NMR teknolojisinin kullanılabileceği görülmüştür. Purdue Üniversitesinde araştırmacılar yüksek ve düşük çözünürlüklü NMR spektrometreler kullanarak meyvelerin iç kalitesini tespit etmişlerdir. Dizayn ettikleri düşük çözünürlüklü (5.35 MHz) proton manyetik rezonans sensörü ile örnekleri rahatlıkla inceleyebilmişlerdir (Cho et al., 1990). Cho et al. (1991), yüksek çözünürlüklü (200 MHz) spektrometre kullanılarak elma, kantalop ve muzların şeker içeriklerinin belirlenebileceğini göstermiştir.

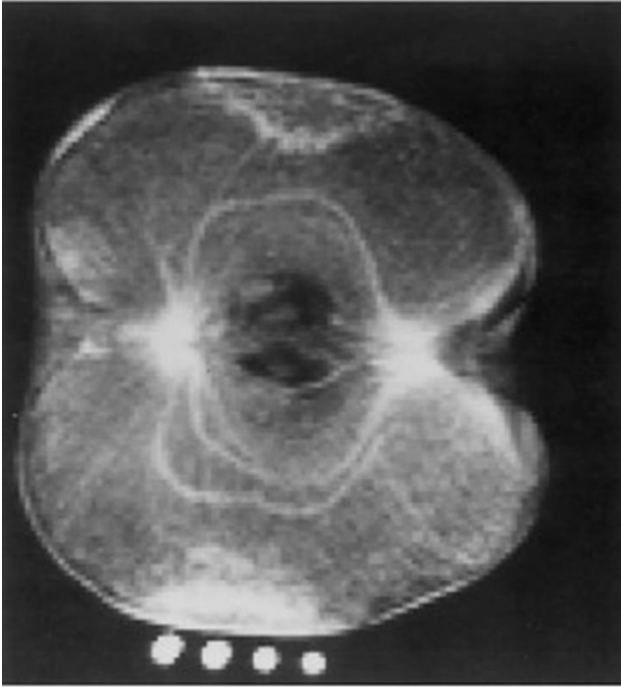
Ray et al.(1993), bu cihazın dizaynını geliştirerek, Bing kiraz çeşidinin şeker içeriğini ölçmüşler ve yankı dönüş oranı ve meyvenin toplam çözünebilir kuru maddesi arasında iyi bir korelasyon($r^2=0.91$) olduğunu belirlemiştir.

Bazı araştırmalarda, serbest su içeriği daha çok olan dokuların, MRI' da civar dokulardan daha parlak olduğu görülmüştür. Öyle ki bazı hastalıklar ve bozukluklarda; watercore, core breakdown, soğuk zararı, ezik, çürük, böceklerin varlığı veya yemeleri sonucu oluşan hasarlar vb. — ürünün su dağılımındaki değişim görüntülenebilmektedir (Şekil 6 ve 7) (Abbott, 1999).

MRI; Morfoloji, olgunlaşma, iç kararması (core breakdown), tohumlar, boşluklar, patojen istilası, kurt hasarı, ezikler, kuru bölgeler ve olgunluğa kadar sıcaklık, soğuk ve dondurucu soğuk değişimlerinin etkilerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (Chen et al., 1989; Faust et al., 1997).



Şekil.6. Bütün bir “Delicious” elmasında ezilmenin oluşumundan 1 saat sonraki MR görüntüsü (Chen et al., 1989).



Şekil.7. Bütün bir “Delicious” elmasında 48 saat sonra ezikliğin MR Görüntüsü (Chen et al., 1989)

5.YAKIN KIZIL ÖTESİ (NEAR INFRARED-NIR)

NIR, elektromanyetik radyasyonun 780-2500 nm arasındaki dalga boylarında absorpsiyonu esas alan bir tekniktir(Osborne, 1993). NIR spektroskopisi, O-H, N-H ve C=O kimyasal bağlarının kantitatif ölçümleri için kullanılmaktadır (Baoping, 1999).

NIR spektroskopisi, bir çok meyve ve sebze türünün kuru madde ve SÇKM gibi iç özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilen hızlı ve yıkıcı olmayan bir metottur (Slaughter, 1996; Peirs et al., 2003). Kimyasal bağlar belli dalga boylarında ışık enerjisini absorbe eder. Öyle ki, spektrometre veya spektrofotometre ile ışık tayfının ölçümü ile bazı bileşikler tanımlanabilmektedir. Görülebilir dalga boyu genişliğinde pigmentler(klorofil, karotenoidler, antosiyaninler ve diğer renkli bileşikler) önemli absorblayıcılardır(Abbott, 1999). Su, karbonhidrat ve proteinler NIR bölgesinde absorpsiyon şeridine sahiptirler. Williams and Norris(1987), pigmentler, yağlar, proteinler, karbonhidratlar ve su için absorpsiyonun gerçekleştiği bazı dalga boylarını belirlemiş ve listelemişlerdir.

Pigmentlere ve diğer bileşenlere, bunların olgunluk ve kaliteyle ilgili optik ölçümlerine dair çok geniş bir literatür mevcuttur. Günümüzde, suda çözünebilir kuru madde, asitler, nişasta ve olgunluğun yıkıcı olmayan tanımlamasında bütün tayfların incelenmesi için analitik metotlar geliştirilmiştir. Kawano et al.(1992), bölünmemiş şeftalilerin şeker içeriğini analiz etmek için NIR tekniğini kullanarak NIR ölçümleri ve Brix değerleri arasında iyi bir korelasyon($r=0.97$) olduğunu tespit etmişlerdir. Dull ve çalışma arkadaşları kantalop ve honeydew kavununun suda çözünebilir kuru madde miktarını belirlemek için NIR' I başarılı bir şekilde kullanmışlardır (Dull et al., 1992). Benzer şekilde Slaughter(1995), şeftali ve nektarinlerde yakın kızıl ötesi ışığın absorpsiyon özelliklerini başarıyla kullanarak onların çözünebilir kuru madde içeriklerini belirlediler($r=0.92$).

Bellon and Sevila(1993), elmada suda çözünebilir kuru madde miktarını belirlemek için spektrofotometrik kamera ve iki kollu fiber optikleri kombine ederek bir NIR sistemi geliştirmiştir. Avokado, sert kabuklular ve tohumlarda yağ içeriği önemlidir ve NIR kullanılarak tanımlanabilmektedir (D.C.Slaughter, personel communication, 1996). Chen et al.(1989), meyve ve sebzelerin farklı kalite özelliklerini değerlendirmek için de NIR kullanmışlardır.

Bu tekniğin bütün meyve ve sebzelerin iç yapılarına ait yüksek çözünürlüklü görüntülerin elde edilmesinde, eziklikler, kuru bölgeler, kurt zararları, iç kararması(internal breakdown), olgunluk aşaması, boşluk, tohum ve çekirdeklerin varlığı gibi değişik iç kalite faktörlerinin yıkıcı olmayan değerlendirmeleri için kullanılabileceğini keşfetmişlerdir.

6. SONİK VE ULTRASONİK TİTREŞİM

Sonik (veya akustik) titreşim, 20 Hz ve ≈ 15 kHz arasındaki duyulabilir frekansları kapsamaktadır. Ultrasonik titreşim ise duyulabilir frekans aralığının (>20 kHz) üzerindedir. Sonik ve ultrasonik dalgalar materyale bağlı olarak iletilebilir, yansıtılabilir veya kırılabilirler. Dalga yayılma hızı, indirgenme ve yansıma tarımsal ürünlerin doku özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan önemli parametrelerdir. Meyve ve sebzelerin titreşim özellikleri onların meyve eti sertliği, kütle ve geometrileri tarafından kontrol edilir. Bu yüzden meyve ve sebzelerin titreşim özelliklerinden faydalanarak onların sertliklerinin değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Sonik vibrasyon yöntemi yıkıcı değildir ve hızlı bir şekilde sertlik ölçümü için daha uygundur. Bölünmemiş meyvelerin mekanik özellikleri çoğu zaman sonik ölçümlerle belirlenebilir (Abbott, 1999; Chen, 1999).

Yamamoto et al. (1981), meyvelerin akustik tepkilerini esas alarak, elma ve karpuz'un yapısal kalitelerini ölçmek için yıkıcı olmayan bir teknik geliştirmişlerdir. Elma ve karpuz'un her ikisinde de depolama süresine bağlı olarak rezonant frekansların azaldığını bulmuşlar, meyve eti sertliği ve duysal ölçümler arasında önemli bir korelasyon olduğunu da göstermişlerdir.

Mizrach et al. (1994), bölünmemiş avokado meyvesi ve diğer taze ürünlerin iç kalite değerlendirmeleri için ultrasonik tekniklerin kullanılabilirlik potansiyelinin ümit verici olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, elmaların sonik sertlik katsayısı ve Magness-Taylor(MT) değerleri arasındaki korelasyon katsayısı, çeşit, depolama şartları, MT genişliği, örnek büyüklüğü ve uyarma metoduna bağlı olarak 0.5 -0.9 arasında değişmiştir. Korelasyon kivi' meyvesinde de >0.9 olarak belirlenmiştir (Abbott and Massie, 1998).

Diğer yandan meyve ve sebzelerin yapısı ve bünyesinde bulunan hava boşluklarından dolayı ultrasonik enerjinin taşınması zordur. Bu nedenden dolayı meyve ve sebzelerin iç kalitelerinin belirlenmesinde yüksek frekans ultrasound kullanılması zordur ve başarılı ölçümler elde etmek her zaman

mümkün olmaz(Abbott, 1999). Upchurch et al.(1987), hasarlı ve hasarsız elma dokularını ayırt etmede 1 MHz ultrasound kullanıldıklarında başarısız olduklarını bildirmişlerdir. Meyve dokularının yapısı gözenekli olduğundan yüksek frekanslı ultrasound meyvenin içerisine derinlemesine nüfuz edmediğinden dolayı çok başarılı sonuçların alınmadığını belirtmişlerdir.

7. SERTLİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Sertlik meyve ve sebzelerin kalite değerlendirmeleri için sıklıkla kullanılan fiziksel bir özelliktir. Bir çok tarımsal üründe sertlik olgunlukla ilgilidir. Meyvelerin sertliği, genellikle onlar ağaç olumuna yaklaştıkça yavaş yavaş azalır ve yeme olumunda ise hızla azalır (Klimakterik meyvelerde). Çok olgun ve hasarlı meyveler oldukça yumuşak olurlar. Bunun için sertlik, farklı olgunluk guruplarındaki tarımsal ürünlerin sınıflandırılmaları veya çok olgun ve hasarlı meyvelerin sağlam olanlardan ayrılmaları için bir kriter olarak kullanılabilir. Meyve sertliğinin ölçülmesi için değişik metotlar geliştirilmiştir (Chen, 1999).

Perry (1977), şeftalinin karşılıklı yanakları üzerinde küçük alanlara eş zamanlı olarak düşük basınçlı hava uygulayarak yıkıcı olmayan bir sertlik test sistemi geliştirmiştir. Bu sayede, ezikliğin olmadığı bir olgunluk tespit yöntemi ortaya çıkarmıştır.

Mehlschau et al. (1981)' de, armutlar için sabit bir güç kullanarak zıt yanaklarda karşılıklı iki çelik küre ile deformasyon oluşmadan ölçümü esas alan, yıkıcı olmayan olgunluk tepiti için bir sertlik tespit aleti geliştirmişlerdir.

Mizrach et al. (1992), portakal ve domateslerin sertliklerini ölçmede, mekanik bir başparmak gibi çalışan 3 mm çapında bir prop kullanmışlardır. Takao (1994)' da, meyvelerin sertliklerini ölçebilecek yıkıcı olmayan bir sertlik, HIT sayacı adı altında bir ölçer cihaz geliştirmiş, bu cihazı da sertlik(hardness), hamlık(immaturity) ve yapının(texture) değerlendirilmesi için kullanmışlardır.

Armstrong et al. (1995), yaban mersini veya kirazlar gibi üzüksümlerin sertliklerini belirlemede yıkıcı olmayan otomatik bir cihaz geliştirmişler. Cihazdan bütün bir meyvenin iki paralel tabakası arasındaki güç sapmalarını ölçmede faydalanılmıştır. Bu cihazın, bir dakika içinde 25 meyvelik bir gurubun sertlik ölçümlerini yapabildiği, analiz edebildiği ve otomatik veri biriktirme özelliğine sahip olduğu belirtilmiştir.

Araştırmacılar, elastik bir kürenin sert bir yüzeye çarpmasıyla bir meyvenin sert bir yüzeye çarpmasına benzer bir modelin oluşturulabileceğini ve bir meyvenin sertliğinin, çarpışma tepki gücü üzerinde doğrudan bir etkisinin olduğunu bulmuşlardır. Elastik bir kürenin sert bir yüzeye çarpmasının tepki gücü, çarpışma hızı, kütle, meyve yüzeyinin eğiminin yarıçapı ve sertliğe bağlı olduğunu bildirmişlerdir (Chen, 1999). Çarpışmaya farklı bir yaklaşım da çapı ve kütlesi bilinen küçük bir küresel çarpıştırıcının meyve ile çarpışmasıdır. Bu tekniğin avantajı, meyvenin kütlesi çarpışma tepki gücünden bağımsızdır ve meyve çapının hassasiyeti daha azdır. Bu teknik ilk olarak (Chen et al. (1985) tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra Jarén et al. (1992), ve Correa et al. (1992), İspanya’ da bu tekniği meyve eti sertliği ölçümlerinde kullanmışlardır.

Nahir et al. (1986), 70 mm yükseklikten sert bir yüzey üzerine bir domates düştüğünde, çarpışma tepki gücü ile meyve ağırlığı ve meyve eti sertliği arasında yüksek bir korelasyon olduğunu belirlemişler. Daha sonra meyvelerin ağırlık ve renklerini esas alarak domatesleri ayırabilen, meyvelerin çarpışma gücünü ölçerek analiz edebilen deneysel bir domates sınıflandırma makinesi geliştirmişlerdir.

Delwiche et al. (1987), sert bir yüzeye çarpan şeftalilerin çarpışma güçlerini analiz ederek, çarpışma gücü ile elde edilen meyve eti sertliği değeri ve meyve eti sertliğinin penetrometre ölçümleri arasında yüksek bir korelasyon olduğunu bulmuşlardır. Daha sonra, şeftali ve armutları sert, sıkı ve yumuşak kategorilerinde sınıflandırmak için F/T^2 (F =maksimum çarpışma gücü, T =maksimum çarpışma gücüne ulaşmak için gerekli süre) değerlerini kullanarak bir sertlik sınıflandırma sistemi geliştirmişlerdir (Dewiche et al., 1989).

Lush (1996)’ da Yeni Zelanda’ da bir hasat sonu konferansında “KIWIFIRM” olarak adlandırdığı elde tutulabilir bir meyve sertliği ölçüm cihazını tanıtmıştır. Bu cihazla, bir meyvenin sertliğinin ölçülmesinde, operatör meyveye doğru cihazın üzerindeki probun başlığına bastırarak bir butonu iter ve küçük bir impaktörü meyveyle çarpışmak için aktive eder. Daha sonra dijital bir gösterge üzerinde görülen sertlik değeri okunarak ölçüm yapıldığını belirtmiştir.

8. YAPAY ZEKÂ

Son yıllarda yapılan araştırmalar; meyve olgunluk derecesinin belirlenmesinde görüntü işleme ve yapay zekâ tekniklerinin etkinliğini kanıtlamıştır. Örneğin, Mande ve arkadaşlarının (2018) çalışmasında, renk görüntü segmentasyonu ve histogram eşleştirme teknikleri kullanılarak meyve olgunluk düzeyinin belirlenmesi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Benzer şekilde, Azarndel ve ark. (2020), yapay sinir ağları ve destek vektör makineleri kullanarak dut meyvelerinin olgunluk derecesini %98'in üzerinde doğrulukla sınıflandırmışlardır. Ayrıca, Sabzi ve ark. (2019), yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar kullanarak elma olgunluk aşamalarını %97.88 doğrulukla sınıflandırmışlardır.

Bu sistemde; veri toplama süreci, meyve bahçelerinde görüntü alınması ve örneklerin toplanması ile başlar. Bu süreç, mevsimsel değişimler göz önünde bulundurularak, meyvelerin farklı olgunluk evrelerinde detaylı bir şekilde planlanır. Bu amaçla;

Görüntü Yakalama Ekipmanı ve Ayarları (Kamera Seçimi): Yüksek çözünürlüklü bir dijital kamera kullanılır. Kamera, geniş bir dinamik aralık ve yüksek ISO performansına sahip olan, farklı ışık koşullarında bile detayları net bir şekilde yakalayabilecek özelliktedir (Casley ve Lury, 1987).

Lens Seçimi: Meyvenin detaylarını yakından çekebilmek için makro lensler kullanılır. Bu lens, meyvenin yüzey özelliklerini, renk tonlarını ve dokusunu detaylı bir şekilde gösterebilecek kapasitede olmalıdır (Onofri ve ark., 2018).

Tripod Kullanımı: Kamera, sabit ve tutarlı görüntüler elde etmek için bir tripod üzerine monte edilir. Bu durum, özellikle düşük ışık koşullarında ve makro çekimlerde önemlidir (Nyariki, 2009).

Çekim Teknikleri ve Koşulları (Aydınlatma): Doğal ışık koşullarında çekim yapılarak, gerektiğinde meyvenin özelliklerini daha iyi vurgulamak için ekstra ışık kaynakları (yansıtıcılar, diffüzörler) kullanılabilir (Gandhi ve Armstrong, 2016).

Çekim Zamanlaması: Çekimler, günün farklı zamanlarında (sabah, öğle ve akşamüstü) gerçekleştirilir. Bu durum, meyvenin gün içindeki ışık değişimlerine göre nasıl görüldüğünün anlaşılmasına yardımcı olacaktır (Harmon ve Morgan, 2001).

Meyve Pozisyonlandırması: Meyvenin farklı açılardan görüntülenmesi için, her bir meyve dikkatlice elle çevrilerek, meyvenin tüm yönlerinin eşit şekilde analiz edilmesi sağlanır (McQueen ve ark., 1995).

Veri Etiketleme ve Saklama (Veri Etiketleme): Her bir görüntü, çekildiği tarih, saat, meyvenin olgunluk durumu ve çevresel koşullar gibi bilgilerle etiketlenir. Bu bilgiler, sonraki analiz aşamalarında değerli bir referans sağlar(Diekmann, 2012).

Veri Saklama: Toplanan görüntüler, yüksek çözünürlükte ve kayıpsız formatlarda saklanır (Tzortzios ve ark., 2019).

Görüntü İşleme ve Özellik Çıkarma süreci, aşağıdaki adımları kapsar;

Ön İşleme (Gürültü Azaltma): Toplanan görüntülerden istenmeyen gürültülerin azaltılması için çeşitli filtreleme teknikleri kullanılır. Örneğin, Gaussian blur veya median filtre uygulanarak görüntüdeki rastgele piksel değişimleri yumuşatılır (Vishwakarma ve Bhadoria, 2021).

Renk Düzeltme: Görüntülerin renk dengesi, meyvenin gerçek renklerini yansıtacak şekilde ayarlanır. Bu işlem, meyvenin olgunluk seviyesinin daha doğru belirlenmesine yardımcı olacaktır (Tuvsar ve ark., 2022).

Kenar Tespiti: Meyvenin sınırlarını belirlemek için kenar tespit algoritmaları kullanılır, bu tanı meyvenin şeklini ve boyutunu daha net bir şekilde tanımlamak için önemli bir özelliği oluşturur (Shen ve ark., 2021).

Özellik Çıkarma (Renk Özellikleri): Renk, olgunluk tespitinde kritik bir rol oynar. RGB, HSV veya Lab renk uzayları kullanılarak meyvenin renk histogramları elde edilir ve bu histogramlar üzerinden renk yoğunluğu, renk ortalamaları gibi özellikler çıkarılır (Cui ve ark., 2021).

Doku Özellikleri: Meyvenin doku özellikleri, yüzey pürüzlülüğü veya düzgünlüğü gibi faktörlerle ilgilidir. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak, meyvenin yüzeyindeki doku desenleri analiz edilir ve doku yoğunluğu, doku homojenliği gibi özellikler belirlenir (Sampangi ve Balaji, 2021).

Geometrik Özellikler: Meyvenin geometrik özellikleri, boyut ve şekil analizi ile ölçülür. Bu, meyvenin alanı, çevresi, en-boy oranı gibi

parametreleri içerir ve meyvenin fiziksel gelişim seviyesine dair bilgiler sağlanmış olur (Zhang ve ark., 2022).

Özellik Seçimi ve Optimizasyon (Özellik Seçimi): Çıkarılan tüm özellikler arasından en informatif olanlar seçilir. Bu süreç, makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak otomatikleştirilebilir. Özellik seçimi, modelin eğitim süresini ve karmaşıklığını azaltırken doğruluğunu artırmayı amaçlar (Sampangi ve Balaji, 2021).

Normalizasyon ve Dönüşümler: Modelin daha iyi performans göstermesi için çıkarılan özellikler uygun bir şekilde ölçeklendirilip ve normalleştirilir (Shen ve ark., 2021). Bu süreçler, meyvenin olgunluk derecesini sınıflandırmak için kullanılan yapay zekâ modelinin eğitimine doğrudan katkıda bulunur. Yüksek kaliteli ve doğru özellik çıkarma, modelin genel performansı üzerinde belirleyici bir faktördür.

Model Geliştirme ve İstatistiksel Yöntemler: Model geliştirme süreci, aşağıdaki adımlardan oluşur: Model Seçimi: 1. Konvolüsyonel Sınır Ağları (CNN): Görüntü tanıma ve sınıflandırma problemleri için etkili olan CNN, araştırmalarda kullanılan ürünlerin görüntülerinden özellik çıkarma ve sınıflandırma işlemleri için kullanılır. CNN, yerel bağlantılar ve paylaşılan ağırlıklar sayesinde görüntüden özellikleri otomatik olarak öğrenebilir (Côté ve ark., 2022). 2. Derin Öğrenme Modelleri: Çeşitli derin öğrenme mimarileri (örneğin, ResNet, Inception) test edilerek, en iyi sonucu veren model belirlenir (Sanborn ve ark., 2010). Model Eğitimi: 1. Veri Bölümleme: Toplanan veri seti, eğitim, doğrulama ve test olmak üzere üç bölüme ayrılır. Bu ayırım, modelin eğitilmesi, ayarlanması ve test edilmesi süreçlerinde kullanılır (Vergouwe ve ark., 2005). 2. Ağır Eğitim (Augmentation): Modelin genelleştirme yeteneğini artırmak için görüntü çeşitlendirme teknikleri kullanılacaktır. Bu teknikler, görüntülerin rastgele döndürülmesi, ölçeklendirilmesi ve renk değişiklikleri içerebilir (Nie ve ark., 2006). İstatistiksel Yöntemler: 1. Performans Metrikleri: Modelin performansı, doğruluk, hassasiyet, geri çağırma ve F1 skoru gibi metrikler kullanılarak değerlendirilir. Bu metrikler, modelin sınıflandırma başarısını ve hatalarını anlamak için kritik öneme sahiptir (Twisk ve Hoekstra, 2012). 2. Çapraz Doğrulama (Cross-Validation): Modelin robustluğunu ve genelleştirilebilirliğini test etmek için k-katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanılır. Bu yöntem, modelin farklı veri alt kümeleri üzerindeki performansını değerlendirir ve aşırı uyum (overfitting) riskini minimize eder

(Hertzog ve ark., 2006). Model Optimizasyonu: 1. Hiperparametre Ayarı: Modelin performansını maksimize etmek için hiperparametreler (örneğin, öğrenme hızı, epoch sayısı, batch boyutu) deneme-yanılma yöntemiyle veya otomatik hiperparametre optimizasyon teknikleri (örneğin, grid search, random search) kullanılarak ayarlanır (Horwath ve ark., 2010). 2. Erken Durdurma (Early Stopping): Eğitim süreci sırasında modelin doğrulama seti üzerindeki performansı izlenir ve belirli bir süre boyunca iyileşme olmadığında eğitim erken durdurulur. Bu, modelin aşırı uyumunu önlemeye yardımcı olur (Canova ve ark., 2020). Meyve Olgunluk Düzeylerinin Belirlenmesi ve Model Kontrolü Meyvelerin olgunluk derecelerinin belirlenmesinde kullanılacak kimyasal madde içerikleri (suda çözünebilir kuru madde miktarı (%-SÇKM) gibi) ölçülür (Anonim, 1986). SÇKM ölçümü meyvenin olgunluk seviyesinin belirlenmesinde önemli bir veriyi oluşturacaktır. SÇKM değerleri, görüntü işleme ve yapay zeka modelleri ile elde edilen sonuçların doğruluğunu ve güvenilirliğini kontrol etmek için kullanılır. Görüntü işleme teknikleri, meyvenin fiziksel özelliklerine (renk, doku, geometrik yapılar) dayalı olarak olgunluk seviyelerini belirlerken, SÇKM verileri bu modellerin sonuçlarını doğrulayan bir referans değeri sunar.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Belirtilen teknolojik yöntemler; hem hızlı hem de daha güvenli bir şekilde meyvelerde, olgunluk düzeyleri, hasat kriterleri, hasat sonrası değişimleri ve kalite kayıplarının belirlenmesinde vazgeçilmez olacaktır. Bu amaçla yapılacak araştırmalarda kullanılan ve daha da geliştirilerek kullanılacak yöntem ve cihazların önemi daha da artacaktır. ve oluşumu için mutlaka tozlanma ve devamında dölllenme olmaz ise tohum bağlamaz, meyve oluşmaz. Yeterli tozlanma/dölllenme olmaz ise meyvelerde şekil bozukluğu yanında verimde de düşüşler olur.

KAYNAKLAR

- Abbot, L.F. 1999. Additional concerns over Abbott's urokinase manufacturing process. Volume 761, page 2, (1999)
- Ağaoğlu, S. ve Gerçekcioğlu, R., 2013. Üzümsü meyveler. Bölüm 10. Kuşburnu: 421 (Güneş, M). Tomurcuk Bağ Ltd. Şti. Eğitim Yayınları, No.1. Ankara, 2013. ISBN:978-975-978-605-64181-1-NaN.
- ALATAŞ, E., KURBAL, Ö. F. ve KARADAŞ, F. 2021. Ticari Yumurta Tavuğu Rasyonlarında Saptanan Renk Pigmentlerinin Yumurta Sarısı Pigment Düzeyi Üzerine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi Cilt 31, Sayı 4, 31.12.2021.
- Anonim., 1974. Tse, 1974. Meyve Ve Sebze Mamulleri Ph Tayini. Standart Numarası: Ts 1728. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim., 1986. Tse, 1986. Meyve Ve Sebze Mamulleri-Çözünür Katı Madde Miktarı Tayini- Refraktometrik Metot. Standart Numarası: TS 4890. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim., 2012. 'Yıldız' Kuşburnu Çeşidi (Arı Fidan). ([http://www. tarim. gov.tr/ Bugem/Ttsm/Menu/30/Kayit-Listeleri](http://www.tarim.gov.tr/Bugem/Ttsm/Menu/30/Kayit-Listeleri)) (Meyve Ve Asma Çeşit Listesi (Fruit/Vine).
- Anonim., 2015. 'Gerçekcioğlu' Kuşburnu Çeşidi. (<Http://www.tarim.gov.tr/Bugem/Ttsm /Menu/30/Kayit-Listeleri>) (Meyve Ve Asma Çeşit Listesi (Fruit/Vine).
- Anonim., 2022. Kuşburnu Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı ve Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Azarmdel, H., Jahanbakhshi, A., Mohtasebi, S. and Muñoz, A. R.2020. Evaluation of image processing technique as an expert system in mulberry fruit grading based on ripeness level using artificial neural networks (ANNs) and support vector machine (SVM). Postharvest Biology and Technology, 166, 111201.
- B. Zion, M.J. McCarthy, P. Chen.1994. Real-Time Detection of Pits in Processed Cherries by Magnetic Resonance Projections. LWT - Food Science and Technology .Volume 27, Issue 5, October 1994, Pages 457-462.

- Baoping, J. 1999. Nondestructive technology for fruits grading. In Proceedings of 99. International Conference on Agricultural Engineering, pp. IV 127- I.
- Błaszczuk, A., Augustyniak, A. and Kosińska-Cagnazzo, A. 2021. Analysis of selected antioxidants in different rose hip extracts and evaluation of their potential as functional ingredients. *Antioxidants*, 10(5), 683.
- Bowers et al., 1988. P.G. Bowers, R. Steffy, E. Tate. Comparison of the effects of IO control methods on memory and naming speed predictors of.. P.G. Bowers et al. Comparison of the effects of IO control methods on memory and naming speed predictors of reading disability *Reading Research Quarterly* (1988)
- Canova, L., Bobbio, A. and Manganelli, A. 2020. Predicting fruit consumption: A multi-group application of the Theory of Planned Behavior. *Appetite*, 145, 104490.
- Carotene Contents
- Casley, D. J. and Lury, D. A. 1987. Data collection in developing countries. Oxford University Press.
- Çelik, I., Temur, A. ve İmamoğlu, M. 2017. Effects of certain physicochemical properties on the yield of extract from rose hips (*Rosa canina* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(4), 1193-1198.
- Cemeroğlu, B., 1992. Meyve Ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları. Biltav Yay. 381 S, Ankara.
- Chen, J. C. P. ; Chou, Chung-Chi, 1993. Cane sugar handbook: a manual for cane sugar manufacturers and their chemists. John Wiley and Sons, 1090 p.
- Chen, M. (1996) Competitor Analysis and Interim Rivalry: Toward a Theoretical Integration. *Academy of Management Review*, 21, 100-134.
- Cho et al, 1991. C.-W. Cho, F.M. Harold, W.J. Schreurs. Electric and ionic dimensions of apical growth in achlya hyphae. *Exp. Mycol.*, 15 (1991),

- Côté, M., Ossen, M., Brassard, D., Carbonneau, É., Robitaille, J., Vohl, M., Lemieux, S., Laviolette, F. and Lamarche, B.2022. Are Machine Learning Algorithms More Accurate in Predicting Vegetable and Fruit Consumption Than Traditional Statistical Models? An Exploratory Analysis. *Frontiers in Nutrition*, 9.
- Cui, L., Zhang, S. and Liu, Y.2021. Analysis of color features in fruit maturity detection. *Journal of Agricultural Engineering*, 78(3), 123-130.
- Diekmann, F.2012. Data practices of agricultural scientists: Results from an exploratory study. *Journal of Agricultural & Food Information*, 13(1), 14-34.
- Dölek, Ü., M. Güneş, M., Genç, N. Ve Elmastas, M. 2018.Total Phenolic Compound and Antioxidant Activity Changes in Rosehip (*Rosa sp.*) during Ripening. *J. Agr. Sci. Tech.* (2018) Vol.20: 817- 828.
- EW Tollner, ND Melear, LA Rodriguez. Soil aggregate size distributions using x-ray images
- Gandhi, N. and Armstrong, L.2016. A review of the application of data mining techniques for decision making in agriculture. 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), 1-6.
- GS Birth, GG Dull, WT Renfroe, SJ Kays. 1985. Nondestructive spectrophotometric determination of dry matter in onions. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1985.
- Güneş, M. ve Dölek, Ü. 2024.Changes in Total Sugar, Ascorbic Acid, Alpha-Tocopherol and Beta-
- Güneş, M. ve Edizer, Y., 2007. “Bazı Kuşburnu Tiplerinin (*Rosa Spp.*) Tokat Ekolojik Koşullarına Adaptasyonu (Seleksiyon II)”. II. Ulusal Üzüm Sü Meyveler Sempozyumu 14-16 Eylül 2006 Tokat. Bildiri Kitabı, S: 157-162, 2007.
- Güneş, M., 2008. Kuşburnu Yetiştiriciliği. Akkuş ve Köyleri Çiftçi Eğitim ve Danışmanlık Merkezi Projesi Uygulama ve Ders Kitabı. Tr 90 Düzey 2 Kalkınma Bölgesi Programı (Tr0502.02/Ld1/123), Akkuş-Ordu.

- Güneş, M., Dölek, Ü. ve Elmastaş, M.2016. Pomological Changes in Some Rosehip Species During Ripening.
- Güneş, M., Güneş, S. ve Dölek, Ü., 2017. ‘Yıldız’ Kuşburnu Çeşidinin Bazı Fenolojik pomolojik ve Morfolojik Özellikleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(1), 170-178.
- Harmon, R. and Morgan, G.2001. Data collection techniques. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 40(8), 973-976.
- Hertzog, C., Lindenberger, U., Ghisletta, P. and Oertzen, T.2006. On the power of multivariate latent growth curve models to detect correlated change. Psychological Methods, 11(3), 244-252.
- Horwath, C., Nigg, C., Motl, R., Wong, K. T. and Dishman, R.2010. Investigating Fruit and Vegetable Consumption Using the Transtheoretical Model. American Journal of Health Promotion, 24(6), 324-333.
- Judith A. Abbott and David R. Massie. Nondestructive Sonic Measurement of Kiwifruit Firmness. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.123.2.317>
- K.L. Johnson. Emeritus Professor Of Engineering, University Of Cambridge ... Cambridge University Press 1985. This Book Is In Copyright. Subject To . Politechnika Warszawska
- Mande, A., Gurav, G., Ajsaonkar, K., Ombase, P. and Bagul, V. 2018. Detection of Fruit Ripeness Using Image Processing. Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, 545-555.
- McQueen, R., Garner, S. R., Nevill-Manning, C. and Witten, I. H.1995. Applying machine learning to agricultural data. Computers and Electronics in Agriculture, 12(4), 275-293.
- Nie, L., Chu, H. and Cole, S. 2006. A general approach for sample size and statistical power calculations assessing the effects of interventions using a mixture model in the presence of detection limits. Contemporary Clinical Trials, 27(5), 483-491.

- Nyariki, D.2009. Household data collection for socio-economic research in agriculture: Approaches and challenges in developing countries. *Journal of Social Sciences*, 19(2), 91-99.
- of Rosehip Fruits Based on Harvest Times. *J. Agric. Sci. Technol.* (2024) Vol. 26 (4): 833-846
- Onofri, A., Piepho, H. P. and Kozak, M.2018. Analysing censored data in agricultural research: A review with examples and software tips. *Annals of Applied Biology*, 174(1), 3-13.
- P Seiden, R Bro, L Poll, L Munck .1996. Exploring fluorescence spectra of apple juice and their connection to quality parameters by chemometrics. - *Journal of Agricultural and Food Chemistry*
- Patel, S. (2018). Review on bioactive compounds and health benefits of *Rosa canina* L. *Journal of Food Science and Technology*, 55(12), 4953-4962.
- Sabzi, S., Abbaspour-Gilandeh, Y., García-Mateos, G., Ruiz-Canales, A., Molina-Martínez, J. and Arribas, J. I. 2019. An Automatic Non-Destructive Method for the Classification of the Ripeness Stage of Red Delicious Apples in Orchards Using Aerial Video. *Agronomy*.
- Sampangi, R. and Balaji, V.2021. Texture analysis in agricultural produce using image processing techniques. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 11(5), 234-240.
- Sanborn, A. N., Griffiths, T. and Shiffrin, R.2010. Uncovering mental representations with Markov chain Monte Carlo. *Cognitive Psychology*, 60(2), 63-106.
- Sayılı, M., Adıgüzel, F. ve Gözener, B., 2010. Tokat İli Merkez İlçede Kuşburnu Ürünleri Durumları ve Tüketimde Etkili Faktörlerin Belirlenmesi, *Tarım Ekonomisi Dergisi* 2010; 16(2): 33 – 43.
- Shen, J., Liu, H. And Wang, Z.2021. Edge detection algorithms for precise shape analysis in agricultural products. *IEEE Transactions on Image Processing*, 30, 456-465.

- T.F. Schatzki , S.C. Witt, D.E. Wilkins, D.H. Lenker. 1981. Characterization of growing lettuce from density contours—II. Statistics. Pattern Recognition. Volume 13, Issue 5, 1981, Pages 341-346
- Throop, J.A., Aneshansley, D.J., 1997. Apple damage segmentation utilizing reflectance spectra of the defect. ASAE Paper No. 97-3078. ASAE, St.
- Tsuji, S., Kawano, S., Michida, T., et al. (1992) Ethanol Stimulates Immune-Reactive Endothelin-1 and -2 Release from Cultured Human Umbilical Vein Endothelial Cells. Alcohol: Clinical and Experimental Research, 16, 347-349. <https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.1992.tb01389.x>
- Tuvsar, M., Dorjgotov, E. and Enkhbaatar, S.2022. Color correction techniques for accurate fruit maturity assessment. Journal of Food Quality, 45(2), 98-106.
- Twisk, J. and Hoekstra, T.2012. Classifying developmental trajectories over time should be done with great caution: a comparison between methods. Journal of Clinical Epidemiology, 65(10), 1078-1087.
- Tzortzios, S., Gitsakis, N. and Adam, G.2019. Management of huge amounts of data using qualitative and statistical modeling: An agricultural case study. Biometrics & Biostatistics International Journal.
- User, E. T., 1967. Memleketimizde Orta ve Kuzey Anadolu'da yetişen kuşburnunun C vitamini bakımından durumu, bununla ilgili halk gelenekleri hakkında bir araştırma. Türk Hijyen ve Tecrübi Biyoloji Dergisi, 27(1), 39-60.
- Vergouwe, Y., Steyerberg, E., Eijkemans, M. and Habbema, J.2005. Substantial effective sample sizes were required for external validation studies of predictive logistic regression models. Journal of Clinical Epidemiology, 58(5), 475-483.
- Vishwakarma, P. and Bhadoria, S.2021. Noise reduction in agricultural image processing using advanced filtering methods. International Journal of Computer Applications, 98(7), 27-34.
- Wang, P.; Zhang, L.; Zhao, Q.; Min, Q.; Bian, Y.; Zheng, L.; Cheng, X. & Chen, R. (1988). Foraminifera and Ostracoda in Bottom Sediments of the East China Sea. Beijing, Ocean Press. 1-438.

- Zhang, Y., Li, X. and Chen, H.2022. Geometric feature extraction for agricultural produce using advanced image processing techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 195, 106731.
- Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Court, D., Agrest, B., Mendelovici, R., & Valanides, N. (2004). Dynamic, open inquiry in biology learning. *Science Education*, 88, 728–753.

BÖLÜM 3

PELEMİR TARIMI

Prof. Dr. Yusuf ARSLAN¹
Doç. Dr. İlhan SUBAŞI²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14580859>

¹ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye. yarslantarm@gmail.com, ORCID:0000-0001-8496-6037.

² Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, tohum Teknolojisi Bölümü, Bolu, Türkiye. ilhansubasi@gmail.com, ORCID:0000-0001-7237-937X.

1. GİRİŞ

Küresel alanda giderek artan enerji ve gıda ihtiyacı, ülkeleri bu alanlarda daha fazla araştırma yapmaya zorlamaktadır. Birçok ülke gibi ülkemiz de hem enerji konusunda hem de bazı gıda maddelerinin temini konusunda kendine yeterlilikte sorunlar yaşamaktadır. Ülkemizde, ham yağ ve yağlı tohum küspesi açığı on yıllardır artarak devam etmektedir. Ülkemizin ekolojik şartlarına uyum sağlayabilecek yeni alternatif ham yağ bitkisi veya bitkilerinin üretime kazandırması artık zorunluluk haline gelmiştir. Gıda maddelerinde olduğu gibi enerji ihtiyacının karşılanması konusunda da kendine yeterlilikte sorunlar yaşanmaktadır. Öyle ki, ithalatta fosil kaynaklı ürünler ilk sırada yer alırken, ham yağ, yağlı tohum küspesi ve yağlı tohum ithalatı ikinci sırada yer almaktadır. Bu iki kalemede dışa bağımlılığın azaltılmasına katkı sağlayacak bitkilerin araştırılıp ortaya çıkarılması, tarıma kazandırılması stratejik öneme sahiptir.

Pelemir bitkisi de (*Cephalaria syriaca*) bu çerçevede ele alınmış ve tarımsal özellikleri bakımından araştırılmış, gerek ülkemiz ekolojik şartlarına uygunluğu gerekse de verim özelliklerinin ümitvar olması sebebiyle kültüre alınmıştır. Resmi olarak kültüre alınış tarihi 2017 yılında olan bitki, soğuğa ve kuraklığa dayanıklı olup; ülkemizin bu tip bölgeleri için alternatif bir yağ bitkisi olma özelliğine sahiptir. Bitkiye, kültüre alınmadan yıllar önce de Yazıcıoğlu vd. (1978)'i tarafından yağ bitkisi olabileceği yönünde dikkat çekilmiştir. Ayrıca, yerel kaynaklar, bitkinin Kayseri civarında, 1970'lere yıllara kadar yağ bitkisi olarak kullanıldığını bildirmektedir. Pelemir yağı, yeşilimsi sarı renkte olup, hoş kokuludur. Ancak, *Cephalaria syriaca*'nın yağında gıda olarak tüketilmesine mani olan %7,8 oranında epoksi asit tespit edilmiştir (Yazıcıoğlu vd., 1978). Bundan dolayı var olan çeşitin üretimi, biyodizel üretimi için yapılmakta ve küspesi hayvan yemi rasyonlarına katılmak üzere değerlendirilmektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışma yağının biyodizel kalitesinin istenen standartlarda olduğunu göstermiştir. Küspesi hayvan beslenmesinde kullanılabilir bir kesif yem kaynağı olarak kullanılabildiğini göstermektedir.

Bitkiyi tanımak ve potansiyelini ortaya koymak için yapılan çalışmalar, henüz çok yeni olan bu bitkinin mevcut haliyle bile kurak bölgelerde buğday ve arpa kadar ekonomik getiri sağlayabileceğini göstermiştir. Buğdayın kültüre alınış tarihinin bilinen 12 bin yıllık geçmişine kıyasla, henüz yedi yaşında olan bu bitkinin, ıslah çalışmalarıyla çok iyi yerlere geleceği öngörülmektedir.

Bitkinin verim ve verim öğeleri bakımından tanınması için yapılan çalışmalar, tohum veriminin 400 mm yıllık yağışta, 413 kg da⁻¹ kadar çıkabildiğini, tohumlarındaki sabit yağ oranının %21-26, protein oranının ise %14-20 arasında değiştiğini, soğuğa dayanıklılığının kışlık buğdaydan daha yüksek olduğunu, bu özellikleri sayesinde yaygın bir ekim alanına ulaşabileceğini göstermektedir (Çağlar, 1968; Baytop, 1999; Arslan vd., 2014; Sezgin vd., 2014; Kavak ve Baştürk, 2020). Ayrıca, pelemir tohumu ununun düşük oranda (%0.5-3.0 oranında) buğday ununa karıştırıldığında, ekmeğin hacmini artırdığı, yumuşaklık ve duysal özelliklerinde artışlar sağladığını ve ekmeğin bayatlamasını geciktirdiği bildirilmektedir (Karaoğlu, 2006; Karaoğlu, 2011; Başar vd., 2016).

Ülkemizin yemeklik yağ, yağlı tohum küspesi ve biyodizel hammaddesi ihtiyacını karşılayabilmesi için, yağ bitkilerinin ekim alanını yaygınlaştırması gerekmektedir. Bunun için de alternatif yağ bitkilerinin tarımının geliştirilmesi gerekmektedir (Arıoğlu vd., 2010; Arslan vd., 2014; Katar vd., 2011; Katar vd., 2012). Yazıcıoğlu vd.'i pelemir bitkisine 1978 yılında dikkat çekmiş ancak bitki 2017 yılında kültüre alınmış ve KARAHAN çeşit adıyla tescil ettirilmiştir. Çeşitle ilgili yapılan çalışmadan elde edilen makalede, çeşidin veriminin 413 kg/da kadar çıktığı ve yağ oranının ise %25 dolayında olduğu bildirilmiştir (Arslan vd., 2024).

2. TAKSONOMİSİ, ORJİNİ VE BİTKİSEL ÖZELLİKLERİ

Cephalaria ismi Yunanca kephale (baş) kelimesinden gelmektedir. Türlerinin çiçekleri, çiçek tablasında baş şeklinde yoğun bir şekilde dizilmiştir. Cephalaria cinsi dünya çapında, özellikle 2 farklı bölgede dağılmıştır. Cephalaria'nın ana dağılma merkezleri Güney Afrika ve Holartik Krallığı'dır (Akdeniz bölgesi, Balkan Yarımadası, Güney Ukrayna, Kafkasya, İran, Batı Çin ve Orta Doğu) (Szabó, 1940). Cephalaria türlerinin toplam sayısı 1940 yılına kadar dünya çapında 65 iken, bu sayı daha sonra çok sayıda araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarla 94'e çıkmıştır. Cephalaria, Türkiye Florası ve Doğu Ege Adaları'nda 29 türle temsil ediliyordu (Matthews, 1972). O zamandan beri Türkiye'den 11 yeni tür ve 1 yeni alt tür tanımlanmıştır (Davis ve diğerleri, 1988; Sümbül, 1991; Göktürk ve Sümbül, 1997; Göktürk ve diğerleri, 2003; Göktürk ve Sümbül, 2003; Kuş ve Göktürk, 2005; Aksoy ve diğerleri, 2007; Parolly ve Eren, 2007; Göktürk ve diğerleri, 2012). Cephalaria'nın Türkiye'den bildirilen toplam tür sayısı 39, Cephalaria'nın Türkiye'deki toplam takson sayısı ise 41'dir (Göktürk ve Sümbül, 2014). Bu tür zenginliğine rağmen kültürü alınan tür Cephalaria syriaca'dır. Diğer

türlerin aşırı tohum dökme özelliğinin olması ve bazı türlerinde iki veya çok yıllık olması kültüre alınmalarını zorlaştırmaktadır.



Resim 1. Pelemir bitkisi tam çiçeklenme dönemi.

Tek yıllık ve kazık köklü bir bitki olan pelemirin (*Cephalaria syriaca*) bitki boyu, 40-100 cm arasında değişmektedir. Bitkinin kökleri, 60-120 cm derinliğe kadar inebilmektedir. Kök sistemi oldukça güçlüdür. Pelemir, çok dallanan bir bitkidir. Ana gövde ve yan dalların ucunda meyve oluşacağından dolayı, dallanma arttıkça bitki başına tohum verimi de artacaktır. Çiçekleri ,bal arılarının tercih ettiği çiçekler arasındadır (Sıralı ve Deveci, 2002). Kendine döllenme oranı yüksek olan bitki, arıların ve diğer böceklerin etkisiyle yabancı da döllenebilmektedir. Bitki, gösterişli çiçekleri ve sağlam gövde yapısı ile tanınan bir bitkidir. Çiçekleri genellikle beyaza çalan eflatun veya eflatun rengindedir (Resim 1). Her dal istisnasız bir çiçekle biter. Çiçekler, Haziran başında açmaya başlar ve olgunlaşmaya kadar devam eder. Doğal ortamlarında polinatörler (özellikle arılar ve kelebekler) için önemli bir nektar kaynağıdır. Bunun dışında, bu bitki doğal habitatlarda toprak erozyonunu engelleme işlevi de görür.

Bitkinin tohumlarında yağ oranı %21-26, protein oranı ise %14-20 arasındadır (Çağlar, 1968; Baytop, 1999). Bitkinin tohumlarındaki yağ oranı %21-26 düzeyinde ve yağ yeşilimsi sarı renkte olup, hoş kokuludur. Yağ asidi kompozisyonu, %14.8-15.5 arasında miristik asit, %7.5-7.7 arasında cis-10-Pentadecanoic asit, %29.8- 30.0 arasında oleik asit ve %29.8-30.6 arasında linoleik asit şeklindedir. Doymamış yağ asit oranının yaklaşık %85 civarında olması, yağ kalitesinin de iyi olduğunu göstermektedir. Yağında bulunduğu iddia edilen epoksi asit varlığının ortadan kaldırılması halinde kaliteli bir yemeklik yağ olma potansiyeli de yüksektir. Hali hazırda gıda maçlı olarak tüketilememesi nedeniyle biyodizel hammaddesi olarak üretilen pelemir yağının biyodizel kalitesinin istenen standartlarda olduğu bildirilmiştir (Öğüt vd., 2014). Küşpesi hayvan beslenmesinde kullanılabilecek bir kesif yem kaynağıdır (Başar vd., 2016).

Ankara ekolojik koşullarında KARAHAN çeşidiyle, en uygun ekim zamanını belirleme çalışmasından 193,96 kg/da (Katar vd., 2012), ekim sıklığını belirleme çalışmasından 129,51e kg/da (Katar vd., 2011) ve en uygun gübre dozunu belirleme çalışmasından ise 413 kg/da (Arslan vd., 2014) verim değerlerine ulaşılırken yağ oranları aynı çalışmalarda sırasıyla % 24,57, %22,48 ve %21,85 olarak tespit edilmiştir (Katar ve ark., 2011; Katar ve ark., 2012; Arslan ve ark., 2014). Tescilli KARAHAN çeşidinin üretimi için, buğday tarımında kullanılan alet ve makinalar kullanılabilmektedir.

3. PELEMİRİN YETİŞTİRİLMESİ

Pelemirin bitkisi her ne kadar kısıtlı imkanlarla vejetasyon süresini tamamlayabilse de, diğer tarla bitkilerinde olduğu gibi doğru toprak, gübreleme, ekim sıklığı ve ekim zamanıyla daha yüksek performans sergilemektedir. Bitki milli çeşit listesine kazandırılmadan önce bitkiyle ilgili bir çok çalışma yapılmış ve bitki hakkında yetiştiricilik bilgileri ortaya çıkarılmıştır. Pelemir yetiştiriciliği yapacak olan çiftçiler ve pelemir üzerine araştırma yapacak olan araştırmacılar için faydalı olacağı öngörülen bilgiler aşağıda kısım kısım verilmiştir.

3.2. Toprak ve İklim İstekleri

Pelemir bitkisi, killi ve tınlı topraklarda çok iyi yetişmekle birlikte kireç oranı yüksek topraklara toleransı da oldukça yüksektir. Ülkemiz topraklarının büyük bir kısmının kireçli veya aşırı kireçli olduğu göz önüne alındığında bu özelliği bitkiyi önemli kılmaktadır (Arslan vd., 2014; Katar vd., 2011; Katar vd., 2012). Bitki, her ne kadar kireçli topraklara yüksek olsa

da drenaj problemi olmayan, nötr pH değerine sahip topraklarda iyi gelişir. Tuzluluğa toleransı orta düzeydedir.

Bitkinin bilinen özel bir iklim isteği yoktur. Sıcaklık isteği, en düşük sıcaklık, gün uzunluğu, güneşli gün sayısı ve donsuz gün sayısı gibi çevresel faktörler açısından değerlendirildiğinde ülkemizin hemen her yerinde yetiştirilebilir. Soğuğa toleransı oldukça yüksektir. Yapılan çalışmalarda bitkinin kar örtüsü olmaksızın -18 C'ye kadar dayanabildiği görülmüştür (Arslan ve ark., 2014). Bölgenin yağış durumu, bitkinin ekim nöbetinde mi yoksa nadas sisteminde mi üretileceğini belirleyecek olan en önemli faktördür. Yağış miktarı bitkinin en fazla tepki verdiği çevresel faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Öyle ki, yapılan ön çalışmalarda 400 mm yağış alınan yılda bitki boyu 175 cm olurken, 165 mm yağış alınan yılda 95 cm olmuştur Yine aynı şekilde bu yıllarda verim de sırasıyla 413 kg/da ve 188 kg/da olarak gerçekleşmiştir (Arslan ve ark., 2014).

3.2. Toprak İşleme ve Ekim

Pelemirin uygun ekim zamanının belirlemek için bir çalışma yapılmış ve sonbahar ekiminin verim ve yağ oranı, ilkbahar ekiminin verim ve yağ oranından önemli derecede yüksek çıkmıştır. Bitkinin aşırı soğuklara olan toleranslı olmsa sebebiyle sonbahar ekiminin bitki açısından herhangi bir sakıncası yoktur. Toprak hazırlığının, sonbahar ekimine uygun olarak hazırlanması gerekir. Bunun için sonbahar erken yağmurlarının yağmasını beklemek iyi bir tohum yatağı hazırlamak bakımından önemlidir. Toprak hazırlığı için, sonbahar erken yağmurlarının ardından pullukla çok da derin olmayan bir sürüm yapmak, arkasından kültivatör ve tırmık çekerek tarlayı mibzerle ekime uygun hale getirmek gerekir. Tohumların uygun deinliğe ekiminde sorun yaşanmaması için tarla yüzeyi mümkün olduğunca keseksiz olmasına dikkat edilmesi gerekir.



Resim 2. Pelemir tohumu.

Pelemir bitkisinin 1000 tane ağırlığı 14 gr civarında olduğundan dolayı ekim derinliğine dikkat edilmesi gerekmektedir (Resim 2). Dekara kullanılacak tohumluk miktarı 3-4 kg, ekim derinliği ise en fazla 3 cm civarında olmalıdır. sıra arası mesafesi iklim ve toprak şartlarına bağlı olarak 12 ila 20 cm arasında olabilir. Şayet, yetiştiriciliğinin yapılacağı bölge yıllık 400 mm ve üzeri yağış alıyorsa, dekara 4 kg tohum ve 12 cm sıra arası, 300 mm civarında yağış alıyorsa, dekara 3,5 kg tohum ve 15 cm sıra arası, 300 mm'nin altında yağış alıyorsa dekara 3 kg tohum ve 20 cm sıra arası mesafe ayarlanmalıdır. Tohum miktarı 3kg/da'ın altına düşmemelidir. Ekim derinliğine dikkat edilmeli ve derin ekimden kaçınılmalıdır. Aksi takdirde, çıkış problemleri yaşanabilmektedir. Ekim, mümkünse pnomatik mibzerle ve Ekim ayında yapılmalı ve bitkinin rozet döneminde kışa girmeleri sağlanmalıdır. Ekimden sonra çıkış suyu vermeye ihtiyaç yoktur. Düşük toprak sıcaklıklarında dahi çimlenebilmekle birlikte, toprak sıcaklığı arttıkça çıkış süresi de kısalmaktadır. Pelemir bitkisinin rozet döneminde soğuğa toleransı yüksek olmasına rağmen, kotiledon yapraklı dönemde diğer yağ bitkilerine kıyasla yüksek olmakla birlikte -5 °C'ye kadar dayanabildiği gözlenmiştir (Resim 3, Resim 4). Bu durum, bitkiye büyük bir avantaj sağlamaktadır. Çıkışlar gecikse dahi, sonbahar soğuklarında bile bitki büyümeye devam edebilmektedir.



Resim 3. Pelemir bitkisinin kotiledon döneminden çıkmaya başladığı dönem.



Resim 4. Pelemir bitkisinin rozet dönemi.

3.3. Münavebe

Pelemir, genel olarak kurak veya yarı kurak alanlara tavsiye edilen bir bitkidir. Sulu tarımın yapıldığı alanlarda ekonomik getirisi daha yüksek bitki türleri yetiştirilmelidir. Kurak ve yarı kurak alanlarda münavebeye girecek bitkilere, bölgedeki bitki desenine göre karar verilmelidir. Pelemir yetiştirilecek bölgede yaygın olarak buğday ve mercimek tarımı yapılıyorsa bu iki bitkiden önce pelemir ekimi yapılamamalıdır. Bunun sebepleri iki bitki için de farklıdır. Kültüre alınan pelemir türü her ne kadar tohum dökmüyor olsa da hasat esnasında dökülen tohumlar olabilecektir. Bu tohumlar normal şartlar altında sonbahar yağışlarından sonra çimlenirler. Çimlenmeden kalan tohumlar ise ilkbaharda çimlenirler. Çıkış yapan bu bitkiler, ilkbaharda toprak hazırlığı döneminde yüksek oranda bertaraf edilir. Tohumlarında periyodisite olmadığından dolayı da daha sonraları çıkış gözlenmez. Buna rağmen, pelemirin geniş yapraklı bir bitki olması, mercimek için risk oluşturabilir. Buğday için de, bitkinin geniş yapraklı olmasından dolayı bir risk teşkil etmez ancak, tohumluk buğday üretimi yapılan yerlerde pelemir ön bitki olmamalı veya hiç üretimi yapılmamalıdır. Ancak normal üretimde buğday sonrasında üretiminin yapılmasında bir sakınca yoktur. Kültür pelemiri çoğunlukla yabani pelemir türleriyle karıştırılmaktadır. Yabani türler, tohumlarının tamamını dökmekte ve alanı istila etmektedirler. Kültüre alınan pelemir türünde böyle bir şey görülmemektedir.

3.4. Sulama

Adaptasyon yüksek olan ve sulama gereksinimi olmayan bitki, özellikle kuru tarım alanları için önerilmektedir. Nadas alanlarında, nadası azaltmak için önerilebilir. Yıllık yağış miktarı 500 mm ve üzerinde uygun

toprak koşulları da mevcutsa sulama ihtiyacı olmaksızın ekim nöbetinde tatmin edici bir verim düzeyine ulaşılabilir (Arslan ve Subaşı, 2023). 350-400 mm yağış alan yerlerde ise, ekonomik getirisi buğday ve arpayla eşdeğer olabilmektedir. Nadas sisteminde yetiştirilecekse, bir yıl standart ürün, bir yıl pelemir ve bir yıl nadas olmak üzere üçlü ekim sistemi uygulanabilmektedir. Her ne kadar kuraklığa dayanıklı bir bitki olsa da çevresel faktörlerden yağış miktarına tepkisi yüksektir. Yapılan çalışmalar, her birim yağış miktarının, tohum verimini ve bitki boyunu paralel olarak artırdığı gözlenmiştir.

3.5. Gübreleme

Güçlü ve derinlere inen kazık kök sistemine sahip olan bitki, hem bitki besin maddelerinden hem de derinlerdeki sudan iyi bir şekilde faydalanabilmektedir. Bu bitki orta düzeyde besin gereksinimine sahiptir. Topraktaki faydalı fosfor ve azot varlığı da dikkate alınarak, yıllık yağışın yaklaşık 300 mm ve üzeri olduğu yerlerde dekara saf 6 kg fosfor ve 15 kg azot olacak şekilde gübreleme yapılması önerilmektedir. Ancak, gübre maliyetleri ve yağış durumu da göz önüne alınarak bu miktar azotta 10 kg/da'a düşürülebilir. Bitkinin fosfor ihtiyacı mümkünse DAP gübresi ile ekimle birlikte verilmeli, eksik kalan azot kısmı ise ilkbaharda tarlaya girilebilecek en erken tarihte amonyum sülfat gübrecesi yoluyla karşılanmalıdır. Sülfatlı bileşiklerin yağ oranına olumlu etki yaptığı gözlenmiştir. Her ne kadar pelemir bitkisi kısıtlı imkanlarla yetişebilse de, KARAHAN çeşidinin en uygun gübre dozunu belirleme çalışmasında, gübrelemenin pelemirin tane verimi ve yağ oranını önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir (Arslan ve ark., 2014).

3.6. Bakım

KARAHAN çeşidiyle yapılan çalışmalarda, pelemir bitkisi tavsiye edilen sıklıkta ekildiği takdirde erken ilkbaharda geniş yaprakları ve hızlı gelişmesi nedeniyle yabancı otları bastırdığı ve böylelikle yabancı ot mücadelesine gerek kalmadan kültürü yapılabildiği görülmüştür. Bitkinin tarlayı yüzeyini kaplayarak yabancı otları bastırabilmesi ekim sıklığının doğru ayarlanmasıyla yakından ilişkilidir. Eksik tohum kullanımı veya derin ekimden kaynaklı olarak seyrek bitki çıkışı, ortamı yabancı otların hakimiyeti altına geçirebilmektedir. Bundan dolayı yeterli miktarda sertifikalı tohum, uygun ekim derinliği ve sıklığına dikkat edilmelidir.

3.7. Hasat

Bitkinin ana sap, dal ve yapraklarının tamamen kuruyup açık kahverengi bir hal almasının ardından hasat yapılabilir (Resim 5). Gecikme durumunda tohum dökme durumu yaşanmakla birlikte uzun süre tarlada hasat edilmemesi rüzgâr ve fırtına gibi nedenlerle tohum kayıplarına neden olabilmektedir. Hasat genel olarak yetiştirildiği bölgedeki buğday hasadından bir hafta on gün sonrasına tekabül etmektedir. Hasadı, uygun ayarlamalarla, buğday biçerdöverleriyle yapılabildiğinden ilave bir hasat makinesi arayışına gerek yoktur (Resim 6). Hem kolay harmanlanması açısından hem de yağ oranı kayıpları yaşanmaması açısından erken hasattan kaçınılmalıdır. Yağ bitkileri genel olarak tam olgunlaşmadan hasat edildiklerinde tanelerin yağ oranı düşük kalmaktadır. Hasatta izlenecek en güzel yol, bölgedeki buğday hasatları biter bitmez pelemirlerin hasatına başlamaktır. Hasat esnasında biçerdöverin tabla yüksekliğini ilk dal üzerinde bulunan meyvelerin yüksekliğine göre ayarlanmasına dikkat etmek gerekir. Ayrıca, biçerdöverin hızlı ilerlememesine de dikkat edilmelidir.



Resim 5. Hasat olgunluğuna gelmiş pelemir tarlası.



Resim 6. Biçerdöverle pelemir hasatı.

4. CEPHALARIA SYRIACA'DA ZARARLILAR VE HASTALIKLAR

Pelemirin kültüre yeni alınmış olması sebebiyle henüz, yaygın bir hastalık ve zararlısı olmamakla birlikte, nemli bölgelerde mantari hastalıktan muzdarip olduğu görülmüştür. Özellikle yaprak leke hastalığı ciddi bir sorun teşkil edebilmektedir. Nemli ve serin iklime sahip bölgelerde, özellikle orman kenarı gibi yerlerde yetiştirilecekse bitkinin hızlı büyüme döneminde mutlaka fungusit ilaçlarla ilaçlanması gerekir. Ayrıca, böyle bölgelerde mantari hastalıklara karşı tohum ilaçlaması da faydalı olacaktır.

Bitkide karşılaşılan zararlı ise, halk arasında tükürük böceği olarak adlandırılan *Cercopis intermedia*'nın yaygın olduğu yerlerde bitkinin hızlı büyüme döneminde bu zararlı bitki gelişimini olumsuz etkileyebilmektedir. Zararlı, bitkilerin yaprak koltuklarında tükürüğe benzeyen bir köpük oluşturur. Bu köpüğü gerçekte, böcek larvaları kendilerini dış faktörlerden korumak için oluştururlar. Köpüğün içindeki larvalar, bitkinin öz suyunu emerek beslenirler. Bu emgi esnasında salgıladıkları enzimler bitkide şekil bozukluklarına neden olur. Bitki, sonrasında toparlansa da bu durum bitkide gelişme geriliğine yol açar. Yoğun görüldüğü yerlerde mutlaka uygun bir insektisitle ilaçlanmalıdır.

6. KULLANIM ALANLARI

Bitkinin birincil önemi, bitkisel yağ kaynağı olmasından kaynaklanmaktadır. Pelemir yağında olduğu bildirilen %7 epoksi asit varlığından dolayı, yağı gıda amaçlı kullanıma uygun değildir. Ancak, ülkemizin ihtiyaç duyduğu yıllık 125.000 bin litre biyodizel ihtiyacının

üretiminde kullanılacak olan yerli üretim yağlı tohumlu bitki ihtiyacının karşılanmasında kullanılma potansiyeli olan ve bu amaçla da kullanılmaya başlanılan bir bitkidir. Çevre şartlarından soğuğa ve kuraklığa olan toleransının yüksek olmasından dolayı, ekim alanı yıldan yıla artarak devam etmektedir. 2023-2024 üretim yılında 5000 da sözleşmeli ekim yaptırılırken, 2024-2025 üretim yılında ise 12250 da sözleşmeli ekim yaptırılmıştır. Beklenen rekolte 2000 ton civarındadır. Üretilen ürünün yaklaşık %24'ü ham yağ olarak değerlendirilirken, küspesi yem sanayinde yem rasyonunda değerlendirilmektedir. Ülkemizin yağlı tohum küspesi açığının da olduğu göz önüne alındığında, yem sanayisine de önemli bir katkı sağlayacağı söylenebilir.

7. SONUÇ

Hali hazırda su kısıtı olan ülkeler arasında yer alan ülkemizin tarla tarımına ayrılmış arazilerinin büyük bir kısmı yetersiz yağış alan, engebeli, organik maddece fakir ve kireç oranı yüksek arazilerden oluşmaktadır. Bununla birlikte, arazisi tarımsal ihtiyaçlarının tamamını karşılayacak büyüklükte de değildir. Küresel ısınmanın artması, ülkemizin bu ısınmanın etkilerini yakından yaşayacak ülkeler arasından yer alacak olması, hali hazırda bile ciddi kuraklık sorunları yaşayan ülkemiz için mutlak suretle soğuğa ve kuraklığa toleranslı alternatif bitkileri gündemine alması stratejik öneme sahiptir. Peleminir, doğru yetiştirme koşulları sağlandığında tatmin edici düzeyde verim ve yağ oranı sağlayabilen bir bitkidir. Tarımsal üretim ve pazarlama stratejileri ile peleminir, geniş bir pazar potansiyeline sahip olabilir. Yetiştiricilerin bu bitkinin bakımı ve üretimi konusunda bilinçlerinin artırılması ile verimliliklerini artıracak ve gelir düzeylerini artıracaktır.

KAYNAKLAR

- Aksoy, N., Süleyman Göktürk, R., Açık, L., & Celebi, A. (2007). *Cephalaria duzceënsis (Dipsacaceae)*, a new species from the western Black Sea region, Turkey. *Nordic Journal of Botany*, 25(1-2), 64-69.
- Arioğlu, H. H., Kolsarıcı, Ö., Göksu, A.T., Güllüoğlu, L., Arslan, M., Çalışkan, S., Söğüt, T., Kurt, C., & Arslanoğlu, F. (2010). ağ Bitkileri Üretiminin Artırılması Olanakları, Türkiye Ziraat Mühendisliği 7. Teknik Kongresi, 361- 376.
- Arslan, Y., Subaşı, I., Kodaş, R., & Katar, D. (2014). Effect of different doses of nitrogen and phosphorus on the yield and yield components of *cephalaria (Cephalaria syriaca L.)* in dry conditions.
- Arslan, Y., & Subaşı, İ., (2023). Peleminir. Ziraat ve Orman ve Su Ürünleri Alanında Uluslararası Araştırma ve Değerlendirmeler, Cilt 2, Sayfa: 205-219, Aralık 2023.
- Başar, Ş., Karaoğlu, M. M., & Boz, H. (2016). The effects of *Cephalaria syriaca* Flour on the Quality of Sunn Pest (*Eurygaster Integriceps*)-damaged wheat. *Journal of Food Quality*, 39(1), 13-24.
- Baytop, T. (1999). Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün), Nobel Tıp Kitapevi.
- Çağlar, H. (1968). *Cephalaria syriaca* El Kitabı, Güven Matbaa, 9-12.
- Davis PH, Mill RR, & Tan K (1988). *Cephalaria* Schrad. ex Roem. & Schult. In: Davis PH, Mill RR, Tan K, editors. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 10 (Suppl. 1). Edinburgh, UK: Edinburgh University Press, p. 156.
- Göktürk RS, Sümbül H, & Açık L (2003). A new species of *Cephalaria* Schrad. ex Roem. & Schult. (*Dipsacaceae*), including a new variety from East Anatolia, Turkey. *Israel J Pl Sci* 51: 59–65.
- Göktürk RS, Sümbül H, Çelebi A, & Açık L (2012). Two new species of *Cephalaria (Caprifoliaceae)* from Turkey. *Turk J Bot* 36: 311–321.
- Göktürk, R.S., & Sümbül, H., (2014). A taxonomic revision of the genus *Cephalaria (Caprifoliaceae)* in Turkey, Department of Biology, Faculty of Science, Akdeniz University, Antalya, Turkey, 38: 927-968.

- Hamit. S., Sabır, A. W., Salma and Khan, S. A. (1988). *Cephalaria syriaca* — An oilseed crop for the arid and semi arid areas of Pakistan, Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research vol. 31, no:3, 212-215.
- Karaoğlu, M. M. 2006. *Cephalaria syriaca* addition to wheat flour dough and effect on rheological properties, International Journal of Food Science & Technology Volume 41, Issue Supplement s2, 37–46.
- Karaoglu, M. M. (2011). Influence of *Cephalaria syriaca* addition on physical and sensorial properties of wheat bran bread, International journal of food properties, 14(1),124-133.
- Katar D., Arslan Y., Kayaçetin F., Bayramın S., & Karahan Y. (2011). Ankara ekolojik koşullarında farklı sıra aralıklarının pelemir bitkisi (*Cephalaria cyriaca* (sirjaca) L.)’nin verim ve verim unsurları üzerine etkisinin belirlenmesi, I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı, 931-940.
- Katar D., Arslan Y., Subaşı İ., & Kodaş R. (2012). Ankara ekolojik koşullarında farklı ekim zamanlarının pelemir bitkisi (*Cephalaria syriaca*)’nin verim ve verim öğelerine etkisi, Biological Diversity and Conservation, 5(3), 48-53.
- Kavak, C., & Baştürk, A., (2020). Antioxidant activity, volatile compounds and fatty acid compositions of *Cephalaria syriaca* seeds obtained from different regions in Turkey. Grasas y Aceites, 71(4), e379-e379.
- Matthews VA (1972). *Cephalaria* Schrad. ex Roem. & Schult. In: Davis PH, editor. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 4. Edinburgh, UK: Edinburgh University Press, pp. 585–597.
- Öğüt H., Oğuz H., Bacak S., Aydın F., Uygun S., Arslan Y., & Subaşı İ. (2014). Pelemir biyodizelinin teknik özelliklerinin incelenmesi, Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 45.
- Parolly G, & Eren Ö (2007). Contributions to the flora of Turkey, 2. Willdenowia 37: 243–271.
- Sezgin, M., Tezcan, H., Şahin, M., Arslan, Y., Subaşı, İ., Demir, İ., & Koç, H. (2017). Bazı *Cephalaria syriaca* (*Cephalaria syriaca* L.) çeşitlerinin

türkiye'nin farklı ekolojik koşullarında verim ve kalite değerlerinin belirlenmesi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 20, 192-195.

Sıralı, R. ve Deveci, M. (2002). Bal arısı (*Apis mellifera* L.) için önemli olan bitkilerin Trakya Bölgesinde incelenmesi, Uludağ Arıcılık Dergisi, 2(1), 17-26.

Sümbül H. (1991). Ten new species from Anatolia and two new records for the flora of Turkey. Edinburgh J Bot 48: 27–40.

Szabó Z. (1940). *Cephalaria-genusz monografiája*. Budapest, Hungary: Kiadja A Magyar Tudomány Akademia Press (in Hungarian).

Yazıcıoğlu, T., Karaali A., & J. Gökçen, 1978. *Cephalaria syriaca* seed oil, Journal of the American Oil Chemists Society 55 (4), 412-415.

BÖLÜM 4

SULANAN ALANLARIN DRENAJİ

Dr. Öğr. Üyesi Ezgi KURTULMUŞ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14580866>

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Karacabey Meslek Yüksekokulu, Hayvansal ve Bitkisel Üretim Bölümü, Bursa/Türkiye, Orcid: 0000-0003-2535-2566, ezgikaberli@uludag.edu.tr

GİRİŞ

Sulanan araziler, verimli tarım üretimi için suyun düzenli bir şekilde sağlandığı alanlardır. Ancak, bu alanlarda suyun hem fazlalığı hem de eksikliği ciddi sorunlara yol açabilir. Özellikle kurak bölgelerde, aşırı yağışlar sonucu oluşan su birikimi, tarım arazilerinde su baskınlarına ve toprak erozyonuna neden olabilir. Bu nedenle, sulanan araziler için etkili bir drenaj sistemi tasarımı büyük önem taşımaktadır (Tacker ve ark., 2003; Tanji, 1990; Vlotman ve ark., 2020).

Kurak iklimlerdeki yağışlar, genellikle şiddetli ve kısa süreli olur. Bu durum, sulanan arazilerde, sulama sonucu oluşan su birikiminden çok daha fazla suyun hızlı bir şekilde tahliye edilmesi gerektiği anlamına gelir. Bu nedenle, bu bölgelerdeki drenaj sistemlerinin tasarımında, öncelikle aşırı yağışlara karşı önlem alınmalıdır. (Ayars, 1999; Sharma ve Tyagi, 2004). Tuzluluk sorunu, özellikle sulama suyu kalitesinin düşük olduğu ve drenajın yetersiz olduğu bölgelerde sıkça karşılaşılan bir problemdir. Tuzlu topraklar, bitki yetiştirme kapasitesini azaltır ve verimi düşürür. Bu nedenle, tuzluluk kontrolü için yüzeyaltı drenajı büyük önem taşır. Ancak, kurak bölgelerdeki tuzluluk kontrolünde, hem yağışın etkisi hem de suyun sınırlılığı gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Tanji 1990).

SUYA DOYGUNLUK VE TUZLULUK

Sulanan arazilerde tuzlanma, toprak verimliliğini düşürerek tarımsal üretimi ciddi şekilde tehdit eden önemli bir problemdir. Bu durum, genellikle sulama ve doğal yağış sonucu toprakta biriken tuzların, yetersiz drenaj nedeniyle toprak yüzeyine doğru hareket etmesiyle ortaya çıkar (Singh, 2019).

Suya doygunluk olarak adlandırılan durum, toprağın suyla tamamen dolu olması anlamına gelir. Drenaj sistemi, sulama ve yağış sonucu oluşan suyu yeterince tahliye edemezse, topraktaki su seviyesi yükselir ve toprak suya doymuş hale gelir. Suya doygunluk, bitki köklerinin oksijensiz kalmasına ve besin maddelerine ulaşmasının zorlaşmasına neden olur. Ayrıca, kılcal hareketlerle tuzların toprak yüzeyine doğru taşınmasını hızlandırır. Şekil 1'de görüldüğü gibi, su tablasının yükselmesiyle birlikte tuzlar toprak yüzeyine doğru hareket eder ve bitki köklerinin tuza maruz kalma olasılığı artar (van Achthoven ve ark., 2000; Vlotman ve ark., 2020). Kılcal tuzlanma ise, topraktaki suyun yüzey gerilimi sayesinde tuzların daha küçük gözeneklerden yukarı doğru hareket etmesi olayıdır. Suya doygunluk koşullarında kılcal tuzlanma hızlanır ve toprak yüzeyinde tuz kabukları

oluşabilir. Bu durum, bitki köklerinin tuza direkt olarak maruz kalmasına neden olur ve bitki büyümesini engeller (Van Der Zee ve ark., 2017).

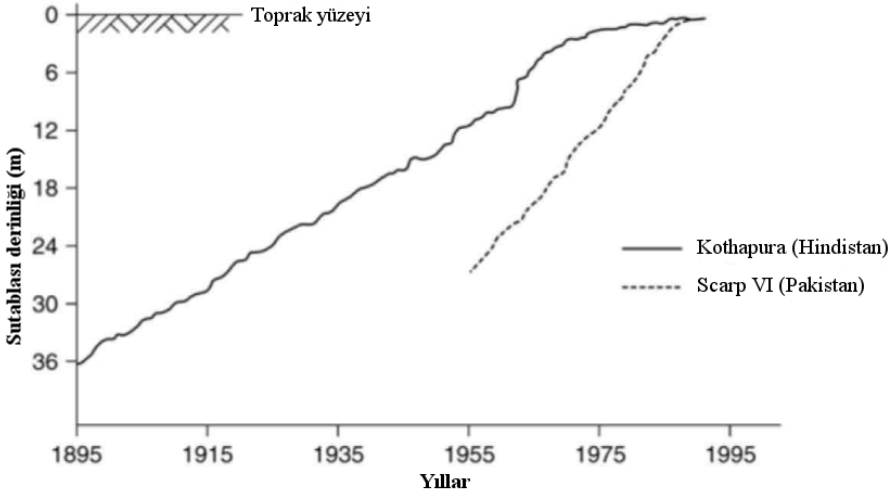
Arazi kullanımındaki değişiklikler de tuzlanmayı tetikleyebilir. Örneğin, Avustralya'nın bazı bölgelerinde olduğu gibi, çiftlik alanlarının ağaçlandırılması sonucu su tablası yükselmiş ve tuzlanma problemi artmıştır. Ağaçların kökleri, yer altı suyuna ulaşarak su tablasını düşürmeye yardımcı olur. Ancak, ağaçların kesilmesi durumunda su tablası tekrar yükselir ve tuzlar toprak yüzeyine doğru hareket eder (Giroud ve Plusquellec, 2020).

Kurak ve yarı kurak bölgelerde, yılda 600-700 milimetreden az yağış aldığı için topraklar genellikle tuzludur. Bu bölgelerde yapılan sulamalar, topraktaki tuzların daha da yükselmesine ve bitkilerin su alımını zorlaştırmasına neden olur. Özellikle sulama uygulamasının başlangıcından sonraki 10-30 yıl içinde bu sorun ciddi boyutlara ulaşabilir. Sonuç olarak, dünya genelinde milyonlarca hektar tarım arazisi, tuzluluk nedeniyle verimsiz hale gelmiştir. Örneğin, (yarı) kurak bölgelerde, sulama sonucu toprakların tuzluluğu giderek artmakta ve tarımsal üretim olumsuz etkilenmektedir (Vlotman ve ark., 2020).

Sulanan arazilerde aşırı sulama ve buharlaşma nedeniyle toprakta tuz birikimi görülür. Bu durum, bitkilerin su ve besin almasını zorlaştırarak verimi düşürür. Aslında, bu sorunun en büyük nedenlerinden biri, sulama sırasında toprağa sızan suyun büyük bir kısmının boşa gitmesidir. Bu nedenle, öncelikle sulama sistemlerinin verimliliğini artırarak su kayıplarını azaltmak önemlidir. Kanal kaplamaları ve gelişmiş sulama yöntemleri bu konuda etkili çözümler sunabilir. Ancak, toprağa sızan fazla suyun uzaklaştırılması için de etkili bir drenaj sistemi gereklidir. Drenaj sistemi, topraktaki fazla suyu alarak tuzların birikmesini engeller ve bitki köklerinin daha sağlıklı bir ortamda gelişmesini sağlar. Bu sayede hem tarımsal verim artırılabilir hem de çevresel sorunlar azaltılabilir (Skaggs ve van Schilfgaarde, 1999).

Kuyu drenajı, özellikle yeraltı suyunun kalitesinin iyi olduğu ve sulamada kullanılabileceği bölgelerde sıklıkla tercih edilen bir drenaj yöntemidir. Bu yöntemde, toprağa yerleştirilen derin kuyular aracılığıyla fazla su toplanır ve genellikle sulamada yeniden kullanılır. Güney Asya gibi kurak bölgelerde kuyular, topraktaki tuz birikimini önleyerek tarımsal verimliliği artırmada önemli bir role sahiptir. Ancak, yeraltı suyu çok tuzlu olduğunda, borulu drenaj gibi alternatif yöntemlere başvurulabilir. Borulu drenajda, toprakta yatay olarak yerleştirilen borular aracılığıyla su toplanır. Bu yöntem,

tuzlu suyun daha kolay tahliye edilmesini sağlar ve çevresel etkileri daha azdır. Ancak, borulu drenaj sistemlerinin kurulum ve işletme maliyetleri genellikle kuyulu drenaja göre daha yüksektir. Bu nedenle, drenaj sistemi seçimi yaparken, bölgenin iklim koşulları, toprak özellikleri, su kalitesi ve ekonomik faktörler gibi birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır (Vlotman et al., 2020; FAO, 2002; Skaggs ve van Schilfgaarde, 1999).



Şekil 1. Sulamanın neden olduğu su tablasının yükselmesi (van Achthoven ve ark., 2000; Vlotman ve ark., 1994; Vlotman ve ark., 2020)

Suya doymuş ve tuzlulaşmış arazilerde toplanan fazla su, bitki köklerine zarar vererek verimi düşürür ve toprağın tuzluluğunu artırır. Bu tür arazilerde genellikle yüzey altı drenajı gibi daha kapsamlı çözümler gereklidir. Ancak, yüzey drenajı da bu süreçte önemli bir rol oynar. Yüzey drenajı, aşırı yağışlar veya sulamadan kaynaklanan yüzeysel suyu toplayarak toprağın suyla doymasını önler (FAO, 1997). Bu sayede, su tablası (yeraltı suyunun üst yüzeyi) yükselmesi engellenir ve tuzlu suyun toprak yüzeyine çıkması azaltılır. Etkili bir yüzey drenaj sistemi, yüzey altı drenajına olan ihtiyacı azaltarak hem maliyetleri düşürür hem de daha sürdürülebilir bir çözüm sunar. Özellikle tarım alanlarında, yüzey drenajı, toprağın işlenebilirliğini artırarak verimliliği yükseltir (FAO 2002).

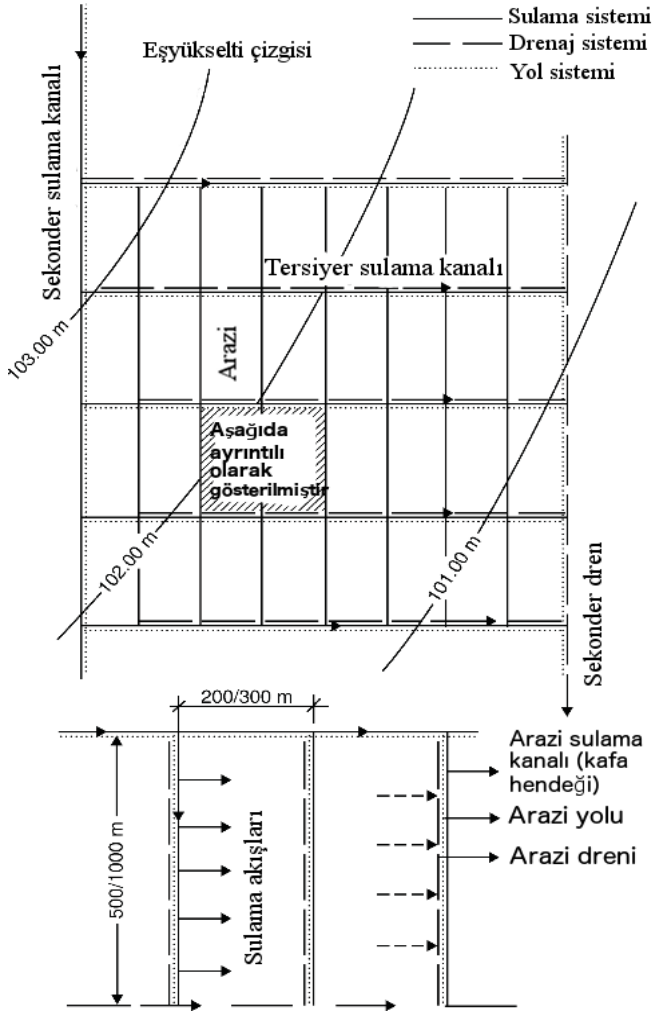
YÜZEY DRENAJ

Şekil 2’de gösterilen sulanan arazide uygulanan yüzey drenaj sistemi, tarla içinde biriken fazla suyun kontrollü bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlar. Bu sistem, sulama suyu ve yağış sularının tarla yüzeyinde akışını sağlayarak, toprağın suyla doymasını önler ve tuzluluk sorununu azaltır (Gallichand ve ark.,1992; Gupta ve ark., 1992).

Sistemin Temel Özellikleri:

- **Drenaj Kanalları:** Tarlanın alt kısmında, genellikle V şeklinde olan drenaj kanalları bulunur. Bu kanallar, toplanan suyu daha büyük drenaj hatlarına veya sulama kanallarına aktarır.
- **Eğim:** Kanalların eğimi, suyun akış hızını belirler. Genellikle temiz su için %0.10-%0.20, çamurlu su için ise %0.20-%0.25 gibi bir eğim yeterlidir.
- **Taşıma Kapasitesi:** Kanalların taşıma kapasitesi, karıktaki suyun miktarı ve akış hızı ile doğrudan ilişkilidir. Bu kapasitenin aşılması, erozyon ve taşma gibi sorunlara yol açabilir.
- **Sulama Akış Uzunluğu:** Tarlanın büyüklüğü, toprak yapısı ve sulama yöntemi gibi faktörler, sulama akış uzunluğunu belirler. Bu uzunluk, drenaj sisteminin tasarımı için önemli bir parametredir (Vlotman ve ark., 2020).

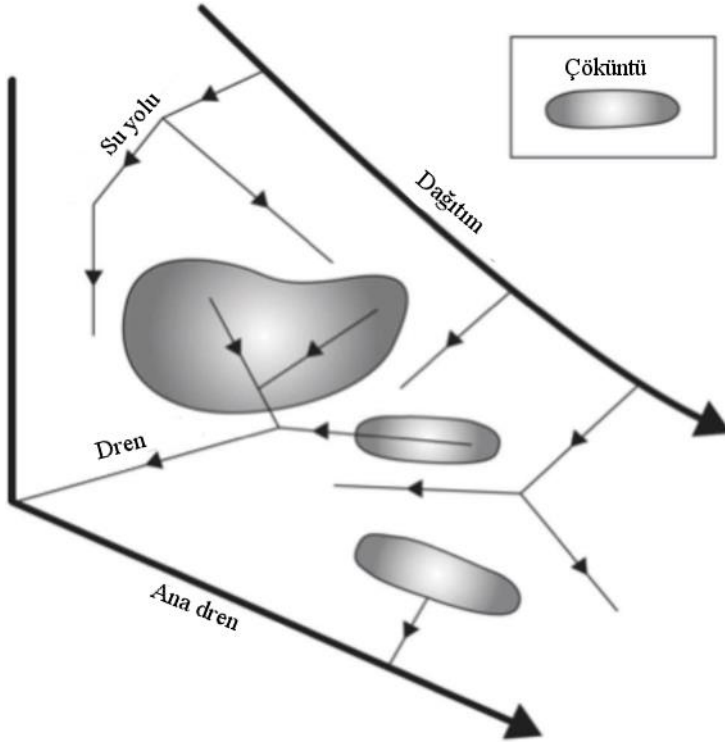
Yüzey drenajı, sulanan arazilerde su yönetimi için etkili bir yöntemdir. Ancak, sistemin başarılı bir şekilde işlemesi için doğru tasarım, uygun malzeme seçimi ve düzenli bakım gerekmektedir. Tarla özellikleri, iklim koşulları ve sulama suyu miktarı gibi faktörler, sistemin tasarımı ve boyutlandırılması üzerinde önemli etkilerde bulunur (Yannopoulos ve ark., 2020).



Şekil 2. Modern yüzey sulama yerleşim planı (Vlotman ve ark., 2020)

İyi yüzey sulaması için tesviye edilmiş/düzeltilmiş ve uygun bir şekilde düzenlenmiş bir tarla normal olarak iyi yüzey drenajı (göllenme ve erozyonun olmadığı) da sağlayacaktır. Gelişmekte olan ülkelerdeki sulanan arazilerin çoğu yukarıdaki drenaj tesislerine sahip değildir. Arazinin ana çöküntülerini/vadi hatlarını (aralık 2 000–5 000 m, yoğunluk 2–5 m/ha) izleyen düşük yoğunluklu bir ana sistem genellikle mevcuttur, ancak tamamlayıcı üçüncül ve arazi içi drenaj sistemleri genellikle eksiktir. Fazla yüzey suyunun çoğu, araziden araziye iyi drenajın olmadığı normal arazide, daha küçük çöküntülerde toplanırken, sonunda infiltre olana veya buharlaşana kadar uzun süre göllenmiş olarak kalır. Bu tür zayıf yüzey drenajı bitkilere

zarar verecek ve su tablalarının yükselmesine olumsuz katkıda bulunabilecektir (USBR, 1999). Açık çözüm, sistemi Şekil 3'te gösterildiği gibi yoğunlaştırmaktır. Açıkça, bir tarım alanını tamamen kaplayan bu tür ek yüzey drenajları ancak ilgili çiftçilerin tam işbirliği ve rızası ile tasarlanabilir. Devlet tarafından inşa edilen drenlerin, bu drenlere olan ihtiyaç ilgili çiftçiler tarafından tam olarak anlaşılmadığında ve kabul edilmediğinde (zaman içinde ekilip biçilerek tamamen ortadan kalkabilecekleri kadar) bakımlarının yapılmaması kötü bir üne sahiptir (Campbell, 1994; Vlotman ve ark., 2020).



Şekil 3. Tersiyer yüzey drenleri (Vlotman ve ark., 2020)

Yüzey drenajı oldukça basit bir teknoloji olmasına rağmen, etkili olması için dikkatli bir planlama ve tasarım gerektirir. Kurak bölgedeki yağmur değerli bir kaynaktır ve yüzey drenajı, suyun uzaklaştırılması ve korunması arasında hassas bir denge kurmalıdır. Arazinin uzun süreli göllenmesi kontrol altına alınmalı, faydalı infiltrasyon teşvik edilmelidir. Yağmur suyunun çiftlikte korunması, mansaptaki taşkınların azaltılmasına da yardımcı olabilir (Sonbol, 2006; Adham ve ark., 2016).

BORULU DRENAJ SİSTEMLERİ

Ilıman iklimlerde modern tarım için çoğu yüzey altı drenajı, borulu dren sistemleri aracılığıyla sağlanır. Bu sistemler aynı zamanda sulanan alanlarda tuzluluk kontrolü için de yaygın olarak kullanılmaktadır. (Yarı) nemli tropik bölgelerde henüz çok az borulu drenaj sistemi kurulmuştur. Bunun nedenleri kısmen ekonomiktir (mevcut düşük çıkış seviyesi, borulu drenaj için gerekli olan drenaja yüksek bir yatırım yapılmasını garanti etmemektedir) ve kısmen de tekniktir (fazla yüzey suyunu tahliye etmeye de hizmet edebildiğinden, genellikle açık hendekler tercih edilir) (Han ve ark.,2023).

Ilıman iklimlerde tarım arazilerinde genellikle borulu drenaj sistemleri tercih edilir. Bu sistemler, topraktaki fazla suyu toprağın altından uzaklaştırarak hem toprağın havalanmasını sağlar hem de tuzluluğun kontrol altına alınmasına yardımcı olur. Özellikle yüksek değerli tarım ürünlerinin yetiştirildiği bölgelerde bu sistemlerin kullanımı yaygındır (Yang ve ark., 2022; Fujimaki, 2021).

(Yarı) nemli tropik bölgelerde ise genellikle açık hendeklerden oluşan yüzey drenaj sistemleri tercih edilir. Bunun başlıca nedenleri ekonomik ve tekniktir. Tropikal bölgelerde tarımın genellikle küçük ölçekli çiftçiler tarafından yapılması ve tarım ürünlerinin düşük fiyatlı olması, yüksek maliyetli borulu drenaj sistemlerine yatırım yapmayı zorlaştırmaktadır. Ayrıca, bu bölgelerde yüksek yağış miktarları ve geçirgenliği düşük topraklar, yüzeysel akışın hızlı bir şekilde tahliye edilmesini gerektirmektedir. Açık hendekler ise bu ihtiyacı daha hızlı ve daha ekonomik bir şekilde karşılamaktadır (Tanji ve Kielen, 2002). Ancak, açık hendeklerin bazı dezavantajları da vardır. Bu sistemler, erozyona ve toprak kaybına neden olabilir, suyun kalitesini düşürebilir ve biyolojik çeşitliliği olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, açık hendekler düzenli bakım gerektirir ve tarım işlerinde engel teşkil edebilir (Revitt ve ark., 2017).

Borulu drenaj sistemleri ise daha uzun ömürlü, daha az bakım gerektiren ve çevresel etkileri daha az olan sistemlerdir. Ancak, bu sistemlerin kurulum ve işletme maliyetleri daha yüksektir. Gelecekte tropikal bölgelerde de borulu drenaj sistemlerinin kullanımı artabilir. Bunun için, bu sistemlerin maliyetlerinin düşürülmesi, çiftçilere yönelik desteklerin artırılması ve su yönetimi konusunda farkındalık yaratılması önemlidir. Ayrıca, iklim değişikliği nedeniyle artan aşırı hava olaylarına karşı daha dirençli drenaj sistemleri geliştirilmesi gerekmektedir (Kamra ve Rao., 1996).

Borulu drenaj sisteminin karmaşıklığına ve güvenilirliğine katkıda bulunan borulu drenlerin işleyişi, kullanılan malzemeler ve tesis yöntemleri hakkında önemli miktarda araştırma yapılmıştır. Şekil 4, paralel borulu drenaj sistemi durumunda arazi drenlerine akan fazla suyun yüzey altı akış desenini göstermektedir. Şekil 4'de varsayıldığı gibi, borulu drenlerinin altında derin geçirgen toprak bulunduğu, taban suyu akışı drenlerin çok daha aşağısına uzanacaktır (FAO, 2005; Vlotman ve ark., 2020).

Borulu drenaj sistemleri, tarım, inşaat ve çevre mühendisliği alanlarında yaygın olarak kullanılan etkili su yönetimi araçlarıdır. Bu sistemler, topraktaki fazla suyu toplamak ve tahliye etmek suretiyle toprakların havalandırılmasını sağlar, bitki köklerinin daha derinlere uzanmasına olanak tanır ve böylece toprak verimliliğini artırır. Bu sistemlerin etkinliği, kullanılan boru türü, dolgu malzemesi, drenaj borularının yerleştirilme derinliği ve aralığı gibi faktörlere bağlıdır (Nijland ve ark., 2005).

Borulu Drenlerin İşleyişi

Şekil 4'te görüldüğü gibi, paralel borulu drenaj sistemlerinde, topraktaki fazla su yer çekimi etkisiyle drenaj borularına doğru hareket eder. Boruların etrafındaki geçirgen dolgu malzemesi, suyu borulara yönlendirerek daha büyük drenaj kanallarına taşınmasını sağlar. Boruların altında derin ve geçirgen bir tabaka bulunması durumunda, taban suyu akışı boruların çok daha uzağına ulaşabilir. Bu durum, özellikle su tablasının yüksek olduğu bölgelerde önemlidir (Christen ve Ayars, 2001; Vlotman ve ark., 2020).

Kullanılan Malzemeler

Borulu drenaj sistemlerinde kullanılan malzemeler, sistemin performansı ve ömrü üzerinde doğrudan etkilidir. Genellikle kullanılan malzemeler şunlardır:

- **Drenaj Boruları:** Genellikle perforajlı PVC veya HDPE borular kullanılır. Küçük açıklıklar, suyun borulara girmesini sağlar.
- **Dolgu Malzemesi:** Çakıl, kırma taş veya genişletilmiş polistiren gibi geçirgen malzemeler kullanılır. Dolgu malzemesi, suyu borulara yönlendirerek sistemin verimliliğini artırır.
- **Geotekstil:** Boruların ve dolgu malzemesinin ayrılmasını önlemek ve toprağın boruların içine girmesini engellemek için geotekstil kullanılır (FAO, 2005).

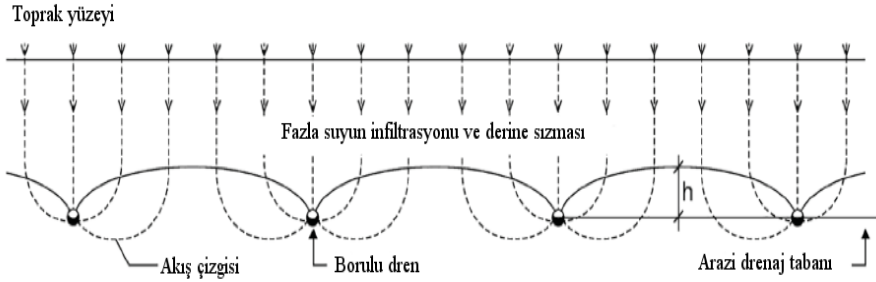
Tesis Yöntemleri

Borulu drenaj sistemlerinin tesisinde aşağıdaki adımlar izlenir:

1. **Alanın Hazırlanması:** Drenaj sistemi kurulacak alanın detaylı bir şekilde incelenmesi ve gerekli ölçümlerin yapılması gerekir.
2. **Hendek Açma:** Boruların yerleştirileceği hendekler açılır. Hendeklerin derinliği ve genişliği, proje tasarımına göre belirlenir.
3. **Boru Döşeme:** Hendeklere drenaj boruları yerleştirilir. Boruların birleşme noktaları özel bağlantı parçaları ile birleştirilir.
4. **Dolgu Malzemesi Dolumu:** Boruların etrafı, seçilen dolgu malzemesi ile doldurulur.
5. **Geotekstil Kaplama:** Dolgu malzemesinin üzerine geotekstil serilir ve hendek toprakla kapatılır (Cavelaars ve ark., 1994).

Borulu Drenaj Sistemlerinin Avantajları

- **Toprak Havalandırması:** Topraktaki fazla suyu uzaklaştırarak toprağın havalanmasını sağlar.
- **Tuzluluk Kontrolü:** Topraktaki tuzların yıkanmasını sağlayarak tuzluluk sorununu azaltır.
- **Bitki Köklerinin Gelişimi:** Toprakta suyun daha dengeli dağılmasını sağlayarak bitki köklerinin daha derinlere uzanmasına imkan tanır.
- **Erozyon Kontrolü:** Yüzey akışını azaltarak erozyon riskini düşürür.
- **Yapıların Ömrünü Uzatır:** Binaların temellerindeki su baskısını azaltarak yapıların ömrünü uzatır (Lamm, 2002; Nijland ve ark., 2005; Vlotman ve ark., 2020).



Şekil 4. Paralel borulu drenlere tipik akış deseni (Vlotman ve ark., 2020)

Sulanan arazilerde tuzluluk kontrolü için yüzey altı drenaj sistemleri, yeterli havalandırma ve yıkama sağlayan ve kök bölgesinin kılcal tuzlanmasını en aza indiren bir su tablası rejimini sürdürürken beslemeyi taban suyuna drene edebilmelidir. Bunun için yatay borulu drenaj yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak pompalı kuyuları kullanan düşey drenaj uygulamaları da vardır. Bir borulu drenaj sisteminin tasarımı aşağıdaki kararları ve bilgileri gerektirir: Sistem tipi ve arazi drenlerinin yerleşim planı, toprak yüzeyinin altındaki dren derinliği W (arazi drenaj tabanı) ve temel tasarım kriterleri, yani korunacak su tablası derinliği H ile birlikte tasarım boşaltımı q , uygun bir dren aralığı eşitliğine konulan yukarıdaki bilgiler, gerekli dren aralığı L 'yi verir (ASAE, 1998; Ritzema, 2016).

KUYULU VEYA DÜŞEY DRENAJ

Kuyulu drenajda (düşey drenaj olarak da adlandırılır), su tablası seviyeleri, kuyu düşüm konileri (= her kuyunun etrafındaki çekilme bölgeleri) yeterince örtüşecek şekilde alan boyunca uygun bir düzende kuyuların kurulmasıyla kontrol edilir. Uygun yerleşim düzenleri, üçgen veya kare biçimli gridleri içerir. Prensipinde artezyen koşulları altında serbest akışlı kuyular da kullanılabilmesine rağmen, genel olarak bu kuyular aralıklı veya sürekli olarak pompalanır. Kuyular normalde yakındaki bir açık drenaj sistemine boşalır, ancak pompalanan su uygun kalitede ise, sulama sistemini besleyebilir (Elrick ve ark., 1989; Reynolds ve ark., 1983). Kuyulu drenaj sistemleri, suyun toprak altından çekilerek kontrollü bir şekilde uzaklaştırılması esasına dayanır. Bu amaçla belirli derinliklere kuyular kazılır ve pompalar yardımıyla su tahliye edilir. Bu sistemin etkinliği, bölgenin jeolojik yapısına, toprak geçirgenliğine ve yeraltı su akış dinamiklerine

bağlıdır. Özellikle alüvyal zeminlerde ve geçirgen topraklarda kuyulu drenaj daha verimli çalışmaktadır (Whisler ve Bouwer, 1970).

Kuyulu drenaj, sulama yapılan tarım arazilerinde, şehirleşmenin etkisiyle yeraltı su seviyesinin yükseldiği alanlarda ve hidrojeolojik problemlerin yaşandığı bölgelerde uygulanabilir. Örneğin, tuzluluğun ve su basmalarının büyük sorun olduğu tarımsal alanlarda kuyulu drenaj, mahsul verimini artırmak ve toprak sağlığını korumak için tercih edilen bir yöntemdir (Baker ve ark., 1980).

ANA DRENAJ

Sulanan bir alandaki ana drenler, kural olarak, yüzey drenaj suyunun yanı sıra yüzey altı drenaj suyunu da toplayarak ikili işlev görür. Yerçekimi ile ikinci işlevi yerine getirmek için, nadiren uygulanabilir bir biçimde, drenlerin toprak yüzeyinin genellikle 2,5-3,5 m altında derin olması gerekir. Bu nedenle, kurak bölgede tuzluluk kontrolüne yönelik çoğu yüzey altı drenajı pompalı boşaltımı gerektirir (Oosterbaan, 1994).

(Yarı) kurak bölgenin hakim olan yüksek sağanak şiddetleri nedeniyle, sulanan alanlardaki sağanak boşaltım gereksinimleri, genellikle sulama artışı boşaltım ve yüzey altı boşaltım gereksinimlerinin çok üzerindedir. Nispeten küçük olan bu sonucu fazla su kaynakları normalde ihmal edilebilir ve ana drenaj gereksinimleri yalnızca yağmur suyu boşaltımına dayanır (Ritzema, 2014; Skaggs ve van Schilfgaarde, 1999).

SONUÇ

Sulanan alanların sürdürülebilir bir şekilde yönetimi, etkin drenaj sistemlerinin tasarımı ve uygulanmasını gerektirir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, aşırı yağış ve yetersiz drenaj nedeniyle ortaya çıkan su baskınları, toprak tuzluluğunun artmasına ve tarımsal verimliliğin düşmesine neden olmaktadır. Yüzey drenajı ve yüzey altı drenaj sistemleri, suyun kontrollü bir şekilde tahliye edilmesi ve tuzluluğun önlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Modern drenaj sistemleri, yalnızca suyun uzaklaştırılmasını değil, aynı zamanda toprağın su dengesinin korunmasını da hedeflemektedir.

Ancak, drenaj sistemlerinin tasarımı, her bölgenin iklimsel, topografik ve ekonomik koşullarına göre özelleştirilmelidir. Açık hendekler, borulu drenaj sistemleri veya kuyulu drenaj gibi yöntemlerin seçiminde, toprak özellikleri, su kalitesi ve maliyet gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Gelecekte, artan iklim değişikliği etkileri ve su kaynaklarının sınırlılığı, daha verimli ve

çevresel açıdan uyumlu drenaj çözümlerine olan ihtiyacı artıracaktır. Bu bağlamda, su kaynaklarının korunmasına yönelik teknolojik yeniliklerin ve çiftçi farkındalığının artırılması büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Adham, A., Riksen, M., Ouessar, M., & Ritsema, C. J. (2016). A methodology to assess and evaluate rainwater harvesting techniques in (semi-) arid regions. *Water*, 8(5), 198.
- ASAE (1998). Design of Agricultural Drainage Pumping Plants. *ASAE Standards EP369.1 Dec. 94*. St. Joseph, MI, USA, 830–836.
- Ayars, J. E. (1999). Integrated Management of Irrigation and Drainage Systems in Arid Areas. *Water Management, Purification, and Conservation in Arid Climates, Volume I: Water Management, 1*, 139.
- Baker, J. L., Kanwar, R. S., & Austin, T. A. (1985). Impact of agricultural drainage wells on groundwater quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 40(6), 516-520.
- Campbell, D. (1994). Design and Operation of Smallholder Irrigation in South Asia. *Technical Paper 256, Irrigation and Drainage Series, The World Bank*. Washington DC, USA.
- Cavelaars, J. C., Vlotman, W. F., & Spoor, G. (1994). Subsurface drainage systems. In H. P. Ritsema (Ed.), *Drainage Principles and Applications* (2nd ed., pp. 827–930). International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, the Netherlands.
- Christen, E. W., & Ayars, J. E. (2001). Subsurface drainage system design and management in irrigated agriculture: Best management practices for reducing drainage volume and salt load. *CSIRO Land and Water, Griffith NSW, Australia* (Technical Report 38/01).
- Elrick, D. E., Reynolds, W. D., & Tan, K. A. (1989). Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analysis. *Groundwater Monitoring Review*, 9, 184–193.
- FAO 1997: Management of agricultural drainage water quality, by Madramootoo, Ch. A., W.R. Johnston and L.S. Willardson (Eds.) Water Reports no 13. Food and Agriculture Organisation, Rome, Italy, 107 pp.

- FAO 2002: Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas, by K.K. Tanji and N.C. Kielen. Irrigation and Drainage Paper no 61. Food and Agriculture Organisation, Rome, Italy, 204 pp.
- FAO 2005: Materials for subsurface land drainage systems. by L.C.P.M. Stuyt, W. Dierickx, and J. Martinez Beltran. Irrigation and Drainage Paper no 60 Rev1. Food and Agriculture Organisation, Rome, Italy, 200 pp.
- Fujimaki, H. (2021). Subsurface Drainage and Water-Saving Irrigation in Sustainable Agriculture. *Water*, 13(10), 1332.
- Gallichand, J., Marcotte, D., Prasher, S. O., & Broughton, R. S. (1992). Optimal sampling density of hydraulic conductivity for subsurface drainage in the Nile delta. *Agricultural Water Management*, 20, 299–312.
- Giroud, J. P., & Plusquellec, H. (2020). Canal lining practice and the use of geomembranes for saving water resources. In N. Touze (Ed.), *ICID 3rd World Water Forum, Bali, Indonesia, 1–7 September 2019*. Taylor & Francis Group.
- Gupta, S. K., Singh, R. K., & Pandey, R. S. (1992). Surface drainage requirements of crops: Application of a piecewise linear model for evaluating submergence tolerance. *Irrigation and Drainage Systems*, 6, 249–261.
- Han, D., Chen, C., Wang, F., Li, W., Peng, H., Jin, Q., & Hamoud, Y. A. (2023). Effects of subsurface pipe drainage spacing on soil salinity movement in Jiangsu Coastal Reclamation Area. *Sustainability*, 15(18), 13932.
- Kamra, S. K., & Rao, K. V. G. K. (1996). Environmental aspects of subsurface drainage projects. *Water-Quality Hydrology*, 265–285.
- Lamm, F. R. (2002, December). Advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation. In *International Meeting on Advances in Drip/Micro Irrigation, Puerto de La Cruz, Tenerife, Canary Islands* (pp. 1–13).

- Nijland, H., Croon, F. W., & Ritzema, H. P. (2005). *Subsurface drainage practices: Guidelines for the implementation, operation and maintenance of subsurface pipe drainage systems* (No. 60). ILRI.
- Oosterbaan, R. J. (1994). Agricultural drainage criteria. In H. P. Ritzema (Ed.), *Drainage principles and applications* (16th ed., pp. 1–49). International Institute for Land Reclamation and Improvement.
- Revitt, D. M., Ellis, J. B., & Lundy, L. (2017). Assessing the impact of swales on receiving water quality. *Urban Water Journal*, 14(8), 839–845.
- Ritzema, H. (2014). Main drainage systems. In *MSc Programme Land and Water Development for Food Security*. UNESCO-IHE.
- Ritzema, H. P. (2016). Drain for gain: Managing salinity in irrigated lands—A review. *Agricultural Water Management*, 176, 18–28.
- Sharma, D. P., & Tyagi, N. K. (2004). On-farm management of saline drainage water in arid and semi-arid regions. *Irrigation and Drainage*, 53(1), 87–103.
- Singh, A. (2019). An overview of drainage and salinization problems of irrigated lands. *Irrigation and Drainage*, 68(3), 551–558.
- Skaggs, R.W. and J. van Schilfgaarde (Eds.) 1999: Agricultural drainage. Agronomy Monograph 38. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, USA. 58–64, 695–718, 719–763, 1328 pp.
- Sonbol, M. A. (2006, November). Sustainable systems of water harvesting in arid regions: A case study of the Sinai Peninsula, Egypt. In *The 2nd International Conference on Water Resources & Arid Environment*.
- Tacker, P., Vories, E., & Huitink, G. (2003). Drainage and irrigation. In *Corn Production Handbook* (pp. 13–22). Fayetteville: University of Arkansas, Division of Agriculture.
- Tanji, K. E. (Ed.) (1990). Agricultural salinity assessment and management. *Manuals and Reports on Engineering Practices No. 71*. American Society of Civil Engineers.

- Tanji, K. K., & Kielen, N. C. (2002). Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. *Irrigation and Drainage Paper No. 61*. Food and Agriculture Organisation.
- USBR (1999). Integrated system for agricultural drainage management on irrigated land. *Final Report Grant Number 4-FG-20-11920*. USBR, Westside Resources Conservation District, Five Points, CA, USA.
- van Achthoven, T., Shohan, H., & Parlin, B. W. (2000). The reclamation of waterlogged saline lands with subsurface drainage: An overview of the Haryana Operational Pilot Project (HOPP). In *8th International Drainage Workshop, ICID, Volume I* (pp. 515–528). New Delhi, India.
- Van Der Zee, S. E. A. T. M., Stoffberg, S. F., Yang, X., Liu, Y., Islam, M. N., & Hu, Y. F. (2017). Irrigation and drainage in agriculture: A salinity and environmental perspective. *Current Perspective on Irrigation and Drainage*, 1–21.
- Vlotman, W. F., Bhutta, M. N., Shah, S. R. A., & Bhatti, A. K. (1994). Design, monitoring, and research (Main Report): Fourth Drainage Project, Faisalabad, 1976–1994. *IWASRI Publication No. 159 (NRAP Report 53)*.
- Vlotman, W. F., Smedema, L. K., & Rycroft, D. W. (2020). *Modern land drainage: Planning, design, and management of agricultural drainage systems* (2nd ed.). Taylor & Francis Group.
- Whisler, F. D., & Bouwer, H. (1970). Comparison of methods for calculating vertical drainage and infiltration for soils. *Journal of Hydrology*, 10(1), 1-19.
- Yang, Y., Li, D., Huang, W., Zhou, X., Li, Z., Dong, X., & Wang, X. (2022). Effects of subsurface drainage on soil salinity and groundwater table in drip-irrigated cotton fields in Oasis Regions of Tarim Basin. *Agriculture*, 12(12), 2167.
- Yannopoulos, S. I., Grismer, M. E., Bali, K. M., & Angelakis, A. N. (2020). Evolution of the materials and methods used for subsurface drainage of agricultural lands from antiquity to the present. *Water*, 12(6), 1767.

BÖLÜM 5

MEYVE BAHÇELERİ İÇİN GELİŞMİŞ YABANCI OT YÖNETİMİ TEKNOLOJİLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

Öğr. Gör. Dr. Osman ECEOĞLU¹

Doç. Dr. İlker ÜNAL²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14580871>

¹Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kontrol ve Otomasyon Programı, Antalya-Türkiye. ORCID: 0000-0001-5778-6655 osmaneceoglu@akdeniz.edu.tr

²Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Burdur-Türkiye. ORCID: 0000-0002-5188-4438 iunal@mehmetakif.edu.tr

1. GİRİŞ

Ekili-dikili alanların %3'ünü oluşturan meyve üretim alanları, Türk ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2023 yılında ülkemiz yaş meyve üretim miktarı bir önceki yıla göre %2,98 oranında artarak 24 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye, Çin, Hindistan, Brezilya ve ABD'den sonra beşinci büyük taze meyve üreticisidir. Taze meyve ihracatında da dünyada dokuzuncu sırada yer almaktadır. Veriler incelendiğinde ülkemiz meyvecilik sektörünün, iklim koşulları sayesinde üretim ve ihracat açısından önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

Meyve bahçelerinde kalite, verimlilik ve kazancın sürdürülebilir şekilde artırılması, ilk meyve bahçesi kurulumundan, özellikle yıllık bakım işlemlerine ve hasata kadar doğru zamanda, doğru ekipmanlarla ve minimum maliyetle yapılmasına bağlıdır (Mia ve ark., 2020). Meyve bahçelerinde yıllık bakım işleri; toprak işleme, budama, sulama, gübreleme, zararlı ve hastalıklarla mücadele, seyreltme (çiçek veya küçük meyve dönemlerinde) gibi temel konuları kapsamaktadır. Özellikle toprak işleme, yabancı otlarla mücadele, toprağın havalandırma ve ısınmasının sağlanması, topraktaki bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından emiliminin artırılması ve sulama veya yağmurlardan sonra toprak yüzeyinde oluşan kaymak tabakasının kırılarak su kaybının önlenmesi noktalarında önemlidir (Rodrigues ve Arrobas, 2020).

Etkili yabancı ot yönetimi, meyve bahçesi çiftçiliğinin çok önemli bileşenidir ve büyük dikkat ve hassasiyet gerektirmektedir. Yabancı otlarla mücadele, aynı anda birden fazla yabancı ot türünün, tekdüze olmayan çimlenme modellerinin ve hızlı büyümenin, herbisit direncinin ve hava koşullarının önemli zorluklar yaratabileceği karmaşık bir süreçtir (Gao ve ark., 2024). Ortaya çıkan yeni teknolojiler ve stratejiler etkili çözümler sunabilse de bunların uygulanması maliyetli olabilmektedir. Çiftçiler, herbisit kullanımını en aza indirirken yabancı otları yönetme konusunda acil bir ihtiyaçla karşı karşıyadırlar. Kötü yabancı ot yönetiminin sonuçları verim ve kalitede azalmaya, maliyetlerin artmasına neden olmaktadır (Nath ve ark., 2024). Bu nedenle, hassas kimyasal ve mekanik yabancı ot temizleme sistemleri gibi yenilikçi yaklaşımların keşfedilmesi, optimum yabancı ot yönetimini ve genel olarak uzun vadeli meyve bahçesi sağlığını sağlamak için çok önemlidir. Geleneksel yöntemlerle yapılan yabancı ot yönetimi, yabancı ot kontrolü için uzun süredir herbisitlere güvenmektedir. Bununla birlikte, herbisit kullanımının olumsuz etkileri (örneğin, herbisit sürüklenmesi,

mahsulde olağandan fazla herbisit kalıntısı) alternatif yaklaşımların kullanımını gerektirmektedir. Geleneksel yabancı ot yönetimi tekniklerinin etkinliği üzerine yapılan araştırmalar, bu yöntemlerin kısa vadede yabancı ot büyümesini azaltabilse de toprak sağlığını ve biyolojik çeşitliliği olumsuz yönde etkileyebileceğini göstermiştir. Basitleştirilmiş herbisit programlarına aşırı güvenmek, herbisit direncinin gelişmesine yol açarak yabancı ot yönetimi maliyetlerini artırabilmektedir (Gage ve ark., 2019).

Meyve bahçelerinde yabancı otların temizlenmesi, meyve bahçesi yönetiminin hem ürün kalitesi hem de verim artışının sağlanması noktasında zorunlu bir tarımsal süreçtir. Herbisit püskürtme yalnızca ekolojik çevreyi yok etmekle kalmayıp aynı zamanda yabancı ot direncini de arttırmaktadır. Meyve bahçelerinde çim kültürünün gelişmesiyle birlikte son yıllarda kimyasal ayıklamanın yerini yavaş yavaş mekanik biçme sistemleri almıştır (Shen ve ark., 2023). Yabancı otların aşırı büyümesini azaltmak için otların yılda 4 veya 5 kez kesilmesi gerekmektedir. Meyve bahçesinin mekanize biçilmesi, sıra arası ve sıra içi biçme olarak iki gruba ayrılmaktadır. Sıra arası biçme, döner toprak işleme veya sıra arası biçme makineleri ile kolaylıkla gerçekleştirilebilirken, sıra içi biçme işlemi halen tam olarak çözülememiş bir sorundur. Yabancı ot yönetiminin geleceği, teknolojik gelişmelerin paralelinde yeni ve sürdürülebilir çözümler geliştirildikçe umut verici görünmektedir.

2. YABANCI OT YÖNETİM TEKNİKLERİNDEKİ GELİŞMELER

Gelişmekte olan birçok teknoloji, çiftçilere yabancı otları yönetmek için daha etkili yollar sumaktadır. Mekanik ot temizleme makinesi, termal ot temizleme makinesi, lazerli ot temizleme makinesi, alevli ot temizleme makinesi ve elektrikli ot temizleme makinesi bu tekniklerden bazılarıdır. Bu yöntemler potansiyel olarak geleneksel yabancı ot yönetimi tekniklerinden daha uygun maliyetli ve çevre dostu olabilmektedir. Ek olarak, kimyasal olmayan kontrol araçları, herbisite karşı direnç gelişimi olasılığını azaltmaktadır.

2.1. Mekanik Yöntemlerle Yapılan Yabancı Ot Kontrolü

Mekanik yöntemlerle yapılan yabancı ot kontrolü, yabancı otların oranını ve yayılmasını azaltmaya, ortaya çıkan yabancı ot fidelerini öldürmeye ve yabancı ot tohumlarını çimlenme bölgesinin altına gömmeye yardımcı olmak için birincil ve ikincil toprak işleme aletlerinin kullanılmasını

içermektedir. Bu aletler arasında parmak çapalar, döner çapalar ve tarlada sürüklenen zincirli tırmıklı ot temizleme makineleri bulunmaktadır (Şekil 1). Parmak çapalı ot temizleme makinesi ve döner çapa aletleri, meyve bahçelerindeki yabancı otları kontrol etmek için kullanılan en iyi mekanik aletlerdir. Hussain ve arkadaşları (2018), mekanik yabancı ot kontrolünün etkinliğini ve uygulama yöntemlerini incelemişlerdir. Çalışma, otların herbisit dirençliliği geliştirmesi nedeniyle mekanik yöntemlerin yeniden değerlendirildiğini ve bunların sebze, meyve ve tarla bitkilerinde etkili bir yabancı ot kontrol aracı olabileceğini vurgulamaktadır. Machleb ve arkadaşları (2021), şeker pancarlarında motorlu parmak ot temizleyicileri kullanarak sensör tabanlı sıra içi mekanik yabancı ot kontrolü üzerine çalışmışlardır. Çalışma, bu yeni aracın etkinliğini iki yıllık saha denemeleriyle test etmiş ve %87 ile %94 arasında yabancı ot kontrol verimliliği sağlamıştır. Singh ve arkadaşları (2019), çiftçilerin iş yükünü azaltmak için batarya destekli dört tekerlekli bir ot temizleme makinesi geliştirmişlerdir. Makine, geniş sıra ekimlerinde ot temizleme için kullanılmakta ve %97.5 ot temizleme verimliliği sağlamaktadır. Pathade ve arkadaşları (2015), çok amaçlı bir ot temizleme makinesi tasarlamışlardır. Bu makine, otların uzaklaştırılması ve çiftçinin daha rahat bir duruş sağlayarak iş yükünü azaltması için kullanılmaktadır. Melander ve arkadaşları (2015), akıllı ve akıllı olmayan mekanik sıra içi ot kontrol makinelerini karşılaştırmışlardır. Çalışma, akıllı makinelerin daha basit araçlara kıyasla soğan ve lahanalar tarlalarında etkinliğini değerlendirmiştir. Kunz ve arkadaşları (2017), şeker pancarı, mısır ve soya fasulyesinde kamera yönlendirmeli mekanik ot kontrolünü incelemişlerdir. Çalışma, bu teknolojinin yabancı ot kontrolünde etkinliğini ve seçiciliğini artırdığını göstermiştir. Peruzzi ve arkadaşları (2017), dar ve geniş sıra ekimlerinde mekanik ve termal yabancı ot kontrol makinelerini incelemişlerdir. Çalışma, düşük ve yüksek teknoloji makinelerinin etkinliğini ve kullanım alanlarını değerlendirmiştir. Machleb ve arkadaşları (2020), sensör tabanlı mekanik yabancı ot kontrol yöntemlerinin mevcut durumu ve geleceği üzerine bir inceleme yapmışlardır. Çalışma, sensör sistemleri ile mekanik yabancı ot kontrolünün etkinliğini artırma potansiyelini değerlendirmiştir. Senthiladhiban (2023), sırt profil güç ot temizleme makinesi tasarlamış ve bu makinenin çeşitli bıçak türleri ile farklı hızlarda ot temizleme verimliliğini değerlendirmiştir. Çalışma, makinenin ot temizleme verimliliğini artırdığını göstermiştir.



Şekil 1: Yıldız tipi bağ – bahçe parmaklı çapa makinesi (URL-1)

2.2. Termal Yöntemlerle Yapılan Yabancı Ot Kontrolü

Termal yöntemlerle yabancı ot kontrolü, yabancı otları ortadan kaldırmak için ısının kullanılmasını içeren oldukça etkili bir yöntemdir. Sıcak su (veya buharlama), alevleme ve lazerler dahil olmak üzere termal tedavi için çeşitli etkili yöntemler bulunmaktadır. Sıcak su veya buharlı ot kontrolü, yabancı otları öldürmek için ısının kullanılmasını içermektedir (Şekil 2). Bu yöntemin en büyük sınırlaması, ısıyı üretmek için büyük miktarlarda su ve yakıtı ihtiyaç duyulması ve arıtmanın uygulanma hızının sınırlı olmasıdır. Martelloni ve arkadaşları (2021), sıcak su ve sıcak köpük uygulamalarının yabancı ot kontrolündeki etkinliğini karşılaştırmıştır. Çalışmada, sıcak köpüğün, sıcak suya kıyasla daha düşük dozlarda etkili olduğu ve yabancı otların 2.5 kat daha az su ile kontrol edilebildiği bulunmuştur. Cauwer ve arkadaşları (2015), kaldırımda sıcak su kullanarak yabancı ot kontrolünün etkinliğini ve enerji tüketimini incelemiştir. Sonuçlar, suyun 98°C sıcaklıkta uygulanmasının, 78°C ve 88°C'de uygulanan suya kıyasla yabancı otları kontrol etmede daha etkili olduğunu göstermiştir. Abdulridha ve arkadaşları (2019), narenciye bahçelerinde buhar uygulamalarının yabancı ot yönetimindeki etkinliğini değerlendirmişlerdir. Yüksek buhar akış hızında yapılan uygulamalar, yabancı otların %93-%97 oranında etkisiz hale

getirilmesini sağlamıştır. Cauwer ve arkadaşları (2016), ıslatıcı ajanların, günün saatinin ve periyodik enerji dozlama stratejisinin sıcak su ile yabancı ot kontrolü üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Çalışma, sıcak suyun etkinliğinin günün ilerleyen saatlerinde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Martelloni ve arkadaşları (2019), farklı sıcak köpük dozlarının yabancı ot kontrolü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar, yüksek dozların yabancı otların yeniden büyümesini geciktirdiğini ve daha düşük kuru biyokütle ile sonuçlandığını göstermiştir. Vasinauskienė ve arkadaşları (2019), soğan tarlalarında su buharının yabancı otlar ve mantar hastalıkları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Buhar uygulamalarının, soğanlarda mantar hastalıklarının şiddetini azaltmada etkili olduğu bulunmuştur. Guerra ve arkadaşları (2022), yapraklı yeşillikler ve havuçlarda yabancı ot ve hastalık kontrolü için bant buhar uygulamalarını incelemişlerdir. Buhar uygulamalarının, yabancı ot yoğunluğunu azaltmada ve bitki hastalıklarını kontrol etmede etkili olduğu bulunmuştur.



Şekil 2: Sıcak su ve buhar ile yabancı ot temizliği (URL-2)

Alevli ot kontrolü, mahsul sıralarının yanında ve arasında büyüyen yabancı otları yakmak için propan yakıtlı bir alev püskürtücünün kullanılması içerir (Şekil 3). Bu, toprak üzerinde ortaya çıkan sürgünlerin çoğunun yok edilmesi için etkili bir yöntemdir ancak rizomlu, soğanlı, yumrulu veya çiçek soğanlı yabancı otlar için periyodik olarak tekrarlanması gerekecektir. Bu yöntem aynı zamanda sıralı bitkilerde yangın hasarına neden olma riskini de taşır, bu nedenle dikkatli uygulama ve teknik son derece önemlidir. Dress ve Balah (2016), traktörle çekilen yerel bir alevli yabancı ot temizleme makinesinin performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmada gaz basıncı, alev yüksekliği ve seyahat hızları gibi parametreler incelenmiştir. Sonuçlar, çift sıra brülörlerin, düşük hız ve yüksek gaz basıncının en etkili sonuçları verdiğini göstermiştir. Frasconi ve arkadaşları (2017), değişken oranlı alevli yabancı ot kontrolü yapabilen otomatik bir makine tasarlamışlardır. Bu makine, LPG kullanarak belirli alanlara alev uygulaması yapmaktadır ve otomatik kontrol sistemleri ile donatılmıştır. Martelloni ve arkadaşları (2016), mısırdaki satır içi yabancı ot kontrolü için çapraz alev uygulamasını incelemişlerdir. Çalışma, LPG dozlarının yabancı ot kontrolü üzerindeki etkisini ve mısır verimini değerlendirmiştir. Sonuçlar, çift alevleme uygulamalarının ekonomik olarak kabul edilebilir verim sağladığını göstermiştir. Kousika ve arkadaşları (2023), manuel bir alevli yabancı ot temizleme makinesi tasarlamışlardır. Çalışma, bu makinenin maliyet etkinliğini ve organik mısır üretiminde kullanıldığında verim üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Bejaie ve arkadaşları (2014), görüntü işleme kullanarak optimize edilmiş termal satır içi yabancı ot kontrol makinesi geliştirmişlerdir. Bu makine, alevlerin açısını ve yüksekliğini ayarlayarak daha etkili yabancı ot kontrolü sağlamaktadır. Rajković ve arkadaşları (2021), organik mısır üretiminde alevli yabancı ot kontrolünün ekonomik sürdürülebilirliğini değerlendirmiştir. Çalışma, el çapası ve ticari alev makinelerinin maliyet etkinliğini karşılaştırmıştır.



Şekil 3: Alevli ot kontrolü (URL-3)

2.3. Lazer Kullanılarak Yapılan Yabancı Ot Kontrolü

Lazerli yabancı ot temizleme robotları, hassas tarımda önemli bir atılımı işaret ederek yabancı ot yönetimine verimli ve uygun maliyetli, sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır (Şekil 4). Teknoloji, ekili alanda aranan bitkiler arasında istenmeyen bitkileri doğru bir şekilde hedeflemek için lazerlerden yararlanmaktadır. Alt tarafa monte edilen kameralar alanı gerçek zamanlı olarak tarar ve yerleşik bilgisayar, bitkileri boyutlarına, şekillerine ve renklerine göre tanımlar. Bir yabancı ot tespit edildiğinde, lazer sistemi devreye girerek ota odaklanmış bir enerji patlaması sağlar, etkili bir şekilde yok eder ve diğer arzu edilen bitkilere zarar vermeden bırakabilir. Andreasen ve arkadaşları (2022), küçük otonom araçlarla lazerle yabancı ot temizleme teknolojisini incelemişlerdir. Bu çalışma, lazerlerin elektrikle çalıştırılabildiği ve derin öğrenme yöntemleri kullanılarak yabancı otların tespit edilebileceğini belirtmiştir. Lazerle hedeflenmiş alanlarda yabancı ot kontrolü sağlanarak, çevresel riskler azaltılabilir ve toprak zarar görmeden yabancı otların kontrolü sağlanabilir. Rakhmatulin ve Andreasen (2020), uygun maliyetli bir lazer tabanlı yabancı ot temizleme cihazı geliştirmişlerdir. Çalışma, domateslerle karışık ayrık otu (*Elytrigia repens*) üzerinde test edilmiştir. Çeşitli lazer güçleri kullanılarak (0.3 W, 1 W ve 5 W) yabancı otların zarar görme enerjisi hesaplanmıştır. Çalışma, 1 W lazerin yeterli olmadığını, ancak 5 W lazerin daha etkili olduğunu göstermiştir. Sirikunkitti ve arkadaşları (2019), lazer tabanlı yabancı ot kontrol sisteminin gelişimini incelemişlerdir. Çalışma, CO₂ lazerin uzaktan hedeflenen alanlarda yabancı ot kontrolü için potansiyelini

araştırmıştır. Lazer ışını özellikleri ve hedeflenen mesafelerdeki karakteristikleri incelenmiştir. Çalışma, CO2 lazerin etkili bir yabancı ot kontrol yöntemi olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Mwitta ve arkadaşları (2022), sıradaki bitkilerde yabancı otları yönetmek için diyot lazer tedavilerini değerlendirmiştir. Çalışmada dört farklı lazer gücü kullanılarak iki yabancı ot türü üzerinde deneyler yapılmış ve lazer tedavisinin etkinliği araştırılmıştır. Sonuçlar, diyot lazerlerin etkili bir yabancı ot kontrol aracı olabileceğini göstermiştir. Xiong ve arkadaşları (2017), lazerle yabancı ot temizleme için bir prototip robot ve hızlı yol planlama algoritması geliştirmişlerdir. Robot, makine görüşü ve gimbal monte edilmiş lazer işaretleyicilerle donatılmıştır. Çalışma, robotun iç mekân performans testlerini ve yol planlama algoritmasını detaylandırmaktadır.



Şekil 4: Lazerli yabancı ot temizleme robotu (URL-4)

2.4. Elektrik Akımı Kullanılarak Yapılan Yabancı Ot Kontrolü

Elektrikli yabancı ot kontrolü, yabancı otları yok etmek için yüksek voltajlı elektrikle (15 kV'a kadar) yüklü elektrotlar kullanır (Şekil 5). Elektrotlar yabancı bitkiye temas ettiği anda elektrik akımı aktararak, bitki hücrelerinin patlamasına ve bitkinin ölmesine veya büyümesinin bastırılmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, elektrik gücü ve uygulama hızı, yabancı ot morfolojisi ve sahaya özgü çevre koşulları gibi çok sayıda değişken, elektrikli yabancı ot kontrolünün kullanımını ve etkinliğini

etkileyebilir. Bu tür makineler atmosfere herhangi bir tehlikeli kimyasal salmasa da yüksek gerilim akımından dolayı yangın veya insan güvenliği riskleri oluşturur. Son yıllarda bu alanda yapılan çeşitli çalışmalar, bu teknolojilerin etkinliğini ve uygulanabilirliğini araştırmıştır. Waghmare ve arkadaşları (2021), elektrikle çalışan çok işlevli bir yabancı ot kontrol makinesi geliştirmişlerdir. Bu makine, mevsimsel işlerde iş gücü talebini azaltmak ve yabancı ot mücadelesini daha verimli hale getirmek için tasarlanmıştır. Makine, batarya paketi kullanılarak elektrikle çalıştırılır ve geleneksel yöntemlere göre daha az zaman ve iş gücü gerektirir (Waghmare ve ark., 2021). Bloomer ve arkadaşlarının (2022) çalışması, mikro elektrik şokları kullanarak geniş yapraklı ve çimen yabancı otlarının kontrolünü incelemiştir. Bu çalışma, makineler ve robotlar tarafından kullanılan elektrikli yabancı ot kontrol teknolojisinin etkinliğini değerlendirmiştir. Sonuçlar, doğru şekilde uygulanan mikro şokların, yabancı otların biyokütlesini azaltarak ve ölüm oranını artırarak etkili olduğunu göstermiştir. Slaven ve arkadaşları (2023), elektrikli yabancı ot kontrolü üzerine kapsamlı bir inceleme sunmuştur. Bu inceleme, elektrik akımı kullanarak yabancı otların hücrelerini patlatarak bitkileri öldüren veya büyümelerini engelleyen bu teknolojinin teorik temellerini ve son gelişmeleri ele almaktadır. Çalışma, elektrikli yabancı ot kontrolünün potansiyelini ve uygulanabilirliğini değerlendirirken, aynı zamanda bu yöntemin risklerini ve sınırlamalarını da tartışmaktadır. Lysakov ve arkadaşları (2021), boru şeklinde doğrusal elektrik motorları kullanan bir yabancı ot temizleme robotu geliştirmişlerdir. Bu robot, yabancı otları köklerinden çekerek veya keserek temizler ve elektrik sistemleri, diğer sistemlere göre daha verimlidir. Çalışma, elektrik motorlarının etkinliğini ve yabancı ot kontrol mekanizmasını detaylı bir şekilde incelemiştir. Koch ve arkadaşları (2020), Electroherb™ teknolojisini tanıtmışlardır. Bu teknoloji, yüksek voltajlı elektrotlar kullanarak yabancı otların vasküler sisteminde elektrik akımı geçirerek hücre tahribatına neden olmakta ve bitkilerin solmasına yol açmaktadır. Çalışma, bu teknolojinin etkililiğini ve tarımsal uygulamalardaki potansiyelini değerlendirmiştir. Matsuda ve arkadaşları (2023), bahçe seralarında zemin yabancı otlarını kontrol etmek için insansız bir elektrikli ot temizleme makinesi (UEW) geliştirmişlerdir. Bu makine, bir kıvılcım yayıcı kullanarak yabancı ot fidelerini öldürmektedir. Çalışma, bu yöntemin etkinliğini ve uygulama potansiyelini göstermiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu makinelerin etkinliğini ve uygulanabilirliğini göstermekte olup, gelecekte daha geniş çaplı uygulamalar için önemli bir temel oluşturmaktadır.



Şekil 5: Elektrik akımı ile yabancı ot temizleme makinesi (URL-5)

2.5. Hedefli Kimyasal Kullanılarak Yapılan Yabancı Ot Kontrolü

Hedefli kimyasal yabancı ot kontrolü makineleri, sadece yabancı otların bulunduğu alanlara kimyasal uygulama yaparak, kimyasal kullanımını ve çevresel etkiyi azaltmayı amaçlamaktadır (Şekil 6). Asaei ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmada, makine görüş teknolojisi kullanarak geliştirilen bir tarla ilaçlama makinesi tanıtılmıştır. Bu sistem, ağaç sıralarındaki boşlukları belirleyip sadece yaprak alanına ilaç püskürtme özelliğine sahiptir. Araştırma, laboratuvar ve saha testleri ile desteklenmiştir. Laboratuvar testlerinde, 2.70 metre yükseklikteki yeşil ve beyaz kâğıtlar üzerine püskürtme yapılmış, kamera kullanılarak püskürtme nozullarının açılma ve kapanma zamanları kaydedilmiştir. Saha testlerinde ise, zeytinliklerde sürekli ve hedefli püskürtme koşullarında ilaçlama performansı ve kimyasal birikimi değerlendirilmiştir. Sonuçlar, hedefli püskürtme yönteminin geleneksel sürekli püskürtme yöntemine kıyasla %54 daha az kimyasal tüketimi sağladığını göstermiştir (Asaei ve ark., 2019). Ma ve

arkadaşları (2021) tarafından geliştirilen uzaktan kumandalı püskürtme makinesi, otomatik hedefleme özelliklerine sahiptir ve dağlık alanlardaki standart bahçeler için uygundur. Bu makine, meyve ağaçlarının yaprak alanlarını hassas bir şekilde belirleyerek kimyasal kullanımını optimize eder. Çalışmada, püskürtme makinesinin tasarımı, yapısı ve performansı ayrıntılı olarak ele alınmış ve test sonuçları sunulmuştur. Testler, püskürtme makinesinin 3.5 metreye kadar etkili bir menzile sahip olduğunu ve kimyasal kullanımını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Ma ve ark., 2021). Wei ve arkadaşlarının (2015) tasarladığı otomatik hedefe yönelik püskürtme makinesi, infrared sensörler kullanarak meyve ağaçlarını algılamakta ve sadece ağaçların bulunduğu alanlara püskürtme yapmaktadır. Bu sistem, ağaçların büyüklüğüne ve yaprak yoğunluğuna göre püskürtme genişliğini ayarlayarak kimyasal kullanımını minimize etmektedir. Testler, makinenin düşük hızlarda (1.5 m/s'den düşük) hareket ederken ağaçları doğru bir şekilde tespit edebildiğini ve kimyasal uygulamanın hassas bir şekilde yapıldığını göstermiştir. He ve arkadaşları (2015), Çin'deki meyve bahçelerinde kullanılmak üzere otomatik hedef algılama sistemine sahip bir traktör monteli püskürtme makinesi geliştirmiştir. Bu makine, elektrostatik ve infrared sensörleri bir arada kullanarak hedeflenen alanlara kimyasal püskürtme yapmaktadır. Araştırmanın sonuçları, bu sistemin kimyasal kullanımını %50-75 oranında azalttığını ve çevresel kirliliği önemli ölçüde düşürdüğünü göstermiştir. Patil ve arkadaşları (2023), değişken oranlı püskürtme sistemleri üzerine kapsamlı bir inceleme yapmıştır. Bu inceleme, yapay zekâ ve makine öğrenimi kullanarak meyve bahçelerinde kimyasal kullanımını optimize eden otomatik püskürtme sistemlerini ele almaktadır. Çalışma, bu sistemlerin püskürtme kayıplarını ve çevresel etkileri azaltma potansiyelini vurgulamaktadır. Hedefli kimyasal yabancı ot kontrol makineleri, meyve bahçelerinde kimyasal kullanımını optimize ederek çevresel etkileri ve maliyetleri azaltma potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiler, makine görüşü, infrared sensörler ve otomatik hedefleme sistemleri gibi ileri teknolojiler kullanarak yabancı ot kontrolünü daha hassas ve etkili bir şekilde gerçekleştirmektedir. Bu çalışmalar, bu makinelerin etkinliğini ve uygulanabilirliğini göstermekte olup, gelecekte daha geniş çaplı uygulamalar için önemli bir temel oluşturmaktadır.



Şekil 6: Hedefli kimyasal yabancı ot kontrolü (URL-6)

3. SONUÇ ve ÖNERİLER

Meyve bahçelerinde yabancı otlarla mücadele, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve verimliliği artırmanın yanı sıra, bahçe ekosisteminin sağlıklı kalmasını sağlamak için de kritik öneme sahiptir. Ayrıca, meyve bahçesi operasyonları genellikle zamana karşı duyarlı ve emek yoğun bir çalışmayı gerektirmektedir. Bu yoğun iş gücü talebi, yetiştiricilerin mevsimlik işleri yürütmek için yeterli iş gücü arzına sahip olmamalarına ilişkin önemli bir risk de içerisinde barındırmaktadır. Yabancı otlar, meyve ağaçlarıyla rekabete girerek besin maddeleri, su ve ışık gibi kaynakları tüketmek suretiyle verimliliği azaltarak hastalık riskini artırmaktadır. Yabancı ot kontrolü için kimyasal, biyolojik, mekanik, termal ve lazer gibi çeşitli yöntemler ve teknolojiler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin her biri, kullandıkları teknoloji gereği farklı avantaj ve dezavantajları da beraberinde getirmektedirler. Kimyasal yabancı ot kontrolü, herbisitlerin kullanımıyla hızlı ve etkili sonuçlar sağlamasına rağmen çevresel ve sağlık üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Ayrıca, sürekli herbisit kullanımı, yabancı otların herbisit direnci geliştirmesine neden olabilmektedir. Son yıllarda geliştirilen hedefli kimyasal yabancı ot kontrol makineleri, kimyasal kullanımını optimize ederek bu sorunları azaltmayı amaçlamaktadır. Termal yöntemler, sıcak su, buhar veya alev kullanarak yabancı otların hücrelerini patlatarak bitkileri etkisiz hale getirmektedir. Sıcak su ve buhar ile yabancı otların mücadelesindeki en büyük

dezavantaj, ısıyı üretmek için büyük miktarlarda su ve yakıtı ihtiyaç duyulması ve uygulanma hızının sınırlı olmasıdır. Alevli yabancı otların mücadelesinde ise yangın riski nedeniyle kuru veya rüzgârlı koşullarda ot temizlemenin kullanılmasının güvenli olmamasıdır. Lazerli yabancı ot kontrolü, yabancı otların hedeflenmiş ve hassas bir şekilde kontrol edilmesini sağlamaktadır. Ancak, lazerli mücadelede ise, ekipman bakım gereksinimleri ve belirli yabancı ot türlerine uygunluğu nedeniyle kullanımının sınırlı olmasıdır. Benzer şekilde, elektrikli yabancı ot temizleme makineleri daha geniş alanlar veya çok yıllık veya daha yaşlı yabancı otların istila ettiği alanlar için pratik olmayabilir. Mekanik yöntemler, yabancı otların fiziksel olarak ortadan kaldırılmasıyla çevresel sürdürülebilirliği artırmayı hedeflerken iş gücü ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar, mekanik yöntemlerle yapılan yabancı ot mücadelesinin %87 ile %94 arasında yabancı ot kontrol verimliliği sağladığını göstermektedir. Mekanik mücadelede ise, çeşitli yabancı ot türlerinin tekdüze olmayan çimlenme modelleri nedeniyle, ot kontrolünün tipik olarak uzun süreli ve tatmin edici olabilmesi için birden fazla uygulama gerektirmektedir.

Bu yöntemlerin entegre bir şekilde kullanılması, sürdürülebilir ve verimli yabancı ot kontrolü sağlayacağı öngörülmektedir. Örneğin, kimyasal ve mekanik yöntemlerin kombinasyonu, kimyasal kullanımını optimize ederek çevresel etkilerin azaltılabileceği belirtilmektedir. Benzer şekilde, termal ve lazer yöntemlerinin entegre edilmesi, yabancı ot kontrolünün etkinliğini artırabileceği ve direncin gelişmesini engelleyebileceği söylenmektedir. Gelecekteki araştırmalar, bu yöntemlerin, daha geniş ölçekli uygulamalarını ve uzun vadeli etkilerinin değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, çiftçilerin bu teknolojileri benimsemesi için eğitim ve destek programlarının da geliştirilmesi gerekmektedir. Yabancı ot kontrolünde sürdürülebilir yaklaşımlar, tarımsal üretimin çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğini artırarak, sağlıklı ve verimli tarım sistemlerinin korunmasına katkıda bulunacaktır. Yukarıda belirtilen teknolojilerin yaygın olarak benimsenmesini engelleyen önemli noktalardan biri de gerekli ekipmanın edinilmesi için gerekli ilk yatırım maliyetidir. Hassas yabancı ot yönetimi, yabancı ot tespitindeki teknolojik ilerlemeler ve robotik teknolojilerin gelişmesiyle bu tür sınırlamaların ortadan kalkacağı beklenmektedir. Uzun vadede, gelişmiş robotik hassas yabancı ot yönetimi sistemlerinin uygulanması, yalnızca mahsul verimini ve kalitesini garanti etmekle kalmayıp, aynı zamanda üretim maliyetlerini ve çevresel etkiyi

azaltarak tarım sektörünün sürdürülebilirliğini de garanti altına almayı hedeflemektedir.

Mekanik yöntemlerle yapılan yabancı ot mücadelesi, herbisit ihtiyacına olan bağımlılığı tamamen ortadan kaldırarak daha sürdürülebilir bir tarım geleceğine ve uygulamalarına katkıda bulunacaktır. Otonom robotların navigasyonu genellikle GPS destekli farklı sensörlerin füzyonunu içerisinde barındırmaktadır. Bu nedenle, güvenilir olmayan internet veya GPS bağlantısı olan uzak konumlardaki operasyonlar robotların çalışmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, GPS bağlantısı olmaksızın bahçe içerisinde otonom olarak çalışabilecek çözümlerin araştırılmasını gerektirmektedir. Ayrıca, çoğu robot nispeten düz ve öngörülebilir arazilerde gezinmek için iyi donanımına sahip olsa da, engebeli zemin, eğimler veya engelli alanlar zorluk yaratabilmektedir. Bu kısıt, tasarlanacak robotun dinamik, kinematik ve yürüyüş yapısının her türlü arazi şartına uygun tasarlanmasını gerektirmektedir. Sunulan proje, yukarıda bahsedilen sınırlamalara çözüm getirecek farklı çözümleri içerisinde barındıracaktır. Gerek literatür gerekse piyasa araştırmalarında ülkemizde otonom şekilde bahçelerde yabancı otlarla mekanik olarak mücadele eden bir makinaya ya da mobil robota rastlanılmamıştır. Yurtdışında ise uzaktan kumandalı ve bir operatöre ihtiyaç duyan genelde boyutları küçük, güç ihtiyacını benzinli motorlardan sağlayan robotlar bulunmaktadır. Bu bağlamda ülkemiz bahçelerine uygun, yabancı otla mekanik olarak mücadele edebilecek tamamen elektrik enerjisiyle çalışan robotik çalışmaların başlamasının ülkemizdeki robot çeşitliliğinin artırılması açısından yararlı olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda, Türkiye bağlamında meyve bahçelerinde yabancı otla mücadelede aşağıdaki hedeflere uygun makinelerin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

- Ülkemiz koşullarındaki meyve bahçelerine uygun yabancı otlarla mekanik olarak mücadele edebilen otonom bir mobil robotun temel tasarım parametrelerinin belirlenmesi,
- Tamamen elektrikli, çok amaçlı ve kauçuk paletli mobil robot platformunun üretilmesi,
- Elektrikli tırpan ve elektrikli rotovator tasarımlarının yapılarak yabancı otların kesilmesi ve toprağa karıştırılmasını sağlayacak kompakt bir mekanik mücadele sistemin geliştirilmesi,
- Edinim maliyetlerinin azaltılmasına yönelik GPS destekli, GPS desteksiz ve uzaktan kontrollü şekilde çalışabilecek altyapının oluşturulması,

- Çalışma süresinin arttırılmasına yönelik esnek güneş panel tasarımının robot üzerine yerleştirilmesi,
- Uygulama koşullarında, farklı meyve bahçelerinde ön denemelerinin yapılması,
- Geliştirilen yabancı otları mücadele robotunun temel işletmecilik verilerinin belirlenmesi.

KAYNAKÇA

- Abdulridha, J., Kanissery, R. G., McAvoy, C., & Ampatzidis, Y. (2019). Evaluation of steam application for weed management in citrus. *Appl. Eng. Agric.* 35(5): 805-814.
- Andreasen, C., Scholle, K., & Saberi, M. (2022). Laser weeding with small autonomous vehicles: Friends or foes? *Front. Agron.* 4, 841086.
- Asaei, H., Jafari, A., & Loghavi, M. (2019). Site-specific orchard sprayer equipped with machine vision for chemical usage management. *Comput. Electron. Agric.* 162, 431-439.
- Bejaie, F., Rezvanivande Fanayi, A., & Abbaszadeh, A. (2014). Thermal intro row weed control optimized machine with image processing. *Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res.* 2, 1922-1930.
- Bloomer, D., Harrington, K., Ghanizadeh, H., & James, T. (2022). Micro electric shocks control broadleaved and grass weeds. *Agronomy*, 12.
- Cauwer, B., Bogaert, S., Claerhout, S., Bulcke, R., & Reheul, D. (2015). Efficacy and reduced fuel use for hot water weed control on pavements. *Weed Res.* 55, 195-205.
- Cauwer, B., Keyser, A. D., Biesemans, N., Claerhout, S., & Reheul, D. (2016). Impact of wetting agents, time of day and periodic energy dosing strategy on the efficacy of hot water for weed control. *Weed Res.* 56, 323-334.
- Dress, A., & Balah, M. (2016). Using flame for weed control in some crops. *J. Soil Sci. Agric. Eng.* 7, 751-756.
- Frasconi, C., Raffaelli, M., Emmi, L., Fontanelli, M., Martelloni, L., & Peruzzi, A. (2017). An automatic machine able to perform variable rate application of flame weeding: Design and assembly. *Chem. Eng. Trans.* 58: 301-306.
- Gage, K. L., Krausz, R. F., & Walters, S. A. (2019). Emerging challenges for weed management in herbicide-resistant crops. *Agriculture* 9(9): 180.
- Gao, W.-T., & Su, W.-H. (2024). Weed management methods for herbaceous field crops: A review. *Agronomy* 14(3): 486.

- Guerra, N., Fennimore, S., Siemens, M., & Goodhue, R. (2022). Band steaming for weed and disease control in leafy greens and carrots. *HortScience* 57(11): 1453–1459.
- He, X., Hong, T., Wang, Q., Liu, Y., & Gong, Y. (2015). Precision spraying techniques using an automatic infrared system to detect the target in a Chinese orchard. *Sensors* 15(2): 4174-4191.
- Koch, M., Tholen, T., Drießen, P., & Ergas, B. (2020). The Electroherb™ technology—a new technique supporting modern weed management. *Julius-Kühn-Arch.* 464: 261.
- Kousika, S., M. A., Sudharsanapriya, K., & Swetha, J. (2023). Design of manual flame weeder. *Int. J. Innov. Res. Eng.* 4(3): 199-201.
- Kunz, C., Weber, J. F., Peteinatos, G., Sökefeld, M., & Gerhards, R. (2019). Camera steered mechanical weed control in sugar beet, maize and soybean. *Precis. Agric.* 19(4): 708-720.
- Lysakov, A., Masyutina, G., Rostova, A., Eliseeva, A., & Lubentsov, V. (2021). Development of a weeding robot with tubular linear electric motors. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 852: 012029.
- Ma, Y., Yang, L., Zhou, X., Zhang, Z., & Li, J. (2021). Design and test of a remote control spraying machine for orchards. *Agric. Eng. Int.: CIGR J.* 23(1): 170-179.
- Machleb, J., Peteinatos, G. G., Sökefeld, M., & Gerhards, R. (2021). Sensor-based intrarow mechanical weed control in sugar beets with motorized finger weeders. *Agronomy* 11(8): 1517.
- Machleb, J., Peteinatos, G., Kollenda, B., Andújar, D., & Gerhards, R. (2020). Sensor-based mechanical weed control: Present state and prospects. *Comput. Electron. Agric.* 176: 105638.
- Martelloni, L., Frasconi, C., Sportelli, M., Fontanelli, M., Raffaelli, M., & Peruzzi, A. (2019). The use of different hot foam doses for weed control. *Agronomy* 9(9): 490.
- Martelloni, L., Fontanelli, M., Frasconi, C., Raffaelli, M., & Peruzzi, A. (2016). Cross-flaming application for intra-row weed control in maize. *Appl. Eng. Agric.* 32(5): 569-578.

- Martelloni, L., Frasconi, C., Sportelli, M., Fontanelli, M., Raffaelli, M., & Peruzzi, A. (2021). Hot foam and hot water for weed control: A comparison. *J. Agric. Eng.* 52(3): 1167.
- Matsuda, Y., Kakutani, K., & Toyoda, H. (2023). Unattended electric weeder (UEW): A novel approach to control floor weeds in orchard nurseries. *Agronomy* 13(4): 1020.
- Melander, B., Lattanzi, B., & Pannacci, E. (2015). Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. *Crop Prot.* 72: 1-8.
- Mia, M. J., Massetani, F., Murri, G., Facchi, J., Monaci, E., Amadio, L., & Neri, D. (2020). Integrated weed management in high density fruit orchards. *Agronomy* 10(10): 1492.
- Hussain, M., Farooq, S., Merfield, C., & Jabran, K. (2018). Mechanical weed control. In K. Jabran & B. S. Chauhan (Eds.), *Non-chemical weed control* (pp. 133-155). Academic.
- Mwitta, C., Rains, G., & Prostko, E. (2022). Evaluation of diode laser treatments to manage weeds in row crops. *Agronomy* 12(6): 1292.
- Nath, C. P., Singh, R. G., Choudhary, V. K., Datta, D., Nandan, R., & Singh, S. S. (2024). Challenges and alternatives of herbicide-based weed management. *Agronomy* 14(1): 126.
- Pathade, H. P., Shinde, P., Magar, N., & Mundaware, S. (2015). Multipurpose weeding machine. *Int. J. Multidiscip. Res. Dev.* 2(8): 402-405.
- Patil, M. B., Srivastava, A. K., Pandey, K. P., & Jain, R. K. (2023). Review on automatic variable-rate spraying systems based on orchard canopy characterization. *Precis. Agric.* 24(3): 564-581.
- Peruzzi, A., Martelloni, L., Frasconi, C., Fontanelli, M., Pirchio, M., & Raffaelli, M. (2017). Machines for non-chemical intra-row weed control in narrow and wide-row crops: A review. *J. Agric. Eng.* 48(2): 57-70.
- Rajković, M., Malidža, G., Tomaš Simin, M., Milić, D., Glavaš-Trbić, D., Meseldžija, M., & Vrbničanin, S. (2021). Sustainable organic corn

production with the use of flame weeding as the most sustainable economical solution. *Sustainability* 13(2): 572.

- Rakhmatulin, I., & Andreasen, C. (2020). A concept of a compact and inexpensive device for controlling weeds with laser beams. *Agronomy*. 10, 1616.
- Rodrigues, M. Â., & Arrobas, M. (2020). Cover cropping for increasing fruit production and farming sustainability. In M. Mir (Ed.), *Fruit Crops* (pp. 279–295). Elsevier.
- Senthiladhiban, T. (2023). Design of power weeder machine. *Int. J. Innov. Res. Adv. Eng.* 10(7): 576-580.
- Shen, S., He, Y., Tang, Z., Dai, Y., Wang, Y., & Ma, J. (2023). Development of an orchard mowing and sweeping device based on an ADAMS–EDEM simulation. *Agriculture* 13(10): 2276.
- Singh, M. K., Singh, S. P., Singh, M. K., & Utpal, E. (2019). Battery assisted four-wheel weeder for reducing the drudgery of farmers. *Indian J. Agric. Sci.* 89(9): 1434–1438.
- Sirikunkitti, S., Chongcharoen, K., Yoongsuntia, P., & Ratanavis, A. (2019). Progress in a development of a laser-based weed control system. In *Proceedings of the 2019 Research, Invention, and Innovation Congress (RI2C)*, Bangkok, Thailand, 1-4.
- Slaven, M. J., Koch, M., & Borger, C. (2023). Exploring the potential of electric weed control: A review. *Weed Sci.* 71(4): 403-421.
- Vasinauskienė, R., Brazienė, Z., & Avižienytė, D. (2019). The effects of water steam on weeds and fungal diseases in the stands of onion. *Zemdirbyste-Agric.* 106(1): 53-58.
- Waghmare, D. K., Sherkar, A. R., Yenage, S. R., & Shinde, A. (2021). Electrically operated multi-operational weed control machine. *Int. J. Multidiscip. Res. Dev.* 8(1): 1-5.
- Wei, L., Wang, X., Li, H., & Zhou, X. (2015). Design and test of automatic toward-target sprayer used in orchard. *Comput. Electron. Agric.* 119: 87-96.

Xiong, Y., Ge, Y., Liang, Y., & Blackmore, S. (2017). Development of a prototype robot and fast path-planning algorithm for static laser weeding. *Comput. Electron. Agric.* 142: 494-503.

URL-1. <https://kadmec.com/urun/kadioglu-ks100-star-yildiz-tipi-bag-bahce-capa-makinesi/> (Erişim Tarihi:28.10.2024)

URL-2. <https://www.weedtechnics.com/product/sw3100/> (Erişim Tarihi:28.10.2024)

URL-3. <https://m.aksam.com.tr/ekonomi/tarim-makineleri-ihracatinda-hedef-800-milyon-dolar/haber-793484> (Erişim Tarihi:28.10.2024)

URL-4. <https://fizikhaber.com/2021/08/yabani-otlarla-mucadele-teknikleri/> (Erişim Tarihi:28.10.2024)

URL-5. <https://zasso.com/wine-industry-newsletter-2/> (Erişim Tarihi:28.10.2024)

URL-6. <https://www.yerzemin.com/display/john-deere-ces-2022-innovation-awards-baeslesiginde-iki-ugur-boyunca-yeniji-boldy/156769> (Erişim Tarihi:28.11.2023)

BÖLÜM 6

TEK SAĞLIK BAKIŞIYLA, KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIM VE HAYVANCILIĞA ETKİSİ

Dr. Öğr. Gör. Yahya IŞIK¹
Doç Dr. Orkun BABACAN²
Doç. Dr. Timuçin TAŞ³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14580879>

¹ Balıkesir Üniversitesi, Kepsut MYO, Veterinerlik Bölümü. Balıkesir/Türkiye
E-mail: yahya.isik@balikesir.edu.tr. ORCID NO: 0000-0001-7654-1565

² Balıkesir Üniversitesi, Kepsut MYO, Veterinerlik Bölümü. Balıkesir/Türkiye
E-mail: orkun.babacan@balikesir.edu.tr. ORCID NO: 0000-0003-0258-1825

³ Balıkesir Üniversitesi, Kepsut MYO, Veterinerlik Bölümü. Balıkesir/Türkiye
E-mail: timucin.tas@balikesir.edu.tr. ORCID NO: 0000-0002-2144-9064

1. GİRİŞ

Dünya kurulduğundan bu yana, kambriyen dönemi ile beraber, doğal sürecinde 5 yok oluş meydana gelmiştir. Bu yok oluşların üçü, yanardağ patlamaları ve atmosfere salınan yoğun CO₂ nin, biyolojik canlılığın, yaklaşık% 80 ni yok etmesi, biri, yerkürede aşırı şekilde her yerin yeşille kaplanması ve bu bitkilerin atmosferde ki CO₂ yi tüketmesi ve dünyanın bir buz topuna dönmesi, son yok oluşta, kretase dönem diye tabir edilen, yaklaşık 65 milyon yıl önce gerçekleşen, Meksika'nın Yucatán Yarımadasına devasa bir asteroidin (15 km çapında) çarpması sonucu, 10 milyar hiroşima atom bombası etkisi yaratması ile gerçekleşmiştir. Çarpma sonucunda, birçok büyük cüsseli hayvan yok olmuş, dinozorların bu dönemde nesli tükenmiştir. Çarpma sonrasında, atmosferde büyük miktarda iridyum ve CO₂ gazı salındı. Bu gazlar, güneş ışığının, dünya eko sistemine ulaşmasını engelledi ve güneş ışığı yaklaşık 15 yıl boyunca dünyaya ulaşamamıştır. Güneş dünyaya ulaşmayınca, fotosentez olmamış ve bitkilerin (%75) çoğu, dolayısıyla hayvanların çoğu yok olmuştur. Mavi kürenin her yok oluştan sonra ayağa kalktığı, rejenerasyon dönemine girerek, kendini tekrar yenilediği görülmüştür. Fertil bir gezegene sahip olduğumuz muhakkaktır (Ritchie, 2022). Son 3.7 milyar yılda, milyarlarca popülasyon ve milyonlarca tür, dinamik bir dünyada evrimleşmiştir. Geçmişten günümüze, tür sayısının yaşam tarihindeki en büyük seviyeye ulaştığı düşünülmektedir; yani daha önce hiç bu kadar çok farklı organizma türü bir arada var olmamıştı (Boero ve ark., 2004). Ancak son 3-4 yüzyıldır, insan kaynaklı faaliyetler sonucunda, bu türler her yıl yok olmakta ve azalmaktadır. Son yüzyıllarda ki atmosferde ki sera gaz miktarlarının artması, buna bağlı, her yıl hayvan ve bitki türlerinin yok olması akla şu soruyu getirmektedir. Geçmişte doğal sürecinde yaşanan 5 kitlesel yok oluştan sonra, gerçekten 6. yok oluşun, yani antropojenik dönem içerisinde miyiz? (Ceballos ve ark., 2010).

Birkaç yüzyıldır, habitatın tahribi, toksik kirletici madde salınımı, aşırı avlanma ve istilacı türlerin çoğalması gibi insan kaynaklı eylemleri, biyolojik çeşitlilikte büyük bir düşüşe yol açtığı rapor edilmiştir (Vitousek ve ark., 1997) Ayrıca, CO₂ başta olmak üzere sera gazı emisyonları biyolojik çeşitliği daha da azaltmıştır. İnsan kaynaklı yok oluş, artık, geçmişteki beş yok oluş süreci gibi değerlendirilmekte (Novacek, 2007) ve bu döneme altıncı yok oluş dalgası” yani antropojenik dönem denilmektedir (Wake ve Vredenburg, 2008). Bu dönem, insan ırkının sebep olduğu ilk yok oluşa büyük adaydır. Ekosistem tahribatı bu şekilde devam ederse, insan medeniyetinin

çöküşü ile beraber, milyarlarca insan, bitki ve hayvan türü erken ölüm ve yok oluş ile yüzleşebilir.

Antropojenik dönem, özellikle sanayi devriminden (1760-1840) bu yana insan etkisinin hızla artmasıyla birlikte, atmosfer, hidrosfer, biyosfer ve litosfer üzerinde önemli değişikliklerin yaşandığı dönem olarak tanımlanabilir (Türkeş, 2021). Dünya tarihi boyunca, yok oluş dönemleri hariç hiçbir zaman, CO₂, 300 ppm düzeyini aşmamıştır. Sanayi devrimi öncesi, Atmosferdeki CO₂ seviyesi yaklaşık 280 ppm ve ideal seviyede iken (Ramanathan ve Feng, 2009), Hawaii Adası'nda bulunan atmosfer araştırma istasyonu, Mauna Loa İstasyonu'nda ölçülen karbondioksit yoğunluğu, 2021 yılında itibariyle, 420.99 ppm seviyesine ulaşmıştır (Türkeş, 2021). Bu CO₂ miktarı, 2022 yılı itibari ile yerküre ortalama sıcaklığının, 1.5 °C artmasına neden olmuştur (IPCC, 2024). 1750 yılından 2024 yılına kadar, küresel ısınmanın en önemli iki fenomeni olan, karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄) konsantrasyonlarının sırasıyla, %48 ve %160 oranında arttığı rapor edilmiştir. Ayrıca, sera gazı emisyonları içerisinde en büyük pay, %74.4 ile CO₂ ve %17.3 ile CH₄ ait olduğu bildirilmiştir. Bu iki gazın (CO₂ ve CH₄) küresel ölçekte, ısınmaya etkisi, % 90 civarlarındadır. Diğerler sera gazlarından olan, nitroz oksit (nitrat gübrelmesi), kükürt hekzaflorür, hidroflorokarbonlar ve perflorokarbonlarda azda olsa bu süreci sürüklemektedir (IPCC, 2024).

2024 yılı verilerine göre, küresel nüfus 8.123.828 milyardır ve her gün artmaya devam etmektedir. 1650 yılında dünya nüfusu 450-550 milyon, 1750 yılında 700-800 milyon, 1850 yılında 1 ila 1.2 milyar ve 1900 yılında 1.5 ila 1.6 milyar arasındaydı. Günümüzde dünya nüfusu yaklaşık 7 kat artmıştır (Anonim, 2024). Sağlık ve teknolojideki gelişmeler, tarımdaki yenilikler, gıda tedarikindeki artışlar ve icatların %80'inin son yüzyılda gerçekleşmesi erken ölümleri azalttı ve nüfusu önemli ölçüde arttı. Bu kalabalık nüfusun gıda taleplerini karşılamak, birim alanlardan elde edilen verimin artırılması ile mümkündür. Nüfusun artmasıyla birlikte, insan ve hayvan faaliyetleri, endüstriyel atıklar, sera gazları (CO₂, CH₄, su buharı vb) ve zehirli gaz (volkanik patlamalar) emisyonları, küresel ölçekte sıcaklıkların artmasına yol açmıştır. Dünyada yaşanan bu olumsuz etkiler, küresel ısınma, iklim değişikliği, su kıtlığı veya diğer ismi ile kuraklıkların yaşanmasına sebep olmuştur. Şu anda yaşadığımız ve gelecekte yoğunlaşacak olan gıda krizini önlemek için planlar ve stratejiler geliştirmek gerekmektedir. Doğum oranlarının, ölüm oranlarından daha yüksek olduğu, giderek artan dünya nüfusunu, doyurmak ve gıda krizine yol açmamak için, tarım ve hayvancılıkta

birim alandan yüksek verimler almak, bu konularda yoğun bilimsel çalışmalar yapmak gerekmektedir. Aslında, insanoğlu, bir tarafı tamir ederken diğer taraf bozulmaktadır. Daha açık bir ifade ile bir taraftan son yüzyılda tıp başta olmak üzere teknolojiye ki gelişmeler, insan yaşatmaya çalışılırken, diğer taraftan nüfus yoğunluğu ve insan faaliyetlerinden dolayı, küresel ısınma yaşanmakta, bu olumsuz durum, tarımsal ve hayvansal üretimi olumsuz etkilemektedir.

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, dünya çapında çevresel, ekonomik ve sosyal sistemleri etkileyen en büyük küresel sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda sıcaklık artışları, yağış rejimindeki düzensizlikler, aşırı hava olaylarının sıklığındaki artış ile deniz seviyelerinin yükselmesi gibi etkiler, gezegenin ekosistem dengesini bozmuş ve insan faaliyetlerini tehdit etmeye başlamıştır. Bu değişimlerin tarım ve hayvancılık sektörü üzerindeki etkileri, özellikle gıda güvenliği, biyoçeşitlilik ve halk sağlığı açısından büyük bir endişe kaynağı olmuştur (Cheng ve ark., 2022; Sharma ve ark. 2022).

Hayvancılık üretimi, küresel tarımsal gayri safi yurt içi hasılanın yaklaşık % 40'ını oluşturur. Hayvancılık, küresel proteinin %33'ünü ve tüketilen küresel kaloringin %17'sini sağlar. Üretim, kırsal nüfus için önemli istihdam fırsatları yaratır. Ek olarak, hayvancılık gelişmekte olan ülkelerde önemli bir gıda, beslenme, geçim ve gelir kaynağıdır (Cheng ve ark., 2022).

İklim değişikliğinin küresel tarımsal üretkenlik üzerinde önemli ve olumsuz etkileri olmuştur ve 1970'ten bu yana dünya genelinde tarımsal üretim yaklaşık % 20 oranında düşmüştür (Ortiz-Bobea, 2021). İklim değişimi ile aşırı artacak sıcaklık (Moore ve ark., 2017) ve kuraklıklar (Vicente-Serrano ve ark., 2022) bitkisel ve hayvansal verim ve kaliteyi olumsuz etkileyeceği vurgulanmaktadır. İklim değişikliği, bitkisel üretimi ve hayvancılığı doğrudan ve dolaylı yollardan etkileyerek bu sektörlerdeki verimlilik kayıplarına, gıda arz güvenliğinin tehdit edilmesine ve yerel toplulukların tarım arazilerini terk edilip göç etmesine neden olmaktadır. Tarımsal üretimdeki olumsuz etkiler, sıcaklık artışlarının yem bitki gelişimini zayıflatması, su kaynaklarındaki azalma nedeniyle sulama zorlukları ve kuraklık gibi etmenlerden kaynaklanmaktadır. Diğer yandan, iklim değişikliği hayvancılık üretimini doğrudan artan ısı stresi yoluyla ve dolaylı olarak yem ve mahsul bazlı yemlerin miktarı ve kalitesi ile arazi ve su mevcudiyeti üzerindeki etkiler yoluyla etkileyebilir (Cheng ve ark., 2022; Sarıççek, 2022). Hayvancılık

sektörü, yem üretiminde yaşanan azalma dolayısıyla hayvanların kuru madde tüketimi (KMT) de olan düşüş, artan sıcaklıklar nedeniyle hayvanların yaşadığı sıcaklık stresi, diğer yandan hayvanlarda metabolik ve enfeksiyöz kaynaklı hastalıkların insidensindeki artış ile sürü düzeyinde hastalıklarda artış yoluyla yayılma riskinin artması ve metan gazı salınımındaki artış gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır (Spiller ve ark., 2023). Sera gazlarının en önemli kaynaklarından biri olan metan gazının atmosferdeki oranındaki artması, küresel ısınmayı daha da hızlandırarak, iklim değişikliğinin geri dönülmesi zor etkilerine yol açabilir (Sarıçiçek, 2022; Sharma ve ark. 2022). Ancak hayvanların metan gazı artışına etkisi yok denecek kadar azdır. Daha açık bir ifade ile % 1 in altındadır (Cheng ve ark., 2022).

Yapılan çalışmalar, iklim değişikliğinin yalnızca tarım ve hayvancılık üretimi üzerinde değil, aynı zamanda gıda üretiminin kalitesi ve halk sağlığı üzerinde de uzun vadeli olumsuz etkiler yaratabileceğini ortaya koymaktadır (Cheng ve ark., 2022; Sarıçiçek, 2022; Sharma ve ark. 2022). Pestisit kullanımı, aşırı sıcaklıkların bitkiler üzerinde yarattığı stresle birlikte daha fazla kimyasal kullanımını teşvik edebilir ve bu da gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Hayvan sağlığı, artan sıcaklıklara ek olarak, daha sık aşırı hava olaylarıyla ortaya çıkan sıcak stresi, metabolik bozukluk, oksidatif stres ve bağışıklık baskılanmasından büyük ölçüde etkilenir ve bunun sonucunda hastalık görülme sıklığı ve ölüm insidensi artar. Ayrıca, artan sıcaklıklar ve nisbi nem, zararlı haşerelerin, özellikle sivrisineklerin yayılmasını hızlandırabilir. Sivrisineklerin taşıdığı hastalıkların, özellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde sağlık üzerinde olumsuz etkiler yaratacağı öngörülmektedir. Bunun yanı sıra, küresel ısınma, tarım alanlarında pestisitlere olan bağımlılığı artırarak, bu kimyasalların su kaynaklarına karışması ve toprakta kalıcı etkiler bırakması gibi çevresel sorunları da beraberinde getirebilir. Küresel ölçekte iklim değişikliğinin, hayvancılık için etkilerinin olacağı rapor edilmiştir (Cheng ve ark, 2022; Spiller ve ark., 2023).

İklim değişikliğinin, tarım ve hayvancılık üzerindeki etkileri, çevre, ekonomi ve sağlık açısından çok yönlü ve karmaşık sonuçlar doğurmaktadır. Ayrıca, çevre dostu olmayan teknolojik ilerlemenin, iklim değişikliğine yansımaları sonucunda, ortaya çıkacak bitkisel ve hayvansal verim düşüşlerinin ne ölçüde telafi edileceği belirsizdir (McLachlan ve ark., 2020). Bu kapsamda, sürdürülebilir çevre dostu tarım tekniklerinin benimsenmesi, hayvancılıkta sıcak stresi yönetiminin sağlanması, zoonozlara karşı erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesi, yenilikçi teknolojiler ile üretim

süreçlerinin iyileştirilmesi ve uluslararası iş birliklerinin artırılması gerekmektedir. Ayrıca, tarım ve hayvancılık sektör paydaşlarının eğitim ve farkındalık düzeylerinin artırılması, bu sektörlerin gelecekteki sürdürülebilirliğini sağlamak için kritik bir öneme sahiptir (Spiller ve ark., 2023).

Bu çalışma, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin tarım ve hayvancılık sektörlerine olan etkilerini tek sağlık bakışıyla güncel yayınlar ışığında değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, bu etkilerle başa çıkmak için geliştirilen adaptasyon stratejileri, politika önerileri ve gelecekteki araştırma alanları da tartışılacaktır.

2. DÜNYADA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE MEVZUAT

Küresel ısınma ve iklim değişikliğine karşı dünya genelinde pek çok ülke ve uluslararası kuruluş çeşitli önlemler almakta ve mevzuat düzenlemeleri yapmaktadır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ve Paris Anlaşması gibi uluslararası anlaşmalar, küresel sıcaklık artışını 1.5°C ile sınırlama hedefi koyarak, sera gazı salınımlarını azaltmaya yönelik çeşitli taahhütlerde bulunmaktadır. Bu anlaşmalar, tarım ve hayvancılık sektörlerinde de sürdürülebilir üretim yöntemlerinin teşvik edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde ise, tarımda verimliliği artıran, su kaynaklarını daha verimli kullanan ve çevresel etkileri minimize eden çeşitli yerel düzenlemeler ve destekleme programları mevcuttur. Ancak, iklim değişikliğinin hızla ilerlemesi karşısında bu mevzuatların daha etkili hale getirilmesi ve kapsamlarının genişletilmesi gerektiği açıktır.

3. KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIM SEKTÖRÜNE ETKİLERİ

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, dünya genelinde tarımsal üretim üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Sıcaklık artışları, yağış rejimindeki değişiklikler, su kaynaklarındaki azalmalar ve doğal afetlerin sıklığındaki artışlar, tarım sektörünü doğrudan etkilemektedir. Tarımsal verimlilik, iklim koşullarına bağlı olarak değişen önemli faktörlerden biridir. Örneğin, sıcaklık artışları, bazı bitkilerin gelişimini olumsuz yönde etkilerken, diğerlerinin büyümesi için daha elverişli koşullar yaratabilmektedir. Küresel ısınmanın gıda üretimi üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, sıcaklık stresinin tarımsal verimliliği düşürebileceğini belirtmişlerdir. Ancak, sıcaklık değişimlerinin bitki türüne, coğrafi bölgeye ve yetiştirilme yöntemlerine bağlı

olarak farklı sonuçlar doğurabileceği de vurgulanmıştır (Lobell ve ark., 2011). İklim değişikliğinin tarım ürünlerinin verimliliği üzerindeki etkilerini araştırmış, sıcaklık artışının özellikle tahıl, sebze ve meyve üretimi üzerinde olumsuz etkiler yaratacağını ortaya konmuştur (Bertin ve ark., 2021). Mısır bitkisi, sıcaklık ihtiyacı olan bir sıcak iklim bitkisi olmasına rağmen, 28-30 °C üzerinde ki sıcaklıklarda stres yaşayacak ve verim ve kalitede kayıplar yaşanacaktır.

Kuraklık gibi aşırı su stresinin yaşanması, verimliliği doğrudan etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, iklim değişikliğinin sadece sıcaklık artışıyla değil, aynı zamanda kuraklık stresi ve su kıtlığı ile daha da belirgin hale geldiğini ve bitkilerin bu koşullarda sulama ihtiyacının arttığı vurgulanmıştır (Müller ve ark., 2021). Bu durum, özellikle suyun sınırlı olduğu bölgelerde büyük bir sorun teşkil etmektedir. Türkiye gibi yarı kurak iklim bölgelerinde, bu olumsuz etkiler daha fazla hissedilmektedir. Tarımsal üretimin en önemli bileşenlerinden biri olan su kaynakları, iklim değişikliği ve küresel ısınma nedeniyle giderek daha kıt hale gelmektedir. Su kaynaklarındaki azalma ve bitkilerin sulama gereksinimlerinin artması, özellikle suya dayalı tarım yapan bölgelerde büyük sorunlara yol açtığı bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2017). Türkiye de su kaynaklarındaki azalma ile birlikte sulama gereksinimlerinin arttığını ve bu durumun tarımsal üretimi ciddi şekilde tehdit ettiğini rapor edilmiştir (Kuyucak ve ark., 2022).



a



b

Şekil 1. Mısır bitkisinde alt yaprak kurumaları, kuraklık stresi (a), üst yaprak kuruması sıcaklık stresi

Küresel ısınma ve iklim değişikliği her ikisi beraber, yüksek sıcaklıklara ve meteorolojik kuraklığa (az yağış) yol açar, ayrıca, meteorolojik kuraklık, hidrolojik kuraklığa yol açmakta (yeraltı ve yer üstü su miktarının azalması) ve bunların neticesinde, günümüzde bitkisel üretimde verim ve kalitede kayıplar yaşanmaktadır. Bu kayıpları sıralayacak olursak;

- a. Bitkilerin kök bölgesinde ki su haznesinde ki azalma ve evatranspirasyonun artması sonucu, bitki büyüme ve gelişiminde düşüş yaşanır.
- b. Su yetersizliği nedeniyle bitkiler yeterince gelişemez ve ürün verimi düşer. Kuraklık ve sıcaklık şiddeti ve süresine bağlı olarak, % 70 e varan verim kayıpları yaşanabilir.
- c. Toprağın su tutma kapasitesini azalır ve toprağın verimliliği düşer. Su tutma kapasitesi düşen toprak, verimsizleşir, daha sonra çoraklaşır ve tuzluluk oranı artar. Kısacası, toprakta degradasyon ve produktivite oluşur.
- d. Yüksek sıcaklık ve yaşanan kuraklık, bitkilerde bağışıklık sistemini zayıflatarak, hastalıkların ve zararlıların yayılmasına yol açar. Ayrıca, bağışıklık sisteminin zayıflaması sonucunda, oluşan hastalıklara karşı daha fazla pestisit kullanmak gerekir. Buda ekosistemin dengesinin bozulmasına ve yararlı böcek popülasyonunun azalmasına yol açar.
- e. Kuraklık sebebiyle, toprakta yeterince nem olmadığında erozyon riski artar. Konya da yaşanan rüzgâr erozyonu bu konunun en çarpıcı örneklerinden birisidir.
- f. Bitkilerin kök bölgesinde ki su azlığından ötürü, demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn) ve magnezyum (Mg) gibi önemli mikro elementleri yeterli düzeyde absorbe edemezler. Bu ve benzeri mikro elementler, hem fotosentez hemde bitkinin diğer faaliyetlerinde etkin rol aldığından dolayı, bitki yeterli kalite ve verimde ürün oluşturamaz. Buğday bu sıkıntılara maruz kalırsa, taneleri yeterince gelişmez, küçük ve cılız kalır.
- g. Yaşanan abiyotik stres koşulları, tarımsal üretimde daha fazla sulama gereksinimi ortaya çıkartacaktır. Bu durum, su kaynaklarımıza ek yük getirecek ve hidrolojik kuraklığa yol açacaktır.
- h. **h)** Günümüzde tarımsal üretimde yaşanan stres koşulları, birim alanda verimlerin düşmesi, artan sulama maliyetleri ve sonuçta çiftçilere ekonomik kayıplar yaşatacaktır.

3.1 Tarımsal Üretimde Kısa, Orta ve Uzun Süreli Çözüm Stratejileri

a) Su kullanımını optimize eden yöntemlerin uygulanması gerekmektedir. Yeraltı ve yer üstü damlama sistemleri ve yağmurlama sistemleri sayesinde, hem su kaynaklarının iktisatlı kullanımı sağlayacak hemde toprakların aşırı yıpranmasının önüne geçilecektir. Özellikle Damlama sulama sistemi, bitkinin ihtiyacı kadar suyu, direkt efektif kök bölgesine verdiği için, salma sulamaya nazaran, % 60 a yakın su tasarrufu sağlamaktadır.

b) Bölge (yerel) iklim koşullarına adapte olmuş bitki gruplarının üretimine öncelik verilmelidir. Ayrıca, ekonomik değere haiz bitki gruplarında, kuraklığa ve sıcaklığa toleranslı bitki ıslahı programlarına ağırlık ve öncelik verilmelidir.

c) Türkiye özelinde düşünülürse, IPCC raporlarında, ülkemizin Akdeniz havzası içerisinde yer aldığı ve olası bir iklim değişimi ve kuraklık senaryolarında, ülkemizde ki tarımsal üretimin bu durumdan olumsuz etkileneceği bildirilmiştir (IPCC, 2024). Ülkemiz yarı kurak iklim kuşağında yer aldığı için, suyu iktisatlı kullanan kadim bitkilere sahiptir. Bahçe bitkilerinde, zeytin, badem, antep fıstığı, nar, incir, hurma gibi bitki grupları su konusunda iktisatlı bitkilerdir. Ayrıca ülkemizde sadece yağışa dayalı zeytin ormanları mevcuttur. Bu bitki grupları ile ilgili ıslah çalışmaları başta olmak üzere, bilimsel araştırmalar artırılmalıdır.

d) Tarla bitkilerinde, tatlı sorgum, inci darı, kuraklığa toleranslı mısır çeşitleri, buğday, arpa, nohut, mercimek, aspir, kuraklığa toleranslı yer fıstığı sıralanabilir. Bu bitki grupları, yoğun şekilde ülkemizde üretimleri yapılmaktadır. Mısır bitkisi, vejetatif ve generatif dönemde çok su kullandığı ve büyük bir biomass sahip olduğundan dolayı, mısırın kullandığı suyun % 50 sini kullanan ve su konusunda iktisatlı olan sorgum çeşitleri tercih edilebilir. Tatlı sorgum çeşitleri, sahip olduğu birim alan verimi ve yem kalitesi dolayısıyla, silajlık mısıra alternatif olacak potansiyelindedir.

e) Anıza ekim, azaltılmış toprak işleme ve toprak işlesiz direkt ekim gibi yöntemler toprağın su tutma kapasitesini artıracaktır. Bu yöntemler ile hem toprağın degradasyonu korunacak hemde, toprakta buharlaşmanın önüne geçilecektir.

f) Toprağın verimli kullanımı ve korunması için planlar yapılmalıdır. Rüzgâr ve su erozyonunu azaltmak için teraslama, örtü bitkileri ve rüzgâr kıran bitki örtüleri kullanılmalıdır. Ülkemiz topraklarının organik madde içeriği % 1 in altındadır ve bu oranı artırmak için hayvansal üretimden elde edilen ahır gübresi toprak ile karıştırılmalıdır. Aksi takdirde organik madde azlığı su kaybını artıracak ve daha çok su kullanımına yol açacaktır.

g) Su tasarrufu ve verimlilik için uygun tekniklerin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Konvesyonel tarımın yanında organik tarım, Kimyasal yerine, biyolojik mücadele, kimyasal gübre (nitrat) kullanımı yerine, ahır gübresi kullanımı ve pestisit kullanımı yerine, bordo bulamacı gibi koruyucu tedbirlerin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

h) Kuraklık risklerini önceden tahmin eden ve çiftçileri bilgilendiren erken uyarı sistemleri yaygınlaştırılmalıdır. Ayrıca, toprakta ki su kapasitesini ölçen tansiyometreler sayesinde, su tasarrufu sağlanmalıdır.

i) Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda, tarım ve hayvancılık sektör paydaşlarına eğitimler ve seminerler verilmelidir. Üreticiler, toplantılar, seminerler, kongreler, çalıştaylar ve el kitapçıkları ile bilinçlendirilmelidirler.

4. KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN HAYVANCILIK SEKTÖRÜNE ETKİLERİ

4.1 Genel Etkiler

Yüksek sıcaklıklar, hayvan sağlığını tehdit eden faktörlerin başında yer almakta ve hayvanlarda sıcak stresine neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda küresel ısınmanın hayvancılıkla ilişkili sorunlarını incelenmiş ve sıcaklık artışlarının, özellikle et ve süt üretimini olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir. Ayrıca, küresel ısınmanın bir sonucu olarak hayvanların daha fazla suya ihtiyaç duymasına, yemlerin kalitesinin düşmesine, kuru madde tüketiminin azalmasına ve hayvan hastalıklarının yayılma riskinin artmasına dikkat çekilmiştir (Thornton ve Gerber, 2010; Spiller ve ark., 2023). İklim, yem tedarikiyle birlikte hayvancılık büyüme oranlarını, süt ve yumurta üretimini, üreme performansını, morbidite ve mortaliteyi etkiler. Ters yönde, hayvancılık faaliyetlerinde bir iklim değişikliğine neden olma potansiyeline sahip olduğu ancak şimdilik çok küçük bir etki yarattığı bildirilmiştir (Cheng ve ark., 2022). Sıcaklık artışlarının hayvanların metabolizmasını etkileyerek, hayvanların hem beslenme hem de büyüme süreçlerini yavaşlattığı ortaya koyulmuştur (Leite ve ark., 2021). Ayrıca, sıcak stresinin ve nem oranındaki

değişimlerin hayvanların bağışıklık sistemini zayıflattığı ve hastalıkların yayılma riskini artırdığı bildirilmiştir (Cheng ve ark., 2022; Sharma ve ark., 2024). İklim değişikliği aynı zamanda hayvancılıkla ilişkili sera gazlarının, özellikle metan gazının artmasına yol açmakta ve küresel ısınmaya büyük katkı sağladığı bildirilmektedir. Sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik çalışmalar, hayvancılıkta daha sürdürülebilir üretim yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir (Steinfeld ve ark., 2006). Koyuncu ve Nagaye, (2020) bu konuda sürdürülebilir, çevre dostu hayvancılık yöntemlerine geçişin önemine dikkat çekmiştir. Hayvansal ürünlerin kalitesi en çok yem miktarı ve kalitesinden etkilenmesinden dolayı, küresel iklim değişikliğinin hayvan beslenmesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için, hayvan besleme stratejileri geliştirilmeli ve çözümler bulunmalıdır. Bu nedenle, araştırmaların çoğunun beslenmeye ve hayvansal ürünlerin kalitesini iyileştirmeye odaklı olması gerektiği ifade edilmiştir (Babinszky ve ark., 2011).



Şekil 2. Küresel ısınmanın hayvanlara etkisi, hayvanların, küresel ısınma ve iklim değişikliğine etkisi

4.2 Hayvan sağlığı üzerindeki etkileri

İklim değişikliği hayvanların sağlığını, beslenmesini ve verimliliğini doğrudan ve dolaylı olarak olumsuz yönde etkileyebilir. İklim değişikliğinin hayvan üretimi üzerindeki en önemli doğrudan etkisi sıcak stresinden kaynaklanır (Sarıççek, 2022). Bu bağlamda, ekonomik değere haiz büyükbaş ve küçükbaş hayvanlar, -20 °C kadar soğuklara dayanabilirken, 30 °C üzerinde ki sıcaklıklarda fizyolojik performansları gerilemekte özellikle süt sığırlarının veriminde düşüşler yaşanmaktadır. Hayvan yemleri çoğunlukla yem bitkileri

ve tahıl/yağlı tohum mahsulü ürünlerinden oluşur. Bu maddelerin üretimi iklimden etkilenir. Bu nedenle iklim değişikliği hayvanlarda dolaylı olarak etkiler yaratabilir (Cheng ve ark., 2022). Daha açık bir ifade ile, tarımsal ve hayvansal üretim birbirini tamamlayan bir sistemin parçaları gibidir ve bir sektörde yaşanacak sorunlar diğerini de etkileyecektir (Sarıçiçek, 2022).

4.3 Hayvanlarda sıcaklık stresinin etkileri

Termal ortam, hayvan üretimini etkileyen en önemli iklim faktörüdür. Bu, hava sıcaklığı, nem ve hava hareketinin bir kombinasyonudur (Cheng ve ark., 2022). Hayvanlardaki sıcak stresi, sıcaklığa, neme, türe, ırka, yaşa ve fizyolojik duruma bağlıdır (Sharma ve ark., 2024). Sıcak stresi hayvanların metabolizmaları, fizyolojileri, hormonal ve bağışıklık sistemlerini etkiler (Nardone ve ark., 2010). Fizyolojik değişiklikler, geviş getiren hayvanlarda rumen hareketliliğinin ve geviş getirmenin azalmasına neden olur (Soriani ve ark., 2013). Tiroid aktivitesinin azalması, daha az metabolik ısı üretimine neden olur (Helal ve ark., 2010). Sıcak stresine maruz kalan hayvanların yem alımı ve yemden yararlanma oranı düşer (Sharma ve ark., 2024). Sıcak stresi rumen fizyolojisinde bozulmaya, ruminasyonda, rumen aktivitesinde ve retikülo-rumen hareketliliğinde azalmaya, metabolik bozukluklara, sindirim geçiş hızında yavaşlamaya ve üretim performansında azalmaya neden olabilir (Nardone ve ark., 2010; Yadav ve ark., 2013).

Sıcak stresi ruminantlarda laktat konsantrasyonlarında artışa neden olduğundan hayvanın enerji kullanılabilirliğini azaltır ve rumen pH'ını düşürür, rumen su içeriği artar ve buna bağlı olarak rumen sıvısının ozmotik basıncı azalır (Yadav ve ark., 2013). Sıcak stresi altındaki ineğin rumen sıvısındaki elektrolit konsantrasyonu (K ve Na) azalır, bu da idrarla Na ve deriden K kaybına neden olur, yem tüketimi azalır ve ruminasyon süresi kısalır (Sammad ve ark., 2020). Ruminasyon süresinin kısalmasına bağlı olarak tampon görevi gören tükürük salgısı da azalır (Meneses ve ark., 2021). Ayrıca, sıcak stresinde rumende asetat oranı azalır ve bütirat oranı artar (Cai ve ark., 2019). Ayrıca sıcak stresi altındaki hayvanların rumeninde toplam uçucu yağ asitleri (UYA) ve propiyonat konsantrasyonları önemli ölçüde azalır. Sıcak stresi sırasında konsantre yem tüketimi önemli ölçüde artar, bu da propiyonat üretiminin artmasına neden olur (Uyeno ve ark., 2010).

4.4 Hayvanlarda yem ve su tüketimi üzerindeki etkileri

Azalan yem ve artan su tüketimi, yüksek çevre sıcaklıklarına verilen bir tepkidir. Ruminantlar, artan sıcak stresi altında iştah, bağırsak hareketliliği ve geviş getirmede azalma yaşarlar. Laktasyondaki süt inekleri, ortam sıcaklıkları 25-26 °C'nin üzerine çıktığında yem tüketiminde azalma gösterirler ve 30 °C'nin üzerinde daha hızlı düşüşler görülür (Cheng ve ark., 2022). Sıcak stresine bağlı iştah ve yem tüketiminin azalması ile yemden yararlanma oranının düşmesi metabolik vücut ağırlığında azalmaya neden olabilir ve bunun sonucunda hayvan fizyolojik olarak negatif enerji dengesine girebilir ve hayvanın vücut kondisyon skorunda düşüş görülebilir (Sarıççek, 2022; Sharma ve ark., 2024). Kümes hayvanlarında ortam sıcaklığının 21.1 °C'den 32.2 °C'ye çıkarılmasının, yumurtadan çıktıktan sonraki dönemden 6 haftalık yaşa kadar yem tüketiminde % 9.5'lik bir düşüşe yol açtığı bulunmuştur (Syafwan ve ark., 2011). Genel olarak, tüm hayvancılık türlerinde, sıcak stresi kaynaklı yem tüketimindeki azalma, yemden yararlanma oranı ve günlük canlı ağırlık artışında azalmaya dolayısıyla da süt, et ve yumurta veriminde azalmasına yol açabilir ve bu da sektörel kayıplarla sonuçlanabilir (Cheng ve ark., 2022).

Yeterli beslenme kilo alımı, üretim ve üreme için kritik öneme sahiptir. Yem kalitesi, yem bitkileri arasında büyük ölçüde değiştiğinden ve ayrıca hayvan türleri arasında beslenme ihtiyaçları da değiştiğinden, hayvanlara uygun yem sağlamak bir denge gerektirir. Artan sıcaklıklar bitki dokularındaki lignini arttırabileceğinden ve dolayısıyla sindirilebilirliği azaltabileceğinden kalite de düşebilir. Lee ve ark. (2017) artan sıcaklığın yem besin değerlerini azalttığını ve buna bağlı olarak daha yüksek metan üretimine yol açabileceğini öne sürmüşlerdir.

Süt sığırlarının en önemli besin maddesi olan içme suyu aynı zamanda ısı dağılımını düzenleme özelliğine de sahiptir. Sütün % 87'si sudan oluştuğu için laktasyon ineklerinin vücut ağırlıklarına, KMT'lerine ve verim seviyelerine bağlı olarak yüksek su ihtiyaçları vardır (Sarıççek, 2022). İklim değişikliğinin su bulunabilirliğini (Allen ve ark., 2011; IPCC, 2014) ve hayvan üretimindeki su kullanımını değiştireceği ön görülmektedir (Rojas-Downing ve ark., 2017). Küresel ısınmanın, hayvan ve birim alan başına kullanılan su miktarını arttıracağı bunda su kaynaklarına ek külfetler getireceği rapor edilmiştir (Gerten ve ark., 2011; Fader ve ark., 2016). Önümüzdeki on yıllarda hayvancılık ve tarımsal üretim dışında ki su kullanımları, su rekabetini arttıracak ve su kıtlığı sorununu çözmek için daha verimli üretim sistemlerine ihtiyaç duyulacaktır (Cheng ve ark., 2022).

4.5 Hayvanlarda büyüme performansı üzerindeki etkileri

Sıcak stresi hayvanın biyo enerjisini etkiler. Sıcak stresi hayvanların fizyolojisini değiştirir, performans, verim ve ürün kalitesinde düşüşe neden olur. Sıcak stresi altında yem tüketimi, kalitesiz yemlerin sindirilebilirliği ve besin maddelerinin emilimi azalır. Böyle bir durumda hayvan yaşam ve verim payı ihtiyaçları için daha az besin maddesinden faydalanmak zorunda kalabilir. Bu da büyüme performansı, vücut ağırlığı ve günlük kilo alımında dolayısıyla da süt, et, yapağı ve yumurta gibi fizyolojik verimlerde düşüşe neden olur (Sarıççek, 2022).

4.6 Hayvanlarda süt verimi ve kalitesi üzerindeki etkileri

Hayvanların süt verimi iklim değişikliğinden büyük ölçüde etkilenmektedir (Sarıççek, 2022). Çalışmalar, süt endüstrisinin diğer hayvancılık sektörlerine kıyasla daha fazla sıcak stresle ilişkili ekonomik kayıp yaşadığını göstermektedir (Cheng ve ark., 2022). Sıcaklık ve nemdeki artış süt üretimini azaltır, sütün miktarını ve kalitesini olumsuz etkiler ve hayvanların laktasyon süresini kısaltır. Süt veriminin 35 °C'de %33,40 °C'de ise %50 oranında azaldığı belirlenmiştir (Rhoads ve ark., 2009). West, (2003)'e göre Holstein süt ineklerde, sıcak stresi olarak kabul edilen sıcaklık nem indeksi (SNİ) olan 72'nin üzerindeki her bir birimlik artış için süt verimi 0.88 kg/gün azalırken, iklim değişikliğine bağlı sıcak hava dalgası koşullarına maruz kalan süt ineklerinin süt üretim potansiyelinde %10-14'lük bir azalma bildirilmiştir. Bernabucci ve ark., (2010), SNİ'deki her bir birimlik artış için süt üretiminde 0.27 kg'lık bir azalma olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca ineklerin kuru dönemde sıcaklık stresine maruz kalması, doğumdan önce meme bezi gelişimini etkileyerek, bir sonraki laktasyonda süt veriminin azalmasına neden olduğu rapor edilmiştir (Tao ve ark., 2011). Yüksek verimli süt inekleri daha hacimli olduğundan ve düşük verimli ırklara göre daha fazla metabolik ısı yaydığından, en üretken ırklar sıcak stresine daha fazla duyarlılık göstermektedir (Rojas-Downing ve ark., 2017). Sonuç olarak, sıcak stresinden kaynaklanan metabolik ısı üretimi arttıkça süt üretimi düşmektedir (Kadzere ve ark., 2002). Süt üretimine ek olarak, sıcak ve nemli ortamlar da süt bileşimini etkiler. Ravagnolo ve ark., (2000) ve Gorniak, (2014), lastasyondaki ineklerin, 72 birim SNİ değeri ve üzerindeki seviyelerinde, sıcak stresi yaşamaya başladığını, endeks arttıkça süt proteini ve süt yağı içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir.

4.7 Hastalıklar ve metabolik bozukluklara etkisi

Ketozis, süt humması, yağlı inek sendromu ve çeşitli eksiklik bozuklukları gibi üretim bozuklukları, değişen iklimin ve uygunsuz beslenmenin bir sonucu olabilir (Sharma ve ark., 2024). Kanatlılarda sıcak stresi, canlı ağırlığı artışı, yem tüketimini, karkas ağırlığını ve protein ve kas kalori içeriğini azalttığı bildirilmiştir (Tankson ve ark., 2001). Kümes hayvancılığı endüstrisi, 30 °C'den yüksek sıcaklıklarda yaşanacak düşük verimler nedeniyle tehlikeye girebilir (Sharma ve ark., 2024).

Hem erkek hem de dişi üreme verimliliği sıcak stresinden etkilenebilir. Dişiler için sıcak stresi östrus dönemini ve doğurganlığı azaltırken östrus dışı ve embriyonik ölüm vakalarını artırır. Erkek hayvanlarda semen kalitesi ve libido, yüksek çevre sıcaklıklarından etkilenebilir. Ayrıca, erkek üreme sisteminde, özellikle testislerin seminifer tübüllerinde bulunan ve sperm hücrelerinin gelişiminde kritik rol oynayan, sertoli hücreleri sıcak stresinin birincil hedefidir (Ahmad ve ark., 2022; Cheng ve ark., 2022). Kanatlılarda sıcak stresi, yem tüketiminin azalması ve yumurtlamanın kesintiye uğraması nedeniyle, üreme verimliliği ve yumurta üretimi üzerinde olumsuz etkiye sahiptir (Nardone ve ark., 2010). Ayrıca, sıcaklık stresi, yumurta ağırlığı, kabuk ağırlığı ve kalınlığı gibi yumurta kalitesi üzerinde de olumsuz etkilere sahiptir (Sharma ve ark., 2024).

5. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİNE KARŞI FARKLI HAYVAN BESLENMESİ FORMÜLASYONLARI İLE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Sıcak stresinin etkilerini azaltmak ve homeostazisi korumak amacıyla hem beslemede hem de çevresel koşullarda birtakım manipülasyonlar yapılarak hayvanların genel ısı üretimi azaltılabilir (Sarıççek, 2022). Bunlar aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

5.1 Kuru madde tüketimi (KMT)

Havalar ısındığında KMT azalır ve bu durum yetersiz beslenmeye neden olur. Bu nedenle, rasyonlarının kuru madde (KM) miktarını dengelemek gerekir. Sıcak stresinde en iyi KMT için, ya besleme aralığı azaltılmalı ya da rasyonun enerji yoğunluğu artırılmalıdır (Sarıççek, 2022).

5.2 Rasyon protein konsantrasyonu

Ham protein (HP) daha yüksek tokluk termojenik reaksiyonları nedeniyle, daha yüksek sıcaklık artışlarına sebep olur. Rasyondaki aşırı

parçalanabilir protein, metabolize edilebilir enerjiyi 7.2 kcal/g N azaltır. Rasyondaki aşırı protein, metabolizmanın bir sonucu olarak böbrekler yoluyla salınacak olan amonyak ve üreyi atmak için ek enerji gerektirecektir. Çoğu durumda, uygun protein kaynakları seçilerek ve rumende korunan amino asitlerin dikkatli kullanımıyla, HP tüketimi azaltılırken ineğin amino asit ihtiyaçları dengelenebilir. Ruminantlar sıcak stresine maruz kaldığında, rumende parçalanabilir protein rasyon HP'sinin %61'ini geçmemeli ve toplam protein 100 g N/g'den fazla olmamalıdır. Bu rasyonda 100 gram N, 20 kg KMT/gün varsayıldığında yaklaşık %3.1 HP'e eşdeğerdir. Rumende parçalanmayan proteinin optimize edilmesi sıcak iklimlerde süt verimini artırır. Çiftlik hayvanlarında yüksek kaliteli protein kaynakları kullanılmalıdır (Sarıççek, 2022).

5.3 Rasyon selüloz içeriği

Ruminantlarda normal rumen fizyolojisi için diyetle bir selüloz kaynağı bulunmalıdır. Ancak, sıcak stresinin etkisini azaltmak için ruminantlara sindirilebilirliği yüksek kaliteli kaba yem kaynakları vermek gerekir. Çünkü yüksek HS (ham selüloz) içeriğine sahip diyetlerin tüketimi, ruminantlarda metabolik ısı üretimini artırır. Normalde, yüksek lifli rasyonlar mekanik tokluğa neden olur ve yem tüketimini azaltır. Rasyon NDF konsantrasyonu % 27 ile % 35 aralığında olduğunda KMT azalır, bu nedenle sıcak ortamlarda NDF'deki artış KMT'de daha fazla düşüşe neden olur. Ayrıca yüksek lif içeriğine sahip rasyonlar ısı üretimini artırdığından, düşük lif ve kolay çözünen karbonhidrat içeren bir rasyon hazırlanmalıdır (Sarıççek, 2022).

5.4. Rasyonların konsantre yem seviyesi

Enerji yoğunluğunu artırmak için rasyon sırasının kaba yemi azaltılmalı ve konsantre yem seviyesi artırılmalıdır. Amaç, lif tüketimini azaltmak, daha konsantre yemle diyetin enerji yoğunluğunu artırmaktır. (Sarıççek, 2022).

5.5 Rasyona yağ eklenmesi

Rasyonların enerji değerini artırmak ve kaba yem içeriğini azaltmak için yağ eklenebilir. Yağ kaynaklarının (bitkisel ve hayvansal kökenli) enerji içeriği diğer besin maddelerinden çok daha yüksek olduğundan (karbonhidratlardan yaklaşık 2-2.5 kat daha fazla), yağ eklenmesi rasyonun enerji yoğunluğunu artırır. Yağ eklemenin avantajlarından biri yüksek yağlı

diyetlerin daha az ısı üretmesi, diğeri ise belirli amino asitlerin sindirilebilirliğini iyileştirmesi ve yağ eklenmesinin amino asit oranını değiştirebilmesidir. Rasyon yağ içeriğini artırmak, sıcak stresi altındaki süt ineklerinde süt üretimini de artırır. Normalde rasyon yağ içeriği (KM'ye göre) % 3-5 civarındadır. Yağlı tohum ilavesiyle bu oran % 2-3 oranında artırılabilir ancak % 7-8'i geçmemelidir. (Sarıççek, 2022).

5.6 Ruminantlarda besleme sıklığının artırılması

Besleme sıklığının artırılması, rumen metabolitlerindeki günlük dalgalanmayı en aza indirmeye ve rumende yem kullanım verimliliğini artırmaya yardımcı olur. Sıcak stresini azaltmak için öğün sayısı 4-5'e çıkarılabilir, öğünlerde besleme azar azar yapılmalıdır. (Sarıççek, 2022).

5.7 Katkı maddelerinin kullanımı

Sıcak koşullarda yemlerin yararlılığını artırmak için bazı katkı maddelerinin (antioksidanlar, mineraller, vitaminler, enzimler, probiyotikler, prebiyotikler gibi) kullanılması olumlu sonuçlar verebilir (Sarıççek, 2022).

5.8 Metan üretiminin azaltılması

Nişasta açısından zengin diyetler, propiyonik asit üretimini artırır ve rumende metan üretimini azaltır. Bu nedenle, rasyondaki konsantre yem oranını artırarak, bitkisel ve deniz yağları, yağlı tohumlar veya uçucu yağlar ve iyonoforlar kullanarak metan azaltılabilir. Yemin fiziksel işlenmesi, örneğin doğrama, öğütme ve buharla işleme, aynı zamanda yem sindirilebilirliğini iyileştirir ve geniş getiren hayvanlarda enterik metan üretimini azaltır. Diyetle antimetanojenik bitkilerin kullanımı en önemli çözümdür. Hayvan verimliliğini artırmak genellikle hayvancılık üretim sistemlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltmak için iyi bir stratejidir. Bunun nedeni, yüksek verimli hayvanların düşük verimli hayvanlardan daha az metan üretmesidir (Sarıççek, 2022).

6. TEK SAĞLIK BAKIŞIYLA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ZOONOZLAR

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre "Tek Sağlık" yaklaşımı, daha iyi halk sağlığı sonuçları elde edebilmek için çeşitli bilim alanlarının işbirliği yaparak, birlikte iletişim kurarak ve ortaklaşa programlar, politikalar, yasal düzenlemeler ve araştırmalar geliştirip uyguladığı bir yöntemdir. Zoonotik hastalıklar, antimikrobiyal direnç, gıda güvenliği, biyolojik çeşitliliğin kaybı,

iklim değişikliği gibi çevresel sorunlar, bu yaklaşımın temel çalışma alanlarını oluşturmaktadır (Akkaya ve Piyal, 2022).

Zoonotik hastalıklar, hayvanlardan insanlara veya insanlardan hayvanlara bulaşabilen hastalıklar olarak tanımlanabilir. Bu hastalıkların etkenleri arasında bakteriler, parazitler, mantarlar ve virüsler yer almaktadır. Bulaşıcı hastalıkların yaklaşık üçte ikisi, evcil ya da vahşi hayvanlarla paylaşılan patojenlerden kaynaklanmaktadır. Zoonozların yayılma yolları çok çeşitlidir. Hayvanlarla yakın çalışma, evcil ya da vahşi hayvanlarla temas, enfekte hayvanların kontamine ettiği su ve toprakla temas, et ve et ürünleri, pastörize edilmemiş süt ve süt ürünleri gibi hayvansal gıdalar gibi direk ve indirek yollarla bulaşabilir. Zoonotik hastalıklar yalnızca gelişmekte olan ülkelerle sınırlı değildir; küresel ticaretin ve seyahatlerin artmasıyla birlikte bu hastalıkların yayılma riski endişe yaratmaktadır. Ayrıca, küresel ısınma, iklim değişiklikleri ve biyoçeşitliliğin olumsuz etkilenmesi, kırsaldan kente göç gibi faktörler, hayvanlardan insanlara geçen hastalıkların daha fazla tanımlanmasını ve bu hastalıklarla mücadeleyi zorunlu hale getirmektedir (Taştan, 2010; Yılmaz Adkinson ve ark., 2022).

Tüm hastalıkların yaklaşık % 60'ı ve bulaşıcı hastalıkların yaklaşık % 75'i, hayvanlardan insanlara geçebilen zoonotik hastalıklar olarak tanımlanmaktadır. 1940 yılından bu yana, kentleşme, gıda üretimi ve tarımsal arazi kullanımındaki değişiklikler, zoonotik enfeksiyon hastalıklarının yaklaşık % 50'sini oluşturmuştur. Avrupa Birliği (AB), 2017 yılında 356 bin zoonoz vakası tespit etmiş ve bunların 484'ü ölümle sonuçlanmıştır (Polat ve Kahraman, 2021; Akkaya ve Piyal, 2022). Ülkemizde ise 2018 verilerine göre 107 farklı zoonotik hastalık kaydedilmiş olup, bunların 37'si bakteriyel, 13'ü fungal, 29'u viral ve 28'i parazitik enfeksiyonlardır (Yılmaz Adkinson ve ark., 2022). Ülkemiz, coğrafi koşulları, farklı ülkelere gelen göçler ve ekosistem yapısına bağlı olarak hayvanların hareketliliği (kuş göçleri) gibi faktörler nedeniyle yeni ve yeniden ortaya çıkan zoonozlar açısından risk altında bulunmaktadır. Bu yüksek zoonotik yük, hem halk sağlığı hem de hayvan sağlığı açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Polat ve Kahraman, 2021; Akkaya ve Piyal, 2022).

Zoonotik hastalıklar, iklim değişikliği, ekosistem değişiklikleri ve insan sağlığı arasındaki kesişim noktasında yer almaktadır. Bu sebeple 'Tek Sağlık' bakışıyla multidisipliner olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Küreselleşme, hızla artan nüfus, ormanların yok edilmesi, yanlış toprak

kullanımı gibi faktörler, insan-hayvan-çevre etkileşiminin yoğunlaşmasına neden olmakta ve bu durum, bilinen ya da yeni ortaya çıkan zoonotik hastalıkların hayvanlardan insanlara ve insanlardan hayvanlara geçişini ve yayılmasını kolaylaştırmaktadır (Akkaya ve Piyal, 2022).

Vahşi yaşam alanlarına yakın bölgelerde yaşayan insanlar ise sıçan, tilki gibi hayvanlardan bulaşabilecek hastalıklarla karşılaşma riski taşımaktadır. Kentleşme, ormanların yok edilmesi ve arazi kullanımındaki hatalar, insanlar ile hayvanlar arasındaki teması artırarak zoonotik hastalıkların ortaya çıkma olasılığını yükseltmektedir (Akkaya ve Piyal, 2022).

Bilim insanları, insan faaliyetlerinin yeni coğrafi bölgelerde konakçı ve vektör çeşitliliğinde değişimlere yol açabileceğini belirtmişlerdir. Bu durum, bazı artropod kaynaklı zoonotik hastalıkların daha sık görülmesinin sebeplerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, iklim değişiklikleri nedeniyle bazı türlerin yok olmasının, hem vahşi doğada hem de insanlarda zoonotik enfeksiyon risklerini artırabileceği vurgulanmıştır. Isı değişiklikleriyle bağlantılı olarak, patojen ile vektör arasındaki yaşam döngülerinin uyumunun bozulması, habitatlara özgü salgınların ortaya çıkmasına yol açabilir (Akman ve Gümüşova, 2016; Akkaya ve Piyal, 2022). Ekosistem yıkımından kaynaklanan biyolojik çeşitlilik kaybı, zoonotik hastalıkların yayılmasını artırmaktadır. Zoonotik hastalıklar ile insan faaliyetleri, nüfus artışı ve kentleşme arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Arazi kullanımındaki değişiklikler, yaban hayatı, hayvancılık ve insanlar arasındaki yakın teması artırarak, yeni bakteri ve virüs türlerinin de yer aldığı hastalıkların yayılmasını hızlandırmaktadır. Düşük ve orta gelirli ülkelerde yaşayan insanların sağlığı, zayıf sağlık sistemleri, sınırlı kaynaklar ve yüksek endemik bulaşıcı hastalık yükü nedeniyle orantısız bir şekilde olumsuz etkileyebileceği düşünülmektedir (Taştan, 2010; Polat ve Kahraman, 2021).

IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) tarafından hazırlanan üçüncü rapora göre, 2100 yılına kadar dünya yüzey sıcaklığının ortalama 1,4-5,8 °C arasında artması ve atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun 540-970 ppm seviyelerine çıkması beklenmektedir (Yaşar ve ark., 2021). İklim değişikliği, atmosferdeki CO₂ seviyelerinin artışıyla hızlandırılarak, karbon döngüsü süreçlerini değiştirecektir (Türkeş, 2020). 2022 yılının 25 Ekim'inde yayınlanan The Lancet Countdown raporuna göre, Paris İklim

Anlaşması'nda belirlenen 1.5°C'lik eşiğin 5 yıl içinde aşılma olasılığı %48'dir. (Romanello ve ark., 2022). Sıcaklık, yağış gibi iklimsel değişiklikler meydana getireceği su azalması durumlarında tifo, kolera gibi hastalıkların artabileceği, iklimsel değişikliklerin vektör kökenli hastalıklarda meydana gelebilecek değişikliklerle gıdaya ulaşımı da olumsuz etkileme durumu ortaya çıkabileceği düşünülmektedir (Türkeş, 2020).

7. TARIM VE HAYVANCILIKTA YENİ ZORLUKLAR: PESTİSİT KULLANIMI, ZARARLILAR VE HASTALIKLAR

İklim değişikliği ve küresel ısınmanın şiddetini hissettirmeye başladığı günümüzde, bitkiler abiyotik stres koşullarına (kuraklık, yüksek sıcaklık vb) maruz kalmaktadır. Bu maruziyet bitkilerin bağışıklık sistemleri zayıflamasına bunun neticesinde hastalık ve zararlılara tolerans seviyesinin düşmesine yol açmaktadır. Üreticilerde hastalanan bitkilere yoğun pestisit uyguladıkları vurgulanmıştır (Culman ve ark., 2019). Artan sıcaklıkların tarımda daha fazla pestisit kullanımını tetiklediğini ve bu durumun çevresel kirliliği artırarak, ekosistemler üzerinde kalıcı etkiler yaratabileceğini ifade edilmiştir (Culman ve ark., 2019). Dolaylı sağlık etkileri, parazitlerin çoğalması ve yayılması, üreme, virülansı ve bulaşıcı patojenlerin ve/veya vektörlerinin bulaşmasıyla ilgilidir (Ali ve ark., 2020). Ali ve ark. (2020) nin yaptıkları çalışmada, iklim değişikliği ile hayvan sağlığı arasındaki bağlantıyı araştırmışlar ve Bangladeş perspektifinden hayvancılık üzerindeki etkiyle mücadele için bazı yönergeler ortaya koymuşlardır.

Küresel ısınma kaynaklı su kıtlığı yem üretiminde düşüşler yaşanacak, yetersiz beslenme kaynaklı olarak patojenlere direnç düşerek çeşitli hastalık kaynaklarının artması gündeme gelecektir. Atmosferdeki yüksek nem ve ısı artışı, hayvanlar üzerinde yem tüketimini azalttığı bunun sonucunda patojen veya parazitlerin üreme ve gelişimi için oldukça elverişli bir ortam hazırlandığı rapor edilmiştir (Koyuncu ve Akgün, 2017). Ayrıca, yüksek sıcaklık stresinin mastitise yakalanma ihtimalini arttırdığı tespit edilmiştir (Petrovica ve ark., 2015; Dellal, 2022).

Artan sıcak ve nisbi nem, özellikle tropikal bölgelerde sivrisinekler ve diğer vektörlerin yayılmasını hızlandırarak sağlık problemlerine yol açabilir. Zararlılara karşı pestisit kullanımının arttığını, bunun da çevresel etkilerinin daha fazla hissedildiğini belirtmiştir. Pestisitlerin toprak ve su kaynaklarına karışması, ekosistem üzerinde kalıcı olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ayrıca, pestisit kullanımındaki artış, bitkisel ürünlerin kalite değerlerini ve gıda

güvenirliliğini de tehdit edebilir. Ayrıca, sıcaklık ve nisbi nem artışı, bazı zararlılar ve hastalıkların yayılma hızını artırmaktadır. Özellikle, hastalık taşıyan sivrisinek gibi vektörler, iklim değişikliğiyle daha geniş coğrafyalara yayılabilmekte ve bu da sağlık problemlerini pandemi haline getirebilir (Işık ve Çınar, 2022).

8. İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİNİN GIDA ÜRETİMİNE ETKİLERİ

Gıda güvenliği, tarladan sofraya kadar insan sağlığını tehlikeye atmadan, bir önceki aşamalarda önleyici yaklaşımlarla gıda üretiminin yapılmasını sağlamayı amaçlar. Gıda yoluyla hayvandan insana bulaşan hastalıkların önlenmesi ve toplum sağlığının korunması, gıda güvenliği standartları ve yönetmeliklerinin temel unsurlarından biri olmalıdır. Çevre kirliliği, küresel ısınma, yasa dışı hayvan ve insan hareketleri, antimikrobiyal direnç, yoksulluk, hijyen ve sanitasyon eksiklikleri gibi faktörler, zoonotik enfeksiyonlarla mücadele ve tedavi konusunda zorluklar yaratmaktadır (Yılmaz Adkinson ve ark., 2022).

Biyolojik çeşitlilik kaybı, iklim değişikliği ve çölleşme, su ve gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Zaten su kıtlığı yaşayan bölgelerde kuraklık meydana geldiğinde, gıda yetersizliğiyle birlikte büyük kıtlıklar yaşanabileceği öngörülmektedir. Kuraklıklar, yağış düzenindeki değişikliklere sebep olabilir, bu da hava kirliliği ve bulaşıcı mikroorganizmaların yayılma riskini artırabilmesi öngörülmektedir. Biyoçeşitlilik kaybı, gıda güvenliği, beslenme ve geçim kaynaklarını, aynı zamanda iklim değişikliğine uyum sürecini olumsuz etkileyebilir (Akkaya ve Piyal, 2022).

Met Office ve WFP, iklim değişikliğinin gıda güvenliği üzerindeki etkilerini belirlemek ve göstermek amacıyla Açlık ve İklimsel Etkilenebilirlik İndisi (HCVI) geliştirmişler ve ortaya koymuşlardır. Bu indiste açlık ve iklimsel etkilenebilirlik çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olarak tanımlanmış ve değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya göre ülkemiz açlık ve iklimsel etkilenebilirlik yönünden orta düzey olarak değerlendirilmiştir. İklim değişikliklerinin üretim rekoltelerine etkilerini araştırmak amacıyla yapılan çalışmalarda iklim değişikliği eğilimlerinin, orta güven derecesinde olan birçok bölgede buğday ve mısır üretimlerini olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir (Met Office, 2012; Türkeş, 2020).

Gıda güvenliğini sağlamak için Dünya Sağlık Örgütü tarafından oluşturulan Codex Alimentarius temel alınarak, Avrupa Birliği Gıda Otoritesi (EFSA), FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) gibi uluslararası kuruluşların direktifleri değerlendirilerek ve ülkelerde bulunan mevcut gıda güvenliği sistemleri güncellenerek ulusal gıda güvenliği sağlanmalıdır (Akkaya ve Piyal, 2022).

9. TÜRKİYE DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIM VE HAYVANCILIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Türkiye, Akdeniz havzası içerisinde yer alması ve yarı-kurak iklim kuşağında sahip olması nedeni ile olası bir iklim değişikliği senaryosunda, dünyada iklim değişikliğinden doğrudan etkilenen ilk ülkeler arasında yer alacağı rapor edilmiştir (Akkaya ve Piyal, 2022). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2020), Türkiye de, 2070 yılına kadar, küresel ısınma için tüm önlemler alınmasına rağmen, ortalama sıcaklıkların, 2-4°C arasında artacağı bildirilmiştir. Bu sıcaklık artışlarının, özellikle su kaynaklarının azalması, verimlilik kayıpları ve tarım alanlarının azalması gibi ciddi sonuçlar doğuracağı belirtilmiştir. Ayrıca, kuraklık, sel ve yüksek sıcaklık gibi ekstrem hava olaylarının sıklığı da artacaktır.

Türkiye de günümüzde bile iklim değişikliğinin etkilerinin hissedildiği ve bu durumun önümüzde ki yıllarda giderek dahada artacağı muhakkaktır. Türkiye nin çeşitli bölgelerinde sıcaklık artışlarının farklı hızlarla ilerlediği ve bunun, özellikle Güneydoğu bölgelerinde tarımsal üretimi tehlikeye attığını belirtmiştir. Türkiye'nin tatlı su kaynakları üzerindeki baskı, özellikle suya dayalı tarımsal üretim ve sulama gereksinimi yüksek olan bitki gruplarının ekim nöbetinde tercih edilmesi ile birlikte daha da artmaktadır. Bu nedenle, Türkiye nin tarımsal üretiminin iklim değişikliği karşısında daha dirençli hale getirilmesi için çeşitli uyum stratejilerinin benimsenmesi gerektiği ifade edilmektedir (İçmeli ve ark., 2021). Bu bağlamda, Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024 yılı itibari ile yeraltı su kaynaklarının korunması amacıyla Türkiye genelinde bazı illerde mısır ekimine kısıtlama getirdi. Konya da dahil olmak üzere 11 ilde, yeraltı suyu seviyelerinin derinlere inmesi nedeniyle, su kısıtı havzaları olarak belirlenen bölgelerde mısır üretimini 4 yılda bir yapılmasına karar verdi.

Türkiye de hayvancılık sektörü, hem sıcaklık artışlarından hemde yem üretimindeki azalmadan doğrudan etkilenmektedir. Türkiye nin özellikle

Orta Anadolu Bölgesi ndeki hayvancılık faaliyetlerinin, sıcaklık artışları ve su kaynaklarındaki azalmadan olumsuz yönde etkilendiği bildirilmiştir (Öztürk ve ark., 2019). Benzer şekilde, Erdoğan ve ark., (2022), Türkiye de hayvancılık faaliyetlerinin özellikle iç bölgelerde, sıcaklık artışı ve su kaynaklarındaki azalma nedeniyle büyük bir tehdit altında olduğunu vurgulamıştır. Bu durum, yem üretimi ve mera alanlarında yaşanacak azalmaların hayvancılıkla üretim kayıplarına yol açabileceğini göstermektedir. Ayrıca, Türkiye de iklim değişikliği ile mücadele için bazı yerel projeler uygulanmakta, ancak bu projelerin etkinliği konusunda daha fazla değerlendirme yapılması gerekmektedir.

10. SONUÇ

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, tarım ve hayvancılık sektörlerinin karşı karşıya kaldığı en büyük tehditlerden biri haline gelmiştir. Sıcaklık artışları, değişen yağış desenleri, su kaynaklarının azalması ve ekosistemlerin bozulması, hem tarımsal üretim hem de hayvancılık faaliyetlerinde birim alan verim kayıplarına neden olmaktadır. Ayrıca, iklim değişikliği ile birlikte, zoonotik hastalıkların artışı ve zararlılara karşı kullanılan pestisitlerin çevreye olan olumsuz etkileri, bu süreci daha da karmaşık ve zor hale getirmektedir.

İklim değişikliği, sadece doğrudan etkilerle sınırlı kalmaz, aynı zamanda gıda güvenliğini tehdit etmekte, üretim süreçlerini zorlaştırmakta ve sosyal-ekonomik açıdan büyük kayıplara yol açmaktadır. Su fakiri olan Türkiye gibi ülkelerde, kuraklık ve yüksek sıcaklıkların tarımsal ve hayvansal üretimi nasıl etkileyeceği, ülkenin tarım ve hayvancılık politikalarının gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Ayrıca, zoonozların artışı, sağlık sistemlerine yönelik ek yükler yaratırken, toplum sağlığını da riske etmektedir.

Sonuç olarak, küresel iklim değişikliğiyle mücadele için etkili politikaların geliştirilmesi, bu sorunların çözülmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu politikalar, sadece çevresel değil, aynı zamanda sağlık ve ekonomik alanlarda da sürdürülebilir çözümler sunmalıdır.

11. ÖNERİLER

İklim değişikliğine karşı çevre dostu tarım tekniklerinin yaygınlaştırılması zaruret arz etmektedir. Bunlar, su tasarrufu sağlayan sulama yöntemlerinin daha da yaygınlaştırılması (damlama ve yağmurlama sulama sistemleri vb), yerel ekosistem ve iklimlere uygun bitki çeşitlerinin tercih

edilmesi ve ekolojik tarımın teşvik edilmesi gibi stratejiler olabilir. Ayrıca, ekonomik değere sahip bitki gruplarında, kuraklığa ve yüksek sıcaklıklara toleranslı olan çeşitlerin geliştirilmesi için kapsamlı ıslah programları oluşturulmalıdır. Toprak yönetimi tekrar masaya yatırılıp, onun korunmasına yönelik yasalar çıkartılmalıdır. Toprağın verimsiz ve çorak hale getiren, bilinçsiz sulama, aşırı nitrat gübrelemesi ve toprağın sıklıkla tarımsal mekanizasyonla işlenmesinin önüne geçilmelidir. Bu ekolojik ve çevre dostu olmayan uygulamalar yerine, toprak işlemez, az işlemeli veya anıza direkt ekim gibi geliştirilen teknikler yaygınlaştırılmalıdır. Ayrıca, kimyasal gübreler yerine, hayvansal üretimden elde edilen ahır gübreleri kullanılmalıdır. Hayvancılık sektöründe sıcak stresinin etkilerini azaltmak için soğutma sistemlerinin geliştirilmesi, yem kalitesinin artırılması ve hayvan sağlığına yönelik yeni tedavi yöntemlerinin araştırılması önemlidir. Ayrıca, yüksek sıcaklıklar ve arid koşullara toleranslı olan yerli hayvan ırkları ile verimi yüksek kültür ırkları arasında ıslah programları yaygınlaştırılmalıdır. Tek Sağlık düşüncesiyle zoonotik hastalıkların erken tespiti ve yayılmasının önlenmesi için sağlık sistemlerinin güçlendirilmesi, multidisipliner işbirliklerinin artması, özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde bu konuda kapasite artırıcı projelerin uygulanması gerekmektedir. Hem tarım hem de hayvancılık sektöründe çalışanların iklim değişikliği, küresel ısınma ve zoonozlar konusunda eğitilmesi, bu konuda farkındalık oluşturulması gerekmektedir. Bu eğitimler, üretim süreçlerinde daha bilinçli ve sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesini teşvik edecektir. İklim değişikliği ile mücadele için hükümetlerin ve uluslararası organizasyonların daha etkin işbirlikleri geliştirmesi, düşük gelirli ülkelerin iklim değişikliği etkilerine karşı dayanıklı hale getirilmesi için küresel bir çaba harcanması önemlidir. Ayrıca, bu ülkelerde sağlık ve tarım sistemlerinin güçlendirilmesi sağlanmalıdır. Yeni tarım ve hayvancılık teknolojilerinin geliştirilmesi ve iklim değişikliğine dayanıklı, verimli üretim yöntemlerinin araştırılması gerekmektedir.

İklim değişikliği ve zoonozlar arasındaki ilişkiyi anlamak, bu tehditlerle başa çıkmak için hem kısa hem de uzun vadeli stratejilerin geliştirilmesi zorunluluk arz etmektedir. Sadece çevresel değil, sağlık, ekonomi ve sosyal alanlarda da etkili çözümler üretilmesi, bu küresel sorunun üstesinden gelmek için önemlidir. İklim değişikliği ve zoonotik riskleri azaltmaya yönelik önlemler alınmalıdır. Belirli zoonotik tehlikeleri önceden belirleyecek modellemeler yapılmalı ve tahminlerde bulunma stratejileri için

yol haritaları geliştirilmelidir. Bunun için tek sağlık anlayışı çatısı altında multidispliner olarak kamu-üniversite-sanayi birlikte çalışmalıdırlar.

İklim değişikliği ve küresel ısınmanın hayvan sağlığı, hastalık yayılımı ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini anlamada genellikle aşırı basitleştirilmiş yaklaşımlar benimsenmiştir. Ancak, sadece birkaç çalışma iklim değişikliğinin doğrudan etkilerini doğrulamakta başarı göstermektedir. Böcekler ve hayvan kaynaklı hastalıkların yayılmasının yanı sıra gıda güvenliği risklerinin artışı, önümüzdeki yıllarda devam edecek gibi görünmektedir. İklim değişikliğinin daha geniş etkilerini ele alan risk analizleri, hastalıkların, vektörlerin, zararlılarla birlikte böceklerin yayılma ekolojisinin dikkatlice incelenmesine dayanmaktadır. Özellikle serbest yaşayan parazitlerin bulaşmasının, sıcaklık, nem ve hava koşulları gibi çevresel faktörler tarafından daha fazla etkileneceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmad, R., Yu, Y.H., Hsiao, F.S.H., Su, C.H., Liu, H.C., Tobin, I., Zhang, G. and Cheng, Y.H. (2022). Influence of heat stress on poultry growth performance, intestinal inflammation and immune function and potential mitigation by probiotics. *Animals*, 12(17): 2297.
- Akkaya, B., Piyal, B. (2022). 10. Pandemi döneminde yeniden “Tek Sağlık” kavramı. 32(3): 23–33.
- Akman, A., Gümüşova, S. (2016). Global climate change and viral infections, küresel iklim değişiklikleri ve viral enfeksiyonlar. *Van Vet J.*, 27(3): 171–176.
- Ali, Z., Carlile, G., Giasuddin, M. (2020). Impact of global climate change on livestock health: Bangladesh perspective, *Open Vet Journal*, 10(2):178–188. <http://10.4314/ovj.v10i2.7>
- Allen, V.G., Batello, C., Berretta, E.J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., McIvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., et al. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass Forage Science*, 66: 2–28.
- Anonim (2024). World population prospects, Available online: [https://www.worldometers.info/worldpopulation/#:~:text=8.1%20Billion%20\(current\)&text=The%20term%20%22World%20Population%22%20refers,currentl%20living\)%20of%20the%20world](https://www.worldometers.info/worldpopulation/#:~:text=8.1%20Billion%20(current)&text=The%20term%20%22World%20Population%22%20refers,currentl%20living)%20of%20the%20world) (ulařım tarihi: 24/10/2024).
- Babinszky, L., Dunkel, Z., Tóthi, R., Kazinczi, G. and Nagy, J. (2011). The impacts of climate change on agricultural production. *Hungarian Agri Res*, issn: 1216-4526.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., Nardone, A. (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, 4: 1167–1183.
- Bertin, S. R., et al. (2021). Global warming and its impacts on agricultural productivity: A review of evidence. *Environmental Research Letters*, 16(6), 060202.

- Boero, F., Belmonte, G., Bussotti, S., Fanelli, G., Fraschetti, S., Giangrande, A., Gravili, C., Guidetti, P., Pati, P., Piraino, S., Rubino, F., Saracino, O.D., Schmich, J., Terlizzi, A. and Geraci, S. (2004). From biodiversity and ecosystem functioning to the roots of ecological complexity. *Ecological Complexity* 1:101–109.
- Cai, Yu J., Hartanto, R., Zhang, J., Yang, A. and Qi, D. (2019). Effects of heat challenge on growth performance, ruminal, blood and physiological parameters of Chinese crossbred goats. *Small Rum Research*, 174: 125-130. <http://10.1016/j.smallrumres.2019.02.021>
- Ceballos, G., García, A., Ehrlich, Paul R. (2010). The sixth extinction crisis loss of animal populations and species. *Journal of Cosmology*, 8: 1821-1831.
- Cheng, M., McCarl, B. and Fei, C. (2022). Climate change and livestock production: A literature review. *Atmosphere*, 13(1), 140. <https://doi.org/10.3390/atmos13010140>
- Culman, S. W., et al. (2019). Impact of climate change on pesticide use and crop health. *Agricultural Systems*, 171, 1-8.
- Dellal G. (2022). İklim değişikliği ve hayvansal üretim- Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 4. hafta ders notları, <https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=10045> (Erişim tarihi: 24.11.2024).
- Erdoğan, A., et al. (2022). "Climate change and its impact on livestock in Turkey: challenges and adaptation strategies. *Agricultural Systems*, 191, 103223.
- Fader, M., Shi, S., von Bloh, W., Bondeau, A. and Cramer, W. (2016). Mediterranean irrigation under climate change: More efficient irrigation needed to compensate for increases in irrigation water requirements. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 20: 953–973.
- Gerten, D., Heinke, J., Hoff, H., Biemans, H., Fader, M. and Waha, K. (2011). Global water availability and requirements for future food production. *J. Hydrometeorol*, 12: 885–899.
- Gorniak, T., Meyer, U., Südekum, K.H. and Dänicke, S. (2014). Impact of mild heat stress on dry matter intake, milk yield and milk composition

- in mid-lactation Holstein dairy cows in a temperate climate. *Arch. Anim. Nutr.*, 68: 358–369.
- Grace, D., Bett, B., Lindahl, J., Robinson, T., Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS); (2015). Climate and livestock disease: assessing the vulnerability of agricultural systems to livestock pests under climate change scenarios. CCAFS Working, pp. 116.
- Helal, A., Hashem, A.L.S., Abdel-Fattah, M.S. and El-Shaer, H.M. (2010). Effect of heat stress on coat characteristics and physiological responses of Balady and Damascus goats in Sinai, Egypt. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 7(1): 60-69.
- Howden, S. M., et al. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50): 19691-19696. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32821662/>
- IPCC, (2024). Greenhouse Gas Protocol- Global Warming Potential Values, (Erişim Tarihi: 10.12.2024).
<https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2024-08/Global-Warming-Potential-Values%20%28August%202024%29.pdf>
- İçmeli, A., et al. (2021). The impact of climate change on agriculture in Turkey: Regional variability and policy recommendations. *Environmental Science and Policy*, 120: 1-11.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change (2014): Impacts, Adaptation, and Vulnerability—Part B: Regional Aspects—Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2014; 688p.
- IPCC, (2021). (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate change 2021: The physical science basis. Working Group I contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. Cambridge University Press,

- Cambridge, UK, URL: www.ipcc.ch/assessment-report/ar6 (access date: June 21, 2022).
- Işık, Ç., Cinar, A. (2022). Bitki korumada mikrobiyal pestisitlerin kullanım olanakları ve etki mekanizmaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36): 214-221.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N. and Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livest. Prod. Sci.*, 77: 59–91.
- Koyuncu, M., Akgün, H. (2017). Çiftlik hayvanları ve küresel iklim değişikliği arasındaki etkileşim. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1): 151-164
- Koyuncu, M., Nageye, F. (2020). İklim değişikliğinin sürdürülebilir hayvancılığa etkileri. *Journal of Animal Production*, 61(2): 157-167. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.673145>
- Kuyucak, H., et al. (2022). "Water resource depletion and its impact on agriculture in Turkey: Adaptation Challenges." *Water Resources Management*, 36(7): 2115-2130.
- Lee, M.A., Davis, A.P., Chagunda, M.G.G., Manning, P. (2017). Forage quality declines with rising temperatures, with implications for livestock production and methane emissions. *Biogeosciences*, 14: 1403–1417.
- Leite, J. C., et al. (2021). Climate change and heat stress in livestock: Effects and mitigation.
- Lobell, D. B., et al. (2011). Climate trends and global crop production Since 1980. *Science*, 333(6042): 616-620.
- McLachlan, B. A., Van Kooten, G. C. and Zheng, Z. (2020). Country-level climate-crop yield relationships and the impacts of climate change on food security. *SN Appl. Sci.*, 2, 1650.
- Meneses, J.A.M., Lopes, de Sá O.A.A., Coelho, C.F., Pereira, R.N., Batista, E.D., Ladeira, M.M., Casagrandea, D.R. and Gionbelli, M.P. (2021). Effect of heat stress on ingestive, digestive, ruminal and physiological parameters of Nellore cattle feeding low- or high-energy diets. *Livestock Sci*, 252: 104676.

- Met Office, (2012). Met Office, <http://www.metoffice.gov.uk> (Erişim tarihi: 11/12/2024)
- Moore, F. C., Baldos, U., Hertel, T. and Diaz, D. (2017). New science of climate change impacts on agriculture implies higher social cost of carbon. *Nat. Commun.* 8, 1607.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S. and Bernabucci, U. (2010). Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.*, 130:57–69
- Novacek, M. (2007). Terra. Farrar Straus Giroux, New York.
- Ortiz-Bobea, A., Ault, T. R., Carrillo, C. M., Chambers, R.G. and Lobell, D.B. (2021). Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nat. Climate Change*, 11: 306–312.
- Öztürk, H., et al. (2019). Impact of climate change on livestock production in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(2): 1205-1213.
- Petrovica, Z., Djordjevic, V., Milicevic, D., Nastasijevic, I. and Parunovic, N. (2015). Meat Production and consumption: *Environmental Consequences Procedia Food Science*, 5: 235–238, Belgrade, Serbia.
- Polat, E., Kahraman, S. (2021). Antroposen Çağı'nda pandemi ve kentlerin durumu. *Antropoloji*, (41): 21-31
- Post, M.J. (2012). Cultured meat from stem cells: challenges and prospects. *Meat Science*, 92(3): 297-301.
- Ramanathan, V., Feng, Y. (2009). Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives. *Atmospheric Environment*, 43: 37–50.
- Ravagnolo, O.; Misztal, I.; Hoogenboom, G. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *J. Dairy Sci.* 2000, 83, 2120–2125.
- Rhoads, M., Rhoads, R., VanBaale, M.J., Collier, R., Sanders, S.R., Weber, W.J., Crooker, B.A. and Baumgard, L.H. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production,

- metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.*, 92: 1986–1997.
- Ritchie, H. (2022). There have been five mass extinctions in Earth's history” Published online at OurWorldinData.org. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/mass-extinctions>
- Rojas-Downing, M.M., Nejadhashemi, A.P., Harrigan, T. and Woznicki, S.A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Clim. Risk Manag.*, 16: 145–163.
- Romanello ve ark., (2022). The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: health at the mercy of fossil fuels. *The Lancet*, 400 (10363): 1619-1654.. [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(22\)01540-9/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(22)01540-9/fulltext)
- Sammad, A., Wang, Y.J., Umer, S., Lirong, H., Khan, I., Khan, A., Ahmad, B. and Wang, Y. (2020). Nutritional physiology and biochemistry of dairy cattle under the influence of heat stress: consequences and opportunities. *Animals*, 10(5): 793-799
- Sarıçiçek, Z. (2022). The effects of climate change on animal nutrition, Production and product quality and solution suggestions. *Black Sea Journal of Agriculture*, 5(4):491-509. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1169680>
- Sharma, S.K., Rathore, G. and Joshi, M. (2024). Impact of climate change on animal health and mitigation strategies: A Review. *Indian Journal of Animal Research*. <http://10.18805/IJAR.B-5303>
- Soriani, N., Panella, G. and Calamari, L.U.I.G.I. (2013). Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal of Dairy Science*. 96(8): 5082-5094.
- Spiller, D., Franceschini, G., Henry, M., Cinardi, G., Falcucci, A., Wisser, D. and Petri, M. (2023). An analysis of the effects of climate change on livestock – A case study in the Lao People’s Democratic Republic. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc7320en>

- Steinfeld, H., Gerber P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. and Haan C.D. (2006). Livestock's long shadow: *Environmental Issues and Options*. FAO.
- Sürek, E., Uzun, P. (2020). Geleceğin alternatif protein kaynağı: yapay et. *Akademik Gıda*, 18(2), 209-216. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.758840>
- Syafwan, S., Kwakkel, R.P., Verstegen, M.W.A. (2011). Heat stress and feeding strategies in meat-type chickens. *World's Poult. Sci. J.*, 67: 653–674.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2020). Türkiye'nin İklim Değişikliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı. Ankara.
- Tankson, J.D., Vizzier-Thaxton, Y., Thaxton, J.P., May, J.D. and Cameron, J.A. (2001). Stress and nutritional quality of broilers. *Poultry Science*. 80(9): 1384-1389.
- Tao, S., Bubolz, J.W., do Amaral, B.C., Thompson, I.M., Hayen, M.J., Johnson, S.E. and Dahl, G.E. (2011). Effect of heat stress during the dry period on mammary gland development. *J Dairy Sci*, 94: 5976-5986. <http://10.3168/jds.2011-4329>
- Taştan R. (2010). Küresel ısınma, iklim değişikliği ve zoonotik hastalıklar ile mücadele. Türk tarım, gündem söyleşi. pp.192-200, <https://www.researchgate.net/publication/312305005> (Erişim tarihi: 12/12/2022).
- Thornton, P.K., van de Steeg, J., Notenbaert, A. and Herrero, M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. *Agric. Syst.*, 101:113–127.
- Thornton, P.K., Gerber, P. (2010). Climate change and the impacts of livestock production on the environment. *Science*, 327(5967):1070-1072.
- Türkeş M. (2020). İklim değişikliğinin tarımsal üretim ve gıda güvenliğine etkileri. *Aegean Geographical Journal*, 29(1): 125–149

- Türkeş, M. (2021). Sera gazları, kuvvetlenen sera etkisi ve küresel iklim değişikliği. *İktisat ve Toplum Dergisi*, 129: 4-17.
- Uyeno, Y., Sekiguchi, Y., Tajima, K., Takenaka, A., Kurihara, M. and Kamagata, Y. (2010). An rRNA-based analysis for evaluating the effect of heat stress on the rumen microbial composition of Holstein heifers. *Anaerobe*, 16: 27-33.
- Vicente-Serrano, S.M. ve ark. (2022). Global drought trends and future projections. *Philos. Trans. Royal Soc. A* 380, 20210285.
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J. and Melillo, J.M. (1997). Human domination of earth's ecosystems. *Science*, 277: 494-499.
- Wake, D.B., Vredenburg, V.T. (2008). Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings from the National Academy of Sciences*, 105:11466–11473.
- West, J.W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 86: 2131–2144.
- Yadav, B., Singh, G., Verma, A.K., Dutta, N. and Sejian, V. (2013). Impact of heat stress on rumen functions. *Vet. World*, 6: 992–996.
- Yaşar, İ., Kök, Ş. and Kasap, İ. (2021). Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin böcekler üzerindeki olası etkileri. *Lâpseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, 2 (4): 67–75.
- Yılmaz, A.A., Çağlarırmak, N. and Hepçimen, A.Z. (2022). Hayvanlardan insanlara geçen hastalıklar ve gıda güvenliği. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 15(3): 594–604. <https://doi.org/10.26559/mersinsbd.1073353>
- Zhang, L., et al. (2017). Impact of climate change on water resources and agriculture. *Environmental Research Letters*, 12(5), 055008.

BÖLÜM 7

KETENCİK (*Camelina sativa* L. Cranz): TÜRKİYE'NİN TARIM VE ENDÜSTRİSİ İÇİN STRATEJİK BİR ALTERNATİF

Prof. Dr. Tamer ERYİĞİT^{1*}
Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK²
Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583125>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gevaş Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Van-Türkiye, Orcid ID: 0000-0001-5069-8206 e-mail: tamereryigit@yyu.edu.tr

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van-Türkiye, Orcid ID: 0000-0002-7995-0599 e-mail: murattuncturk@yyu.edu.tr

³ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gevaş Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Van-Türkiye, Orcid ID: 0000-0002-2386-2450 e-mail: fevzialtuner@yyu.edu.tr

GİRİŞ

Yağlı tohumlu bitkiler, dünya çapında önemli bir ekonomik değere sahip olup, tarıma ayrılmış geniş alanlarda yetiştirilmektedir. Bu bitkiler, tohumlarından elde edilen yüksek yağ oranı ve düşük bakım maliyetleriyle tarımsal üretimde verimli bir seçenek sunmaktadır (Zhang et al., 2021). Özellikle Brassicaceae familyası, gıda endüstrisi (insan ve hayvan beslenmesi), ilaç sektörü ve kimya endüstrisi gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılan birçok tür içermesi nedeniyle öne çıkmaktadır. Bu aileye ait türlerden biri olan *Camelina sativa* (ketencik), son yıllarda çok yönlü kullanım alanları ve çevre dostu özellikleriyle yeniden ilgi odağı haline gelmiştir (Zanetti et al., 2020).

Ketencik, Brassicaceae familyasına ait tek yıllık bir yağlı tohum bitkisi olup, biyodizel üretimi ve hayvansal yem endüstrisi başta olmak üzere birçok sektörde kullanımıyla dikkat çekmektedir. Bu bitki, farklı iklim ve toprak koşullarında yetiştirilebilme yeteneği sayesinde geniş bir adaptasyon kapasitesine sahiptir (Sevilmiş et al., 2019; Zubr, 2003). Ketencik, kısa bir yaşam döngüsüne sahip olması (85–100 gün), düşük tarımsal girdi gereksinimi, soğuk hava koşullarına dayanıklılığı ve geleneksel tarım makineleriyle uyumlu olması gibi özellikleriyle sürdürülebilir tarım için uygun bir seçenek olarak değerlendirilmektedir (Moser, 2010). Bunun yanı sıra, yazlık (*C. sativa*) ve kışlık (*C. microcarpa*) formları arasında yazlık formun küresel ölçekte daha yaygın olduğu bilinmektedir (Kurasiak-Popowska & Stuper-Szablewska, 2020; Moser, 2010; Obour et al., 2015). Ayrıca, düşük tarımsal girdi ihtiyacı, soğuk hava koşullarına dayanıklılığı, geleneksel tarım makineleri ile uyumlu olması, yarı kurak, marjinal topraklarda başarılı bir şekilde yetişebilmesi gibi olumlu özellikleri sayesinde, yağlı tohumlar arasında sürdürülebilir tarım uygulamaları için uygun bir seçenek olarak değerlendirilmektedir (Sevilmiş et al., 2019; Zubr, 2003).

Ketencik'in tohumları, yüksek yağ içeriği ve çevresel dayanıklılığı ile gıda ve enerji sektörlerinde büyük bir potansiyele sahiptir. Tohumdan elde edilen yağ, omega-3 yağ asitleri (*α -linolenik asit*), omega-6 yağ asitleri (*linoleik asit*), fitosteroller ve fenolik bileşikler gibi sağlık açısından önemli biyoaktif bileşenler içermektedir (Mondor & Hernández-Álvarez, 2022; Zubr, 2003). Ketencik, tarih boyunca tarımsal üretimde kullanılan ancak zamanla unutulmuş eski bir bitki olarak, günümüzde biyoenerji ve gıda sektörlerinde yeniden popülerlik kazanmıştır (Moser, 2010). Bu özellikleri sayesinde ketencik,

sürdürülebilir tarım, gıda ve enerji endüstrilerinde önemli bir değer ve potansiyel sunmaktadır (Sydor et al., 2022).

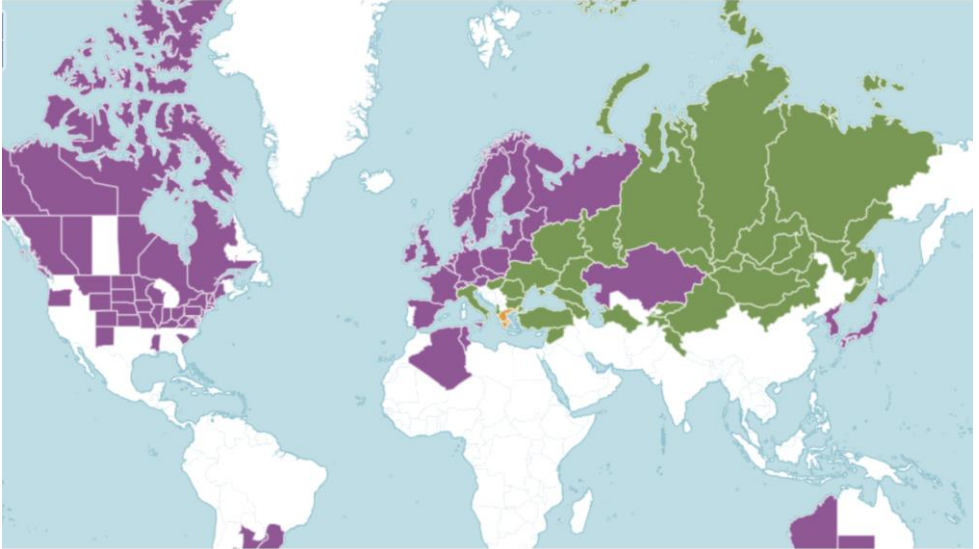
Ketenciğin (*C. sativa* (L) Cranz'ın Tarihsel Geçmişi ve Kökeni

Yaygın olarak sahte keten veya haz altını (Moser, 2010) olarak bilinen ketencik doğu Avrupa ve batı Asya'ya özgü yağlı tohumlu bir bitkidir (Vollmann & Eynck, 2015). Arkeolojik kayıtlardan, ketenciğin, yağlı tohumlu bir bitki olarak yetiştirilmeden önce güneydoğu Avrupa ve güneybatı Asya'da muhtemelen keten ve tahıl ürünlerinde bir yabancı ot olarak ortaya çıktığını göstermektedir (Haldane, 1932). İlk tarımsal kullanımlarına dair kanıtlar, ketenciğin eski bir ürün olarak MÖ 4000'lerde İsviçre'nin Auvervier bölgesinde bulunduğunu (Zohary et al., 2012) ve Güney İskandinavya'dan (Larsson, 2013; Vollmann & Eynck, 2015) Orta Asya'ya (Doğu Türkiye) kadar geniş bir coğrafyada yetiştirildiğini ortaya koymaktadır (Dönmez & Belli, 2007). MS 100-250 MÖ yıllarına kadar yaygın bir şekilde yetiştirildiğine dair kanıtlar vardır (Zubr, 1997). Ketencik bitkisinin Geç Taş Devri ve Orta Tunç Çağı'nda (MÖ 1800) (Carciumaru, 2007) İskandinavya, Romanya ve Doğu Türkiye gibi bölgelerde gıda ve yağ üretimi amacıyla yetiştirildiği ve Geç Tunç Çağı'nda (MÖ 1200) tarımsal sistemlerde yaygın bir ürün haline geldiği arkeolojik bulgularla desteklenmektedir (Larsson, 2013). Rusya ve Ukrayna kökenli çeşitli ketencik örneklerinin moleküler analizleri, bu bölgelerin *C. sativa* için genetik çeşitlilik açısından önemli bir merkez olduğunu ve türün muhtemel köken bölgesi olabileceğini göstermiştir (Ghamkhar et al., 2010). Ketencik, geçmişte ketenle birlikte özellikle soğuk ve yarı kurak koşullarda, düşük besin içeriğine sahip topraklarda başarılı bir şekilde yetiştirilmiş ve bu özelliği nedeniyle Kuzey ve Doğu Avrupa'daki erken tarım toplumları için değerli bir ürün haline gelmiştir (Pilgeram et al., 2007). Ermenistan, Doğu Avrupa ve İskandinavya gibi bölgelerde ketencik tarımı, bu türün çevresel zorluklara karşı dayanıklılığı nedeniyle uzun süre önemini korumuştur.

20. yüzyılın ortalarına kadar Avrupa ve Batı Asya'da önemli bir yağlı tohum bitkisi olarak üretilen *C. sativa*, kolza ve diğer yüksek verimli yağlı tohumların yaygınlaşmasıyla birlikte tarımdan büyük ölçüde çekilmiştir. Ancak, ketencik bitkisinin düşük tarımsal girdi gereksinimleri ve marjinal topraklara uyum sağlama yeteneği, sürdürülebilir bir biyoyakıt ve gıda kaynağı olarak bu türün önemini yeniden gündeme getirmiştir (Brock et al., 2022; Zubr, 1997).

Dünya Çapında Yayılışı ve Önemi

Ketencik (*C. sativa*), tarihsel olarak Avrupa'dan güneybatı Asya'ya kadar uzanan bir yayılış alanına sahip olup, Amerika kıtasına muhtemelen keten tohumu içinde bir yabancı ot olarak getirilmiştir (Ghidoli et al., 2023; Putnam et al., 1993). Günümüzde *C. sativa*, özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzeyi ve Kanada'nın güneyinde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Hutcheon et al., 2010). ABD'de ketencik; Pasifik Kuzeybatısı, Kuzey ve Orta Ovalar ile Mısır Kuşağı boyunca yetiştirilmekte (Gesch, 2014) kurak Güneybatı bölgelerinde ise sulama ile başarılı bir şekilde yetiştirilebilmektedir (Neupane et al., 2020). Kanada'da ise, batıdaki Prairie eyaletlerinden doğudaki denizcilik yapan eyaletlere kadar geniş bir alanda yetiştiriciliği yapılmaktadır (Blackshaw et al., 2011; Urbaniak et al., 2008). Kanada'da ketencik ilk olarak 1863'te Manitoba'da kayıt altına alınmış, 1900'lerin ortalarına kadar batıda Peace River Bölgesi'ne kadar genişlemiştir (Francis & Warwick, 2009). Kuzey Amerika'da ketenciğin ekonomik tarımı, 1990'ların sonlarına kadar sınırlı ölçekte devam etmiş ve ancak bu tarihlerden sonra önemli bir ticari ürün haline gelmiştir (Robinson, 1987).



■ Doğal yayılışı ■ İntrodüksiyon yolu ile yayılışı

Şekil 1. *Camelina sativa*'nın doğal olarak yetiştiği ve yayılış gösterdiği diğer ülkeler (<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:279870-1>)

Ketencik, son yıllarda dünya çapında tarımsal üretimde yeniden önemli bir yer edinmeye başlamıştır. Başlangıçta Avrupa'nın bazı bölgelerinde ve Orta Asya'da yetiştirilen bu bitki, günümüzde özellikle Kuzey Amerika ve Avrupa'da geniş bir üretim alanına sahiptir. Ketencik, düşük girdi gereksinimleri, kısa büyüme döngüsü ve çeşitli iklim koşullarına uyum sağlama yeteneği sayesinde, sürdürülebilir tarım için cazip bir seçenek olarak öne çıkmaktadır (Moser & Vaughn, 2010), özellikle biyodizel üretimi ve hayvansal yem endüstrisi gibi sektörlerde artan ilgi ile dünya çapında yayılımı hızlanmıştır (Vollmann & Rajcan, 2010). Yüksek yağ içeriği ve çevresel sürdürülebilirliği nedeniyle, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltma çabalarıyla uyumlu bir şekilde biyoyakıt endüstrisinde giderek daha fazla tercih edilmektedir (Ghamkhar et al., 2010; Vollmann & Eynck, 2015). Bunun yanı sıra, ketencik tohumlarından elde edilen yağ, omega-3 yağ asitleri (özellikle alfa-linolenik asit) açısından zengin olması nedeniyle gıda sektöründe de değerli bir alternatif yağ kaynağı olarak kullanılmaktadır (Moser, 2010).

Ketencik, ekosistem hizmetleri açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Ara ekim veya ürün rotasyonu ile kullanıldığında, toprak erozyonunu azaltma, organik madde birikimini artırma ve yabancı ot kontrolü gibi faydalar sunmaktadır (Codina-Pascual et al., 2022; Leclère et al., 2019; Vollmann & Eynck, 2015). Polinatör çeşitliliğini artırarak doğal yaşam alanlarını destekleyen ketencik, arı ve böcekler için besin kaynağı oluşturur ve böylece ürün verimini dolaylı olarak artırır (Zanetti et al., 2021; Zhang et al., 2021).

Son yıllarda ketenciğin yetiştiriciliği Avrupa genelinde Almanya, Fransa ve Polonya gibi ülkelerde artmış, biyodizel üretimi ve hayvansal yem sektörlerinde kullanım potansiyeli dikkat çekmiştir (Vollmann & Rajcan, 2010). Biyoyakıt üretiminin yanı sıra, ketencik tohumları yüksek protein içeriği ile hayvan yemi ve insan beslenmesinde kullanım için de değerlendirilmektedir (Brock et al., 2022; Montero-Muñoz et al., 2023; Riaz et al., 2022). İklim değişikliği bağlamında, ketenciğin kurak ve düşük verimli topraklarda yetişme kapasitesi, sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyeli ve fosil yakıt yerine kullanımı, onu çevresel sürdürülebilirlik için önemli bir ürün haline getirmiştir (Brock et al., 2022; Yuan & Li, 2020).

Ketencik, biyoyakıt, gıda endüstrisi ve ekosistem sağlığı alanlarındaki çok yönlü kullanımlarıyla dünya çapında ilgi görmektedir. Çevresel sürdürülebilirliği, düşük maliyetli üretimi ve iklim değişikliğiyle mücadeledeki potansiyeli, ketenciği hem ekonomik hem de ekolojik açıdan değerli bir ürün haline getirmiştir (Zubr, 2003). Sürdürülebilir tarım ve biyoenerji

uygulamalarında ketenciğin artan rolü, gelecekte bu ürünün daha geniş ölçekte benimsenmesini teşvik edecektir.

Taksonomi ve Sınıflandırma

Ketencik (*C. sativa* (L.) Crantz), Brassicaceae familyasına ait olup yaygın tanımlanmış altı *Camelina* türünden (*C. sativa* (L.) Crantz, *C. laxa* C. A. Mey., *C. rumelica* Velen., *C. microcarpa* Andr. ex DC., *C. hispida* Boiss. ve *C. anomala* Boiss.) biridir (Davis, 1965). Ekonomik olarak en önemli tür olan *C. sativa*, ketencik, yalancı keten, Alman susamı ve Sibirya yağlı tohumu gibi farklı isimlerle de anılmaktadır (Kurt & Seyis, 2008).

- Krallık: Plantae (bitkiler)
- Alt krallık: Tracheobionta (damarlı bitkiler)
- Üst bölüm: Spermatophyta (tohumlu bitkiler)
- Bölüm: Magnoliophyta (çiçekli bitkiler)
- Sınıf: Magnoliopsida (dikotiledonlar)
- Alt sınıf: Dilleniidae
- Takım: Capparales
- Familya: Brassicaceae (Turpgiller)
- Cins: *Camelina* Crantz
- Tür: *Camelina sativa* (L.) Crantz (sahte keten veya zevk altını)



Şekil 2. *Camelina sativa*, (USDA bitki veritabanından)

Botanik Özellikleri

Ketenciğin farklı araştırmacılar dünyanın farklı bölgelerinden farklı kromozom sayıları bildirmişse de en yaygın kabul gören kromozom sayısı $2n = 40$ 'dir (Schnell & Davis, 2011). Kromozom sayıları arasındaki bu farklılığın popülasyonlar arasındaki doğal varyasyona bağlı olabileceği düşünülmektedir

(Gehring et al., 2006). Ketencik tohum yoluyla çoğalır ve herhangi bir vejetatif üreme göstermez (Francis & Warwick, 2009). Ketencik için doğal melezlenme oranları düşük olarak bildirilmiştir (%0.09-0.28) (Walsh et al., 2012). Ketencik bitkisi kendine döllen bir bitkidir (Zubr, 1997).

Yaklaşık 85-100 gün gibi kısa tek yıllık bir ömre sahip, yazlık ve kışlık formları olan ketencik 30 – 90 cm yüksekliğe kadar boylanabilir. İnce, dik büyüyen gövdesi yuvarlaktır, ince tüylerle kaplıdır ve genellikle tabandan dallanır. Sapları dallı, pürüzsüz veya tüylüdür ve olgunlaştığında odunsudur (Pavlista et al., 2012). Yaprakları mızrak şeklinde, keskin uçlu, pürüzsüz veya loblu kenarlı ve 2-8 cm uzunluğunda, 2-10 mm genişliğinde, pürüzsüz veya dikotomik tüyler bulundurabilir (Francis & Warwick, 2009). Yaprak sapı bulunmayan yapraklar, genellikle birbirine değecek şekilde, alternatif bir konumda dizilmişlerdir (Sevilmiş et al., 2019). Ketencik daha kısa kök sistemlerine sahiptir ve sığ toprak derinliklerinden su çeker, bu nedenle buğday üretimin yapıldığı kuru tarım arazilerine iyi uyum sağlar. Ancak, ketencik verimi potansiyel olarak azaltabilecek tüylü küfe karşı hassastır (Obour et al., 2015).

Çiçekleri dört yeşil çanak yaprak, soluk sarı veya sarımsı beyaz dört taç yaprak, altı erkek organ ve tek bir pistilden oluşur (Şekil 2) ve bu da kendi kendine tozlaşan doğasını gösterir (Zubr, 1997). Meyve, kapsül biçiminde olup, 0.7-2.5 mm çapında, portakal renginden kahverengine kadar değişen renktedir (Robinson, 1987; Zubr, 1997). Her kapsül 8-16 adet tohum ihtiva eder (Şekil 3).



Şekil 3. *Camelina sativa* (L.) Cranz meyvesi

Tohumun uzunluğu genişliğine göre daha fazla olup, şekil olarak buğday tohumunu andıran bir görünümü vardır (Şekil 4). Kültürü yapılan çeşitlerin tohum rengi koyu sarıdan açık kahverengine kadar değişir ve parlaktır.

Tohumları çok küçüktür (0.7 x 1.5 mm), soluk sarıdan kahverengiye veya turuncuya, dikdörtgen, pürüzlü ve sırtlı yüzevidir (Matteo et al., 2023) ve bin tohumun ağırlığı 0.8 ila 2.0 g arasında değişir (Pradebon et al., 2024). Tohumlarında dormansi yoktur fakat bitki allelopatik etkiye sahiptir.



Şekil 4. *Camelina sativa* (L.) Crazn tohumları

Ketencik, tohumları aracılığıyla çoğalan ve büyük ölçüde kendi kendine tozlaşan bir türdür (Sainger et al., 2017). Yağlı tohumları, doğal olarak %28-40 yağ ve %27-32 protein içeriği ile dikkat çeker (Moser & Vaughn, 2010). Bu özellikler, ketenciği hem besin değeri hem de endüstriyel kullanım açısından değerli bir bitki yapmaktadır.

Ketencik yağı, özellikle omega-3 yağ asitleri bakımından zengin olmasıyla öne çıkar. Linolenik asit oranının yüksekliği, ketencik yağını balık yağı ve keten tohumu gibi kaliteli yağlar için potansiyel bir alternatif haline getirir. Ancak, bu yüksek omega-3 içeriği, yağın oksidasyona karşı hassasiyetini artırarak bazı gıda uygulamalarını sınırlamaktadır. Bu soruna rağmen, ketencik yağı 700 mg kg⁻¹ seviyesinde tokoferol içerir. Tokoferoller, yağın hem besin değerini artırır hem de oksidasyona karşı koruyarak raf ömrünü uzatır (Kurt & Seyis, 2008). Bu özellikler, ketencik yağını omega-3 yağ asitlerine olan küresel talebi karşılayabilecek umut verici bir yenilebilir yağ kaynağı olarak konumlandırmaktadır (Crowley & Frohlich, 1998). Ketencik tohumlarının yağ asidi profili, doymamış yağ asitleri açısından zengindir. Zubr (1997) tohumların %30-40 oranında α -linolenik asit, %15-25 linoleik asit, %15 oleik asit ve yaklaşık %15 eikosenoik asit içerdiğini bildirmiştir. Bu benzersiz kompozisyon, ketenciği hem gıda endüstrisi hem de biyoteknolojik uygulamalar için cazip hale getirmektedir.

Ketencik bitkisinin tane verimi, yağ içeriği, protein içeriği ve yağ asidi bileşimi, dünya genelindeki farklı iklim ve çevre koşullarında incelenmiştir. Genetik yapı, su mevcudiyeti, çevresel faktörler, toprağın fiziksel ve kimyasal

özellikleri ile tarımsal yönetim uygulamaları, bitkinin genel verimliliği üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (Neupane et al., 2022). Düşük tane verimleri genellikle çiçeklenme ve tane olgunlaşma dönemlerinde sıcaklık ve yağış değişikliklerinden etkilenir. Özellikle kuraklık stresinin bu dönemlerde ketencik verimini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Berti et al., 2016; Pradebon et al., 2024). Bununla birlikte, ketenciğin düşük girdi gereksinimleri ve farklı çevresel koşullara adaptasyon kabiliyeti, onu sürdürülebilir tarım için uygun bir yağlı tohum bitkisi olarak öne çıkarmaktadır.

Adaptasyon Yetenekleri ve Çevresel Koşullara Uyumu

Ketencik (*C. sativa*), özellikle yağ üretimi ve biyoyakıt uygulamaları için önemli bir yağlı tohumlu bir bitki olarak dikkat çekmektedir. Ketencik, büyük çevresel uyum kabiliyetleri nedeniyle kuraklığa ve soğuğa ve zararlıların ve/veya patojenlerin saldırısına karşı dayanıklıdır ve sonuç olarak bakımları için girdi sayısı, özellikle sulamaya, gübrelere ve pestisitlere olan ihtiyacı azdır (Berti et al., 2016). Ancak, bu bitkinin başarılı bir şekilde yetiştirilmesi için belirli iklim ve toprak koşullarının sağlanması gerekmektedir.

İklim ve Toprak Gereksinimleri

Ketencik (*C. sativa*), genellikle erken ilkbaharda ekilen bir yazlık yağlı tohum bitkisi olarak yetiştirilmekle birlikte, ılıman iklimlerde kışlık olarak da yetiştirilebilmektedir (Hunter & Roth, 2010). Çiçeklenme sırasında aşırı sıcaklığın önemli olmadığı daha soğuk iklimlere uyum sağlama kapasitesi yüksektir. Düşük sıcaklıklarda çimlenebilen ketencik fideleri, dona karşı oldukça dayanıklıdır ve -11 °C gibi düşük sıcaklıklarda bile herhangi bir hasar belirtisi göstermemiştir. Genellikle marjinal arazilerde yetiştirilen bu bitki, kuraklık stresi koşullarına olumlu yanıt verir ve diğer yağlı tohumlu bitkilere kıyasla daha düşük yağışlı bölgelerde yetiştirilmeye daha uygundur (Hunter & Roth, 2010).

Ketencik, zorlu çevresel koşullara dayanıklılığı ile dikkat çeker ve soğuk iklimler dahil olmak üzere farklı iklim koşullarına adapte olabilme yeteneğine sahiptir. Kısa büyüme süresi ve düşük su gereksinimleri, onu çevresel stres koşullarında avantajlı kılmaktadır (Zubr, 2003). Toprak türü ve su ihtiyacı konusundaki esnekliği, ketenciği düşük verimli topraklarda yetiştirmek için ideal bir bitki haline getirir. Ayrıca, azotlu gübrelere yüksek verimle yararlanabilme kapasitesi, bitkinin tarımsal üretim potansiyelini artıran önemli bir özelliktir (Vollmann & Rajcan, 2010). Besin maddelerince fakir ve kurak

topraklarda bile başarılı bir şekilde yetiştirilebilmesi, ketenciği sürdürülebilir tarım uygulamaları için cazip bir seçenek haline getirmekte ve çevresel faktörlere uyum yeteneği, gelecekte tarımsal üretim ve biyoteknolojik uygulamalardaki önemini daha da artırmaktadır.

Tarım Uygulamaları ve Yetiştiriciliği

Küresel iklim değişikliği, dünya genelinde çeşitli ekonomik sektörlerin sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Bu durumdan en çok etkilenen ve en büyük endişeye neden olan sektörlerden biri tarım sektörüdür; çünkü bu sektör, geri döndürülemez iklimsel değişkenliklere dayanıklı mahsullerin geliştirilmesini ve kullanımını zorunlu hale getirmiştir (Neupane et al., 2020; Vollmann et al., 2007). Tarımsal üretimde ürün çeşitlendirmesi, çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği teşvik etmenin yanı sıra, üretim kapasitelerini koruma, ekosistem hizmetlerini sağlama ve kaynakların etkin kullanımını desteklemek için stratejik bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda, *C. sativa* (ketencik) bitkisi, biyodizel üretimi ve sağlık açısından sunduğu faydalar nedeniyle dünya çapında artan bir ilgi görmektedir.

Ketencik, farklı toprak tiplerine iyi uyum sağlayabilen ve serin yarı kurak iklimlerde optimum büyüme gösteren dayanıklı bir bitkidir. Kuraklık koşullarına karşı toleranslı olmasına rağmen, çiçeklenme gibi kritik büyüme evreleri kuraklık koşullarından olumsuz etkilenebilir (Francis & Warwick, 2009). Ketencik tohum verimi üzerine dünya çapında yapılan çalışmalar, verimin iklim, kullanılan çeşit ve toprak tipi gibi faktörlere bağlı olarak büyük farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. En yüksek tohum verimlerinin ise Akdeniz iklimlerinde kaydedildiği bildirilmiştir (Berti et al., 2016; Gao et al., 2021; Neupane et al., 2020; Vollmann et al., 2007).

Tohum Yatağı Hazırlığı

Ketencik, diğer ürünlere kıyasla nispeten kolay yetiştirilir ve daha az tarımsal girdi gerektirir ancak asgari tohum yatağı hazırlığının yapılması ve önceki ürünlerden taşınan herbisit kalıntısının olmaması gerekmektedir. Ketencik kendinden önceki ürün için kullanılan herbisit kalıntılarına karşı oldukça duyarlıdır ve kalıntılar ketenciğin üretimini engelleyebilir. Bu nedenle ekimi yapılacak arazinin kimyasal geçmişini bilmek oldukça önemlidir. Ketencik, toprak herbisit imidazolinonlarına (örn. Beyond® ve Pursuit®) karşı oldukça hassastır (Hulbert et al., 2012). Ketencik bitkisi, kış aylarında veya ilkbaharın erken dönemlerinde donmuş toprakta, hatta önceki üründen kalan

anız üzerinde, serpme tohum ekimi ile başarıyla yetiştirilebilmektedir. Çimlenme, toprak sıcaklığının 3.33 °C gibi düşük bir seviyeye ulaşmasıyla başlar. Tahıl ekim makineleriyle yapılan ekimler ve buna bağlı kültürel uygulamalar, yüksek verim ve başarı sağlamaktadır (Ehrensing & Guy, 2008). Küçük tohum boyutu nedeniyle (Şekil 4), ketencik bitki çıkışını ve iyi bir stant kurulumunu sağlamak için sığ (0.6 - 0.8 cm) derinliklere ekilir. Toprak hazırlığı, ekim oranı, ekim yöntemi ve ekim derinliği, bitkinin çimlenmesini ve sonraki tohum verimlerini önemli düzeyde etkileyen faktörlerdir (Adamsen & Coffelt, 2005; Berti et al., 2011). Tohumların başarılı bir şekilde çimlenmesi için toprağın hafif işlenmesi ve ekim derinliğinin doğru şekilde ayarlanması büyük önem taşır. Bunun yanı sıra, tohumların toprakla iyi bir temasının sağlanması gereklidir ve bu, ekim sonrası dönemde toprak neminin düzenlenmesiyle desteklenebilir. Ketencik bitkisi hem geleneksel toprak işleme hem de toprak işlemez tarım koşullarında yetiştirilebilmektedir. Ancak, yüksek miktarda anız kalıntısı, fidelerin çimlenme oranını olumsuz etkileyebilir. Bu durumun etkisini dengelemek için ekim normunun artırılması bir çözüm olarak değerlendirilebilir (Enjalbert & Johnson, 2011).

Ekim Oranı

Ketencik üretiminde hektar başına 3.4–5.6 kg tohum kullanımı, hem yazlık hem de kışlık ekimler için ideal bir miktar olarak bildirilmiştir ve ketencik tohumlarında dormansi bulunmamaktadır (Wysocki & Sirovatka, 2008). Ancak, zorlu üretim koşullarında başarılı bir yetiştiricilik için daha yüksek ekim oranları tercih edilmelidir (Ehrensing & Guy, 2008).

Ketencik ekiminde erken ve yüzeysel ekim hayati önem taşır. Sıfır işleme ve tam hazırlanmış tohum yatakları, tohumların yerleşim kontrolünü optimize eder ve daha az işlenmiş tarlalara kıyasla daha başarılı bir çimlenme sağlar. Küçük tohum yapısına sahip olan ketencik için 0.6–0.8 cm gibi yüzeysel bir ekim derinliği, başarılı çimlenme ve sağlıklı bir bitki standı oluşturulması açısından tercih edilmelidir. Toprak hazırlığı, ekim normu, ekim yöntemi ve ekim derinliği, bitki standı oluşumu ve tohum verimi üzerinde belirleyici etkiler yaratır ve bu faktörlerin doğru yönetimi yüksek verim elde edilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Adamsen & Coffelt, 2005).

Ekim Zamanı

Tohum ekim tarihi, ketencik üretimini optimize etmek için uyarlanabilir en önemli tarımsal uygulamalardan biridir. Erken ekim, ketenciğin yaz sıcakları

ve kuraklık dönemleri başlamadan önce çiçek açmasını sağlayarak kapsül kayıplarını önlemekte ve tohum verimini artırmaktadır (Obour et al., 2015). Don toleransı yüksek olan ketencik, diğer ilkbahar ürünlerine kıyasla daha erken ekilebilir ve bu erken ekim, artan tohum verimi ile daha yüksek yağ içeriğine katkı sağlar. Ancak, geç yapılan ilkbahar ekimleri, ürün veriminde %25'e varan kayıplara neden olabilmektedir (Ehrensing & Guy, 2008).

Ketencik, buğday, arpa, bezelye veya mercimek gibi ürünlerin ardından yetiştirmek için uygun bir bitkidir. Ancak, kanola, hardal veya diğer *Brassica* türlerinin ardından ekim yapılmasından kaçınılmalıdır, çünkü bu ürünlerin ardından ekim, benzer böcek ve hastalık sorunlarının riskini artırmaktadır (Grady & Nleya, 2010). Düşük yabancı ot baskısına sahip tarlaların tercih edilmesi ve düzgün bir şekilde yoğun ketencik ekim alanlarının oluşturulması, ot baskısını azaltmak için etkili bir stratejidir. Bu süreçte kimyasal veya mekanik nadas tekniklerinin uygun bir şekilde uygulanması da önemli bir rol oynar. Ketencik, diğer tarım ürünlerine kıyasla daha az tarımsal girdi gerektirerek üreticiler için ekonomik ve çevresel bir avantaj sunmaktadır.

Gübreleme

Besin yönetimi, ketencik üretiminde büyümeyi, verimi ve tohum kalitesini etkileyen kritik bir unsurdur. Toprak verimliliği, toprak türü ve mevcut toprak nemi gibi faktörlere bağlı olarak, ketencik üretiminde genellikle 50–120 kg ha⁻¹ azot ve 10–25 kg ha⁻¹ kükürt uygulanması önerilmektedir (Budin et al., 1995; Jiang et al., 2013; Urbaniak et al., 2008). Ketenciğin azot ve kükürt gereksinimi, büyük ölçüde toprak neminin mevcudiyetine ve organik madde içeriğine bağlıdır. Ancak, sulama yapılmayan koşullarda kükürt gübrelenmesinin ketencik tohum verimi üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Obour et al., 2015). Ayrıca, fosfor konsantrasyonlarının son derece düşük olduğu durumlarda dahi, ketencik bitkisinin fosfor gübrelenmesine anlamlı bir yanıt vermediği gözlemlenmiştir (Obour et al., 2015).

Yabancı Ot Kontrolü

Ketencik genellikle herbisit kullanılmadan yetiştirilen bir bitkidir ve özellikle kışlık ekimlerde, birçok yabancı ot türünden daha erken çimlenerek yüksek yoğunluklu ekimlerde güçlü bir rekabet avantajı sağlar. Ancak, tarla sarmaşığı, devedikeni ve iskelet otu gibi çok yıllık yabancı otlar, ketencik tarımında önemli sorunlara yol açmaktadır.

En iyi yabancı ot kontrol yaklaşımı, nispeten yabancı otsuz bir tarlaya erken ekim yapmaktır. Erken ekim ve iyi bir stant kurulumu, ketenciğin yabancı otlarla iyi rekabet etmesini sağlar, bu nedenle herbisit uygulamaları gerekli olmayabilir. Çıkan yabancı otlar, ketenciğin ekiminden hemen önce uygulanan glifosat ile kontrol edilebilir. Şu anda, Poast® (BASF çıkış sonrası çim kontrol ürünü) ketencik için etiketlenen tek herbisittir ve bir çim herbisittir. Bu nedenle, mahsulde geniş yapraklı yabancı ot kontrolü mevcut değildir (Enjalbert & Johnson, 2011). Ayrıca, ağır yabancı ot istilası durumunda, ekim öncesinde 1500 g ha⁻¹ Trifluralin kullanımı önerilmektedir (Zubr, 1997). Ketenciğin allelopatik özellikleri de dikkat çekicidir; bu özellik sayesinde diğer bitkilerin büyümesini engelleme kapasitesine sahiptir. Bununla birlikte, çok yıllık yabancı otların kontrolü zorlayıcı olabilir. Ayrıca, ketencik, herbisit kalıntılarında duyarlılık açısından kanolaya benzer bir profile sahiptir ve münavebe sisteminde kendinden önce kullanılan herbisitlerin kalıntı durumu dikkate alınmalıdır (Ehrensing & Guy, 2008) (Tablo 1). Ancak, çıkış öncesi herbisit olarak kullanılan Trifluraline karşı tolerans göstermesi, ketenciği bu herbisit kullanımını açısından avantajlı hale getirmektedir. Günümüzde Trifluralin, ketencik tarımında ruhsatlı olan tek herbisit olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Eynck & Falk, 2013).

Tablo 1. Ketencik üretimi için münavebede kullanılan sülfonilüre herbisitlerinin beklenmesi gereken asgari kalıntı süreleri (Enjalbert & Johnson, 2011)

Herbisit (etken madde)	Kontrol ettiği yabancı otlar	Ürün tipi	Kalıntı süresi
Müttefik/Eşlikçi (Metsulfuron)	Geniş yapraklı yabancı otlar	Buğday/Arpa	>24 ay
Kehribar (Triasülfüron)	Geniş yapraklı yabancı otlar	Kışlık ve ilkbahar buğdayı	>24 ay
Ekspres (Tribenuron)	Tek yıllık geniş yapraklı yabancı otlar	Buğday/Arpa	>24 ay
Atrazin (triazin)	Geniş yapraklı yabancı otlar	Mısır/Nadas	>18 ay

Sulama Gereksinimi

Ketencik, kuraklık ve yüksek sıcaklık gibi zorlu çevresel koşullara karşı dayanıklı bir yağlı tohum bitkisi olarak öne çıkmaktadır (Blackshaw et al., 2011; Putnam et al., 1993). Yüzlek kök sistemi sayesinde, ketencik topraktan aşırı nem çekmeden su kaynaklarını verimli bir şekilde kullanabilmektedir (Robinson, 1987). Ketencik için ortalama mevsimsel su tüketimi 333 ila 423 mm arasında değişmiş olup, bu da ketenciğin yarı kurak ortamlarda su verimliliğini nasıl optimize ettiğini göstermektedir (French et al., 2009).

Ketencik, yarı kurak alanlarda üretimi teşvik edilen diğer yağlı tohum bitkileri ile karşılaştırıldığında, su tüketimi açısından daha verimli olup, özellikle kurak dönemlerde topraktaki erken su eksikliklerini telafi etme yeteneği ile öne çıkmaktadır (Obour et al., 2015; Putnam et al., 1993). Bununla birlikte, ayçiçeği, kanola ve hardal gibi diğer yağlı tohum bitkileri derin kök sistemlerine sahip olup, daha fazla su gereksinimi duyarlar, bu da onları kuru koşullarda ketencikten daha suya bağımlı hale getirmektedir (Pavlista et al., 2012).

Hastalıklar

Ketencik, kanola ve diğer *Brassica* türlerinde yaygın olarak görülen karabacak hastalığına (*Leptosphaeria maculans*) karşı yüksek direnç göstermektedir. Ancak, *Sclerotinia sclerotiorum* kaynaklı gövde çürümesine karşı hassasiyet göstermektedir. Bu hastalık genellikle büyük salgınlara yol açmasa da enfekte olan bitkilerde gövdenin zayıflaması, yatma ve erken olgunlaşma nedeniyle önemli verim kayıplarına neden olabilir. *Sclerotinia sclerotiorum*, ayçiçeği, patates, aspir, fasulye, bezelye ve yonca gibi birçok diğer ürünü de enfekte edebilmektedir. Bu hastalıkla mücadelede en etkili yöntemlerden biri, ürün rotasyonu uygulamaktır. Duyarlı ürünlerin aynı tarlada yalnızca 3–4 yılda bir yetiştirilmesi, hastalığın etkisini azaltmada kritik bir rol oynamaktadır (Ehrensing & Guy, 2008).

Zararlılar

Ketencik, zararlılara karşı genellikle dayanıklı bir bitki olarak kabul edilmektedir ve bu nedenle böcek kontrol önlemlerinin kullanımına nadiren ihtiyaç duyulmaktadır. Kanola için ekonomik kayıplara neden olan pire (*Phyllotreta cruciferae*), lahanaya tohum kabuğu böceği (*Centorhynchus obstrictus*) ve *Brassica* yaprak biti kompleksi gibi böcek türleri ile kuşların, ketenciğe ekonomik düzeyde zarar vermediği gözlemlenmiştir. Bu durum, ketenciğin zararlılar açısından avantajlı bir yağlı tohum bitkisi olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Obour et al., 2015; Pavlista et al., 2011).

Hasat ve Harman

Ketencik hasat tarihleri, ekim tarihi, yağış, sıcaklık ve hasat yöntemine bağlı olarak Haziran sonundan Temmuz ayı sonuna kadar değişiklik gösterebilir. Hasat, tohumların nem ölçeriyle kanola standardına göre %10 veya daha az nem içermesi durumunda yapılmalıdır (Hunter & Roth, 2010). Bu, kapsüllerin yaklaşık üçte ikisi yeşilden sarıya döndüğünde hasada başlanması

gerektiği anlamına gelir. Olgun kapsüller koyu ten rengi veya kahverengi olup, keten tohumu genellikle doğrudan biçilebilir (Şekil 5).



Şekil 5. Hasat olgunluğundaki ketencik (*C. sativa* (L.) Cranz (Ehrensing & Guy, 2008)

Kapsül çatlatma, ketencikte görülmediğinden doğrudan biçerdöverle hasat edilebilir (Zubr, 1997). Ketencik, modifiye edilmiş biçerdöverlerle hasat edilebilir ve çoğunlukla doğrudan birleştirilmiş olarak ayakta dururken biçilebilir. Çoğu ketencik çeşidi, tohum kayıplarını azaltmak için biçerdöver ayarlarının dikkatlice yapılmasını gerektirir. Kanola veya yonca tohumu için kullanılan biçerdöver ayarları, ketencik hasadında da uygulanabilir; ancak birleşik fan hızı düşürülerek tohum kayıpları en aza indirilmelidir (Hulbert et al., 2012). Ketencik kapsülleri, hardal ailesinin diğer üyelerinden farklı olarak, tohumlarını sıkıca tutar ve bu nedenle tohum parçalanması genellikle bir sorun oluşturmaz. Ketencik tohumları küçük olduğundan, hasat ve nakliye sırasında tohum kayıplarını önlemek için ekipmandaki tüm sızıntıların kapatılması gerekmektedir. Ketencik tohumunda bilinen bir dormansi durumu yoktur, bu nedenle hasat sırasında kaybedilen tohumlar kısa bir süre sonra çimlenebilir. Ayrıca, ketencik tohumu yüksek nem koşullarında bozulmaya karşı hassastır, bu yüzden en iyi depolama koşulları için tohum nemi %8'in altında olmalıdır (Grady & Nleya, 2010).

Verim

Ketencik verimi, farklı iklim ve çevre koşullarında önemli ölçüde değişiklik gösterebilmektedir. *Brassica* ailesinin diğer birçok üyesiyle benzer bir verim potansiyeline sahip olmasına rağmen, son yıllarda bitki ıslahı ve tarımsal iyileştirmelerle diğer *Brassica* türlerinin verimi önemli ölçüde

artırılmışken, ketenciğin bu potansiyeli henüz tam olarak kullanılmamıştır. İklim, ketencik verimi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir; özellikle çiçeklenme ve tohum dolumu sırasında ortaya çıkan sıcak ve kuru koşullar, verimi önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu nedenle, generatif dönemde çok sıcak bölgelerde ortalama verim oldukça düşükken, daha soğuk bölgelerde verim önemli ölçüde yüksek olmaktadır (Grady & Nleya, 2010).

Ketencik verimi, sulama yapılan ve yapılmayan koşullar arasında da farklılıklar göstermektedir; sulama yapılan alanlarda verim artarken, kuraklık koşullarında daha düşük verimler gözlemlenmiştir. Kurak arazi koşullarında, ketenciğin 400-450 mm yağış alan bölgelerde hektar başına 4500-5000 kg tohum ve 330-380 mm yağış alan bölgelerde ise hektar başına 2250-4250 kg tohum vermesi beklenmektedir (Ehrensing & Guy, 2008). Sulu koşullarda yapılan yetiştiricilikte hektar başına 6000 kg tohum verimi bildirilmektedir (Ehrensing & Guy, 2008).

Ekim tarihi ve bitki sıklığı gibi tarımsal uygulamalar da verim üzerinde etkili olabilmektedir. Örneğin, erken ekilen bitkilerde verim genellikle daha yükseken, geç ekimle elde edilen ürünlerin verimi daha düşük olabilmektedir (Obour et al., 2015). Ayrıca, tohum yoğunluğu ile verim arasında pozitif bir ilişki bulunmuş, yüksek tohum yoğunluğu ile verim artışı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, ketencik veriminin çevresel faktörler ve tarımsal yönetim uygulamalarına duyarlı olduğunu göstermektedir (Adamsen & Coffelt, 2005).

Verim üzerinde etkili faktörlerden biri de yabancı ot kontrolüdür. Özellikle erken dönemde ot kontrolü sağlanmazsa, verim kayıpları yaşanabilir. Yabani otlarla rekabet, düşük ketencik verimine ve düşük tohum yağı kalitesine neden olabilir. (Leclère et al., 2019).

Biyoteknolojik Gelişmeler

Ketencik (*C. sativa*), son yıllarda biyoteknolojik araştırmaların odağı haline gelmiş, özellikle genetik iyileştirme ve transgenik uygulamalar açısından büyük potansiyel göstermektedir. Bu bitki, düşük maliyetli ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına olanak tanıyan özellikleriyle biyoteknolojik müdahalelere açık bir türdür (Ghidoli et al., 2023). Genetik iyileştirme çalışmaları, verim ve yağ içeriği gibi ekonomik olarak önemli özellikleri artırmayı hedeflemektedir. Ayrıca, çevresel streslere, özellikle kuraklık ve tuzluluğa karşı dayanıklılığını artırmak amacıyla yapılan çalışmalar, ketenciğin adaptasyon kabiliyetini güçlendirmektedir (Nishchenko & Hasanuzzaman, 2020).

Genetik İyileştirme ve Çeşit Geliştirme

Genetik iyileştirme, *C. sativa*'nın daha verimli ve dayanıklı çeşitler olarak geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu bitkinin genetik yapısını daha iyi anlayarak verimliliği ve biyoyakıt üretim kapasitesini artırmayı hedeflemektedir. Genetik çeşitlilik, bu bitkinin yeni yetiştirme koşullarına adapte olabilmesi için kritik bir faktördür (Ghidoli et al., 2023). Ketenciğin sahip olduğu kısa büyüme süresi, azot verimliliği ve düşük su ihtiyacı gibi özellikler, genetik ıslah çalışmalarında ön planda yer almaktadır. Bunun yanı sıra, ketenciğin adaptasyon potansiyeli, yeni çeşitlerin daha verimli hale gelmesini sağlamaktadır (Zubr, 2003).

Modifikasyon Teknikleri ve Transgenik Ketencik

Genetik modifikasyon, *C. sativa*'nın biyoteknolojik gelişiminde önemli bir yer tutmaktadır. Transgenik ketencik, özellikle yağ asidi profili, biyodizel üretimi ve gıda endüstrisi için önemli avantajlar sağlamaktadır. Genetik mühendislik teknikleri kullanılarak, ketenciğin yağ içeriği artırılabilir ve omega-3 yağ asidi gibi sağlığa faydalı bileşiklerin üretimi desteklenebilir. Ayrıca, genetik mühendislik ile bu bitkilerin pestisitlere, hastalıklara ve çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklı hale getirilmesi de sağlanmaktadır (Ghidoli et al., 2023; Mondor & Hernández-Álvarez, 2022; Rashid & Razzaq, 2023). Transgenik ketenciğin potansiyeli, biyoenerji sektörüne de önemli katkılar yapmaktadır (Rashid & Razzaq, 2023). Örneğin, ketenciğe yapılan genetik modifikasyonlarla biyodizel üretim verimliliği artırılabilir, aynı zamanda bu bitkiyi biyoplastik üretimi ve diğer endüstriyel uygulamalarda kullanmak mümkün hale gelebilir (Clavijo-Bernal et al., 2024). Genetik modifikasyon sayesinde, bu bitkinin üretiminde çevresel sürdürülebilirliği artıracak önemli ilerlemeler kaydedilmektedir.

Ketencik İçin Potansiyel Kullanımlar ve Endüstriyel Uygulamalar

Yüksek kaliteli bir yenilebilir yağ olarak dikkat çeker (Orczewska-Dudek et al., 2020). Bununla birlikte, geleneksel tıpta yanık ve yara tedavisinde etkili bir çözüm olarak değerlendirilmektedir (İbrahim & El Habbasha, 2015). Tablo 2'de de görülebileceği üzere, son yıllarda bu bitkiye olan ilgi, gıda, yem, jet yakıtı ve biyolojik bazlı ürünler için değerli bir yağlı tohum kaynağı olarak önemli ölçüde artmıştır (Blackshaw et al., 2011).

Biyoyakıt

Ketencik yağı, biyodizel veya doğrudan bitkisel yağ olarak biyoyakıt üretimine uygun bir bileşime sahiptir (Paulsen, 2011). Ketencik yağından elde edilen metil ester, kolza tohumundan üretilen biyodizelle benzer özellikler sergiler (Fröhlich & Rice, 2005). Mineral dizel yakıtına kıyasla, ketencik biyodizeli güç performansı açısından daha üstün, CO emisyonlarında %50 azalma ve daha düşük NOx emisyonları gibi çevresel avantajlar sunar (Bernardo et al., 2003). Ayrıca, arazi kullanım değişiklikleri dikkate alındığında, ketencik biyodizeli soya fasulyesi ve kolza tohumuna göre daha iyi bir çevresel performans göstermektedir (Bacenetti et al., 2017). Bununla birlikte, ketencik biyodizelinin bazı dezavantajları da vardır. Ketencik metil esteri yüksek iyot değeri, yüksek Conradson karbon kalıntısı, yüksek soğuk filtre tıkanma noktası ve düşük oksidasyon kararlılığı gibi sorunlar sergiler (Ciubota-Rosie et al., 2013). Bu sorunları azaltmak için, ketencik yağı domuz yağı veya kızartma yağıyla karıştırılabilir ya da oksidasyon kararlılığı bir endüstriyel antioksidan (örneğin, iyonol) eklenerek artırılabilir (Zaleckas et al., 2012). Ketencik yağının yüksek doymamışlık derecesi ve moleküler ağırlığının optimize edilmesi, biyodizel yakıtı olarak kullanım potansiyelini artırmak için kritik öneme sahiptir. Ketencik, biyoyakıt üretiminde yalnızca yağdan değil, aynı zamanda artık biyokütleden de faydalanma potansiyeline sahiptir. Hızlı piroliz yöntemleriyle ketencik samanından biyo-yag üretimi, hem termal hem de katalitik piroliz teknikleriyle mümkün olup, bu teknolojiler ketencik biyokütlesinden farklı kimyasal özelliklere sahip biyo-yag üretimi için umut vaat etmektedir (Hernando et al., 2017).

Tablo 2. Ketenciğin (*C. sativa*) kullanımları (Berti ve diğerleri, 2016'dan modifiye).

Kullanımı	Detay	Kaynaklar	
İnsan beslenmesinde	Gıda	(Mondor & Hernández-Álvarez, 2022; Sydor et al., 2022)	
	Diyet takviyeleri		
Hayvan beslenmesinde	Kuş	Tavuk (piliç)	(Jaśkiewicz et al., 2014; Neupane et al., 2022; Orczewska-Dudek & Pietras, 2019)
		Yumurta tavukları	
	Memeliler	İnek	
		Domuz	(Colombini et al., 2014; Mierlita et al., 2011; Peiretti et al., 2007; Peniket et al., 2003)
		Koyun	
	Balık	Tavşan	
Somon			
Kimyasallar	Balık	Alabalık	(Hixson et al., 2014; Peniket et al., 2003; Tocher, 2015)
		Diğer balıklar	
		Polimerler	
		Yapıştırıcılar	(Arshad et al., 2022; Kim et al., 2015; Li & Sun, 2015)
Yakıt	Reçineler		
		Kozmetik	
		Biyodizel	(Arshad et al., 2022; Berti et al., 2016; Matteo et al., 2023)
	Jet yakıtı		

Hidrolik Sıvılar ve Biyopolimerler

Ketencik yağı, yüksek çoklu doymamış yağ asitleri içeriği nedeniyle yapıştırıcılar, kaplamalar ve reçineler gibi endüstriyel uygulamalarda önemli bir potansiyele sahiptir (Kim et al., 2015). Biyopolimer sentezinde keten yağına alternatif bir başlangıç maddesi olarak umut vaat etmekte, ancak petrol bazlı ürünlere benzer performans elde etmek için diğer bileşiklerle harmanlanması gerekmektedir (Balanuca et al., 2017). Ayrıca, ketencik yağı, biyolojik olarak parçalanabilir polyesterler üretiminde ve gıda ambalajlama için kitosan filmlerinde antioksidatif ve antimikrobiyal özellikleri destekleyen bir bileşen olarak kullanılabilir (Gursoy et al., 2018). Bunun yanı sıra, ketencik tohumu protein fraksiyonu biyobazlı yapıştırıcı üretiminde değerlendirilebilmekte, ancak bu alandaki çalışmaları sınırlı olduğundan daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Yem

Ketencik yağı ve unu, yüksek protein içeriği, amino asit profili ve enerji değeri nedeniyle hayvan yemlerinde kullanılabilir (Colombini et al.,

2014). Tavşan ve piliç diyetlerinde büyüme oranlarını etkilemezken, etin yağ asidi profili üzerinde olumlu değişiklikler sağlar, özellikle omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri oranını artırır ve omega-6/omega-3 dengesini iyileştirir (Orczewska-Dudek & Pietras, 2019). Yumurta tavukları diyetlerine eklenen ketencik unu, yumurta sarısındaki çoklu doymamış yağ asitleri içeriğini artırır ve yumurta kalitesini iyileştirir (Aziza et al., 2010). Süt üretiminde, keten ununun kullanımı süt yağında çoklu doymamış yağ asitleri oranını artırır, ancak beslenme karşıtı faktörlerin uygulamaları sınırlar (Colombini et al., 2014). Su ürünlerinde, ketencik yağı balık yağına alternatif olarak kullanılabilir ve somon, alabalık gibi türlerde sağlıklı sonuçlar verir (Hixson et al., 2014). Ayrıca, transgenik ketencik yağının uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri içeriğiyle balık yağı yerine kullanımı umut vaat etse de Türkiye'deki GDO düzenlemeleri bu uygulamayı sınırlamaktadır.

Kozmetik

Bitkisel yağlar, özellikle "Temiz Güzellik" trendinin yükselmesiyle kozmetik endüstrisinde büyük önem kazanmıştır. Ketencik yağı, antioksidan aktivitesi sayesinde yüz ve vücut kremleri, şampuanlar gibi ticari kozmetik ürünlerde kullanılmaktadır (Quéro et al., 2016). Ancak bu konuyla ilgili bilimsel yayınlar oldukça sınırlıdır. Ketencik yağından türetilen yağ asitlerinden kozmetik formülasyonlar için moleküller geliştirilmiş olup, bu ürünler henüz piyasaya sürülmemiştir. Bu moleküller, ketencik değer zincirinin ekonomik sürdürülebilirliğini artırma potansiyeline sahiptir (Zanetti et al., 2021).

Ketenciğin Güçlü ve Zayıf Yönleri

Ketencik, Türkiye'de henüz yaygın bir tarım ürünü olarak değerlendirilmese de düşük girdi gereksinimleri, çevresel sürdürülebilirlik avantajları ve geniş kullanım potansiyeli ile dikkat çekmektedir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, sonbahar ekimlerine uygun yapısıyla ketencik, ayçiçeği gibi ilkbahar ekilen yağlı tohum bitkilerine kıyasla avantaj sunmaktadır. Ayrıca, kolzaya göre daha az gübre ve kimyasal kullanımına ihtiyaç duyması, çevresel etkileri azaltması ve hızlı yetiştirme süresi gibi üstünlükleri bulunmaktadır. Bununla birlikte, Türkiye'de ketencik tarımı, pazara erişim zorlukları, istikrarsız piyasa koşulları ve yetersiz pazar tanımları gibi sınırlamalarla karşı karşıyadır.

Ketencik, Türkiye'nin yağlı tohum sektörü için stratejik bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Ancak, bu potansiyelin tam olarak kullanılması için tarımsal politikaların geliştirilmesi, çiftçilerin ekonomik kazançlarını artıracak teşviklerin sunulması ve ürünün çevresel ve ekonomik faydalarının daha fazla tanıtılması gerekmektedir. Tarım politikaları ve araştırma-geliştirme faaliyetleri bu sürecin kritik unsurlarıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ketencik tohumu Türkiye'de de ayçiçeği veya kolza gibi yaygın olarak kullanılan yağlı tohumların yerini tamamen alamayabilir. Ancak, Türkiye'nin tarım sistemlerine dahil edilmesi, sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik edebilir ve çiftçilere ürün rotasyonu için ek seçenekler sunabilir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yetiştirilebilme potansiyeli, ketenciği alternatif bir ürün haline getirebilir.

Hayvan yemi sektöründeki uygulamaları, Türkiye'deki hayvancılık sektörünün protein açığını karşılamaya yardımcı olabilir. Ketencik tohumu, yüksek protein içeriği ve besleyici yağ asitleri (özellikle omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri) sayesinde hayvan yemlerinde önemli bir katkı sağlayabilir. Ayrıca, ketencik yağı tokoferoller, fenolik asitler ve flavonoidler gibi doğal antioksidanlar bakımından zengindir ve bu özellikleriyle Türkiye'nin beslenme sistemlerinde sağlıklı bir yağ alternatifi olarak yer alabilir.

Ketencik tohumu, yağ asidi bileşimindeki esneklik sayesinde hem insan beslenmesine hem de hayvancılık ve su ürünleri yemlerine özel yağ asitlerinin üretimi için kullanılabilir. Bu özelliği, Türkiye'de biyolojik bazlı ürünler geliştirme çabalarına katkı sunabilir. Ketencik bitkisinin çapraz tozlaşmaya düşük eğilim göstermesi, temel gıda ürünlerini etkilemeden sürdürülebilir yağ üretimini mümkün kılabilir ve böylece "gıda mı, gıda dışı mı" tartışmalarının önüne geçebilir. Türkiye'nin tarımsal çeşitliliği ve farklı iklim koşulları, ketencik bitkisinin yaygınlaşması için uygun bir zemin sunmaktadır. Bu doğrultuda, ketencik değer zincirinin oluşturulması ve yaygınlaştırılması için tarım politikalarının geliştirilmesi, ekonomik teşvikler ve kapsamlı araştırma-geliştirme çalışmaları gereklidir.

KAYNAKLAR

- Adamsen, F., & Coffelt, T. (2005). Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops and Products*, 21(3), 293-307.
- Arshad, M., Mohanty, A. K., Van Acker, R., Riddle, R., Todd, J., Khalil, H., & Misra, M. (2022). Valorization of camelina oil to biobased materials and biofuels for new industrial uses: A review. *RSC advances*, 12(42), 27230-27245.
- Aziza, A., Quezada, N., & Cherian, G. (2010). Feeding Camelinasativa meal to meat-type chickens: Effect on production performance and tissue fatty acid composition. *Journal of Applied Poultry Research*, 19(2), 157-168.
- Bacenetti, J., Restuccia, A., Schillaci, G., & Failla, S. (2017). Biodiesel production from unconventional oilseed crops (*Linum usitatissimum* L. and *Camelina sativa* L.) in Mediterranean conditions: Environmental sustainability assessment. *Renewable Energy*, 112, 444-456.
- Balanuca, B., Stan, R., Lungu, A., Vasile, E., & Iovu, H. (2017). Hybrid networks based on epoxidized camelina oil. *Designed Monomers and Polymers*, 20(1), 10-17.
- Bernardo, A., Howard-Hildige, R., O'Connell, A., Nichol, R., Ryan, J., Rice, B., Roche, E., & Leahy, J. (2003). Camelina oil as a fuel for diesel transport engines. *Industrial Crops and Products*, 17(3), 191-197.
- Berti, M., Gesch, R., Eynck, C., Anderson, J., & Cermak, S. (2016). Camelina uses, genetics, genomics, production, and management. *Industrial Crops and Products*, 94, 690-710.
- Berti, M., Wilckens, R., Fischer, S., Solis, A., & Johnson, B. (2011). Seeding date influence on camelina seed yield, yield components, and oil content in Chile. *Industrial Crops and Products*, 34(2), 1358-1365.
- Blackshaw, R., Johnson, E., Gan, Y., May, W., McAndrew, D., Barthet, V., McDonald, T., & Wispinski, D. (2011). Alternative oilseed crops for

- biodiesel feedstock on the Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Science*, 91(5), 889-896.
- Brock, J. R., Ritchey, M. M., & Olsen, K. M. (2022). Molecular and archaeological evidence on the geographical origin of domestication for *Camelina sativa*. *American Journal of Botany*, 109(7), 1177-1190.
- Budin, J. T., Breene, W. M., & Putnam, D. H. (1995). Some compositional properties of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) seeds and oils. *Journal of the American oil chemists' society*, 72, 309-315.
- Carciumaru, M. (2007). Cultivarea plantelor in Dacia (Plants cultivation in Dacia). *Thraco-dacica*, 8, 1-6.
- Ciubota-Rosie, C., Ruiz, J. R., Ramos, M. J., & Pérez, Á. (2013). Biodiesel from *Camelina sativa*: A comprehensive characterisation. *Fuel*, 105, 572-577.
- Clavijo-Bernal, E. J., Martínez-Force, E., Garcés, R., Salas, J. J., & Venegas-Calerón, M. (2024). Biotechnological *Camelina* platform for green sustainable oleochemicals production. *OCL*, 31, 11.
- Codina-Pascual, N., Torra, J., Baraibar, B., & Royo-Esnal, A. (2022). Weed suppression capacity of camelina (*Camelina sativa*) against winter weeds: The example of corn-poppy (*Papaver rhoeas*). *Industrial Crops and Products*, 184, 115063.
- Colombini, S., Broderick, G. A., Galasso, I., Martinelli, T., Rapetti, L., Russo, R., & Reggiani, R. (2014). Evaluation of *Camelina sativa* (L.) Crantz meal as an alternative protein source in ruminant rations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(4), 736-743.
- Crowley, J., & Frohlich, A. (1998). *Factors affecting the composition and use of camelina*. Teagasc.
- Dönmez, E. O., & Belli, O. (2007). Urartian plant cultivation at Yoncatepe (Van), eastern Turkey. *Economic botany*, 61(3), 290-298.
- Ehrensing, D. T., & Guy, S. O. (2008). *Camelina*. Oregon State University.

- Enjalbert, J. N., & Johnson, J. (2011). *Guide for producing dryland camelina in eastern Colorado*. Colorado State University Extension.
- Eynck, C., & Falk, K. (2013). Camelina (*Camelina sativa*). In *Biofuel crops: production, physiology and genetics* (pp. 369-391). CABI Wallingford UK.
- Francis, A., & Warwick, S. (2009). The biology of Canadian weeds. 142. *Camelina alyssum* (Mill.) Thell.; *C. microcarpa* Andr. ex DC.; *C. sativa* (L.) Crantz. *Canadian Journal of Plant Science*, 89(4), 791-810.
- French, A., Hunsaker, D., Thorp, K., & Clarke, T. (2009). Evapotranspiration over a camelina crop at Maricopa, Arizona. *Industrial Crops and Products*, 29(2-3), 289-300.
- Fröhlich, A., & Rice, B. (2005). Evaluation of *Camelina sativa* oil as a feedstock for biodiesel production. *Industrial Crops and Products*, 21(1), 25-31.
- Gao, Y., Fu, Y., Yan, L., Hu, D., Jiang, B., & Zhang, D. (2021). First record of traumatic myiasis obtained from forest musk deer (*Moschus berezovskii*). *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 16, 70-74. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2021.08.004>
- Gehringer, A., Friedt, W., Lühs, W., & Snowdon, R. (2006). Genetic mapping of agronomic traits in false flax (*Camelina sativa* subsp. *sativa*). *Genome*, 49(12), 1555-1563.
- Gesch, R. W. (2014). Influence of genotype and sowing date on camelina growth and yield in the north central US. *Industrial Crops and Products*, 54, 209-215.
- Ghamkhar, K., Croser, J., Aryamanesh, N., Campbell, M., Kon'kova, N., & Francis, C. (2010). Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) as an alternative oilseed: molecular and ecogeographic analyses. *Genome*, 53(7), 558-567.

- Ghidoli, M., Ponzoni, E., Araniti, F., Miglio, D., & Pilu, R. (2023). Genetic improvement of *Camelina sativa* (L.) Crantz: opportunities and challenges. *Plants*, 12(3), 570.
- Grady, K., & Nleya, T. (2010). Camelina production.
- Gursoy, M., Sargin, I., Mujtaba, M., Akyuz, B., İlk, S., Akyuz, L., Kaya, M., Cakmak, Y. S., Salaberria, A. M., & Labidi, J. (2018). False flax (*Camelina sativa*) seed oil as suitable ingredient for the enhancement of physicochemical and biological properties of chitosan films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 1224-1232.
- Haldane, J. B. S. (1932). *The Causes of Evolution*. Longmans, Green and Co.
(<https://www.worldcat.org/title/causes-of-evolution/oclc/5006266>) .
- Hernando, H., Feroso, J., Moreno, I., Coronado, J., Serrano, D., & Pizarro, P. (2017). Thermochemical valorization of camelina straw waste via fast pyrolysis. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 7, 277-287.
- Hixson, S. M., Parrish, C. C., & Anderson, D. M. (2014). Full substitution of fish oil with camelina (*Camelina sativa*) oil, with partial substitution of fish meal with camelina meal, in diets for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) and its effect on tissue lipids and sensory quality. *Food chemistry*, 157, 51-61.
- Hulbert, S. H., Guy, S., Pan, W., Paulitz, T., Schillinger, W., Sowers, K., & Wysocki, D. (2012). *Camelina production in the dryland Pacific Northwest*. Washington State University Extension.
- Hunter, J., & Roth, G. (2010). Camelina production and potential in Pennsylvania, Agronomy Facts 72. *College of Agricultural Sciences, Crop and Soil Sciences, Pennsylvania State University*.
- Hutcheon, C., Ditt, R. F., Beilstein, M., Comai, L., Schroeder, J., Goldstein, E., Shewmaker, C. K., Nguyen, T., De Rocher, J., & Kiser, J. (2010).

- Polyploid genome of *Camelina sativa* revealed by isolation of fatty acid synthesis genes. *BMC plant biology*, 10, 1-15.
- Ibrahim, F. M., & El Habbasha, S. (2015). Chemical composition, medicinal impacts and cultivation of camelina (*Camelina sativa*). *International Journal of Pharm Tech Research*, 8, 114-122.
- Jaśkiewicz, T., Sagan, A., & Puzio, I. (2014). Effect of the *Camelina sativa* oil on the performance, essential fatty acid level in tissues and fat-soluble vitamins content in the livers of broiler chickens. *Livestock Science*, 165, 74-79.
- Jiang, Y., Caldwell, C. D., Falk, K. C., Lada, R. R., & MacDonald, D. (2013). *Camelina* yield and quality response to combined nitrogen and sulfur. *Agronomy journal*, 105(6), 1847-1852.
- Kim, N., Li, Y., & Sun, X. S. (2015). Epoxidation of *Camelina sativa* oil and peel adhesion properties. *Industrial Crops and Products*, 64, 1-8.
- Kurasiak-Popowska, D., & Stuper-Szablewska, K. (2020). The phytochemical quality of *Camelina sativa* seed and oil. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 70(1), 39-47.
- Kurt, O., & Seyis, F. (2008). Alternatif yağ bitkisi: ketencik [*Camelina sativa* (L.) Crantz]. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(2), 116-120.
- Larsson, M. (2013). Cultivation and processing of *Linum usitatissimum* and *Camelina sativa* in southern Scandinavia during the Roman Iron Age. *Vegetation history and archaeobotany*, 22, 509-520.
- Leclère, M., Jeuffroy, M.-H., Butier, A., Chatain, C., & Loyce, C. (2019). Controlling weeds in camelina with innovative herbicide-free crop management routes across various environments. *Industrial Crops and Products*, 140, 111605.
- Li, Y., & Sun, X. S. (2015). *Camelina* oil derivatives and adhesion properties. *Industrial Crops and Products*, 73, 73-80.

- Matteo, R., Pagnotta, E., Ugolini, L., Righetti, L., Tavarini, S., & Lazzeri, L. (2023). *Camelina Sativa* (Cranz.) from minor crop to potential breakthrough. In *Neglected and Underutilized Crops* (pp. 781-801). Elsevier.
- Mierlita, D., Daraban, S., Lup, F., & Chereji, A. (2011). The effect of grazing management and camelina seed supplementation in the diet on milk performance and milk fatty acid composition of dairy ewes.
- Mondor, M., & Hernández-Álvarez, A. J. (2022). *Camelina sativa* composition, attributes, and applications: A review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 124(3), 2100035.
- Montero-Muñoz, I., Mostaza-Colado, D., Capuano, A., & Mauri Ablanque, P. V. (2023). Seed and Straw Characterization of Nine New Varieties of *Camelina sativa* (L.) Crantz. *Land*, 12(2), 328.
- Moser, B. R. (2010). Camelina (*Camelina sativa* L.) oil as a biofuels feedstock: Golden opportunity or false hope? *Lipid technology*, 22(12), 270-273.
- Moser, B. R., & Vaughn, S. F. (2010). Evaluation of alkyl esters from *Camelina sativa* oil as biodiesel and as blend components in ultra low-sulfur diesel fuel. *Bioresource technology*, 101(2), 646-653.
- Neupane, D., Lohaus, R. H., Solomon, J. K., & Cushman, J. C. (2022). Realizing the potential of camelina sativa as a bioenergy crop for a changing global climate. *Plants*, 11(6), 772.
- Neupane, D., Solomon, J. K., Mclennon, E., Davison, J., & Lawry, T. (2020). Camelina production parameters response to different irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, 148, 112286.
- Nishchenko, L. V., & Hasanuzzaman, M. (2020). Enhancement of Abiotic Stress Tolerance in *Camelina sativa*: Conventional Breeding and Biotechnology. In M. Hasanuzzaman (Ed.), *The Plant Family Brassicaceae: Biology and Physiological Responses to Environmental Stresses* (pp. 195-202). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6345-4_5

- Obour, A., Sintim, H., Obeng, E., & Jeliaskov, D. (2015). Oilseed camelina (*Camelina sativa* L Crantz): Production systems, prospects and challenges in the USA Great Plains. *Adv. Plants Agric. Res*, 2(2), 00043.
- Orczewska-Dudek, S., & Pietras, M. (2019). The effect of dietary *Camelina sativa* oil or cake in the diets of broiler chickens on growth performance, fatty acid profile, and sensory quality of meat. *Animals*, 9(10), 734.
- Orczewska-Dudek, S., Pietras, M., Puchała, M., & Nowak, J. (2020). Oil and camelina cake as sources of polyunsaturated fatty acids in the diets of laying hens: effect on hen performance, fatty acid profile of yolk lipids, and egg sensory quality. *Annals of Animal Science*, 20(4), 1365-1377.
- Paulsen, H. M. (2011). Improving green-house gas balances of organic farms by the use of straight vegetable oil from mixed cropping as farm own fuel and its competition to food production. *vTI Agriculture and Forestry Research 3 2011*, 3, 209-216.
- Pavlista, A., Isbell, T., Baltensperger, D., & Hergert, G. (2011). Planting date and development of spring-seeded irrigated canola, brown mustard and camelina. *Industrial Crops and Products*, 33(2), 451-456.
- Pavlista, A. D., Baltensperger, D. D., Isbell, T. A., & Hergert, G. W. (2012). Comparative growth of spring-planted canola, brown mustard and camelina. *Industrial Crops and Products*, 36(1), 9-13.
- Peiretti, P., Mussa, P. P., Prola, L., & Meineri, G. (2007). Use of different levels of false flax (*Camelina sativa* L.) seed in diets for fattening rabbits. *Livestock Science*, 107(2-3), 192-198.
- Peniket, A. J., Ruiz de Elvira, M. C., Taghipour, G., Cordonnier, C., Gluckman, E., de Witte, T., Santini, G., Blaise, D., Greinix, H., Ferrant, A., Cornelissen, J., Schmitz, N., Goldstone, A. H., & on behalf of the European Bone Marrow Transplantation Lymphoma, R. (2003). An EBMT registry matched study of allogeneic stem cell transplants for lymphoma: allogeneic transplantation is associated with a lower

- relapse rate but a higher procedure-related mortality rate than autologous transplantation. *Bone Marrow Transplantation*, 31(8), 667-678. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/sj.bmt.1703891>
- Pilgeram, A. L., Sands, D. C., Boss, D., Dale, N., Wichman, D., Lamb, P., Lu, C., Barrows, R., Kirkpatrick, M., & Thompson, B. (2007). Camelina sativa, a Montana omega-3 and fuel crop. *Issues in new crops and new uses*, 129, 131.
- Pradebon, L. C., Carvalho, I. R., Loro, M. V., Colet, C. F., Silva, J. A. G., Hoffmann, J. F., Foscarini, S. C., & Ziembowicz, J. E. (2024). Contrast between Brazil and other countries in nutraceutical components of Camelina sativa grains. *Agronomy Science and Biotechnology*, 10, 1-14.
- Putnam, D., Budin, J., Field, L., & Breene, W. (1993). Camelina: A promising low-input oilseed.
- Quéro, A., Molinié, R., Mathiron, D., Thiombiano, B., Fontaine, J.-X., Brancourt, D., Van Wuytswinkel, O., Petit, E., Demailly, H., & Mongelard, G. (2016). Metabolite profiling of developing Camelina sativa seeds. *Metabolomics*, 12, 1-14.
- Rashid, F., & Razzaq, H. (2023). Challenges in Improving Nutritional Traits of Camelina sativa: A Review. *International Journal of Research and Advances in Agricultural Sciences*, 2(2), 101-111.
- Riaz, R., Ahmed, I., Sizmaz, O., & Ahsan, U. (2022). Use of Camelina sativa and by-products in diets for dairy cows: A review. *Animals*, 12(9), 1082.
- Robinson, R. G. (1987). Camelina: a useful research crop and a potential oilseed crop.
- Sainger, M., Jaiwal, A., Sainger, P. A., Chaudhary, D., Jaiwal, R., & Jaiwal, P. K. (2017). Advances in genetic improvement of Camelina sativa for biofuel and industrial bio-products. *Renewable and sustainable energy reviews*, 68, 623-637.

- Schnell, J., & Davis, S. (2011). Plant biology document of “The biology of *Camelina sativa* (L.) Crant”. *Plant and Biotechnology Risk Assessment Unit, Plant Health Science Division, Canadian Food Inspection Agency, Ottawa, Ontario*.
- Sevilmiş, U., Bilgili, M., Kahraman, Ş., Seydoşoğlu, S., & Sevilmiş, D. (2019). Ketencik (*Camelina sativa*) tarımı. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 2(2), 36-62.
- Sydor, M., Kurasiak-Popowska, D., Stuper-Szablewska, K., & Rogoziński, T. (2022). *Camelina sativa*. Status quo and future perspectives. *Industrial Crops and Products*, 187, 115531.
- Tocher, D. R. (2015). Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective. *Aquaculture*, 449, 94-107.
- Urbaniak, S., Caldwell, C., Zheljzkov, V., Lada, R., & Luan, L. (2008). The effect of seeding rate, seeding date and seeder type on the performance of *Camelina sativa* L. in the Maritime Provinces of Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 88(3), 501-508.
- Vollmann, J., & Eynck, C. (2015). *Camelina* as a sustainable oilseed crop: Contributions of plant breeding and genetic engineering. *Biotechnology Journal*, 10(4), 525-535.
- Vollmann, J., Moritz, T., Kargl, C., Baumgartner, S., & Wagentristl, H. (2007). Agronomic evaluation of *camelina* genotypes selected for seed quality characteristics. *Industrial Crops and Products*, 26(3), 270-277.
- Vollmann, J., & Rajcan, I. (2010). *Oil crop breeding and genetics*. Springer.
- Walsh, K. D., Puttick, D. M., Hills, M. J., Yang, R.-C., Topinka, K. C., & Hall, L. M. (2012). First report of outcrossing rates in *camelina* [*Camelina sativa* (L.) Crantz], a potential platform for bioindustrial oils. *Canadian Journal of Plant Science*, 92(4), 681-685.

- Wysocki, D., & Sirovatka, N. (2008). Camelina, a potential oilseed crop for semiarid Oregon. *2008 Dry/and Agricultural Research Annual Report*, 86.
- Yuan, L., & Li, R. (2020). Metabolic engineering a model oilseed Camelina sativa for the sustainable production of high-value designed oils. *Frontiers in Plant Science*, 11, 11.
- Zaleckas, E., Makarevičienė, V., & Sendžikienė, E. (2012). Possibilities of using Camelina sativa oil for producing biodiesel fuel. *Transport*, 27(1), 60-66.
- Zanetti, F., Alberghini, B., Marjanović Jeromela, A., Grahovac, N., Rajković, D., Kiproviski, B., & Monti, A. (2021). Camelina, an ancient oilseed crop actively contributing to the rural renaissance in Europe. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, 1-18.
- Zanetti, F., Gesch, R. W., Walia, M. K., Johnson, J. M., & Monti, A. (2020). Winter camelina root characteristics and yield performance under contrasting environmental conditions. *Field Crops Research*, 252, 107794.
- Zhang, C.-J., Kim, D.-S., Jiang, C., Mahoney, J., Liu, B., Wang, Y., Gao, Y., Zhang, Y., Sun, S., & Fan, J. (2021). Hourly pollen dispersal of Camelina sativa (L.) Crantz under different weather conditions and mitigation of wind-blown pollen dispersal using maize barrier. *Industrial Crops and Products*, 162, 113318.
- Zohary, D., Hopf, M., & Weiss, E. (2012). *Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*. Oxford University Press.
- Zubr, J. (1997). Oil-seed crop: Camelina sativa. *Industrial Crops and Products*, 6(2), 113-119.
- Zubr, J. (2003). Qualitative variation of Camelina sativa seed from different locations. *Industrial Crops and Products*, 17(3), 161-169.

BÖLÜM 8

***Celtis tournefortii* Lam. (DARDAĞAN) TÜRÜNÜN ÜRETİMİ VE PEYZAJ TASARIMINDA KULLANIMI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR¹**

Muttalip ERDEM²

Prof. Dr. Coşkun SAĞLAM³

<https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14594066>

¹ Bu Çalışma, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde 2023 yılında tamamlanmış olan “*Celtis tournefortii* Lam. Taksonunun Üretimi ve Peyzaj Tasarımında Kullanımı Üzerine Araştırmalar” Adlı Yüksek Lisans Tezinden Üretilmiştir.

² Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Konya, Türkiye.
merdem@selcuk.edu.tr, 0000-0002-0694-2424

³ Selçuk Üniversitesi, Çumra Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Konya, Türkiye.

csaglam@selcuk.edu.tr, 0000-0003-2980-2501

GİRİŞ

Sürdürülebilir ekosistemler için, doğal bitki örtüsü ile kentsel peyzaj arasında bağlantıyı sağlayan koridorların oluşturulması, doğal peyzajın korunması ve kentsel alanlarda özellikle doğal bitki türlerinin daha fazla kullanılması önemlidir. Ancak bu bitki türlerinin genel özelliklerinin, üretim yöntemlerinin ve peyzaj tasarımlarında bitkilendirme çalışmalarında hangi özelliklere ve kullanım alanlarına sahip olduklarının iyi bilinmesi gerekmektedir.

Doğal bitkiler, buldukları bölgenin iklim koşulları ve toprak yapısına göre gelişim gösterdikleri için, içinde buldukları şartlara mükemmel uyum sağlayacak özellikler kazanmışlardır. Bu özellikler çevre düzenleme, koruma ve restorasyon çalışmaları için son derece önemli fırsatlar sunduğu için (Yazgan ve ark., 2005), doğal bitkilerin bu alanlarda daha fazla tercih edilmesi gerekmektedir. Peyzaj tasarımında deneyimli ülkeler, bitkisel tasarım çalışmalarında doğal bitkileri etkili bir şekilde yetiştirip kullanmayı başarmışlardır (Erken ve Özzambak, 2012). Peyzaj tasarımında doğal bitkilerin kullanımı, küresel iklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık artışı ve kuraklık baskısı nedeniyle nesli tükenme tehlikesi altında olan bitki türlerinin korunmasını sağlamaktadır. Doğal ortamlarında yaşayan bazı canlılar, aynı ortamı paylaştıkları bitki topluluklarına karşı oldukça duyarlıdır. Bu doğal bitkiler, yabancı türlerle değiştirildiğinde, bu canlılar olumsuz etkilenir ve yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalabilirler. Kentsel alanlardaki doğal bitki türlerine alışmış kuş türleri üzerinde yapılan araştırmalar, bu canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için doğal bitki örtüsüne ihtiyaç duyduklarını göstermektedir (Mills et al., 1989). Nesli tükenme tehlikesiyle sürekli karşı karşıya olan bitki türlerinin genetik kaynaklarının korunması için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle doğal bitki türleri yetiştikleri alanlarda üretime alınarak korunması (Kostak, 1998) ve peyzaj tasarım çalışmalarında kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Türkiye, zengin bir bitki çeşitliliğine sahip olmasına rağmen peyzaj mimarlığı çalışmalarında kullanılan bitki türlerine bakıldığında, çoğunlukla yabancı kökenli bitkilerin tercih edildiği görülmektedir (Yazgan ve ark, 2005). Doğal ve yerel bitkilerin üretimi, ekolojisi ve tanıtımı üzerine yapılan çalışmalar yeterli seviyede olmadığı için, bu bitkilerin temini zorlaşmakta ve peyzaj düzenlemelerinde yerli olmayan bitkilerin fazla kullanılmasına neden olmaktadır. Ayrıca istilacı bitkiler olarak adlandırılan bazı yabancı yurtlu bitkiler de doğal bitki türlerini baskı altına alarak ekolojik dengeyi bozarak (Deniz ve Şirin, 2005), ülkelerin doğal biyolojik çeşitliliğine zarar vermektedir.

Egzotik türler çevre koşullarına daha duyarlı olup su, gübre ilaç ve bakım istekleri ve dolayısıyla maliyetleri oldukça fazladır. Bu sorunları azaltmak için bölgeye özgü yerel türlerin kullanılması etkili bir çözümdür.

Ulmaceae (Karaağaçgiller) familyasına ait olan *Celtis* cinsi, dünyanın ılıman ve subtropikal bölgelerinde yayılış gösteren 75'ten fazla türü mevcuttur. *Celtis* cinsi kışın yapraklarını döken ve genellikle orta büyüklükte monoik ağaçlardır. Çitlembik ağaçları ülkemizin farklı bölgelerinde yayılış göstermektedir (Baytop, 1994; Yaltırık, 1998). Çitlembiğin yüksek adaptasyon kabiliyeti, kuraklığa, zararlılara ve ana köklerine karşı dayanıklılığı nedeniyle fakir ve kurak alanların ağaçlandırılmasında kullanılma potansiyeline sahiptir.

Bitkilerin üretiminde eşeyli (tohumla) ve eşeysiz olmak üzere başlıca iki yöntem kullanılmaktadır (Bulut, 2011). Çelik ile üretim yöntemi, bitki türlerinde en hızlı üretim yöntemi olup en yaygın kullanılan yöntemlerdendir (Hartmann ve ark., 2002). Hormonlar çelikle üretim sürecinde çok önemli bir rol oynamaktadır. IBA, IAA ve NAA gibi oksin grubu hormonlar, bitkilerde büyüme ve gelişmeyi etkileyen ve kök oluşumuna katkıda bulunan en önemli bitki büyüme düzenleyicilerindedir (Çetin, 2002).

Bu çalışmanın amacı, süs bitkileri sektöründe ülkemiz doğal kaynaklarından elde edilmiş, üretim materyali temini ucuz ve kolay, ülkemiz ekolojik koşullarına uyum sağlamış *C. tournefortii*'nin daha önce yapılmış çalışmaları da dikkate alarak en uygun üretim yöntemini ortaya çıkarmak ve peyzaj tasarımında kullanımını arttırmaktır. Bu amaca ulaşmak için yetiştirme çalışmalarının ilk aşaması olan bitkilerin özelliklerinin belirlenmesi ve çoğaltma yöntemlerinin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Peyzaj tasarımında kullanılabilecek önemli bir tür olan *C. tournefortii* doğal taksonunun hem vejetatif üretim yöntemlerinden çelikle hem de generatif üretim yöntemlerinden tohumla üretimi yapılmıştır. Çelikle üretiminde bitki büyüme hormonlarının, tohumla üretiminde ise giberellik asit (GA_3) muamelesinin çimlenmeye etkisi araştırılmıştır. Ayrıca bu türün peyzaj tasarımında kullanılabilirliği araştırılarak süs bitkisi üretimi ve peyzaj tasarımcılarına yeni bir yerli tür kazandırma amaçlanmıştır.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma materyalini ülkemizde doğal olarak yetişen *Celtis tournefortii* Lam. (Dardağan) türünün odun çelikleri ve meyveleri oluşturmaktadır. Bu bitki türünün çelikleri ve meyveleri, daha önce lokalitesi belirlenen Isparta-Şarkıkaraağaç ilçe sınırlarındaki Şarkıkaraağaç-Yenişar Bademli yolu üzerinde, 1155 metre rakımda bulunan *C. tournefortii* (Dardağan)

örneklerinden toplanmıştır. Bitki tünün teşhisi ve yayılış alanlarının belirlenmesinde Davis (1982) tarafından yayımlanan Türkiye Florası ile Güner ve ark. (2012) tarafından yayımlanan Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler) kitaplarından yararlanılmıştır.

Bitkilerin çelik ve tohumla üretimi için köklendirme tavalarda iri tarım perlitli kullanılmış ve köklendirme ortamı hazırlanmıştır. Çeliklerin köklendirilmesinde köklendirme hormonu olarak üç farklı dozda IBA (Indol Bütirik Asit) ve NAA (Naftelen Asetik Asit) kullanılmıştır. Tohumla üretimde ise Giberellik asit (GA_3) Sülfürik asit (H_2SO_4) kullanılmıştır.

Ulmaceae (Karaağaçgiller)'e ait *Celtis* L. cinsi, ılıman ve topikal bölgelerde yetişen, çoğunlukla ağaç şeklinde, daha az sıklıkla çalı şeklinde, kışın yapraklarını döken bir türdür. *Celtis* cinsi dünya çapında 72 tür ile ülkemizde ise 3 tür ve 5 takson ile temsil edilmektedir (Yılmaz ve ark., 2021). *C. tournefortii* türü kışın yapraklarını döken çalılar veya 6 m yüksekliğe kadar büyüeyebilen küçük ağaçlar şeklindedir. Genç dallar kısa tüylü olup yapraklar 2-6 x 1,5-4,5 cm'dir. Yaprak tabanı çoğunlukla düzensiz, bazen kalp şeklinde, uç sivri, yaprak kenarları tırtıklı, alt tarafı kısa, sert tüylü, rengi donuk yeşildir (Davis, 1982). Olgun meyvelerin rengi sarı-turuncu, şekli küresel, 9-12 mm çapındadır (Şekil 1). Çiçeklenme dönemi Mart ve Nisan ayları olup, 300-1500 m rakımda sorunsuz yetiştirilebilir (Yılmaz ve ark., 2021). Dardağan'ın Türkiye'de geniş bir yayılış alanı mevcuttur.



Şekil 1. Doğal ortamında *Celtis tournefortii* Lam. (Dardağan) bitkisinin yaprak ve meyveleri (Orijinal, 2021).

Araştırma kapsamında kullanılan yöntem ise, *C. tournefortii* bitkisinin çelikle ve tohumla üretiminden oluşmaktadır. Araştırmanın ilk aşamasını, daha önceki yıllarda yapılan saha çalışmalarında yerleri tespit edilerek toplanan ve teşhis edilmiş olan *C. tournefortii* Lam. bitki türünün Mart ayının son haftası - Nisan ayının ikinci haftasında, çiçeklenme döneminden önce bitkinin çeliklerinin alınması oluşturmaktadır. Bitki odun çelikleri en az 10 farklı bireyden canlılığı kontrol edilerek, en az üç boğumlu sürgünleri alınarak 3. boğumun 1 cm altından meyilli kesilerek alınmıştır. Çeliklerin boyu ve kalınlığının homojen olmasına özen gösterilmiştir. Alınan çelikler içi nemli, kapalı ve serin bir ortamda çalışmanın yapılacağı Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüsü içerisinde bulunan Yeşil Alanlar Şube Müdürlüğü bünyesindeki kontrollü seralara getirilmiştir. Bu çalışmada denemeler, 20 cm derinliğindeki alttan ısıtmalı köklendirme tezgahlarında ve perlit içerisinde yapılmıştır. *C. tournefortii* bitki çeliklerinin köklendirme aşamasında çalışmalar her tekerrürde 10 çelik ve 20 tohum olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Alınan çeliklerin daha iyi köklenmelerini sağlamak amacıyla IBA ve NAA hormonları 3000 ppm (mg/l), 6000 ppm ve 9000 ppm olmak üzere üç değişik dozda kullanılarak, kontrol grubu ile farklı hormonların farklı dozlarının köklenmeye olan etkisi karşılaştırılmıştır. Çelikler hızlı daldırma yöntemi ile 10 saniye hormona batırılmıştır. Çelikler dikimden itibaren her gün sabah ve akşam saatlerinde gün ışığının fazla etkili olmadığı saatlerde iki defa sulamaya tabi tutulmuştur. Köklendirme tavalarının üzerine 1,5 m yükseklikten hem gölgeleme hem de nem muhafazası amaçlı akrilik çekilerek tünel oluşturulmuştur. Denemeler için ortam sıcaklığı 20 °C (± 1) olacak şekilde ayarlanmıştır (Hartmann ve ark., 2002).

C. tournefortii Lam. bitki türünün tohumla üretimi için meyveleri sağlıklı bireylerden Kasım ayının ilk haftası toplanmıştır. Tohum elde etmek için dardağan meyveleri sert cisimle ezilerek, meyve etleri tohumlardan ayrılmıştır. Elde edilen tohumlar, bol su ile iyice yıkandıktan sonra, gölge bir yerde kurutulmuştur. Hava kurusu duruma getirilen saf ve sağlam tohumların türlere göre ortalama tohum 1000 tane ağırlıkları ISTA (2007) kurallarına uygun olarak belirlenmiştir. Toplanan tohumların bir kısmı perlit içeren kaplarda ve soğuk hava deposunda (+4°C) soğuk-ıslak katlamaya alınmıştır. Bu amaçla dardağan tohumları 60 gün süreyle katlama ortamında bırakılmıştır.

Katlama denemesi için kullanılacak tohumlar katlama ortamından alındıktan sonra Nisan ayının ilk haftasında Gibereellik asit (GA_3) içerisinde 500 ppm (mg/l), 1000 ppm ve 1500 ppm olmak üzere üç değişik dozda 10 dakika

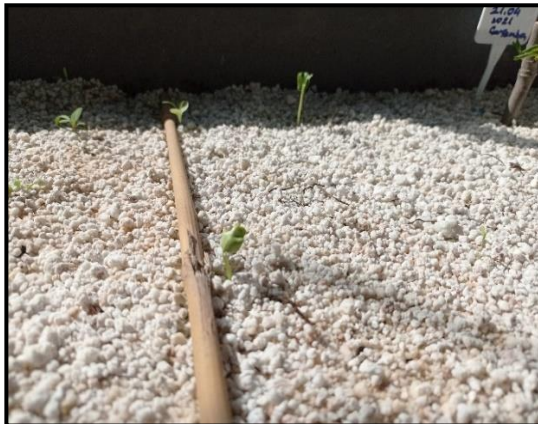
süreyle bekletilerek alttan ısıtmalı köklendirme tezgahına perlit içerisine ekilmiştir. Soğuk katlama yapılmayan tohumlar ise yoğun Sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisinde 30-20-10 dakika aralıklarla bekletilmiş ve daha sonra yıkanıp ekilmiştir. Tohumların çimlenmesi aşamasında çalışmalar her tekrerde 20 tohum olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Bitki çelikleri ve tohumları köklendirme ortamına dikildikten 30 gün sonra, çelikler ve tohumlarda ilk köklenme ve filizlenmeler gözlemlenmiştir (Şekil 2,3). Sökülen çeliklerin;

- . Her bir çelikte görülen kök sayısı,
- . Hormonlara göre köklenme görülen çelik adedi,
- . Ve hormonlara göre görülen maksimum kök uzunluğu ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 2. *C. Tournefortii*'nin köklenen çelikleri.



Şekil 3. *C. Tournefortii*'nin çimlenen tohumları.

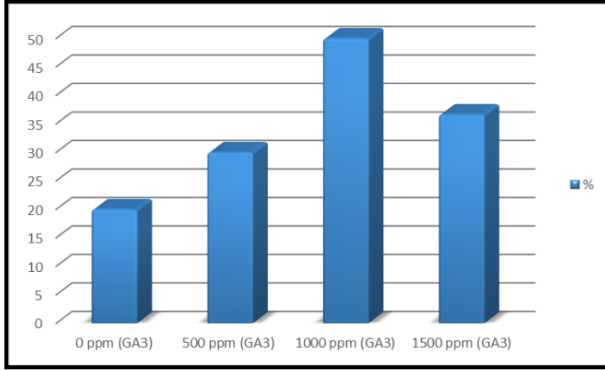
Çimlenmeler tamamlandıktan sonra, denemeye alınan işlemlere ait çıkma oranları hesaplanmış ve elde edilen veriler SPSS istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar varyans analizi yapılarak (Anova) %5 hata sınırlarında değerlendirilmiştir ve farklı gruplar 'LSD' çoklu karşılaştırma metoduna göre belirlenmiştir.

2. BULGULAR

C. tournefortii'nin çelikle çoğaltım çalışmaları yarı kontrollü serada, 2020-2021 ilkbahar döneminde yapılmıştır. Farklı dozda IBA ve NAA uygulamalarının, ilkbahar dönemi çeliklerinin köklenmeleri üzerinde istatistiki açıdan anlamlı farklılıklar göstermediği tespit edilmiştir. Bu çalışmada *C. tournefortii* odun çeliklerine uygulanan IBA ve NAA büyüme hormonlarının köklenme üzerinde herhangi olumlu bir sonuç vermediği tespit edilmiştir. *C. tournefortii* türünün odun çelikleri ile üretim çalışmasında elde edilen sonuçlar bu bitkinin odunlarının çok sert olmasından dolayı başarı oranını düşürmüştür.

C. tournefortii'nin tohumla çoğaltım çalışmaları yarı kontrollü serada, 2020-2021 ilkbahar döneminde yapılmıştır. Farklı dozda GA₃ uygulamalarının *C. tournefortii* tohumlarının çimlenmesi üzerinde istatistiki açıdan anlamlı farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan Post Hoc Testi, LSD çoklu karşılaştırma yöntemi sonucunda; 1000 ppm>0: 1000 ppm'lik GA₃ hormonu uygulanan tohumların, hiç uygulama yapılmayan (0=kontrol grubu) tohumlardan daha fazla çimlendiği tespit edilmiştir. 1000 ppm>500 ppm: 1000 ppm'lik GA₃ hormonu uygulanan tohumların, 500 ppm'lik hormon uygulamalı tohumlardan daha fazla çimlendiği tespit edilmiştir.

Çimlenme sonrası elde edilen verilere göre *C. tournefortii* bitkisinin tohumlarında en çok çimlenme, %50 oranında 1000 ppm'lik GA₃ hormon uygulamasında görülürken en az çimlenme ise %20 oranında 0 ppm'lik hormonal dozda görülmüştür (Şekil 4). Bu sonuçlara göre hormonal dozun 1000 ppm'e çıkması çimlenme yüzdesinin artmasına neden olmuştur. *C. tournefortii*'nin tohum çimlenmesi üzerine yaptığımız çalışmada en iyi çimlenmenin yapılan testler sonucunda 1000 ppm GA₃ hormonu uygulamasıyla %50 oranında tespit edilmiştir. GA₃ hormon dozlarının artması çimlenmeyi artırmıştır.



Şekil 4. *C. tournefortii* tohumlarının farklı GA₃ uygulamalarına göre çimlenme yüzdeleri.

Soğuk katlama yapılmayan meyvelerinden ayrılıp kuru bir alanda bekletilen ve yoğun Sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisinde kabuğu çatlatmaya yardımcı olan uygulamalarda ise soğuk katlamada olduğu kadar tohum çimlenmesinin gerçekleşmediği görülmüştür. *C. tournefortii*'nin tohumla çoğaltım çalışmalarında tohumların farklı sürelerde Sülfürik asit çözeltisinde bekletilerek yapılan uygulamaların çimlenme üzerinde istatistiki açıdan anlamlı farklılıklar göstermediği tespit edilmiştir.

C. tournefortii'nin tohumla üretiminde mutlaka soğuk katlama yapılması gerekmektedir (Yücedağ ve Gültekin, 2008). Bu çalışmada, *C. tournefortii* türünün tohumla üretiminde elde edilen bulgular, tohumla üretimin çelikle üretime kıyasla daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur. 60 gün soğuk katlama yapılan tohumlara 1000 ppm GA₃ hormonu uygulandığında daha yüksek çimlenme oranlarına ulaşılmıştır. Ayrıca, *C. tournefortii* bitkisinin tohumla ıslak katlama ve GA₃ hormonu uygulanarak, çelikle üretilen diğer bitkiler gibi kısa sürede yeni bireyler elde edilebildiği gözlemlenmiştir.

3. SONUÇ

Farklı dozlarda IBA ve NAA hormonları kullanılarak çelikle üretimi yapılan *C. tournefortii*'nin hangi hormon ve hormon dozlarının en iyi sonucu verdiği yapılan çelikle üretimde olumlu bir sonuç olup olmadığı köklenme sonrası elde edilen verilerle tespit edilmiştir. Sonuç olarak ülkemizde doğal ve endemik olarak bulunan *C. tournefortii*'nin odun çelikleri ile üretim çalışmasında elde edilen sonuçlar bu bitkinin odunlarının çok sert olmasından dolayı başarı oranını düşürmüştür.

Gelecek çalışmalarda, *C. tournefortii*'nin çelikle üretiminde odun çelikleri yerine en uçtaki tek yıllık sürgünlerden alınan çeliklerin kullanılması başarı oranını yükseltebileceği kanaatini uyandırmıştır.

C. tournefortii'nin tohumla çimlendirme çalışmaları sonucunda çimlenme sonrası elde edilen verilere göre en iyi çimlenme, %50 oranında 1000 ppm'lik GA₃ hormon uygulamasında tespit edilmiş ve daha sonra yapılacak çalışmalarda da tohumla üretim de soğuk katlama metodunda hormon uygulamalarının 1000 ppm'lik GA₃ ve yakın dozlarda hormon uygulamaların etkili olacağı görülmektedir. En az çimlenme ise %20 oranında 0 ppm'lik hormonal dozda görülmüştür. Bu sonuçlara göre hormonal dozun 1000 ppm'e çıkması çimlenme yüzdesinin artmasına neden olmuştur. Hormon uygulanmayan soğuk katlama yöntemiyle işlenen tohumlarda, çimlenme oranının düşmesi, bu tür çalışmalarda çimlenme olasılıklarını artırmak için hormon uygulamasının önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Kontrol gruplarına bakıldığında, tohumların çimlenmesi için soğuk katlamanın gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Asit muamelesiyle tohum kabuğunun inceltilmesinin çimlenme üzerinde fazla etkisi olmadığı belirlenmiştir. *C. tournefortii* türünün odun çelikleri ile üretiminde hormonal işlemler iyi sonuç vermemektedir. Tohumla üretimde mutlaka soğuk katlama yapılmalı. En uygun üretim tekniği olarak yaklaşık 60 gün soğuk katlama yapılan tohumlar ile üretim tercih edilmelidir.

Türkiye'de doğal olarak yetişen ağaç türleri, peyzaj tasarımı çalışmalarında yeterince kullanılmamaktadır. Doğal çevreye uyum sağlamış yerel türlerin peyzaj tasarımlarında tercih edilmesi, ekonomik ve ekolojik açıdan büyük avantajlar sunmaktadır. *C. tournefortii*, ülkemizde doğal olarak yetişen bir ağaççık türüdür ve peyzajda kullanım potansiyeline sahiptir; ancak, bu potansiyel henüz yaygın olarak değerlendirilememektedir. Çitlembiğin yüksek adaptasyon kabiliyeti, kuraklığa, zararlılara ve ana köklerine karşı dayanıklılığı nedeniyle fakir ve kurak alanların ağaçlandırılmasında kullanılma potansiyeline sahiptir. Meyvelerinin yenilebilir olması, olgunlaştığında çevreye dökülüp kirlenmemesi ve su ile toprak gereksinimleri açısından kanaatkâr olması, *C. tournefortii*'nin peyzaj tasarımında kullanılmasını ülke ekonomisi açısından oldukça önemlidir.

C. tournefortii'nin estetik ve fonksiyonel özellikleri göz önüne alındığında, bu türün gelecekteki peyzaj çalışmalarında kullanılması, egzotik bitkilerin neden olduğu olumsuz etkilerin azaltılmasına ve ülke ekonomisi ile ekolojisine katkı sağlayacaktır. Estetik ve fonksiyonel özellikleri ile *C. tournefortii* taksonunun peyzaj çalışmalarında, yol kenarları başta olmak üzere, şevlerde ve kırsal alanlarda çok işlevli kullanıma uygun doğal bitkilerimizden olduğu belirlenmiştir. *C. tournefortii* meyvelerinin değerli olması nedeniyle yenilebilir peyzaj uygulamalarında da kullanılabilir ideal bir tür olduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- Baytop, T., 1994, Türkçe bitki adları sözlüğü. *Türk Dil Kurumu Yayınları*, No: 5678, Ankara.
- Bulut, M., 2011, Farklı muhafaza koşulları ve süresinin karanfil çeliklerinin köklenmesi üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 12-17.
- Çetin, V., 2002, Meyve ve sebzelerde kullanılan bitki gelişmeyi düzenleyiciler. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 0 (2). Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursagida/issue/3980/52602>
- Davis, P. H., 1982, *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, 1-9. Edinburgh: Edinburgh University Press
- Deniz, B. ve Şirin, U., 2005, Samson dağı doğal bitki örtüsünün otsu karakterdeki bazı örneklerinden peyzaj mimarlığı uygulamalarında yararlanma olanaklarının irdelenmesi, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (2), 5-12.
- Erken, K. ve Özzambak, M. E., 2012, Manisa katırtırnağının (*Genista lydia* var. *lydia* Boiss.) süs bitkisi ve fidan büyütme özelliklerinin belirlenmesi, *V. Süs Bitkileri Kongresi Bildiriler Kitabı*, Yalova, p. 225-235.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. ve Babaç, M. T., (edlr.), 2012, Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). *Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını*. İstanbul.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T. ve Geneve, R. L., 2002, Hartmann and Kester's plant propagation: Principles and practices, *Prentice Hall*, ABD, p. 162-344.
- ISTA, 2007, International Rules For Seed Testing. ISTA, Wageningen.
- Kostak, S., 1998, Türkiye florasında doğal olarak bulunan süs bitkilerinin kullanımı. değerlendirilmesi ve muhafazası. *I. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi*, 6-9 Ekim, Yalova, 31-36.
- Mills, G. S. Dunning Jr., J. B. ve Bates J. M., 1989, Effects of urbanization on breeding bird community structure in southwestern desert habitats, *The Condor*, 91 (2), 1 May P 416-428. <https://doi.org/10.2307/1368320>
- Yaltrık, F., 1998, Dendroloji Ders Kitabı. Angiospermae III. Baskı. Emek Matbaacılık, *İstanbul Üniversitesi Yayın No : 4104*, Fakülte Yayın No : 420
- Yazgan, M. E., Korkut, A. B., Barış, E., Erkal, S., Yılmaz, R., Erken, K., Gürsan, K. ve Özyavuz, M., 2005, Süs bitkileri üretiminde gelişmeler, *VI. Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Kongresi*, Ankara, 3-7.

- Yılmaz, G., Öztürk, G. ve Demirci, B., 2021, Türkiye’de doğal olarak yetişen *Celtis Australis* L. ve *C. Tournefortii* Lam. (Cannabaceae) meyvelerinin yağ asiti bileşimleri ve antimikrobiyal etkilerinin değerlendirilmesi. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*. 45 (3), 480-490.
- Yücedağ, C. ve Gültekin, H. C., 2008, "Adi çitlenbik (*Celtis australis* L.) ve doğu çitlenbiği (*Celtis tournefortii* Lam.)". *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12, 182-185.

BÖLÜM 9

PROPOLİSİN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİNİN ANTİMİKROBİYAL VE ANTIOKSİDAN AKTİVİTESİ

Dr. Öğr. Üyesi Seda OĞUR¹
Gıda Müh. Şakir SİLİ²

<https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14594258>

¹ Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Bitlis, Türkiye. E-posta: sdogur@beu.edu.tr

² Bitlis Eren Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Güvenliği A.B.D., Bitlis, Türkiye. E-posta: sakir.sili@gmail.com

1. GİRİŞ

Propolis, bal arısının bitkilerin filizlerinden, tomurcuklarından ve ağaçların kabuklarından toplanan reçinelerden glikozidik tükürük enzimleri vasıtasıyla balmumu ile karıştırarak kovanda ürettiği, toplandığı kaynağa göre değişmekle beraber, genellikle kahverengi, sarı, yeşil tonlarında olan, suda çözünmeyen, yapışkan, doğal bir arı ürünüdür. Propolis bal arısı tarafından kovana içerisindeki havalandırma alanlarında, giriş-çıkış noktalarında biriktirilerek dış ortamdan gelecek bakteri, virüs ve funguslardan korunmak için kullanılır. Oda sıcaklığında yapışkan ve elastik bir yapıya sahip olan propolis, dondurulduğunda kırılkan ve sert bir forma dönüşür (Kumova, 2002).

Propolisin kimyasal bileşenlerini flavonoidler, fenolik asitler, glikozitler ve aglikonlar oluşturmaktadır. Propolisin başlıca antimikrobiyal ve antioksidan etkilerini gösteren biyolojik bileşenleri flavonoidler ve fenolik asitlerdir. Trombosit agregasyonunu ve enzimlerin (lökotrienler ve prostaglandin) sentezinin inhibisyonunu ve inflamasyonda rolü olan çeşitli medyatörlerin salınımının engellenmesini sağlayarak antienflamatuar etki gösterirler. Propolisin antikompleman, antikanser, immünomodülatör, antihipertansif, analjezik, antimetastatik, hepatoprotektif vb. çok çeşitli biyolojik aktivitelere sahip olduğu belirtilmiştir (Strehl vd., 1994).

Propolisin bileşimi toplandığı coğrafyaya ve elde edildiği kaynağa göre farklılıklara sahip olduğu için medikal amaçlı muamelelerden önce kimyasal içeriğinin belirlenmesi gerekir. Propolis lipofilik karakterde olduğundan önce çözücülerle ekstrakte edilerek saflaştırılmalı ve bu proses esnasında yararlı polifenolik bileşen içeriğinin korunması, inert maddelerin ise uzaklaştırılması sağlanmalıdır (Benkovic vd., 2007).

2. PROPOLİSİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE YAPISI

Suda çözünmeyen, rengi elde edildiği kaynağa göre değişiklik gösteren propolis arıların tükürüğü β -glukozidaz enzimini içeren reçinedir. Reçinenin tükürük salgıları ve balmumuyla karıştırılmasıyla propolis meydana gelir. Oda sıcaklığında elastik yapıda iken 40 °C'de yumuşar ve yapışkan hale gelir. 80 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kısmen erir. Yandığında kendine has keskin bir kokusu oluşur. İçerdiği yüksek aromatik maddeler nedeniyle hoş bir koku yayar. Acı bir tada sahip olduğundan ham halde tüketilmesi oldukça zordur (Aldemir vd., 2015).

Propolis, koloninin çeşitli arı hastalıklarından korunmasında, kovandan atılamayacak kadar büyük canlılarının mumyalanmasında, kovanın

dış etmenlerden izole edilmesinde, kovan içinin dezenfekte edilmesinde ve kovan içerisindeki havalandırma bölgelerinin dışarıdan gelecek olan bakteriyel, fungal ve viral kaynaklı tehditlerden korunmasında arılar tarafından kullanılır (Bankova vd., 2000).

3. PROPOLİSİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞİMİ

Propolisteki kimyasal bileşimin şekillenmesinde toplanan reçinenin elde edildiği bitkiler, iklim, toplama mevsimi ve toplamadan bu yana geçen süre gibi faktörler etkili olmaktadır. Bileşimi genellikle reçineden kaynaklanır. Genel olarak; %45-55 flavonoidler, %25-35 mum ve yağ asitleri, %10 uçucu yağlar, %5 polen ve %5 mineral ve organik maddelerden oluşur. Üç yüzün üzerinde farklı madde içerdiği, içeriğindeki 180 bileşiğin tanımlandığı belirtilir. Kromatografik yöntemle yapılan içerik analizleri Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektrometresi/Kütle Spektrometresi (LC-MS/MS) ve Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) ile yapılabilir. Genellikle etanolde ekstrakte edilen propolis ekstraktının kuru ağırlığının çoğunluğunu fenolik bileşikler ve bunların esterleri oluşturur (Kumova, 2002).

Propolisin içerdiği biyolojik aktivitenin ana aktörlerini flavonoidler ve fenolik asitler grubundan; benzoik asit ve türevleri (*p*-hidroksibenzoik asit, *m*-hidroksibenzoik asit, vanilik asit, gallik asit, siringik asit, izovinilik asit), kuersetin, sinnamik asit ve türevleri (*p*-kumarik asit, *o*-kumarik asit, ferulik asit, izoferulik asit, kafeik asit, hardal asidi) metilkuersetin gibi flavanoller ve glikozitler, galangin, kuersetin glikozit, rutin, kamferol, mirisetin ve türevleri ve flavanonlar grubundan; naringenin, naringin, hesperidin, pinosembrenin, soforaflavanon G ve türevleri oluşturur. Kamferol ve kuersetin en çok bulunan flavonoiddir. Özel olarak ılıman iklimlerden toplanan propolislerde flavonoid oranı yüksektir. Propolisin ana bileşenleri olan lipitlerin içeriğinde stearin asitler ve palmitik asit, uzun zincirli alkoller ve steroller bulunurken yapısında bulunan amino asitler toplam nitrojen içeriğinin %0,7'sini oluşturur. Propolisin sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, bor, baryum, çinko, stronsiyum, alüminyum, kadmiyum, silisyum, demir, selenyum, krom, nikel, manganez, gümüş, titanyum, vanadyum, kobalt elementlerini içerdiği saptanmıştır. Pantotenik asit ve niasin gibi birçok B grubu vitamini, karoten, E vitamini ve C vitamini içerir. Propolisteki vitamin içeriğinin miktarı ve çeşitliliği toplandığı bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Türkiye Avrupa tipi ılıman bir iklime sahip olması nedeniyle toplanan propolislerin flavonoid içeriği yüksektir (Ahn vd., 2007).

Tablo 1’de propoliste tanımlanan bileşikler ve sayıları gösterilmiştir (Moreno vd., 2000).

Tablo 1. Propoliste tanımlanan bileşikler ve sayıları

Tanımlanan Bileşikler	Bileşik Sayısı (adet)	Tanımlanan Bileşikler	Bileşik Sayısı (adet)
Flavonoidler	38	Alkoller, Ketonlar, Fenoller	8
Hidroksiflavonlar	27	Asitler	8
Aminoasitler	24	Terpen, Sekuterpen ve Türevleri	7
Mineraller	22	Şeker	7
Benzoik Asit ve Türevleri	12	Alifatik Hidrokarbonlar	6
Heteroaromatik Bileşikler	12	Steroller ve Steroid Hidrokarbonlar	6
Hidroksiflavanonlar	11	Esterler	4
Sekuterpen ve Triterpen Hidrokarbonlar	11	Benzaldehit Türevleri	2

3.1. Ekstraksiyon Yöntemlerinin Propolisin Biyoaktif Bileşenleri Üzerine Etkisi

Maserasyon propolisteki aktif bileşenleri ekstrakte etmek için en sık kullanılan geleneksel yöntemlerden biridir. Ekstraksiyon yöntemlerinden en sık kullanılanı ise Soxhlet ekstraksiyonudur. Çözücü tipi, ekstraksiyon süresi gibi şartlar ekstraksiyon etkinliğini etkilemektedir. Son yıllarda toksik olabilen çözücülerin olumsuz etkileri sebebiyle geleneksel metotlara alternatif olarak modern ekstraksiyon teknikleri üzerinde çalışılmaktadır. Ultrasound dalgalarının belirli bir frekansta gönderilmesi ile biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunu hedefleyen ultrasound destekli ekstraksiyon, mikrodalga enerjisini kullanarak çözücünün ısıtılması ile bileşenlerin ekstrakte edildiği

mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemleri bunlardan bir kaçıdır (Moreno vd., 2000). Çözücü tipi, katı/sıvı oranı, ekstraksiyon süresi, sıcaklık gibi parametrelerin optimize edildiği birçok çalışma vardır (Russo vd., 2004).

Çevre dostu ve yeşil çözücülerin kullanıldığı, sanayi uygulamalarında tercih edilen süper kritik CO₂ ekstraksiyonu da propolis ekstraksiyonunda kullanılan diğer bir yöntemdir. Süper kritik çözücü olarak güvenli, düşük maliyetli olması nedeniyle CO₂ kullanılmaktadır (Ecem-Bayram ve Gerçek, 2020). Son yıllarda çevre kirliliğini azaltmak ve ekstraksiyon verimini artırmak amacıyla yüksek hidrostatik basınç ekstraksiyonu ile çevreci/yeşil çözücüler olarak nitelendirilen doğal derin ötektik çözücülerin (Natural Deep Eutectic Solvent-NADES) ekstraksiyonda kullanıldığı çalışmaların sayısı giderek artmaktadır (Funari vd., 2012). Bu çalışmalar ekstraksiyonun etkinliğini; ekstrakte edilen madde miktarını, toplam fenolik ve flavonoid miktarını ölçerek değerlendirmektedir.

Tablo 2’de propolis ekstraksiyonunda kullanılan çeşitli ekstraksiyon teknikleri, koşulları ve etkinliği gösterilmiştir.

Tablo 2. Propolis ekstraksiyonunda kullanılan çeşitli ekstraksiyon teknikleri, koşulları ve etkinliği

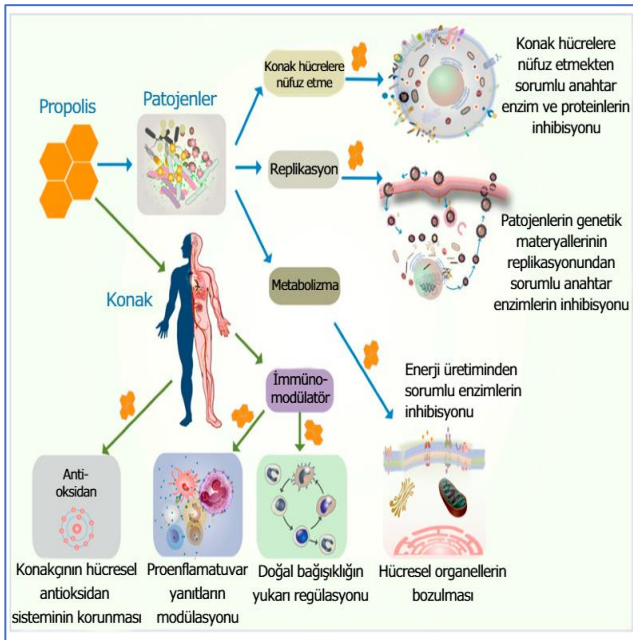
Propolis Orijini	Ekstraksiyon Metodu	Çözücü (Katı/Sıvı Oranı)	Ekstraksiyon Süresi	Sıcaklık (°C)	Ekstraksiyon Etkinliği	Referans
Fas	UAE	%40 Etanol (1:30)	15	35	EV: %15,39 TPC: 192 mg GAE/ 100 g TFC: 45,15 mg QE/g	Aboulghazi vd., 2022
İran	MUAE	%80 Metanol (1:10)	15 dakika MAE 10 dakika UAE	40	TFC: 44,53 mg QE/g	Najafpour Darzi, 2019
Malezya	UAE	%96 Etanol (1:10)	15 dakika	70	EV: %42,6	Chong ve Chua, 2020
Türkiye	UAE	%70 Etanol (1:10)	3 dakika	60	TPC: 140,58 mg GAE/ 100 g	Bakkaloglu vd., 2021
		Dimetil sülfoksit (1:10)			TPC: 125,60 mg GAE/ 100 g	
		Polietilen glikol (1:10)			TPC: 35,92 mg GAE/ 100 g	
		Distile su (1:10)			TPC: 3,30 mg GAE/ 100 g	

Filipinler	MAE	%70 Etanol (1:10)	10 saniye	Maksimum 125	EV: %15,5	Wyan vd., 2021
Malezya	MAE	%70 Etanol (1:5)	15 dakika	Maksimum 115	TFC: 140 mg QE/g	Hamzah ve Leo, 2015

UAE: Ultrasound ekstraksiyon, MUAE: Mikroalga ve ultrasound ekstraksiyon, MAE: Mikroalga destekli ekstraksiyon, EV: Ekstraksiyon verimi, TPC: Toplam fenolik madde miktarı, TFC: Toplam flavonoid madde miktarı

4. PROPOLİSİN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİ

Propolis ve propolisin biyoaktif bileşenleri çeşitli etki mekanizmaları ile antibakteriyel, antifungal, antiviral ve antiparazitik etki göstermektedir (Şekil 1). Propolisin mekanizmalarının analizi, adenosin trifosfat (ATP) üretiminin azalması, hücresel membranın geçirgenliğinin ve membran potansiyelinin bozulmasının yanı sıra bakteri hareketliliğini azaltması üzerindeki etkisinin anlaşılmasına olanak sağlar (Farang vd., 2021).



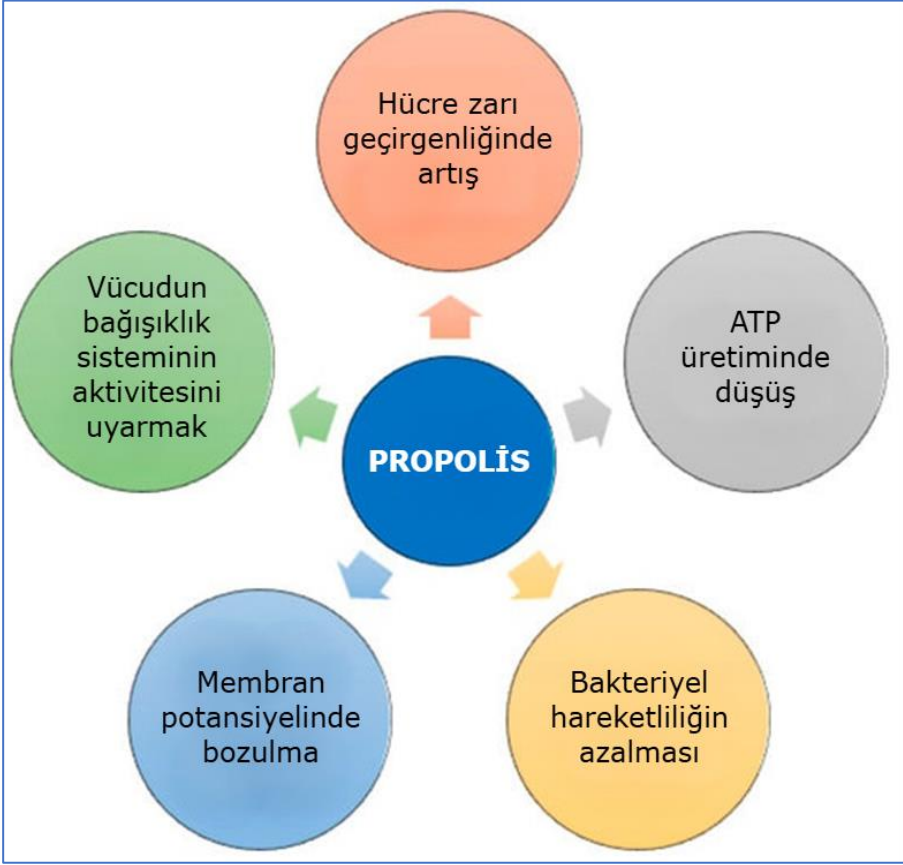
Şekil 1. Propolisin antimikrobiyal etki mekanizmaları

4.1. Propolisin Antibakteriyel Aktivitesi

Propolise özgü antibakteriyel aktivite iki şekilde ele alınmalıdır. İlki, mikroorganizma hücresi üzerinde doğrudan etkiyle, ikincisi mikroorganizmanın doğal savunma sisteminin aktive edilmesi sayesinde bağışıklık sisteminin uyarılmasının sağlanmasıyla ilişkilidir (Sforcin ve Bankova, 2011).

Genel olarak, birçok çalışmada propolisin Gram (-) bakterilere nazaran Gram (+) bakteriler üzerinde daha güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu gözlenmiştir (Przybyłek ve Karpiński, 2019). Bu durumun, Gram (-) bakteri hücrelerinin dış zarında, propoliste bulunan aktif bileşenlerin etkinliğini azaltıcı etkiye sahip bakteriyel hidrolitik enzimlerden kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Sforcin ve Bankova, 2011).

Artepillin C olarak isimlendirilen, *p*-kumarik asidin prenil türevi olan, 3,5-diprenil-*p*-kumarik asit bileşiği propolisteki fenolik bileşiklerden biridir. Brezilya'daki bir araştırma (Veiga vd., 2017) propolisin etanolik ekstraktlarındaki artepillin C konsantrasyonunun hegzan ekstraktlarındaki oranından daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu ekstraktların metisiline dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA) üzerinde yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Anaerobik bakterilerden *Porphyromonas gingivalis* üzerinde gerçekleştirilen çalışmada (Yoshimasu vd., 2018) artepillin C'nin içerdiği membran kabarcıklarının bakteriyostatik aktivite yeteneği sağladığı saptanmıştır. Şekil 2'de propolisin antibakteriyel etki mekanizmaları gösterilmiştir (Sforcin, 2016).



Şekil 2. Propolisin antibakteriyel etki mekanizmaları

Propolisin içerdiği prenil türevleri arasında yer alan, 2-dimetil-8-prenilkromen ve 3-prenil-sinamik asit allil ester bileşenlerinin antimikrobiyal aktivite içerdiği (Viuda-Martos vd., 2008), cilt enfeksiyonlarıyla ilişkili olan *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) üzerinde antimikrobiyal etki gösterdiği (Guz vd., 2001) belirlenmiştir. Artepillin C, *p*-kumarik asit, drupanin ve kamferid bileşenlerini yüksek konsantrasyonlarda içeren propolisin etanolik ekstraktının *S. aureus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) ve *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*)'e karşı antibakteriyel ve antioksidan aktivite gösterdiği (Seibert vd., 2019) bulunmuştur.

Propoliste bulunan diğer flavonoidler pinosembrin ve apigenindir. Şili propolisi üzerinde yapılan bir araştırmada (Veloz vd., 2019), bu bileşiklerin her ikisinin de *Streptococcus mutans* (*S. mutans*)'a karşı antibakteriyel aktivitesinin (minimum inhibitör konsantrasyonu (MİK)= 1,4 µg/mL ve 1,3 µg/mL) polifenol karışımının ve hatta klorheksidinin (MİK= 1,6 µg/mL) aktivitesinden daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Propolisten izole edilen pinosembrin *S. aureus*, *S. mutans*, *E. faecalis*, *Streptococcus sobrinus*, *Klebsiella pneumoniae* (*K. pneumoniae*), *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) ve *L. monocytogenes*'e karşı antibakteriyel aktivite göstermiştir (Soromou vd., 2013).

Sinnamik asit ve türevleri, hücre bölünmesini, ATPaz'ları, biyofilmin oluşumunu engelleyerek ve hücre zarına zarar vererek bakterileri inhibe eder. Dahası, anti-NIS/AP algılama aktivitesine sahiptirler (Vasconcelos vd., 2018).

Propolis; terpenoid lupeol, kuersetin, krisin, kamferol, fisetin veya dekanolik asitler, yani 10-hidroksi-2-dekanolik asit (10-HDA) gibi flavonoidler grubundan birçok bileşen içermektedir (Pasupuleti vd., 2017). Bazı çalışmalar kuersetin, krisin ve kamferolün antibakteriyel ve antiinflamatuvar aktivitesini doğrulamıştır (Kharsany vd., 2019).

Kore'de yapılan araştırmada (Park vd., 2015) bilim insanları, lipazların propolis ekstraktındaki yağ asidi seviyelerini azaltmadaki etkinliğini fark etmişlerdir. Balmumu ve reçineler propolisin ana bileşenleridir ve her ikisi de hidrofobiktir. Yağ parçalayıcı enzimlerin kullanılması, aktif propolis bileşiklerinin ekstraksiyonunun ve izolasyonunun geliştirilmesine yardımcı olarak propolisin çok daha yaygın şekilde kullanılmasını sağlayabilir. Lipozim TL IM enzimini içeren reaksiyonun, *Staphylococcus epidermidis* ve *Propionibacterium* aknesine karşı antimikrobiyal aktiviteyi artırdığı gözlenmiştir (Park vd., 2015).

Birçok çalışmada propolis ekstraktlarının antibakteriyel aktivitesinin değerlendirilmesi toplam fenoliklerin (TP) ve flavonoidlerin (FP) belirlenmesine dayandırılmaktadır. Fakat yapılan bir çalışmada (Bridi vd., 2015) TP ve FP testlerinin antimikrobiyal

aktiviteyi yeterince yansıtmadığı bulunmuştur. TP ve FP içerikleri en düşük ve en yüksek numunelerde TP içeriği, FP düzeyi ve antioksidan aktivite değerleri ile doğru orantılıyken antibakteriyel aktivitede kesin bir kaniya varılamamıştır. Bu sebeple propolis için uluslararası kalite standartlarının belirlenmesinde ORAC (Oksijen Radikal Absorbsiyon Kapasitesi) ve antimikrobiyal testler gibi diğer testlerin de dikkate alınması önerilmiştir (Bridi vd., 2015).

Propoliste olduğu gibi diğer birçok arı ürününün (bal, polen, perga, apilarnil vb.) de antibakteriyel aktivite içermesi sebebiyle, arı ürünlerinin kombinasyon şeklinde kullanılması bu etkiyi artırmaktadır. Mısır ve Suudi Arabistan'da toplanan bal ve propolis kombinasyonunun antimikrobiyal etkiyi artırdığı doğrulanmış ve bu etkinin Suudi Arabistan propolisi için anlamlı (MİK değerini neredeyse iki kat düşürmüştür) olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$) (Noori vd., 2012).

Propolisin doğrudan veya diğer arı ürünleriyle olan kombinasyonlarının antimikrobiyal aktivite göstermesinin yanında, geleneksel antibiyotiklerle de sinerjistik etki göstererek bunların etkinliğini artırdığı belirtilmiştir (Oksuz vd., 2005).

İzole apigeninin Gram (-) bakterilere (*K. pneumoniae*, *Enterobacter aerogenes* (*E. aerogenes*), *P. aeruginosa*, *Proteus mirabilis* ve *Salmonella enterica* serotip Typhimurium) karşı etki gösterdiği bulunmuştur (Nayaka vd., 2014). Ayrıca apigenin ile β -laktam antibiyotiklerinin MRSA'ya karşı (Akilandeswari ve Ruckmani, 2016), apigenin ile seftazidim antibiyotığının seftazidime dirençli *Enterobacter cloacae*'ye karşı sinerjistik antibakteriyel etkisi gözlenmiştir (Eumkeb ve Chukrathok, 2013).

Propolisin anaerobik bakterilerden *Actinomyces*, *Bacteroides*, *Prevotella*, *Fusobacterium*, *Propionibacterium*, *Clostridium* ve *Porphyromonas* türleri üzerinde yüksek antibakteriyel etki gösterdiği gözlemlenmiştir (Boyanova vd., 2006).

Farklı ülkelerden elde edilen propolislerin antibakteriyel aktivitelerinin gösterildiği bazı çalışmalar Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Farklı ülkelerden elde edilen propolislerin antibakteriyel aktivitelerinin gösterildiği bazı çalışmalar

Propolis türleri	Bakteri suşları	Etkileri	Referans
İran propolisi	<i>P. aeruginosa</i> (PTCC-1707) ve <i>S. aureus</i> (PTCC-1431)	<i>P. aeruginosa</i> ile karşılaştırıldığında Gram (+) bakteri <i>S. aureus</i> üzerinde önemli ölçüde yüksek inhibitör etki görülmüştür.	Aryaei ve Pakzad, 2018
Jhabua kabile bölgesi propolisi	<i>Lactobacillus acidophilus</i> ve <i>S. mutans</i>	Propolisin etanolik ekstraktı <i>L. acidophilus</i> ve <i>S. mutans</i> 'a karşı etkili olmuştur.	Airen vd., 2018
Meksika propolisi	<i>L. monocytogenes</i> (ATCC-19115), <i>S. aureus</i> (ATCC-11632), <i>E. coli</i> (ATCC-10536), <i>S. Typhimurium</i> (ATCC-13311)	Propolisin aktif bileşenlerinin suda çözünmediğine işaret eden sulu ekstraktta herhangi bir etki gözlenmemiştir. Etanol ekstraktının <i>L. monocytogenes</i> ve <i>S. aureus</i> 'a karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği ancak <i>S. Typhimurium</i> ve <i>E. coli</i> 'ye karşı herhangi bir etkisi olmadığı görülmüştür.	Bucio-Villalobos ve Martínez-Jaime, 2017
Peru propolisi	<i>S. mutans</i> (ATCC-25175)	Sonbaharda toplanan propolisten elde edilen ekstraktlar, yaz aylarında toplanan propolisten elde edilen ekstraktlarda kaydedilen gelişmeden daha yüksek <i>S. mutans</i> üremesine neden olmuştur.	Becerra vd., 2019
Brezilya propolisi	<i>E. coli</i> ve <i>S. aureus</i>	Propolisin etanolik ekstraktı <i>S. aureus</i> 'un büyümesini engellemiş, ancak <i>E. coli</i> 'nin büyümesini engellememiştir.	Gonsales, 2006
Suudi Arabistan ve Mısır propolisi	<i>E. coli</i> ve çoklu-ilaca dirençli <i>S. aureus</i>	Her iki propolisin etanolik ekstraktı antibiyotiğe dirençli <i>E. coli</i> ve <i>S. aureus</i> 'u inhibe etmiştir.	Noori vd., 2012
Kenya propolisi	<i>S. aureus</i> ve <i>B. subtilis</i>	Her iki suşun da propolisin %70'lik etanolik ekstraktlarına oldukça duyarlı olduğu bulunmuştur.	Muli ve Maingi, 2007

Coğrafi kökenin propolisin bileşimini etkilediği ve dolayısıyla antibakteriyel özelliklerini değiştirdiği görülmektedir (Gajger vd., 2017). Orta

Doğu'dan elde edilen propolisin Gram (+) ve Gram (-) suşlar üzerinde en fazla antibakteriyel etkiye sahip olduğu, Kore, İrlanda ve Almanya'dan gelen propolis numunelerinin ise en düşük antibakteriyel etki gösterdiği tespit edilmiştir (Przybyłek ve Karpiński, 2019).

Polonya'da toplanan beş adet propolis etanolik ekstraktının (EEP) 11 gıda kaynaklı patojen (*S. aureus*, *Bacillus cereus*, *L. monocytogenes*, *E. faecalis*, *Shigella sonnei*, *Salmonella* Enteritidis, *E. coli* O157:H7, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *E. aerogenes*, *P. mirabilis*) için antibakteriyel aktivitesi MİK ve minimum bakteri konsantrasyonu (MBK)'nu belirleyen standart teknikler kullanılarak değerlendirilmiştir. Analiz edilen bütün bakteri suşlarının EEP'lere karşı duyarlılık gösterdiği saptanmıştır. Gram (+) bakterilere karşı en güçlü etki, MİK değerleri 1-4 mg/mL arasında değişen EEP1 tarafından gösterilmiştir. Geri kalan özütler, MİK değerleri 2-8 mg/mL arasında değişen orta düzeyde etkililiğe sahip olmuştur. *S. aureus* (MİK 1-8 mg/mL) ve *B. cereus* (MİK 2-4 mg/mL) propolis özütlerinin etkisine en duyarlı olan bakteriler olurken, *E. faecalis* ve *L. monocytogenes* (MİK 4-8 mg/mL) tarafından daha düşük duyarlılık sergilenmiştir. Propolis ekstraktları, EEP1'in *S. aureus*'a karşı etkisi (MBK 4 mg/mL) hariç, yüksek konsantrasyonlarda (MBK \geq 8 mg/mL) bakterisidal etki göstermiştir (Pobiega vd., 2019).

4.1.1. Propolisin Antibakteriyel Etki Mekanizmaları

Antibakteriyel etki şekliyle ilgili olarak propolis, bakteri hücre zarının geçirgenliğini artırarak, ATP üretimini engelleyerek, bakteri hareketliliğini azaltarak, zar potansiyelini ve bakteriyel RNA ve DNA üretimini bozarak bakterilerin patojenik potansiyellerine müdahale edebilir (Almuhayawi, 2020).

Propolisin bileşimi açısından karmaşık doğasından dolayı, birçok etkisinin her birinden sorumlu spesifik mekanizmayı kesin olarak açıklamak mümkün değildir. Çalışmalar genellikle seçilmiş bazı bileşenlere veya bunların karışımlarına yoğunlaşmakta ve gözlemlenen sonuçları, fraksiyone edilmemiş propolis ekstraktlarının neden olduğu sonuçlarla ilişkilendirmeye çalışmaktadır. Propolisin antibakteriyel etkilerinin altında yatan birçok olası biyokimyasal mekanizma vardır (Przybyłek ve Karpiński, 2019).

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada (Kowacz ve Pollack, 2020) biyokimyasal etkilerin yanı sıra propolisin biyolojik aktivitesine katkıda bulunabilecek fiziksel mekanizmanın da olduğu gösterilmiştir. Yani, bir yüzey üzerinde biriken propolisin, koloidal parçacıkları (dışlama bölgesi (EZ) suyu

olarak adlandırılır) etkili bir şekilde dışarıda bırakan bir su tabakası oluşturduğu bulunmuştur. Oluşan etki propolisin birçok kimyasal bileşenine özgü negatif yüklü fonksiyonel grupların varlığına bağlı olan elektrokinetik sürece dayanmaktadır. Bu nedenle, kolloidi hariç tutma özelliği, propolisin kesin bileşiminden ve kökeninden büyük ölçüde bağımsız olarak çok genel bir karaktere sahiptir. Fiziksel açıdan bakıldığında, sulu çözeltilerde (örneğin vücut sıvılarımız veya mukozal membranımız) asılı kalan tüm bakteri veya virüsler kolloidlerdir. Sonuç olarak, propolisin EZ şeklinde fiziksel bir bariyer oluşturarak patojenlerin yüzeye (örneğin solunum epiteli) erişmesini engelleyebileceği öne sürülmüştür (Kowacz ve Pollack, 2020).

Propolisle işlevselleştirilmiş tekstillerin antibakteriyel özellikler kazandığını ve tıbbi alanda, örneğin yara pansumanı olarak kullanım potansiyeli olduğunu gösteren çalışmalar (Sharaf vd., 2013; Arıkan ve Solak, 2017) bulunmaktadır. Disk difüzyon yöntemiyle propolisle işlevselleştirilmiş tekstilin etrafında bakteri içermeyen bölge gözlemlenmiştir. Bağlı propolis bileşenlerinin herhangi bir difüzyonu gerçekleşmezken bu mekanizma bakterilerle kimyasal etkileşimi (temas) gerektirmediği için EZ oluşturmaktadır. Diğer EZ üreten materyallerin de mikroorganizmaların yüzeylerde kolonileşmesine karşı potansiyel olarak ilk savunma hattını sağlayabileceği öne sürülmüştür (Cheng ve Moraru, 2018).

Propolisin diğer fizikokimyasal özellikleri göz önüne alındığında, kimyasal bileşenlerinde sabit negatif yüklerin varlığı, hareketli protonlarla birlikte hareket etmektedir. Protonlar (pozitif yükler) yayılabilir ve propolise asidik pH'sini sağlar (Dias vd., 2012). Katyonik ajanların bakteri hücrelerinin negatif yüklerini azaltabildiği, membran geçirgenliğini artırabildiği ve sonuç olarak bakteriyel hücre ölümünü tetikleyebildiği kabul edilmektedir. Bu nedenle, Gram (-) bakterilerle karşılaştırıldığında propolisin Gram (+) bakterilere karşı daha yüksek bakterisit aktivitesi; Gram (+) suşların daha az negatif yüzey yüküne ve hareketli protonlara karşı daha yüksek duyarlılığına bağlı olabilir (Halder vd., 2015).

4.2. Propolisin Antifungal Aktivitesi

Propolisin antifungal aktivitesi literatürde iyi bir şekilde belgelenmiştir. Antifungal aktivitenin propolisin kimyasal bileşimindeki değişiklikten etkilendiği bilinmektedir (Kujumgiev vd., 1999). Farklı coğrafi bölgelere ait propolislerin farklı fungus türleri üzerindeki etkisini inceleyen, özellikle klinik açıdan önemli olan çok sayıda çalışma rapor edilmiştir (Ota vd., 2001).

Propolisin, *Candida albicans* (*C. albicans*), *Candida glabrata* (*C. glabrata*), *Candida parapsilosis* (*C. parapsilosis*) ve *Candida tropicalis* (*C. tropicalis*) gibi mantar türleri üzerinde antifungal etki gösterdiği belirlenmiştir (Noori vd., 2012). Propolisin mantarların konidial büyümesini inhibe ettiği, ayrıca *Aspergillus flavus* gibi mantar türleri üzerinde aflatoksinjenik etki gösterdiği gözlenmiştir (Ghaly vd., 1998).

Propolis ekstraktı, onikomikoz etkeni olan mantar türleri üzerinde yapılan in vitro analizlerde önemli etkinlik göstermiştir. Brezilya propolisinin 75 adet *Candida* suşuna (20 adet *C. albicans*, 20 adet *C. krusei* (*C. krusei*), 20 adet *C. tropicalis* ve 15 adet *Candida guilliermondii* (*C. guilliermondii*) suşu) karşı antifungal aktivitesi üzerine deneysel çalışmalar yürütüldüğünde düşük konsantrasyonlardaki propolisin fungisidal ve fungistatik etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Propolisin net bir antifungal aktivitesinin hassasiyet sırasına göre; *C. albicans*>*C. tropicalis*>*C. krusei*>*C. guilliermondii* şeklinde olduğu rapor edilmiştir. *C. guilliermondii* en dirençli ve *C. albicans* en duyarlı suş olmuştur. MİK değeri 8-12 mg/mL aralığında bulunmuştur. Tam protezli hastalar propolisin hidroalkolik ekstraktını kullandıklarında tükürükteki *Candida* türlerinin sayısının azaldığı gözlenmiştir (Ota vd., 2001).

Kırmızı ve yeşil Brezilya propolisi, dermatofitoz etkeni olan *Trichophyton* cinsine ait farklı mantar türleri üzerinde antifungal etki sergilemiştir ve kırmızı propolisin etkisinin daha yüksek olduğu bulunmuştur (Siqueira vd., 2009). *Trichophyton*'un flukonazol gibi antifungal ajanlara oldukça dirençli olduğu (Pippi vd., 2015) belirtilmiştir.

Brezilya propolisinin alkollü bir ekstraktı, *C. parapsilosis*, *C. tropicalis*, *C. albicans* ve onikomikoz lezyonlarından elde edilen diğer mantar izolatlarına karşı test edilmiştir. Propolis ekstraktının onikomikoz etkeni olan mantarlar üzerinde oldukça etkili olduğu in vitro testlerde görülmüştür. Bu aktivitenin sadece fungistatik değil aynı zamanda küçük konsantrasyonlarda bile fungisidal olduğu bulunmuştur. *Trichosporon* sp. en duyarlı ve *C. tropicalis* en dayanıklı mantar türü olmuştur. Sonuçlar, onikomikoz tedavisinde propolis ekstraktının önemini ve potansiyelini güçlendirmiştir (Oliveira vd., 2006).

Arjantin'in kuzeybatısından elde edilen propolisin antifungal aktivitesini göstermek için kısmen saflaştırılmış propolis ekstraktının mayalar, ksilofaj (odunsu gövde veya gövde kısımlarından beslenen) ve fitopatojenik mantarlar üzerindeki antimikotik ve sitotoksik aktivitelerine odaklanılmıştır. Aynı propolisten izole edilen pinosembrin ve galangin gibi bileşiklerle ve

ayrıca sentetik ilaçlarla propolis aktivitesinin bir karşılaştırması yapılmıştır. Kısmen saflaştırılmış propolis ekstraktının mantar gelişimini engelleyebildiği gözlemlenmiştir. İzole edilmiş bileşikler ve sentetik ilaçlarla göreceli biyosit potansiyeli ve sitotoksitesinin karşılaştırılması, propolisin güvenilir bir antifungal ajan kaynağı olduğunu göstermiştir (Qiroga vd., 2006).

Arjantin propolis ekstraktının antifungal aktivitesi çeşitli mantarlara ve mayalara karşı test edilmiştir. En duyarlı türlerin *Microsporum gypseum*, *Trichophyton mentagrophytes* ve *Trichophyton rubrum* (*T. rubrum*) olduğu rapor edilmiştir. Test edilen diğer tüm dermatofitler ve mayalar, farklı propolis ekstraktları tarafından güçlü bir şekilde inhibe edilmiştir (MİK değerleri 16-125 µg/mL arasında bulunmuştur) (Agüero vd., 2010).

Portekiz propolisinin *Aspergillus fumigatus* (*A. fumigatus*), *T. rubrum* ve *C. albicans*'a karşı antifungal aktivitesi üzerine bir çalışma yürütüldüğünde *T. rubrum*'da önemli bir aktivite gösterdiği gözlenmiş ve en az etki ise *A. fumigatus*'ta görülmüştür (Falcão vd., 2014).

Fransız propolisinin organik ekstraktlarının çeşitli mantarlara karşı antifungal aktivitesi değerlendirilmiş ve *C. glabrata* ve *C. albicans*'a karşı etkili aktivite gösterdiği saptanırken *A. fumigatus*'a karşı zayıf aktiviteye sahip olduğu gözlenmiştir (Boisard vd., 2015).

Ekstraksiyon yöntemleri ve/veya araçlarının propolisin antifungal aktivitesini potansiyel olarak etkileyebileceği görülmektedir. Brezilya propolisinden elde edilen EEP'lerin ve propolis mikropartiküllerinin (PM) vulvovajinal kandidiyazdan sorumlu klinik maya izolatlarına karşı in vitro antifungal aktivitesi incelendiğinde hem EEP'lerin hem de PM'lerin *C. albicans* ve *C. albicans* olmayan mayaların inhibisyonunda etkili olduğu görülmüştür (Dota vd., 2011).

Propolis/propolis türevi bileşiklerin antifungal aktivitelerini gösteren bazı çalışmaların özeti Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Propolis/propolis türevi bileşiklerin antifungal aktivitelerini gösteren bazı çalışmaların özeti

Propolis/Propolis Türevi Bileşikler	Mantar ve Maya Çeşitleri	Etki Mekanizması	Referans
Propolisin etanolik ekstraktı	<i>C. krusei</i> , <i>C. tropicalis</i> , <i>C. albicans</i> 'ın her birinden 20'şer suş ve <i>C. guilliermondii</i> 'nin 15 suşu	Belirlenmedi	Ota vd., 2001
Propolis ve propolis mikropartiküllerinin etanolik ekstraktı	Vulvovajinal kandidiyazın klinik maya izolatları	Belirlenmedi	Dota vd., 2011
Propolisin n-hegzan ekstraktı	<i>Candida</i> spp.	Belirlenmedi	Pippi vd., 2015
Propolisin hidroetanolik ekstraktı	<i>C. albicans</i> , <i>C. tropicalis</i> , <i>C. parapsilosis</i> ve diğer türler	Belirlenmedi	Oliveira vd., 2006
Propolisin metanolik ekstraktı, 2',4'-dihidroksikalkon ve 2',4'-dihidroksi-3-metoksikalkon	<i>T. rubrum</i> , <i>T. mentagrophytes</i> ve <i>M. gypseum</i>	Belirlenmedi	Ağüero vd., 2010
Propolisin hidroetanolik ekstraktı	<i>A. fumigatus</i> , <i>C. albicans</i> ve <i>T. rubrum</i>	Belirlenmedi	Falcão vd., 2014
Propolisin hidroetanolik, metanolik, sulu ve diklorometan ekstraktları	<i>C. albicans</i> ve <i>C. glabrata</i>	Belirlenmedi	Boisard vd., 2015
Propolisin standartlaştırılmış ekstraktı (EPP-AF®)	<i>C. albicans</i>	Metakaspaz ve Ras sinyali yoluyla apoptozun indüksiyonu, Patogenezde, hücre yapışmasında, biyofilm oluşumunda, filamentöz büyümede ve fenotipik değişimde rol oynayan çeşitli genlerin ekspresyonunun bozulması	de Castro vd., 2013
Pinosembrin	<i>Penicillium italicum</i>	Enerji homeostazının, misel büyümesinin, hifanın ve hücre zarının yapısının bozulması, Fosforile edilmiş adenozin nükleotid seviyelerinin azaltılması	Peng vd., 2012

4.2.1. Propolisin Antifungal Etki Mekanizmaları

Propolis ve onun farmakolojik özellikleri üzerine yapılan çalışmalar kapsamlı bir şekilde gözden geçirilmiş ve propolisin içerdiği fenolik bileşiklerin *C. glabrata*, *Candida famata*, *C. parapsilosis*, *Candida pelliculosa* ve *Pichia ohmeri* üzerindeki fungisidal aktiviteden sorumlu olduğu belirlenmiştir (Wagh, 2013). Propolisin 26 veya daha fazla bileşeninden *p*-kumarik asit, kafeik asit, 3-asetilpinobanksin, pinosembrin ve pinobanksin-3-asetat gibi bileşenlerinin antifungal aktivite sergilediği bildirilmiştir (Banskota vd., 2001). Agüero vd. (2010) propolis ekstraktının antifungal aktivitesinden sorumlu olarak 2',4'-dihidroksikalkon ve 2',4'-dihidroksi-3-metoksikalkon biyoaktif bileşikleri gösterilmiştir. Her ikisinin de *T. rubrum* ve *T. mentagrophytes*'in klinik izolatlarına karşı oldukça aktif olduğu belirtilmiştir (Agüero vd., 2010).

Boisard vd. (2015), Fransız propolis numunelerinden oluşan bir karışımın sulu ve organik ekstraktlarının insan patojenik mantarları (iki maya (*C. albicans* ve *C. glabrata*) ve bir filamentli fırsatçı küf (*A. fumigatus*)) üzerinde antifungal aktivitelerini araştırmıştır. Propolisin *C. albicans* ve *C. glabrata* türlerine karşı antifungal aktivitesinden yüksek flavonoid içeriğinin sorumlu olduğu bildirilmiştir (Boisard vd., 2015).

Propolisin antifungal aktivitesinin temel olarak Ras sinyalleme yolu ve metakaspaz ile apoptoz mekanizmasını indüklemeye yeteneğinden kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Propolis ayrıca maya benzeri büyümeden hiphal büyümeye geçiş sürecini de engeller (de Castro vd., 2013).

Propolis, özellikle fenolik bileşeni olan pinosembrin, enerji homeostazı ve misel büyümesi gibi birçok kritik hücresel süreci doza bağlı bir şekilde bozuyor gibi görünmektedir. Pinosembrinin *Penicillium italicum* (*P. italicum*) hifasındaki fosforile edilmiş adenosin nükleotid seviyelerini azalttığı, ayrıca hifanın yapısına ve hücre zarına zarar vererek *P. italicum*'da iyonik sızıntıya ve çözünür proteine neden olduğu belirlenmiştir (Peng vd., 2012).

4.3. Propolisin Antiviral Aktivitesi

Propolisin farklı türdeki virüslere karşı antiviral etki gösterdiği kanıtlanmıştır. Çalışmalardan biri (Debiaggi vd., 1990) propolis türevi flavonoidlerin, yani akasetin, kamferol, kersetin, krisin ve galangin bileşenlerinin, rotavirüs, adenovirüs, herpes virüsü ve koronavirüsün çeşitli türlerine karşı etkisi olduğunu belirtmiştir.

Moleküler yerleştirme çalışmaları ve hesaplamalı çalışmalar, propolisin ve içerdiği fenolik bileşenlerin, spike proteini ve proteazları da içerecek şekilde SARS-CoV-2'nin birçok önemli proteinine müdahale etmedeki etkinliğini göstermektedir (Harisna vd., 2021). Propolis türevi fenoliklerin, özellikle izopentil ferulatın, H3N2 influenza A virüsüne karşı güçlü antiviral aktivite sergilediği görülmüştür (Serkedjieva vd., 1992).

Brezilya propolisinin 13 adet etanolik ekstraktının influenza virüsü A/PR/8/34 (H1N1)'e karşı antiviral etkinliği araştırıldığında tüm ekstraktların çeşitli etkinlik seviyelerinde antiviral özelliklere sahip olduğu bulunmuştur (Shimizu vd., 2008).

Propolis türevi fenoliklerden apigenin, kamferol ve kumarik asit, influenza A/Toyama/26/2011 (H1N1) ve influenza A/PR/8/34 (H1N1) virüslerinin hem oseltamivir hem de peramivire duyarlı ve dirençli suşlarına karşı etkili olmuştur (Kai vd., 2014). Propolisin sulu ekstraktı influenza virüsü A/WSN/33 (H1N1)'e karşı antiviral aktivite göstermiştir. Kafeoilkinik asitlerin antiviral özellikler sergileyen aktif bileşenler olduğu ortaya çıkmıştır (Urushisaki vd., 2011).

Propolisin anti-HIV aktiviteye sahip olduğu, Brezilya propolisinden izole edilen bir triterpenoid olan moronik asidin, H9 lenfositlerinde HIV aktivitesini inhibe ettiği gösterilmiştir (İto vd., 2001). Minnesota (ABD), Brezilya ve Çin gibi çeşitli kaynaklardan ve bölgelerden gelen propolis ekstraktlarının hepsinin HIV-1 ile enfekte CD4⁺ lenfosit ve mikrogial hücre kültürlerini inhibe ettiği gözlenmiştir. Daha da önemlisi propolis, zidovudin ve indinavir gibi antiretroviral ilaçların aktivitesini antagonize etmemiştir (Gekker vd., 2005).

Propolisin antiviral özelliklerine ilişkin en kapsamlı araştırma muhtemelen herpes virüslerinde gerçekleştirilmiştir. Galangin, kamferol ve kuersetinin anti-herpetik aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca, propolis türevi fenolikler arasında sinerjistik ilişkiler olduğu görülmüştür. Bu durum, propolisin bireysel bileşenleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek aktiviteye sahip olmasını kısmen açıklamaktadır (Amoros vd., 1992). Propolis sulu ve etanolik ekstraktlarının, *p*-kumarik asit, kafeik asit, galangin, benzoik asit, krisin ve pinosembrin gibi tek tek bileşenlerle karşılaştırıldığında üstün anti-herpetik aktiviteye sahip olduğu gözlenmiştir (Schnitzler vd., 2010).

Benzoik asit, benzil *p*-kumarat, *p*-kumarik asit, benzil ferulat, pinosembrin ve pinosembrin kalkan gibi çeşitli fenolikler içeren kavak propolisinin, herpes simpleks virüs tip 1 (HSV-1) ve tip 2 (HSV-2) üzerinde antiviral aktivite sergilediği tespit edilmiştir (Bankova vd., 2014). İğnesiz

arırlardan elde edilen propolisin anti-herpetik aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Coelho vd., 2015). Ayrıca *Melipona quadrifasciata*'dan elde edilen propolisin HSV-1 aktivitesini inhibe ettiği gösterilmiştir. Özellikle diklorometan, bütanol ve etil asetat fraksiyonları en güçlü anti-herpetik aktiviteye sahip olmuştur (Hochheim vd., 2019).

Propolis ekstraktının anti-herpetik aktivitesi hayvan modellerini içeren çalışmalarda da gösterilmiştir. Shimizu vd. (2011) farelerde yaptığı çalışmada çeşitli propolis ekstraktlarının enfeksiyonun farklı aşamalarında herpes virüsünü inhibe ettiğini ortaya koymuştur. Propolisin çeşitli etanolik ekstraktları, HSV-1 ile enfekte olmuş farelerin beyinlerindeki ve derilerindeki viral yükü önemli ölçüde azaltmıştır (Sartori vd., 2012). Propolisin hidroalkolik ekstraktının (%70 etanol) HSV-2 ile enfekte olmuş hayvanların vajinal dokusundaki ekstravajinal lezyonların şiddetini ve vajinal dokudaki histolojik hasarı azalttığı saptanmıştır (Shimizu vd., 2011).

Propolisin antiviral özellikleri ayrıca, rinovirüs, dang virüsü, çocuk felci virüsü, kızamıkçık virüsü, pikornavirüs ve kızamık virüsü gibi çeşitli virüslere kadar uzanmaktadır (Búfalo vd., 2009).

Propolis/propolis türevi bileşiklerin antiviral aktivitelerini gösteren bazı çalışmaların özeti Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Propolis/propolis türevi bileşiklerin antiviral aktivitelerini gösteren bazı çalışmaların özeti

Propolis/Propolis Türevi Bileşikler	Virüs Türleri	Etki Mekanizması	Referans
Kamferol, krisin, akasetin, kuersetin ve galangin	Koronavirüs, rotavirüs, adenovirüs ve herpes virüsü,	Belirlenmedi	Peng vd., 2012
Kamferol ve <i>p</i> -kumarik asit	Rinovirüs	İnsan rinovirüsünün girişinin önlenmesi ve viral replikasyonun inhibisyonu	Kwon vd., 2020
Lipozomal propolis	SARS-CoV-2	SARS-CoV-2'nin 3CL-proteaz ve S1 spike proteinine müdahale edilmesi	Refaat vd., 2021
Withanon, kafeik asit fenetil ester, sulabiroin A, (2S)-5,7-dihidroksi-4'-metoksi-8-prenilflavanon asit, gliasperin A ve brousse flavonol F	SARS-CoV-2	SARS-CoV-2'nin M ^{pro} proteininin yüksek oranda korunmuş kalıntılarına (substrat bağlama cebi) müdahale edilmesi	Dewi vd., 2021
İzopentil ferulat	Grip virüsü A (H3N2)	Belirlenmedi	Serkedjieva vd., 1992

Propolis/Propolis Türevi Bileşikler	Virüs Türleri	Etki Mekanizması	Referans
Propolisin etanolik ekstraktı	Grip virüsü A/PR/8/34 (H1N1)	Akciğerlerin bronkoalveolar lavaj sıvılarındaki viral yükün azaltılması	Shimizu vd., 2008
Apigenin, kamferol ve kumarik asit	İnfluenza A/Toyama/26/2011 (H1N1), İnfluenza A/PR/8/34(H1N1)	Akciğerlerin bronkoalveolar lavaj sıvılarındaki viral yükün azaltılması	Kai vd., 2014
Propolis, kafeoilkinik asitler ve 3,4-dikafeoilkinik asitin sulu ekstraktı	Grip virüsü A/WSN/33 (H1N1)	Viral klirensi hızlandıran tümör nekroz faktörüne bağlı apoptoz indükleyici ligandın (TRAIL) ekspresyonunda artış	Urushisaki vd., 2011
Moronik asit	HIV	H9 lenfositlerinde HIV'in inhibisyonu	Ito vd., 2001
Galangin, kamferol ve kuersetin	Herpes virüsü	Belirlenmedi	Amoros vd., 1992
Propolisin hidroalkolik ekstraktı	HIV	HIV-1 ile enfekte CD4 ⁺ lenfosit ve mikroglial hücre kültürlerinin inhibisyonu	Gekker vd., 2005
Propolis, naringenin, kersetin ve diprenilsinnamik asidin etil asetat ekstraktı	HIV	Belirlenmedi	da Silva Bortoleti vd., 2019
Propolisin sulu ve etanolik ekstraktları	Herpes virüsü	Belirlenmedi	Schnitzler vd., 2010
Kavak propolis ekstraktı (ACF®)	Herpes virüsü	Belirlenmedi	Bankova vd., 2014
Propolisin, pirolizidin alkaloidlerinin ve C-glikozil flavonların hidrometanolik ekstraktı	Herpes virüsü	Belirlenmedi	Coelho vd., 2015
Propolisin etanolik ekstraktları	Herpes virüsü	HSV-1 ile enfekte olmuş farelerin beyinlerinde ve derilerinde viral yükte önemli azalma	Shimizu vd., 2011
Propolisin hidroalkolik ekstraktı (%70 etanol)	Herpes virüsü	HSV-2 ile enfekte vajinal dokuda ekstrasvajinal lezyonların şiddetinin ve histolojik hasarın azaltılması	Sartori vd., 2012
Ferulik asit	Parvovirüs	Proapoptotik genler Bid, Bad, Bim ve Bak'ın parvovirüs kaynaklı ekspresyonunun inhibisyonu ve tersine çevrilmesi	Ma vd., 2020

4.3.1. Propolisin Antiviral Etki Mekanizmaları

Moleküler yerleştirme ve in silico çalışmalar, propolis ve bileşenlerinin SARS-CoV-2'yi etkisiz hale getirmede kullandığı potansiyel etki mekanizmalarını ortaya çıkarmıştır. Rutin ve kafeik asit fenetil esterin SARS-CoV-2'nin hem 3CL-proteazını hem de S1 spike proteinini inhibe ettiği saptanmıştır (Refaat vd., 2021).

Kafeik asit fenetil esterin aynı zamanda SARS-CoV-2'nin M^{Pro} proteininin yüksek oranda korunmuş kalıntılarına (substrat bağlama cebi) müdahale ettiği bulunmuştur (Kumar vd., 2021). Kamferol ve *p*-kumarik asidin insan rinovirüsünün girişini önlediği ve ayrıca viral replikasyonu inhibe ettiği tespit edilmiştir (Kwon vd., 2020). Ek olarak propolisten izole edilen ferulik asidin domuz parvovirüsünün aktivitesini inhibe ettiği belirlenmiştir. Ferulik asit, parvovirüsün neden olduğu pro-apoptotik genlerin (Bid, Bad, Bim ve Bak) ekspresyonunu inhibe etmiş ve tersine çevirmiştir. Bu genlerin ekspresyonunun mitokondriyal bozulma ve konakçı hücrelerin apoptozu ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Ma vd., 2020). Polifenoller, Zn katyonlarının çinko taşıma proteinlerinden bağımsız olarak plazma membranı boyunca taşınmasına da yardımcı olur (Dabbagh-Bazarbachi vd., 2014).

Propolis tirozin nitrasyonunu, miyeloperoksidaz aktivitesini ve reaktif türlerin ekspresyonunu inhibe ederek enfekte olmuş konakçı hücrelerdeki oksidatif stresi azaltmaktadır. Ayrıca enfekte olmuş hücrelerdeki hücrel antioksidan sistemde önemli rolü olan katalaz enziminin ekspresyonunu da korumaktadır (Sartori vd., 2012). Ek olarak, HSV enfeksiyonunun modellerinde interferon- γ (IFN- γ) proteini üretilmesini uyarmaktadır. Deriye lenfosit göçünün önemli bir göstergesi olan IFN- γ proteinin üretilmesiyle HSV enfeksiyonları gibi viral enfeksiyonların semptomlarının hafifletilmesini sağlayabilir (Shimizu vd., 2011).

4.4. Propolisin Antiparazitik Aktivitesi

Propolisin farklı hücre dışı ve hücre içi patojenik protozoalar üzerinde antiparazitik etki gösterdiği gözlenmiştir. Libya'nın çeşitli bölgelerinden elde edilen propolis ekstraktlarının, farklı etkinlik seviyelerinde in vitro anti-plazmodiyal aktivite gösterdiği bulunmuştur. Ekstraktların EC₅₀ değerinin 3,4-53,6 $\mu\text{g/mL}$ arasında değiştiği saptanmıştır (Siheri vd., 2016).

İran'daki dört farklı bölgeden toplanan propolis ekstraktlarının anti-plazmodiyal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Diklorometan ekstraktlarının in vitro olarak %70 etanol ve etil asetat ekstraktlarına kıyasla daha çok aktivite gösterdiği saptanmıştır. Propolis özütleri, *Plasmodium*

falciparum (*P. falciparum*) ile enfekte olmuş farelerin ölümünü engellememiş, ancak hayatta kaldıkları süreyi uzatmıştır (Afrouzan vd., 2017).

Plasmodium chabaudi (*P. chabaudi*) ile enfekte olan fareler üzerinde metanolik propolis ekstraktının etkisi incelenmiştir. Propolisin parazitemiyi azaltmasının doza bağımlı olduğu görülmüş ve 100 mg/kg konsantrasyonundaki propolis ekstraktının %70'e kadar azalmaya sebep olduğu saptanmıştır. Ayrıca propolis muamelesinin enfeksiyonla ilişkili olan oksidatif stresin tersine çevrilmesini sağladığı belirlenmiştir. Propolis muamelesi inflamatuvar TNF- α ve interferon- γ 'yı belirgin düzeyde artırmıştır. Bu etki propolisin immünomodülatör özelliklerini göstermektedir. En yüksek konsantrasyonda (100 mg/kg) uygulanan propolis muamelesinin enfekte olmuş farelerde *P. chabaudi* kaynaklı enfeksiyonun sebebiyle dalakta gelişen hasarın büyük ölçüde tersine çevrilmesini sağladığı ve dalakların histolojik görünümünü belirgin düzeyde iyileştirdiği gözlenmiştir (AlGabbani vd., 2017).

Dantas Silva vd. (2017) üç tür (kırmızı, yeşil ve kahverengi) Brezilya propolisini *Trypanosoma cruzi* Y suşuna karşı test etmiş ve her üç tür propolisin de tripanosidal aktivite gösterdiğini bulmuştur. Yalnızca kırmızı propolisin aktivitesi 96 saat boyunca sürmüştür (Dantas Silva vd., 2017). Ayrıca propolisin içerdiği fenolik bileşiklerin *Trypanosoma brucei brucei* (*T. brucei*) üzerindeki etkisi araştırılmış ve iki özel kafeik asit esterinin (farnesil kafeat, β -fenetil kafeat) in vitro güçlü anti-tripanozomal aktiviteye sahip olduğu görülmüştür (Otoguro vd., 2012).

Nijerya kırmızı propolisinin, pinosembrin, vestitol, medikarpin, 8-prenilnaringenin, 6-prenilnaringenin, propolin D, makarangin ve dihidrobenzofuran gibi bireysel fenolik bileşenlerinin standart ilaca duyarlı T hücresi üzerinde orta derecede anti-tripanozomal etki gösterdiği saptanmıştır (Omar vd., 2016).

Propolis/propolis türevi bileşiklerin antiparazitik aktivitelerini gösteren bazı çalışmaların özeti Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. Propolis/propolis türevi bileşiklerin antiparazitik aktivitelerini gösteren bazı çalışmaların özeti

Propolis/Propolis Türevi Bileşikler	Parazit Türleri	Etki Mekanizması	Referans
Propolisin etanolik ekstraktları	<i>Mycobacterium marinum</i> , <i>L. donovani</i> , <i>T. brucei</i> , <i>Crithidia fasciculata</i> ve <i>P. falciparum</i>	Belirlenmedi	Siheri vd., 2016
Propolisin hidroetanolik, etil asetat ve diklorometan ekstraktları	Klorokine duyarlı <i>P. falciparum</i> 3D7 ve <i>P. berghei</i> (ANKA suşu)	Belirlenmedi	Afrouzan vd., 2017
Propolisin metanolik ekstraktı	<i>P. chabaudi</i>	TNF- α ve interferon- γ 'da artış	AlGabbani vd., 2017
Propolisin etanolik ekstraktı ve süperkritik olarak ekstrakte edilmiş propolis ekstraktı	<i>T. cruzi</i> Y suşu	Belirlenmedi	Dantas Silva vd., 2017
7-dihidroksi-8-(3-metilbüt-2-enil)-3-(metilbüt-2-eniloksi) ksanton, 1,3,7-trihidroksi-4,8-di-(3-metilbüt-2-enil)ksanton 1, 1,3,7-trihidroksi-2,8-di-(3-metilbüt-2-enil)ksanton, amonik asit, mangiferonik asit ve α -amirin ile mangiferonik asitin bir karışımı	<i>T. brucei brucei</i>	Belirlenmedi	Omar vd., 2017
β -fenetil kafeat, farnesil kafeat	<i>T. brucei brucei</i>	Belirlenmedi	Otoguro vd., 2012
Taksifolin-3-asetil-4'-metil eter ve bilobol	<i>T. brucei</i> , <i>P. falciparum</i> , <i>T. spiralis</i> ve <i>Caenorhabditis elegans</i>	Hücre lizisinin induksiyonu, fosfolipit metabolizmasının bozulması ve fosfatidil inositol (PI) ve fosfatidil gliserol (PG) gibi lipidlerin tükenmesi	Siheri vd., 2019
Resveratrol	<i>Trichomonas vaginalis</i>	[Fe]-hidrojenaz (Tvhyd), püruvat-ferredoksin oksidoredüktaz ve 1s1 şok proteini 70'i (Hsp70) etkileyerek hidrojenozom metabolizmasının bozulması	Mallo vd., 2013
Rosmarinik asit ve apigenin	<i>L. donovani</i>	Hücre lizisini, sitoplazmik yoğunlaşmayı ve kinetoplast ve nükleer	Antwi vd., 2019

Propolis/Propolis Türevi Bileşikler	Parazit Türleri	Etki Mekanizması	Referans
		DNA agregasyonunu teşvik etmesi, G0/G1 fazında hücre tutuklanmasının desteklenmesi ve demir şelasyonunun tetiklenmesi	
Kamferol	<i>Entamoeba histolytica</i>	Aktin, miyozin II ağır zinciri ve korteksilin II ifadesinin modifikasyonu	Bolaños vd., 2015
Epikateşin	<i>E. histolytica</i>	Isı şoku proteini 70, miyozin II ağır zinciri ve aktin ifadesinin bozulması, o-fruktoz-1,6-bifosfat aldolaz ve gliseraldehit-fosfat dehidrojenaz ifadesinin bozulması	Bolaños vd., 2014
Apigenin ve kersetin	<i>Leishmania amazonensis</i>	Reaktif oksijen türlerinin (ROS) ekspresyonunun düzenlenmesi, mitokondriyal fonksiyon bozukluğunun indüklenmesi ve membran potansiyelinin bozulması ve ribonükleotid redüktazın inhibisyonu	Fonseca-Silva vd., 2015
Kafeik asit	<i>L. amazonensis</i>	Morfolojik değişikliklerin indüklenmesi, hücre sel plazma zarının ve mitokondrinin bütünlüğünün bozulması ve sonuç olarak apoptozun teşvik edilmesi, IL-10 ekspresyonunu ve demirin kullanılabilirliğini azaltırken, ROS ve TNF- α ekspresyonunu teşvik ederek makrofajların inflamatuvar yanıtının düzenlenmesi	da Silva Bortoleti vd., 2019
Lupan, maslinik asit ve ursolik asit, α -terpineol, limonen, linalool ve 1,8-sineol	<i>T. brucei</i> , <i>Toxoplasma gondii</i> ve <i>L. amazonensis</i>	Morfolojik değişikliklerin indüklenmesi, apoptozun teşvik edilmesi ve önemli metabolik proteazların ve enzimlerin inhibisyonu	Teles vd., 2015; Yamamoto vd., 2015

Gressler vd. (2012) propolisin in vitro olarak *Trypanosoma evansi*'ye karşı tripanosidal aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Tüm

tripomastigotlar 10 µg/mL propolis ekstraktı ile 1 saatte etkisiz hale getirilmiştir. Enfekte olmuş fareler, vücut ağırlığına göre artan konsantrasyonlarda propolisle (100 mg/kg, 200 mg/kg, 300 mg/kg ve 400 mg/kg) oral yoldan tedavi edilmiştir. Tüm fareler enfeksiyondan ölmüş; 200-400 mg/kg vücut ağırlığı ile tedavi edilen fareler, 100 mg/kg ile karşılaştırıldığında biraz daha uzun süre hayatta kalmıştır (Gressler vd., 2012).

Propolis ekstraktının in vivo olarak trypanosomiasis tedavisindeki etkisizliği doğrulanmıştır. Tedavi edilen tüm enfekte fareler denemenin sonunda ölmüştür. Bununla birlikte, daha yüksek konsantrasyonda propolis ekstraktı (400 mg/kg ve 500 mg/kg) ile tedavi edilen farelerde, daha az parazitemi, daha yüksek paketlenmiş hücre hacmi, daha yüksek hemoglobin konsantrasyonları ve daha az kilo kaybı gibi daha az ciddi ikincil parametreler olduğu bulunmuştur (Nweze vd., 2017).

4.4.1. Propolisin Antiparazitik Etki Mekanizmaları

Propolisin temel olarak bitkisel sekonder metabolit içeriğinin (fenolik bileşikler ve terpenoidler) çeşitli etki mekanizmalarıyla protozoon parazitlere karşı etki gösterdiği belirlenmiştir. Libya propolisinden saflaştırılan bilobol (alkil resorsinol) ve bir flavonol türevidir olan taksifolin-3-asetil-4'-metil eter fosfatidil gibi önemli lipitlerin patojenleri tüketerek, hücre lizisini indükleyerek ve fosfolipit metabolizmasını bozarak anti-tripanozomal aktivite sergilediği ileri sürülmüştür (Siheri vd., 2019).

Çoğunlukla kırmızı şarapla ilişkilendirilen bir fenolik olan, aynı zamanda belirli bölgelerdeki propoliste de bulunan resveratrol, hidrojenozom metabolizmasını etkileyerek antitrikomonal aktivite gösterir (Volpi, 2004). Hidrojenozom, enerji üretiminden sorumlu olan ve protozoa dahil ökaryotlarda redoks dengesinde yer alan bir organeldir (Embley vd., 2003).

Kamferol; aktin, miyozin II ağır zinciri ve korteksilin II'nin ekspresyonunu değiştirerek parazitlerin yapışma mekanizmalarını etkiler (Bolaños vd., 2015). Epikateşinin, ısı şok proteini 70, miyozin II ağır zinciri ve aktin ekspresyonunun modifikasyonu gibi resveratrol ve kamferol ile benzer etkiyi indüklediği gösterilmiştir. Epikateşin, enerji metabolizması ile ilişkili enzimler olan o-fruktoz-1,6-bifosfat aldolaz ve gliseraldehit-fosfat dehidrojenazın ekspresyonunu da etkiler (Bolaños vd., 2014).

Kafeik asit, kuersetin ve apigenin, farklı etki mekanizmalarıyla antiparazitik aktivite gösterir. Kuersetin muamelesi, *Leishmania amazonensis*'te reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretilmesini önemli ölçüde

artırır ve mitokondriyal fonksiyon bozukluğunu ve membran potansiyeli bozulmasını indükler (Fonseca-Silva vd., 2011). Apigenin parazit mitokondrisinin şişmesine sebep olarak mitokondriyal membran potansiyelinin değişmesini sağlar (Fonseca-Silva vd., 2015).

Propolisin antiparazitik aktivitesi terpenoid bileşenini içermesine de atfedilebilir. Propoliste bulunan lupan bileşiğinin, mitokondrinin bozulması, lipid gövdesinin oluşumu ve sitozolün vakuolizasyonu gibi morfolojik değişimleri uyararak *L. amazonensis* üzerinde antiparazitik aktivite gösterdiği saptanmıştır. Moleküler yerleştirme çalışmalarıyla lupanın DNA topoizomeraza karşı güçlü bir afinite gösterdiği bulunmuştur (Huang vd., 2014).

İğnesiz arılar *Tetragonula laeviceps* ve *Tetrigona melanoleuca*'dan elde edilen propoliste tanımlanan pentasiklik triterpenoidler olan maslinik asit ve ursolik asidin antiparazitik aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir (Sanpa vd., 2015). Maslinik asidin, istilacı konakçı hücreler ve metaloproteazlar için hayati önem taşıyan yüzey protein kompleksindeki proteazlar dahil olmak üzere parazitik proteazları inhibe ettiği belirtilmiştir (de Pablos vd., 2010). Ek olarak ursolik asit, *T. brucei*'de önemli bir glikolitik enzim olan gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenazı inhibe ederek etki gösterir (Bero vd., 2013). Ursolik asidin antiparazitik aktivitesi aynı zamanda kaspaz 3/7'den bağımsız programlanmış hücre ölümünü indüklemeye yeteneği ile de ilişkilidir (Yamamoto vd., 2015).

5. PROPOLİSİN ANTIOKSİDAN AKTİVİTESİ

Antioksidanlar, lipidlerin oksidasyonunu ve serbest radikallerin oluşumunu önleme veya yavaşlatma yeteneğine sahip biyoaktif bileşenlerdir. Propolisteki antioksidan aktivite, hepatoprotektif ve antienflamatuar etki ile ilişkilendirilmektedir. Bitki örtüsündeki profile göre propolisin fenolik içeriği değişiklik gösterse de birçok propolis çeşidinin antioksidan etki mekanizmasının benzer olduğu belirtilmiştir (Bogdanov ve Henry, 2012).

Propolisin en çok araştırılan özelliklerinden biri olan antioksidan kapasiteleri farklı analiz yöntemleriyle ölçülmektedir. Antioksidan kapasitenin belirlenmesinde kullanılan DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil radikal süpürme kapasitesi), ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit radikal süpürme kapasitesi), FRAP (demir (III)'i indirgeme kapasitesi) ve CUPRAC (bakır(II) iyonu indirgeme kapasitesi) yöntemleri farklı sonuçlar üretmekte ve farklı antioksidan özellikleri ifade etmektedir. Farklı antioksidan kapasite belirleme metodlarının propolisin etanolik ekstraktlarının üzerine etkilerinin

incelendiği bir çalışmada FRAP yönteminde 2694,87 $\mu\text{mol Trolox/g}$, DPPH yönteminde 1230,7 $\mu\text{mol Trolox/g}$ ve ABTS yönteminde 1223 $\mu\text{mol Trolox/g}$ değerleri saptanmıştır (Skaba vd., 2013).

Aynı propolis numuneleri, fakat farklı metotların kullanılması sonucu bulunan sonuçlar propolisteki antioksidan kapasiteyle ilgili eşdeğer bir fikir üretmesine rağmen sayısal değişikliklerin olduğu gözlenmektedir. CUPRAC yöntemiyle EEP'nin antioksidan kapasitesi incelendiğinde antioksidan aktivitenin 2,57-4,15 $\mu\text{mol Trolox/g}$ olduğu belirlenmiştir (Yavuz, 2011).

Antioksidan kapasitenin belirlenmesinde tercih edilen yöntemlerin aynı, elde edilen bulguların farklı olmasının propolisle ilişkili faktörlerden (toplandığı bölgenin coğrafi konumu, iklimi, bitki örtüsü ve propolis çeşidi) kaynaklandığı belirtilmektedir. Aynı çözücü (etanol) kullanılarak propolisin antioksidan aktivitesi incelendiğinde propolisin çeşidine ve analiz yöntemlerine bağlı olarak farklılıkların olduğu görülmüştür. Bonvehí ve Gutiérrez (2011)'in gerçekleştirdiği çalışmada DPPH yöntemi kullanıldığında EEP'lerdeki antioksidan kapasitenin (148-291 mg AsA/g) propilen glükollü ekstraktındaki (PGEP) antioksidan kapasiteden (108-210 mg AsA/g) yüksek olduğu bulunmuştur. EEP'lerin ABTS ve FRAP metoduyla tespit edilen değerleri (560-1430 $\mu\text{mol Trolox/g}$, 2312-4669 $\mu\text{mol Fe}^{2+}$ sülfat/g), PGEP'lerin değerlerinden (420-940 $\mu\text{mol Trolox/g}$, 1573-4271 $\mu\text{mol Fe}^{2+}$ sülfat/g) önemli ölçüde farklı çıkmıştır (Bonvehi ve Gutiérrez, 2011).

Propolis ekstraktının hazırlanmasında yararlanılan farklı çözücülerin propolisteki antioksidan aktivite üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Çakıroğlu (2010) tarafından ABTS metodu ile gerçekleştirilen çalışmada dimetil sülfoksit (DMSO)'li propolis ekstraktının toplam antioksidan kapasitesinin (248,50 \pm 5,10 mmol T/100 g propolis), etanolik (233,08 \pm 1,99 mmol T/100 g propolis), gliserollü (159,82 \pm 5,73 mmol T/100 g propolis), asetonlu (157,52 \pm 11,06 mmol T/100 g propolis) ve sulu (15,38 \pm 5,39 mmol T/100 g propolis) ekstraktlarında tespit edilen toplam antioksidan kapasiteden daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Farklı coğrafi bölgelerden elde edilen propolislerin in vitro antioksidan aktivitelerini gösteren bazı çalışmaların özeti Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Propolisin in vitro antioksidan aktivitelerini gösteren bazı çalışmaların özeti

Coğrafik köken	Kullanılan ekstrakt	Kimyasal profil/ Temel Bileşen	Kullanılan metod	Anahtar sonuçlar	Referans
Malezya	Etanolik ekstrakt	-	DPPH ABTS FRAP	IC ₅₀ 206,27-2354,54 µg/mL (DPPH), 64,98-766,62 µg/mL (ABTS) saptanmıştır. Sonuçlar Trolox'a benzer bulunmuştur.	Asem vd., 2020
Venezüella	Etanolik ekstrakt	-	DPPH ABTS FRAP β- karoten ağartma	IC ₅₀ 39-221 µmol Gallik asit/g (DPPH), 52-429 µmol Trolox/g (ABTS), 206,27-304 µmol Askorbik asit/g (FRAP), antiradikal aktivite %20,75-83,24/mg bulunmuştur.	Mohtar vd., 2020
Yunanistan	Etanolik ekstrakt	Terpenoidler ve flavonoidler açısından zengin	DPPH ve ABTS	Flavonoid açısından zengin grup en yüksek antioksidan aktiviteyi göstermiştir.	Stavropoulou vd., 2020
İran	Etanolik, metanolik ve sulu ekstraktlar	-	DPPH	Propolisin metanolik ekstraktı en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olmuştur. Propolis, ayçiçeği yağının oksidasyonunu engellemiştir.	Esfandiarifard vd., 2021
Türkiye	Etanolik ekstrakt	Toplam fenolik içeriği 68,5 mg GAE/g ve 62,6 mg GAE/g olan propolis ekstraktları	DPPH FRAP	IC ₅₀ 0,14-0,16 mg/mL (DPPH), 38,4 mg TE/g ve 43,5 mg TE/g (FRAP) saptanmıştır. Örnekler arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Sonuçlar Trolox ile karşılaştırılabilir olmuştur.	Okuyan vd., 2020
Brezilya	Yeşil propolisten elde edilen esansiyel yağ ekstraktı	Karvakrol Asetofenon Spatulenol (<i>E</i>)-nerolidol β-karyofilen	DPPH ABTS	IC ₅₀ =23,48 µg/mL (DPPH), IC ₅₀ =32,18 µg/mL (ABTS), BHT'nin (pozitif kontrol) IC ₅₀ 'si 19,66 µg/mL bulunmuştur.	Quintiono vd., 2020
Nijerya	Etanolik ekstrakt	-	DPPH Demir iyonlarına	EC ₅₀ =0,80 mg/mL (0,02 mg/mL'lik bir EC ₅₀ 'ye sahip	Alaribe vd., 2020

Coğrafik köken	Kullanılan ekstrakt	Kimyasal profil/ Temel Bileşen	Kullanılan metot	Anahtar sonuçlar	Referans
			karşı şelatlama etkisi	askorbik asitle karşılaştırıldığında) $EC_{50}=1,84$ mg/mL (0,29 mg/mL'lik bir EC_{50} 'ye sahip EDTA ile karşılaştırıldığında)	
Endonezya	Etanolik ekstrakt	-	DPPH	IC_{50} 150,20-207,63 mg/L arasında değişmiştir.	Mulyati vd., 2020
Cezayir	Sulu ve Etanolik ekstraktlar (EAP ve EEP)	Toplam fenolik içerik 164,69 mg kafeik asit eşdeğeri/g (EAP), ve 155,078 mg kafeik asit eşdeğeri/g (EEP); Flavonoidler 9,839 mg kuersetin eşdeğeri/g (EAP), 5,758 mg kuersetin eşdeğeri/g (EEP)	DPPH	IC_{50} EAP için 0,0223 mg/mL ve EEP için 0,0194 mg/mL bulunmuştur. Antiradikal aktivite BHT'ninkinden daha büyük ($IC_{50}=0,0865$ mg/mL) saptanmıştır.	Soltani vd., 2020
Türkiye	Zeytinyağı ekstraktı	Kafeik asit fenil ester (CAPE), dimetoksi sinnamik asit, kafeik asit, ferulik asit, <i>p</i> -kumarik asit ve vanilin	Fosfomolibden DPPH	Kullanılan konsantrasyona göre değişen antioksidan aktivite %40 (v/v) konsantrasyonunda 27,39 mgAAE/g bulunmuştur. Anti-DPPH değeri %40 (v/v) konsantrasyonunda %82,21 saptanmıştır.	Silici ve Baysa, 2020

Yürütülen araştırmalar sonucunda propolisin antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde kullanılacak en etkili çözücünün DMSO bileşiği ve en etkin metodun ise ABTS yöntemi olduğu kanısına varılmıştır. Antioksidan ativitenin belirlenmesi metodunda DMSO'nun ardından en etkili çözücünün etanol olduğu saptanmıştır. DMSO ve etanol diğer çözücü bileşenlerle karşılaştırıldığında antioksidan aktivitenin belirlenmesinde belirgin farklılıkların oluşmasına sebep olmaktadır (Bakkaloğlu ve Arıcı, 2019).

5.1. Propolisin Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkili Bileşenler ve Oluşturdukları Sağlık Faydaları

Propolisin antioksidan aktivitesi içerdiği fenolik bileşiklerden ve flavonoidlerden kaynaklanmaktadır. Propolis flavonoidleri tarafından serbest radikallerin uzaklaştırılması, hasta bir doku veya organın rutin bir şekilde yenilenmesini sağlamaktadır (Nayaka vd., 2014).

Farklı botanik ve coğrafik orijine sahip propolislerle gerçekleştirilen bir araştırmada toplam polifenol konsantrasyonu ile antioksidan aktivitenin paralellik gösterdiği ortaya çıkmıştır. Polifenol içeriği daha yüksek olan kavak propolisindeki antioksidan aktivitenin, polifenol içeriği daha düşük olan Brezilya propolisindeki aktiviteden yüksek olduğu belirlenmiştir (Bogdanov ve Henry, 2012).

Propolisin hastalıkları önlemedeki etkniliğinin antioksidan aktivitesinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Moreno vd., 2000). Arjantin'de toplanan propolis ekstraktlarının serbest radikal süpürücü aktivitesi ile yüksek flavonoid içeriği arasında paralellik olduğu saptanmıştır (Russo vd., 2004).

Propolisin antioksidan aktivitesinin polen ve arı sütünün antioksidan aktivitesine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Düşük yoğunlukta (%5-10) önemli biyolojik aktiviteye sahip olan uçucu yağların ve serbest radikallere karşı antioksidan özellik gösteren fenolik bileşiklerin antioksidan etkiden sorumlu olduğu belirtilmiştir (Bogdanov ve Henry, 2012).

Özkök vd. (2021) tarafından yürütülen çalışmada propolisin standardizasyonu için standart antioksidan içeriğinin ve bileşen miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Türkiye'nin 23 farklı ilinden toplanan propolis numunelerinde toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktarı, CUPRAC metodu ile antioksidan kapasite içerikleri ve HPLC cihazı ile fenolik ve flavonoid bileşenlerinin çeşitliliği bulunmuştur. Ayrıca bu 23 ilin antioksidan kapasitelerine göre birbirlerine olan benzerlikleri ve farklılıkları çok boyutlu ölçeklendirme analizi ile araştırılmıştır. Propolis numunelerindeki toplam flavonoid içeriğinin; 21,28-152,56 mg CE/g, toplam fenolik madde içeriğinin; 34,53-259,4 mg GAE/g ve CUPRAC antioksidan kapasitesinin 95,35-710,43 mg TE/g arasında olduğu bulunmuştur. Yapılan çalışmanın Türk propolisini temsil eden maksimum sayıda örneğe sahip olunması, ulusal ve uluslararası propolis standart çalışmalarına yardımcı olacağı düşünülmüştür (Özkök vd., 2021).

Türkiye'nin 16 ilinden toplanan propolis örneklerinin antioksidan aktiviteleri ve toplam fenolik madde içerikleri ile ayçiçeği yağının oksidatif

stabilitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayçiçeği yağına 1000 ppm konsantrasyonda uygulanan Van'dan elde edilen propolis metanol özütlerinin peroksit değeri üretimini engellemede 200 ppm konsantrasyonda eklenen BHT'den daha etkili olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde, çoğu propolis özütü (1000 ppm), hızlandırılmış oksidasyon koşulları altında ayçiçeği yağında *p*-anisidin üretimine karşı antioksidan aktivite göstermiştir. Türk propolisinin güçlü antioksidan özelliklere sahip olduğu ve oksidasyonu geciktirdiği, katı ve sıvı yağların oksidasyonunu geciktirmek için gıda sektöründe ticari olarak kullanılabileceği belirlenmiştir (Baştürk ve Yavaş, 2024).

Muş, Ordu, Manisa ve Iğdır şehirlerinden elde edilen propolis örneklerinin kimyasal içerikleri, antiglokem ve antioksidan aktivitesi incelendiğinde propolis ekstraktlarında toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriğinin yüksek olduğu, Ordu propolis örneğinin en zengin fenolik (492,3±5,8 mg GAE/g) ve flavonoid (96,1±2,1 mg QE/g) içeriğine sahip olduğu bulunmuştur (İzol vd., 2024).

Toplam fenolik madde miktarı Berdav propolisinde 53 mg GAE/g (30), Çin propolisinde 132,1 mg GAE/g, Brezilya propolisinde 126,8 mg GAE/g, Avusturya propolisinde 142 mg GAE/g (Wang vd., 2016), Litvanya propolisinde 95-195 mg GAE/g (Stanciauskaite vd., 2021) ve Portekiz propolisinde 151 mg GAE/g ve 329 mg GAE/g (Moreira vd., 2008) olarak bulunmuştur. Anadolu propolisinin araştırıldığı çalışmada, 20 farklı propolis örneğindeki toplam fenolik madde miktarı ortalama 147,2 mg GAE/g ve toplam flavonoid madde miktarı ortalama 30,5 mg QE/g olarak saptanmıştır (Kolaylı vd., 2023).

Propolis örneklerinin antioksidan aktivitesini değerlendirmede indirgeyici potansiyelleri analiz etmek için CUPRAC, FRAP ve Fe³⁺ indirgeyici yetenek yöntemleri ve radikal süpürücü özellikler için ABTS ve DPPH yöntemleri kullanıldığında Ordu propolisinin ferrik iyon indirgeme potansiyelinin diğer üç propolis örneğinden (Muş, Manisa ve Iğdır), hatta standartlardan bile daha yüksek olduğu, hem Iğdır hem de Muş propolis örneklerinin numuneler ve standartlar arasında en düşük indirgeyici kabiliyete sahip olduğu tespit edilmiştir (İzol vd., 2024). Ordu propolisi, ABTS ve DPPH yöntemlerine göre Berdav propolisine göre (Wang vd., 2016) daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olurken, diğer yöntemlere göre daha düşük aktivite göstermiştir. Bu farklılığın nedeni antioksidan aktivite üzerinde önemli etkiye sahip olan fenolik bileşiklerin örneklerde farklı oranda bulunmasına bağlanmıştır (İzol vd., 2024).

Propolis ekstraktlarının fitokimyasal içeriği 53 farklı fenolik, flavonoid ve organik asit bileşeni ile tarandığında 35 bileşen kantitatif olarak belirlenirken, diğer bileşenler belirlenme sınırının altında olduğu için tespit edilememiştir. Akasetin bileşeninin en yüksek konsantrasyonu (123,824 mg analit/g ekstrakt) Iğdır örneğinde saptanmış, diğer üç propolis örneğinde (Muş, Ordu ve Manisa) de akasetin en yüksek konsantrasyona sahip olmuştur (İzol vd., 2024). Flavon türevi ve biyoaktif bir bileşen olan akasetin (5,7-dihidroksi-40-metoksiflavon)'in güçlü antienflamatuar, antioksidan ve antikanser aktivitelerine sahip olduğu bildirilmiştir (Singh vd., 2020; Ghanbari vd., 2022).

Propolis ekstraktlarında akasetinden başka kafeik asit, *p*-kumarik asit, krisin, kuersetin, kinik asit, kamferol, naringenin, apigenin, vanilik asit ve kuersitrin bileşenleri de önemli miktarlarda tespit edilmiştir (İzol vd., 2024). *p*-kumarik asit, antioksidan, antikanser, antivirüs, antienflamatuar, antimikrobiyal, antidiyabetik ve antihiperlipidemi gibi çeşitli biyolojik aktiviteler gösteren temel bir biyoaktif fitokimyasaldır (Pei vd., 2016; Shen vd., 2019).

Kafeik asitin biyolojik aktivitelerinin antitümör, antioksidan, antifibrotik, antihipertansif ve antivirüs olduğu belirlenmiştir (Gülçin, 2006; Sato vd., 2011; Spagnol vd., 2019).

Bitkilerde, balda ve propoliste doğal olarak bulunan bir flavon bileşiği olan krisin (5,7-dihidroksiflavon)'in biyolojik aktiviteleri arasında antioksidan, antienflamatuar, antikanser ve antiviral etkiler bulunur ve ayrıca, biyoyararlanımı üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Deldar vd., 2018; Mani ve Natesan, 2018).

Fenolik asitlerden biri olan kinik asit önemli bir fitokimyasaldır ve biyolojik aktiviteleri antikanser, antioksidan, antienflamatuar, antihepatit, antiviral ve antidiyabetik etkileri içerir (Karaman vd., 2021).

Doğal ürünlerde bulunan, acımsı bir tada sahip olan, flavonoid sınıfındaki kuersetin antienflamatuar, antiobezite, antioksidan ve antiviral özellikleri nedeniyle yaygın olarak önerilmektedir (Xu vd., 2019; Ay vd., 2021).

Naringenin (4',5,7-trihidroksiflavanon), flavonoid sınıfının bir alt sınıfı olan flavanon yapısındaki bir moleküldür. Molekülün antioksidan, antibakteriyel, antikanser, antiviral, antidiyabetik, antimikrobiyal, antiobezite, gastroprotektif, immünomodülatör, kardiyoprotektif, nefroprotektif, nöroprotektif ve antifungal özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Salehi vd., 2019; Uçar ve Göktaş, 2023).

Flavonoid sınıfında bir bileşen olan apigenin (4',5,7-trihidroksiflavon) alzheimer hastalığı karşıtı potansiyelinin yanı sıra birçok biyolojik aktiviteye sahip bir bileşendir. Antitümör, kardiyovasküler sistem, karaciğer, solunum sistemi, endokrin sistem, merkezi sinir sistemi, kemik ve eklem üzerinde etkileri olduğu belirlenmiştir (Choi vd., 2014; Zhou vd., 2017; Salehi vd., 2019).

Flavonoidlerde doğal olarak oluşan bir flavonol olan kamferolün biyolojik aktiviteleri arasında antioksidan, antimikrobiyal, antikanser, nöroprotektif, hepatoprotektif ve kardiyoprotektif özellikler bulunur (Kim ve Park, 2020; Bangar vd., 2023).

Çeşitli gıda kaynaklarında ve tıbbi bitkilerde bulunan fenolik asit sınıfındaki bir molekül olan vanilik asit (4-hidroksi-3-metoksibenzoik asit) antioksidan, antikanser, antiobezite, antidiyabetik, antibakteriyel, antienflamatuvar, nörodejeneratif, kardiyovasküler ve hepatik etkilere sahiptir (Sharma vd., 2020; Kaur vd., 2022).

Kuersitrin (kuersetin-3-O-ramnozid), flavonoid sınıfında önemli bir doğal bileşendir ve antibakteriyel, antioksidatif stres, antienflamatuvar, immünomodülasyon, analjezik, yara iyileşmesi ve vazodilatasyon gibi biyoaktivite özellikleri belirlenmiştir (Hardiyanti vd., 2019; Chen vd., 2022).

Propolis örneklerinde bu biyoaktif bileşenlerin varlığı, propolisin biyoaktif fenolik ve flavonoid moleküllerinin doğal bir kaynağı olabileceğini göstermiştir. Ayrıca, propolisin yüksek antioksidan özelliklerinin içerdiği biyoaktif bileşenlerden kaynaklandığı gözlemlenmiştir (İzol vd., 2024).

Bitlis ilinden toplanan propolis ekstraktlarının fitokimyasal içeriğinin zengin olduğu (31 adet) bulunmuştur. Kantitatif olarak, propoliste en yüksek konsantrasyonda akasetin (23,604 mg analit/g özüt) bileşeni belirlenmiştir. Akasetinin yanında, Bitlis propolisinde bulunan önemli biyoaktif fitokimyasallar; kamferol (1,286 mg/g), kafeik asit (1,839 mg/g), *p*-kumarik asit (2,735 mg/g), krisin (3,613 mg/g), ferulik asit (4,378 mg/g), kinik asit (4,89 mg/g) ve naringenin (6,56 mg/g) olarak saptanmıştır (İzol ve Turhan, 2024).

Ferulik asit güçlü bir membran antioksidanı olarak bilinir ve gıdalarda lipit peroksidasyonunu önlemek için kullanılır. Yapısındaki fenoksi ve hidroksi grupları serbest radikalleri uzaklaştırır ve böylece hastalıklara karşı terapotik etkiler gösterir (Srinivasan vd., 2007).

Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilen propolis örneklerinden elde edilen etanollü propolis ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriği 88,7-261,1 mg GAE/g, toplam flavonoid içeriği ise 37,5-150,4 mg QE/g olarak

belirlenmiştir (Baltas vd., 2016). Farklı bir çalışmada, sulu propolis ekstraktının toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriği sırasıyla 124,3 mg GAE/g ve 8,15 mg QE/g olarak belirlenmiştir (Gülçin vd., 2010).

Bitlis propolisinin toplam fenolik madde içeriği 215,14 mg GAE/g olarak bulunduğu (İzol ve Turhan, 2024) farklı yerlerden elde edilen propolislere (Kumazawa vd., 2004; Choi vd., 2006; Kumazawa vd., 2010; Aygul vd., 2016) göre daha fazla fenolik madde içerdiği saptanmıştır. Bitlis propolisinin flavonoid içeriğinin (İzol ve Turhan, 2024) Yalova propolisinden (Mergen Duymaz vd., 2024) daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Bitlis ilinden toplanan propolisin antioksidan aktiviteleri (toplam fenolik ve flavonoid, Cu^{2+} (CUPRAC), Fe^{3+} , Fe^{3+} -TPTZ (FRAP) indirgeyici ve $ABTS^{+}$, DPPH[•] süpürücü analizleri) belirlendiğinde Bitlis propolisinin Berdav propolisine (Wang vd., 2016) göre biraz daha yüksek antioksidan özellik gösterdiği, enzim inhibisyon sonuçlarının birbirine yakın olduğu görülmüştür (İzol ve Turhan, 2024). Bitlis propolisinin antioksidan aktivitesinin Erzurum propolisinden (Gülçin vd., 2010), Nijerya propolisinden (Balogun ve Liu, 2023) daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (İzol ve Turan, 2024).

Bitlis propolisinin hCA I, hCA II, AChE, BChE ve α -glukozidaz enzim inhibisyonu özelliğinin belirlenmesi nedeniyle bu propolisin antihipertansiyon, antiglukom, antidiyabet ve antikolinergik potansiyeli olduğu belirtilmiştir (İzol ve Turhan, 2024).

Sonuç

Propolis, arılar tarafından çiçeklerden, dallardan, polenlerden ve ağaç eksüdalarından toplanan reçineli ve balzamik malzemeden yapılan karmaşık bir fito-bileşiktir. Polifenoller, özellikle flavonoidler ve fenolik asitler bakımından zengin olan propolis in vitro ve in vivo çalışmalarda gösterilen önemli antioksidan, antiviral, antibakteriyel, antifungal ve antiparazitik özelliklere sahiptir. Propolis flavonoidlerin yanı sıra aromatik asitler ve esterler, aldehitler ve ketonlar, terpenoidler ve fenilpropanoidler, steroidler, amino asitler, polisakkaritler ve diğer birçok organik ve inorganik bileşiği de içerir. Bununla birlikte, propolisin bileşimi coğrafi bölgeye ve arıların nektarlarını çıkardıkları bitkilere bağlı olarak oldukça değişkendir. İmmünomodülatör, antiviral, antibakteriyel, antifungal ve antiparazitik özellikleri dahil olmak üzere sağlığı geliştirici bir ajan olarak ünlenmesi nedeniyle dünyanın çeşitli yerlerinde yaygın olarak tüketilen bir arı ürünüdür.

Kontrollü, randomize klinik çalışmalarda, propolisin hastanede yatan, zorlu bağışıklık ve inflamatuvar olayları teşvik eden Covid-19 (SARS-CoV-2) hastaları üzerinde klinik faydalar sağladığı belirlenmiştir. Propolis türevi fenolikler, özellikle izopentil ferulat, influenza virüsü A/PR/8/34 (H1N1)'e ve H3N2 influenza A'ya karşı güçlü antiviral aktivite sergilemiştir. Propolis, H9 lenfoblastoid hücre hatlarında HIV aktivitesinin inhibisyonunu sağlamıştır. Propolis türevi fenolikler sadece anti-HIV ile değil aynı zamanda antiherpetik aktivite ile de ilişkilendirilmiştir.

Propolisin antibakteriyel özelliği birçok araştırmayla belgelenmiştir. Propolisin Gram (+) bakterilere karşı Gram (-) bakterilerden daha fazla antimikrobiyal aktivite sergilediği gözlenmiştir. Yine, antimikrobiyal özellik propoliste bulunan fenolik bileşiklere atfedilmektedir. Biyokimyasal yolların yanı sıra, propolisin antibakteriyel aktivitesine katkıda bulunabilecek fiziksel bir mekanizma bulunmaktadır. Bu mekanizma elektrokinetik sürece dayanır ve propolisin birçok kimyasal bileşenine özgü negatif yüklü fonksiyonel grupların varlığına bağlıdır. Propolis bir yüzeyde biriktiğinde, koloidal partikülleri etkili bir şekilde dışlayan dışlama bölgeleri (EZ) oluşturmak için bir su tabakası ile birleşir. Bu nedenle, propolisin EZ şeklinde fiziksel bir bariyer oluşturarak patojenlerin yüzeye (örneğin solunum epiteli) erişmesini önleyebileceği öne sürülmüştür.

Propolis özütleri, çeşitli mantar ve maya türlerine karşı mükemmel aktivite göstermiştir. Propolisin gösterdiği antifungal aktivitenin esasen RAS GTPaz sinyali ve metakaspaz yoluyla apoptoz mekanizmasını indüklemeye yeteneğinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Propolisin hücre dışı ve hücre içi farklı türdeki patojenik protozoonlar üzerinde antiparazitik etki gösterdiği gözlenmiştir. Paraziteminin propolis tarafından azaltılmasının doza bağlı olduğu görülmüştür. Propoliste sıklıkla bulunan fenolik bileşikler rosmarinik asit ve apigenin, antiparazitik aktivite üretmek için protozoon parazitlerde hücre lizisi, nükleer DNA agregasyonu, sitoplazmik kinetoplast ve yoğunlaşma şeklinde fiziksel hasarlar oluşturur.

Propolisin içerdiği yüksek fenolik bileşen ve flavonoid içeriğinin antioksidan aktivitesini geliştirdiği, birçok biyoaktiviteye (antikanser, antiinflamatuvar, antiobezite, antidiyabetik, antiglokoma, antihipertansiyon, antikolinergik) sahip olması sebebiyle serbest radikalleri uzaklaştırarak hastalıklara karşı terapötik etkiler gösterdiği gözlenmiştir.

Farklı coğrafyalardan alınan propolis örneklerinin farklı biyolojik aktiviteye ve farklı kimyasal içeriğe sahip olduğu anlaşılmıştır. Propolislerin antioksidan aktiviteleri, enzim inhibisyon özellikleri ve kimyasal

içeriklerindeki farklılıkların nedenlerinin bitki florası, iklim yapısı, arı sağlığı, ekstraksiyon yöntemi ve sıcaklık koşulları olabileceği belirtilmektedir.

Propolisin bileşimi bölgeden bölgeye ve propolis toplamak için kullanılan arı türlerine göre değiştiğinden, gelecekte apiterapide kullanım potansiyeline sahip propolis özütlerinin standartlaştırılmasına ihtiyaç vardır. Ayrıca, propoliste sayısız bileşik bulunduğundan, propolisin biyolojik aktivitesinin değerlendirilmesi için standart testlerin geliştirilmesi de oldukça elzemdir.

KAYNAKÇA

- Aboulghazi, A., Bakour, M., Fadil, M., & Lyoussi, B. (2022). Simultaneous optimization of extraction yield, phenolic compounds and antioxidant activity of Moroccan propolis extracts: improvement of ultrasound-assisted technique using response surface methodology. *Processes*, 10(2), 297.
- Afrouzan, H., Zakeri, S., Mehrizi, A. A., Molasalehi, S., Tahghighi, A., Shokrgozar, M. A., ... & Djadid, N. D. (2017). Anti-plasmodial assessment of four different Iranian propolis extracts. *Archives of Iranian Medicine*, 20(5), 270-281.
- Agüero, M. B., Gonzalez, M., Lima, B., Svetaz, L., Sánchez, M., Zacchino, S., ... & Tapia, A. (2010). Argentinean propolis from *Zuccagnia punctata* Cav. (Caesalpinieae) exudates: phytochemical characterization and antifungal activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 194-201.
- Ahn, M. R., Kumazawa, S., Usui, Y., Nakamura, J., Matsuka, M., Zhu, F., & Nakayama, T. (2007). Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of China. *Food Chemistry*, 101(4), 1383-1392.
- Airen, B., Sarkar, P. A., Tomar, U., & Bishen, K. A. (2018). Antibacterial effect of propolis derived from tribal region on *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus acidophilus*: an in vitro study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 36(1), 48-52.
- Akilandeswari, K., & Ruckmani, K. (2016). Synergistic antibacterial effect of apigenin with β -lactam antibiotics and modulation of bacterial resistance by a possible membrane effect against methicillin resistant *Staphylococcus aureus*. *Cellular and Molecular Biology*, 62(14), 74-82.
- Alaribe, C. S., Oladipupo, A. R., Kanu, N. U., & Rastrelli, L. (2020). In vitro antioxidant activity of a Nigerian propolis and its investigation on sickle red blood cells. *Ethiopian Pharmaceutical Journal*, 36(1), 61-66.
- Aldemir, O., Yıldırım, H. K., & Sözmen, E. Y. (2015). Propolis: Arılardan Gelen Sağlık. Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Kitapları Serisi, 1. Baskı, İzmir.
- AlGabbani, Q., Mansour, L., Elnakady, Y. A., Al-Quraishy, S., Alomar, S., Al-Shaebi, E. M., & Abdel-Baki, A. A. S. (2017). In vivo assessment of the antimalarial and spleen-protective activities of the Saudi propolis methanolic extract. *Parasitology Research*, 116, 539-547.

- Almuhayawi, M. S. (2020). Propolis as a novel antibacterial agent. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(11), 3079-3086.
- Amoros, M., Simões, C. M. O., Girre, L., Sauvager, F., & Cormier, M. (1992). Synergistic effect of flavones and flavonols against herpes simplex virus type 1 in cell culture. Comparison with the antiviral activity of propolis. *Journal of Natural Products*, 55(12), 1732-1740.
- Antwi, C. A., Amisigo, C. M., Adjimani, J. P., & Gwira, T. M. (2019). In vitro activity and mode of action of phenolic compounds on *Leishmania donovani*. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(2), e0007206.
- Arikan, H. K., & Solak, H. H. (2017). Propolis extract-PVA nanocomposites of textile design: antimicrobial effect on gram positive and negative bacterias. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(3, Special Issue 1), 218-224.
- Aryaei, R., & Pakzad, P. (2018). Evaluation of the antibacterial activity of Iranian propolis on the strains of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *Amazonia Investiga*, 7(14), 5-10.
- Asem, N., Abdul Gapar, N. A., Abd Hapit, N. H., & Omar, E. A. (2020). Correlation between total phenolic and flavonoid contents with antioxidant activity of Malaysian stingless bee propolis extract. *Journal of Apicultural Research*, 59(4), 437-442.
- Ay, M., Charli, A., Jin H., Anantharam, V., Kanthasamy, A., & Kanthasamy, A. G. (2021). Quercetin. In *Nutraceuticals* (pp. 749-755), Academic Press.
- Aygul, I., Yaylaci Karahalil, F., & Supuran, C. T. (2016). Investigation of the inhibitory properties of some phenolic standards and bee products against human carbonic anhydrase I and II. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 31(sup4), 119-124.
- Bakkaloglu, Z., Arici, M., & Karasu, S. (2021). Optimization of ultrasound-assisted extraction of Turkish propolis and characterization of phenolic profile, antioxidant and antimicrobial activity. *Food Science and Technology*, 41(3), 687-695.
- Bakkaloğlu, Z., & Arıcı, M. (2019). Farklı çözücülerle propolis ekstraksiyonunun toplam fenolik içeriği, antioksidan kapasite ve antimikrobiyal aktivite üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 17(4), 538-545.
- Balogun, O. S., & Liu, Z. (2023). Chemical constituents, free radical scavenging and enzyme inhibitory potential of selected Nigerian bee (*Apis mellifera*) propolis. *Ife Journal of Science*, 25(1), 115-125.

- Baltas, N., Yildiz, O., & Kolayli, S. (2016). Inhibition properties of propolis extracts to some clinically important enzymes. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 31(sup1), 52-55.
- Bangar, S. P., Chaudhary, V., Sharma, N., Bansal, V., Ozogul, F., & Lorenzo J. M. (2023). Kaempferol: a flavonoid with wider biological activities and its applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(28), 9580-9604.
- Bankova, V. S., de Castro, S. L., & Marcucci, M. C. (2000). Propolis: recent advances in chemistry and plant origin. *Apidologie*, 31(1), 3-15.
- Bankova, V., Galabov, A. S., Antonova, D., Vilhelmova, N., & Di Perri, B. (2014). Chemical composition of Propolis Extract ACF® and activity against herpes simplex virus. *Phytomedicine*, 21(11), 1432-1438.
- Banskota, A. H., Tezuka, Y., & Kadota, S. (2001). Recent progress in pharmacological research of propolis. *Phytotherapy Research*, 15(7), 561-571.
- Baştürk, A., & Yavaş, B. (2024). Improving sunflower oil stability with propolis: A study on antioxidative effects of Turkish propolis during accelerated oxidation. *Journal of Food Science*, 2024, 1-20.
- Ecem-Bayram, N., & Gercek, Y. (2019). Appropriate maceration duration for the extraction of propolis. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28, 188-192.
- Becerra, T. B., Calla-Poma, R. D., Requena-Mendizabal, M. F., & Millones-Gómez, P. A. (2019). Antibacterial effect of Peruvian propolis collected during different seasons on the growth of *Streptococcus mutans*. *The Open Dentistry Journal*, 13(1), 327-331.
- Benkovic, V., Knezevic, H. A., Brozovic, G., Knezevic, F., Dikici, D., Bevanda, M., Basic, I., Orsolcic, N. (2007). Enhanced antitumor activity of irinotecan combined with propolis and its polyphenolic compounds on ehrlich ascites tumor in mice. *Biomed & Pharmacotherapy*, 61(5), 292-297.
- Bero, J., Beaufay, C., Hannaert, V., Hérent, M. F., Michels, P. A., & Quetin-Leclercq, J. (2013). Antitrypanosomal compounds from the essential oil and extracts of *Keetia leucantha* leaves with inhibitor activity on *Trypanosoma brucei* glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase. *Phytomedicine*, 20(3-4), 270-274.
- Bogdanov, S., & Henry K. (2012). Propolis: composition, health, medicine: a review. *Bee Product Science*, 1-35.

- Boisard, S., Le Ray, A. M., Landreau, A., Kempf, M., Cassisa, V., Flurin, C., & Richomme, P. (2015). Antifungal and antibacterial metabolites from a French poplar type propolis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015(1), 319240.
- Bolaños, V., Díaz-Martínez, A., Soto, J., Marchat, L. A., Sanchez-Monroy, V., & Ramírez-Moreno, E. (2015). Kaempferol inhibits *Entamoeba histolytica* growth by altering cytoskeletal functions. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 204(1), 16-25.
- Bolaños, V., Díaz-Martínez, A., Soto, J., Rodríguez, M. A., López-Camarillo, C., Marchat, L. A., & Ramírez-Moreno, E. (2014). The flavonoid (-)-epicatechin affects cytoskeleton proteins and functions in *Entamoeba histolytica*. *Journal of Proteomics*, 111, 74-85.
- Bonvehí, J. S., & Gutiérrez, A. L. (2011). Antioxidant activity and total phenolics of propolis from the Basque Country (Northeastern Spain). *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(9), 1387-1395.
- Boyanova, L., Kolarov, R., Gergova, G., & Mitov, I. (2006). In vitro activity of Bulgarian propolis against 94 clinical isolates of anaerobic bacteria. *Anaerobe*, 12(4), 173-177.
- Bridi, R., Montenegro, G., Nuñez-Quijada, G., Giordano, A., Fernanda Morán-Romero, M., Jara-Pezoa, I., ... & López-Alarcón, C. (2015). International regulations of propolis quality: required assays do not necessarily reflect their polyphenolic-related in vitro activities. *Journal of Food Science*, 80(6), C1188-C1195.
- Bucio-Villalobos, C. M., & Martínez-Jaime, O. A. (2017). Actividad antibacteriana de un extracto acuoso de propóleo del municipio de Irapuato, Guanajuato, México. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 223-227.
- Búfalo, M. C., Figueiredo, A. S., De Sousa, J. P. B., Candeias, J. M. G., Bastos, J. K., & Sforcin, J. M. (2009). Anti-poliovirus activity of *Baccharis dracunculifolia* and propolis by cell viability determination and real-time PCR. *Journal of Applied Microbiology*, 107(5), 1669-1680.
- Chen, J., Li, G., Sun, C., Peng, F., Yu, L., Chen, Y., ... & Peng, C. (2022). Chemistry, pharmacokinetics, pharmacological activities, and toxicity of Quercitrin. *Phytotherapy Research*, 36(4), 1545-1575.
- Cheng, Y., & Moraru, C. I. (2018). Long-range interactions keep bacterial cells from liquid-solid interfaces: evidence of a bacteria exclusion zone

- near Nafion surfaces and possible implications for bacterial attachment. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 162, 16-24.
- Choi, J. S., Nurul Islam M., Yousof Ali M., Kim E. J., Kim Y. M., & Jung H. A. (2014). Effects of c-glycosylation on anti-diabetic, anti-alzheimer's disease and anti-inflammatory potential of apigenin. *Food and Chemical Toxicology*, 64, 27-33.
- Choi, Y. M., Noh, D. O., Cho, S. Y., Suh, H. J., Kim, K. M., & Kim, J. M. (2006). Antioxidant and antimicrobial activities of propolis from several regions of Korea. *LWT-Food Science and Technology*, 39(7), 756-761.
- Chong, F. C., & Chua, L. S. (2020). Effects of solvent and pH on stingless bee propolis in ultrasound-assisted extraction. *AgriEngineering*, 2(2), 308-316.
- Coelho, G. R., Mendonça, R. Z., Vilar, K. D. S., Figueiredo, C. A., Badari, J. C., Taniwaki, N., ... & Negri, G. (2015). Antiviral action of hydromethanolic extract of geopropolis from *Scaptotrigona postica* against antihherpes simplex virus (HSV-1). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015(1), 296086.
- Çakıroğlu, T. N. (2010). Çeşitli çözücülerde Türk propolisinin çözünlülüğünün incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- da Silva Bortoleti, B. T., Tomiotto-Pellissier, F., Gonçaves, M. D., Miranda-Sapla, M. M., Assolini, J. P., Carloto, A. C., ... & Pavanelli, W. R. (2019). Caffeic acid has antipromastigote activity by apoptosis-like process; and anti-amastigote by TNF- α /ROS/NO production and decreased of iron availability. *Phytomedicine*, 57, 262-270.
- Dabbagh-Bazarbachi, H., Clergeaud, G., Quesada, I. M., Ortiz, M., O'Sullivan, C. K., & Fernández-Larrea, J. B. (2014). Zinc ionophore activity of quercetin and epigallocatechin-gallate: from Hepa 1-6 cells to a liposome model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(32), 8085-8093.
- Dantas Silva, R. P., Machado, B. A. S., Barreto, G. D. A., Costa, S. S., Andrade, L. N., Amaral, R. G., ... & Umsza-Guez, M. A. (2017). Antioxidant, antimicrobial, antiparasitic, and cytotoxic properties of various Brazilian propolis extracts. *PLoS One*, 12(3), e0172585.
- Debiaggi, M., Tateo, F., & Pagani, L. (1990). Effets des flavonoïdes propolis sur l'infektivité et la réplication du virus. *Microbiologica*, 13(3), 207-213.

- de Castro, P. A., Bom, V. L. P., Brown, N. A., de Almeida, R. S. C., Ramalho, L. N. Z., Savoldi, M., ... & Goldman, G. H. (2013). Identification of the cell targets important for propolis-induced cell death in *Candida albicans*. *Fungal Genetics and Biology*, 60, 74-86.
- de Pablos, L. M., González, G., Rodrigues, R., Garcia Granados, A., Parra, A., & Osuna, A. (2010). Action of a pentacyclic triterpenoid, maslinic acid, against *Toxoplasma gondii*. *Journal of Natural Products*, 73(5), 831-834.
- Deldar, Y., Pilehvar-Soltanahmadi, Y., Dadashpour, M., Montazer Saheb, S., Rahmati-Yamchi, M., & Zarghami, N. (2018). An in vitro examination of the antioxidant, cytoprotective and anti-inflammatory properties of chrysin-loaded nanofibrous mats for potential wound healing applications. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 46(4), 706-716.
- Dewi, L. K., Sahlan, M., Pratami, D. K., Agus, A., & Sabir, A. (2021). Identifying propolis compounds potential to be Covid-19 therapies by targeting SARS-CoV-2 main protease. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 13(special issue 2), 103-110.
- Dias, L. G., Pereira, A. P., & Estevinho, L. M. (2012). Comparative study of different Portuguese samples of propolis: pollinic, sensorial, physicochemical, microbiological characterization and antibacterial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 50(12), 4246-4253.
- Dota, K. F. D., Consolaro, M. E. L., Svidzinski, T. I. E., & Bruschi, M. L. (2011). Antifungal activity of Brazilian propolis microparticles against yeasts isolated from vulvovaginal candidiasis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011(1), 201953.
- Embley, M., der Giezen, M. V., Horner, D. S., Dyal, P. L., & Foster, P. (2003). Mitochondria and hydrogenosomes are two forms of the same fundamental organelle. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358(1429), 191-203.
- Esfandiarifard, M. (2021). Study on the antioxidant activity of propolis extract and its effect on the oxidation of sunflower oil. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 17(107), 119-130.
- Eumkeb, G., & Chukrathok, S. (2013). Synergistic activity and mechanism of action of ceftazidime and apigenin combination against ceftazidime-resistant *Enterobacter cloacae*. *Phytomedicine*, 20(3-4), 262-269.
- Falcão, S. I., Vale, N., Cos, P., Gomes, P., Freire, C., Maes, L., & Vilas-Boas, M. (2014). In vitro evaluation of Portuguese propolis and floral sources

- for antiprotozoal, antibacterial and antifungal activity. *Phytotherapy Research*, 28(3), 437-443.
- Farag, M. R., Abdelnour, S. A., Patra, A. K., Dhama, K., Dawood, M. A., Elnesr, S. S., & Alagawany, M. (2021). Propolis: properties and composition, health benefits and applications in fish nutrition. *Fish & Shellfish Immunology*, 115, 179-188.
- Fonseca-Silva, F., Canto-Cavalheiro, M. M., Menna-Barreto, R. F., & Almeida-Amaral, E. E. (2015). Effect of Apigenin on *Leishmania amazonensis* is associated with reactive oxygen species production followed by mitochondrial dysfunction. *Journal of Natural Products*, 78(4), 880-884.
- Fonseca-Silva, F., Inacio, J. D., Canto-Cavalheiro, M. M., & Almeida-Amaral, E. E. (2011). Reactive oxygen species production and mitochondrial dysfunction contribute to quercetin induced death in *Leishmania amazonensis*. *Plos One*, 6(2), e14666.
- Funari, C. S., Sutton, A. T., Carneiro, R. L., Fraige, K., Cavalheiro, A. J., da Silva Bolzani, V., ... & Arrua, R. D. (2019). Natural deep eutectic solvents and aqueous solutions as an alternative extraction media for propolis. *Food Research International*, 125, 108559.
- Gajger, I. T., Pavlović, I., Bojić, M., Kosalec, I., Srećec, S., Vlainić, T., & Vlainić, J. (2017). Components responsible for antimicrobial activity of propolis from continental and Mediterranean regions in Croatian. *Czech Journal of Food Sciences*, 35(5), 376-385.
- Gekker, G., Hu, S., Spivak, M., Lokensgard, J. R., & Peterson, P. K. (2005). Anti-HIV-1 activity of propolis in CD4⁺ lymphocyte and microglial cell cultures. *Journal of Ethnopharmacology*, 102(2), 158-163.
- Ghaly, M. F., Ezzat, S. M., & Sarhan, M. M. (1998). Use of propolis and ultrariseofulvin to inhibit aflatoxigenic fungi. *Folia Microbiologica*, 43, 156-160.
- Ghanbari A., Jalili C., Abdolmaleki A., & Shokri V. (2022). Effects of cisplatin and acacetin on total antioxidant status, apoptosis and expression of OCTN3 in mouse testis. *Biotechnic & Histochemistry*, 97(3), 185-191.
- Gonsales, G. Z., Orsi, R. O., Fernandes Júnior, A., Rodrigues, P., & Funari, S. R. C. (2006). Antibacterial activity of propolis collected in different regions of Brazil. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, 12, 276-284.

- Gressler, L. T., Da Silva, A. S., Machado, G., Dalla Rosa, L., Dorneles, F., Gressler, L. T., ... & Monteiro, S. G. (2012). Susceptibility of *Trypanosoma evansi* to propolis extract in vitro and in experimentally infected rats. *Research in Veterinary Science*, 93(3), 1314-1317.
- Guz, N. R., Stermitz, F. R., Johnson, J. B., Beeson, T. D., Willen, S., Hsiang, J. F., & Lewis, K. (2001). Flavonolignan and flavone inhibitors of a *Staphylococcus aureus* multidrug resistance pump: structure-activity relationships. *Journal of Medicinal Chemistry*, 44(2), 261-268.
- Gülçin, İ. (2006). Antioxidant activity of caffeic acid (3, 4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicology*, 217(2-3), 213-220.
- Gülçin, I., Bursal, E., Şehitoğlu, M. H., Bilsel, M., & Gören, A. C. (2010). Polyphenol contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9), 2227-2238.
- Halder, S., Yadav, K. K., Sarkar, R., Mukherjee, S., Saha, P., Haldar, S., ... & Sen, T. (2015). Alteration of Zeta potential and membrane permeability in bacteria: a study with cationic agents. *SpringerPlus*, 4, 1-14.
- Hamzah, N., & Leo, C. P. (2015). Microwave-assisted extraction of Trigona propolis: the effects of processing parameters. *International Journal of Food Engineering*, 11(6), 861-870.
- Hardiyanti, R., Marpaung, L., Adnyana, I. K., & Simanjuntak, P. (2019). Isolation of quercitrin from *Dendrophthoe pentandra* (L.) miq leaves and its antioxidant and antibacterial activities. *Rasayan Journal of Chemistry*, 12(4), 1822-1827.
- Harisna, A. H., Nurdiansyah, R., Syaifie, P. H., Nugroho, D. W., Saputro, K. E., Prakoso, C. D., ... & Mardiyati, E. (2021). In silico investigation of potential inhibitors to main protease and spike protein of SARS-CoV-2 in propolis. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 26, 100969.
- Hochheim, S., Guedes, A., Faccin-Galhardi, L., Rechenchoski, D. Z., Nozawa, C., Linhares, R. E., ... & Cordova, C. M. M. D. (2019). Determination of phenolic profile by HPLC-ESI-MS/MS, antioxidant activity, in vitro cytotoxicity and anti-herpetic activity of propolis from the Brazilian native bee *Melipona quadrifasciata*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 29(3), 339-350.
- Huang, S., Zhang, C. P., Wang, K., Li, G. Q., & Hu, F. L. (2014). Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules*, 19(12), 19610-19632.

- Ito, J., Chang, F. R., Wang, H. K., Park, Y. K., Ikegaki, M., Kilgore, N., & Lee, K. H. (2001). Anti-AIDS agents. 48. Anti-HIV activity of moronic acid derivatives and the new melliferone-related triterpenoid isolated from Brazilian propolis. *Journal of Natural Products*, 64(10), 1278-1281.
- İzol, E., & Turhan, M. (2024). In-depth phytochemical profile by LC-MS/MS, mineral content by ICP-MS, and in-vitro antioxidant, antidiabetic, antiepilepsy, anticholinergic, and antiglaucoma properties of Bitlis propolis. *Life*, 14(11), 1389.
- İzol, E., Bursal, E., Yapıcı, İ., Abdullah Yılmaz, M., Yılmaz, İ., & Gülçin, İ. (2024). Chemical content by LC-MS/MS, antiglaucoma, and antioxidant activity of propolis samples from different regions of Türkiye. *Journal of Food Biochemistry*, 2024(1), 7488590.
- Kai, H., Obuchi, M., Yoshida, H., Watanabe, W., Tsutsumi, S., Park, Y. K., ... & Kurokawa, M. (2014). In vitro and in vivo anti-influenza virus activities of flavonoids and related compounds as components of Brazilian propolis (AF-08). *Journal of Functional Foods*, 8, 214-223.
- Karaman, M., Tesanovic, K., Gorjanovic, S., Pastor, F. T., Simonovic, M., Glumac, M., & Pejin, B. (2021). Polarography as a technique of choice for the evaluation of total antioxidant activity: The case study of selected *Coprinus comatus* extracts and quinic acid, their antidiabetic ingredient. *Natural Product Research*, 35(10), 1711-1716.
- Kaur, J., Gulati, M., Singh, S. K., Kuppusamy, G., Kapoor, B., Mishra, V., ... & Corrie, L. (2022). Discovering multifaceted role of vanillic acid beyond flavours: nutraceutical and therapeutic potential. *Trends in Food Science & Technology*, 122, 187-200.
- Kharsany, K., Viljoen, A., Leonard, C., & Van Vuuren, S. (2019). The new buzz: Investigating the antimicrobial interactions between bioactive compounds found in South African propolis. *Journal of Ethnopharmacology*, 238, 111867.
- Kim, J. K. & Park, S. U. (2020). Recent studies on kaempferol and its biological and pharmacological activities. *EXCLI Journal*, 19, 627-634.
- Kolaylı, S., Birinci, C., Kara, Y., Ozkok, A., Samancı, A. E. T., Sahin, H., & Yildiz, O. (2023). A melissopalynological and chemical characterization of Anatolian propolis and an assessment of its antioxidant potential. *European Food Research and Technology*, 249(5), 1213-1233.

- Kowacz, M., & Pollack, G. H. (2020). Propolis-induced exclusion of colloids: possible new mechanism of biological action. *Colloid and Interface Science Communications*, 38, 100307.
- Kujumgiev, A., Tsvetkova, I., Serkedjieva, Y., Bankova, V., Christov, R., & Popov, S. (1999). Antibacterial, antifungal and antiviral activity of propolis of different geographic origin. *Journal of Ethnopharmacology*, 64(3), 235-240.
- Kumar, V., Dhanjal, J. K., Kaul, S. C., Wadhwa, R., & Sundar, D. (2021). Withanone and caffeic acid phenethyl ester are predicted to interact with main protease (M^{Pro}) of SARS-CoV-2 and inhibit its activity. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 39(11), 3842-3854.
- Kumazawa, S., Ahn, M. R., Fujimoto, T., & Kato, M. (2010). Radical-scavenging activity and phenolic constituents of propolis from different regions of Argentina. *Natural Product Research*, 24(9), 804-812.
- Kumazawa, S., Hamasaka, T., & Nakayama, T. (2004). Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chemistry*, 84(3), 329-339.
- Kumova, U. (2002). Önemli bir arı ürünü: Propolis. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2(2), 10-24.
- Kwon, M. J., Shin, H. M., Perumalsamy, H., Wang, X., & Ahn, Y. J. (2020). Antiviral effects and possible mechanisms of action of constituents from Brazilian propolis and related compounds. *Journal of Apicultural Research*, 59(4), 413-425.
- Ma, X., Guo, Z., Zhang, Z., Li, X., Wang, X., Liu, Y., & Wang, X. (2020). Ferulic acid isolated from propolis inhibits porcine parvovirus replication potentially through Bid-mediate apoptosis. *International Immunopharmacology*, 83, 106379.
- Mallo, N., Lamas, J., & Leiro, J. M. (2013). Hydrogenosome metabolism is the key target for antiparasitic activity of resveratrol against *Trichomonas vaginalis*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 57(6), 2476-2484.
- Mani, R. & Natesan, V. (2018). Chrysin: sources, beneficial pharmacological activities, and molecular mechanism of action. *Phytochemistry*, 145, 187-196.
- Mergen Duymaz, G., Duz, G., Ozkan, K., Karadag, A., Yilmaz, O., Karakus, A., ... & Sagdic, O. (2024). The evaluation of L-arginine solution as a solvent for propolis extraction: the phenolic profile, antioxidant,

- antibacterial activity, and in vitro bioaccessibility. *Food Science & Nutrition*, 12(4), 2724-2735.
- Mohtar, L. G., Messina, G. A., Bertolino, F. A., Pereira, S. V., Raba, J., & Nazareno, M. A. (2020). Comparative study of different methodologies for the determination the antioxidant activity of Venezuelan propolis. *Microchemical Journal*, 158, 105244.
- Moreira, L., Dias, L. G., Pereira, J. A., & Estevinho L. (2008). Antioxidant properties, total phenols and pollen analysis of propolis samples from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 46(11), 3482-3485.
- Moreno, M. I. N., Isla, M. I., Sampietro, A. R., & Vattuone, M. A. (2000). Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *Journal of Ethnopharmacology*, 71(1-2), 109-114.
- Muli, E. M., & Maingi, J. M. (2007). Antibacterial activity of *Apis mellifera* L. propolis collected in three regions of Kenya. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, 13, 655-663.
- Mulyati, A. H., Sulaeman, A., Marliyati, S. A., Rafi, M., & Fikri, A. M. (2020). Phytochemical analysis and antioxidant activities of ethanol extract of stingless bee propolis from Indonesia. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2243, No. 1), AIP Publishing.
- Najafpour Darzi, G., Heidari, G., Mohammadi, M., & Moghadamnia, A. A. (2019). Microwave ultrasound assisted extraction: determination of quercetin for antibacterial and antioxidant activities of Iranian propolis. *International Journal of Engineering*, 32(8), 1057-1064.
- Nayaka, H. B., Londonkar, R. L., Umesh, M. K., & Tukappa, A. (2014). Antibacterial attributes of apigenin, isolated from *Portulaca oleracea* L. *International Journal of Bacteriology*, 2014(1), 175851.
- Noori, A. L., Al-Ghamdi, A., Ansari, M. J., Al-Attal, Y., & Salom, K. (2012). Synergistic effects of honey and propolis toward drug multi-resistant *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans* isolates in single and polymicrobial cultures. *International Journal of Medical Sciences*, 9(9), 793.
- Nweze, N. E., Okoro, H. O., Al Robaian, M., Omar, R. M., Tor-Anyiin, T. A., Watson, D. G., & Igoli, J. O. (2017). Effects of Nigerian red propolis in rats infected with *Trypanosoma brucei brucei*. *Comparative Clinical Pathology*, 26, 1129-1133.

- Oksuz, H., Duran, N., Tamer, C., Cetin, M. & Silici, S. (2005). Effect of propolis in the treatment of experimental *Staphylococcus aureus* keratitis in rabbits. *Ophthalmic Research*, 37(6), 328-334.
- Okuyan, S., Mehmetoğlu, S., & Çakıcı, N. (2020). Antioxidant variability of propolis collected from different zones in hives. *Bee Studies*, 12(1), 1-4.
- Oliveira, A. C. P., Shinobu, C. S., Longhini, R., Franco, S. L., & Svidzinski, T. I. E. (2006). Antifungal activity of propolis extract against yeasts isolated from onychomycosis lesions. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 101, 493-497.
- Omar, R. M., Igoli, J., Gray, A. I., Ebiloma, G. U., Clements, C., Fearnley, J., ... & Watson, D. G. (2016). Chemical characterisation of Nigerian red propolis and its biological activity against *Trypanosoma brucei*. *Phytochemical Analysis*, 27(2), 107-115.
- Omar, R., Igoli, J. O., Zhang, T., Gray, A. I., Ebiloma, G. U., Clements, C. J., ... & Watson, D. G. (2017). The chemical characterization of Nigerian propolis samples and their activity against *Trypanosoma brucei*. *Scientific Reports*, 7(1), 923.
- Ota, C., Unterkircher, C., Fantinato, V., & Shimizu, M. T. (2001). Antifungal activity of propolis on different species of *Candida*. *Mycoses*, 44(9-10), 375-378.
- Otoguro, K., Iwatsuki, M., Ishiyama, A., Namatame, M., Nishihara-Tsukashima, A., Kiyohara, H., ... & Yamada, H. (2012). In vitro antitrypanosomal activity of some phenolic compounds from propolis and lactones from Fijian Kava (*Piper methysticum*). *Journal of Natural Medicines*, 66, 558-561.
- Özkök, A., Keskin, M., Tanuğur Samancı, A. E., Yorulmaz Önder, E., & Takma, Ç. (2021). Determination of antioxidant activity and phenolic compounds for basic standardization of Turkish propolis. *Applied Biological Chemistry*, 64, 1-10.
- Park, H., Bae, S. H., Park, Y., Choi, H. S., & Suh, H. J. (2015). Lipase-mediated lipid removal from propolis extract and its antiradical and antimicrobial activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(8), 1697-1705.
- Pasupuleti, V. R., Sammugam, L., Ramesh, N., & Gan, S. H. (2017). Honey, propolis, and royal jelly: a comprehensive review of their biological actions and health benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017(1), 1259510.

- Pei, K., Ou, J., Huang, J., & Ou, S. (2016). *p*-Coumaric acid and its conjugates: dietary sources, pharmacokinetic properties and biological activities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(9), 2952-2962.
- Peng, L., Yang, S., Cheng, Y. J., Chen, F., Pan, S., & Fan, G. (2012). Antifungal activity and action mode of pinocembrin from propolis against *Penicillium italicum*. *Food Science and Biotechnology*, 21, 1533-1539.
- Pippi, B., Lana, A. J. D., Moraes, R. C., Güez, C. M., Machado, M., De Oliveira, L. F. S., ... & Fuentefria, A. M. (2015). In vitro evaluation of the acquisition of resistance, antifungal activity and synergism of Brazilian red propolis with antifungal drugs on *Candida* spp. *Journal of Applied Microbiology*, 118(4), 839-850.
- Pobiega, K., Kraśniewska, K., Przybył, J. L., Bączek, K., Żubernik, J., Witrowa-Rajchert, D., & Gniewosz, M. (2019). Growth biocontrol of foodborne pathogens and spoilage microorganisms of food by Polish propolis extracts. *Molecules*, 24(16), 2965.
- Przybyłek, I., & Karpiński, T. M. (2019). Antibacterial properties of propolis. *Molecules*, 24(11), 2047.
- Quintino, R. L., Reis, A. C., Fernandes, C. C., Martins, C. H. G., Colli, A. C., Crotti, A. E. M., ... & Miranda, M. L. D. (2020). Brazilian green propolis: chemical composition of essential oil and their in vitro antioxidant, antibacterial and antiproliferative activities. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 63, e20190408.
- Quiroga, E. N., Sampietro, D. A., Soberon, J. R., Sgariglia, M. A., & Vattuone, M. A. (2006). Propolis from the northwest of Argentina as a source of antifungal principles. *Journal of Applied Microbiology*, 101(1), 103-110.
- Refaat, H., Mady, F. M., Sarhan, H. A., Rateb, H. S., & Alaaeldin, E. (2021). Optimization and evaluation of propolis liposomes as a promising therapeutic approach for COVID-19. *International Journal of Pharmaceutics*, 592, 120028.
- Russo, A., Cardile, V., Sanchez, F., Troncoso, N., Vanella, A., & Garbarino, J. A. (2004). Chilean propolis: antioxidant activity and antiproliferative action in human tumor cell lines. *Life Sciences*, 76(5), 545-558.
- Salehi, B., Fokou, P. V. T., Sharifi-Rad, M., Zucca, P., Pezzani, R., Martins, N., & Sharifi-Rad, J. (2019). The therapeutic potential of naringenin: a review of clinical trials. *Pharmaceutics*, 12(1), 11.

- Sanpa, S., Popova, M., Bankova, V., Tunkasiri, T., Eitssayeam, S., & Chantawannakul, P. (2015). Antibacterial compounds from propolis of *Tetragonula laeviceps* and *Tetrigona melanoleuca* (Hymenoptera: Apidae) from Thailand. *PLoS One*, *10*(5), e0126886.
- Sartori, G., Pesarico, A. P., Pinton, S., Dobrachinski, F., Roman, S. S., Pauletto, F., ... & Prigol, M. (2012). Protective effect of brown Brazilian propolis against acute vaginal lesions caused by Herpes simplex virus type 2 in mice: involvement of antioxidant and anti-inflammatory mechanisms. *Cell Biochemistry and Function*, *30*(1), 1-10.
- Sato, Y., Itagaki, S., Kurokawa, T., Ogura, J., Kobayashi, M., Hirano, T., ... & Iseki, K. (2011). In vitro and in vivo antioxidant properties of chlorogenic acid and caffeic acid. *International Journal of Pharmaceutics*, *403*(1-2), 136-138.
- Schnitzler, P., Neuner, A., Nolkemper, S., Zundel, C., Nowack, H., Sensch, K. H., & Reichling, J. (2010). Antiviral activity and mode of action of propolis extracts and selected compounds. *Phytotherapy Research*, *24*(S1), S20-S28.
- Seibert, J. B., Bautista-Silva, J. P., Amparo, T. R., Petit, A., Pervier, P., dos Santos Almeida, J. C., ... & Dos Santos, O. D. H. (2019). Development of propolis nanoemulsion with antioxidant and antimicrobial activity for use as a potential natural preservative. *Food Chemistry*, *287*, 61-67.
- Serkedjjeva, J., Manolova, N., & Bankova, V. (1992). Anti-influenza virus effect of some propolis constituents and their analogues (esters of substituted cinnamic acids). *Journal of Natural Products*, *55*(3), 294-297.
- Sforcin, J. M. (2016). Biological properties and therapeutic applications of propolis. *Phytotherapy Research*, *30*(6), 894-905.
- Sforcin, J. M., & Bankova, V. (2011). Propolis: is there a potential for the development of new drugs?. *Journal of Ethnopharmacology*, *133*(2), 253-260.
- Sharaf, S., Higazy, A., & Hebeish, A. (2013). Propolis induced antibacterial activity and other technical properties of cotton textiles. *International Journal of Biological Macromolecules*, *59*, 408-416.
- Sharma, N., Tiwari, N., Vyas, M., Khurana, N., Muthuraman, A., & Utreja, P. (2020). An overview of therapeutic effects of vanillic acid. *Plant Archives*, *20*(2), 3053-3059.

- Shen, Y., Song, X., Li, L., Sun, J., Jaiswal, Y., Huang, J., ... & Guan, Y. (2019). Protective effects of p-coumaric acid against oxidant and hyperlipidemia-an in vitro and in vivo evaluation. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *111*, 579-587.
- Shimizu, T., Hino, A., Tsutsumi, A., Park, Y. K., Watanabe, W., & Kurokawa, M. (2008). Anti-influenza virus activity of propolis in vitro and its efficacy against influenza infection in mice. *Antiviral Chemistry and Chemotherapy*, *19*(1), 7-13.
- Shimizu, T., Takeshita, Y., Takamori, Y., Kai, H., Sawamura, R., Yoshida, H., ... & Kurokawa, M. (2011). Efficacy of Brazilian propolis against herpes simplex virus type 1 infection in mice and their modes of antiherpetic efficacies. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2011*(1), 976196.
- Siheri, W., Ebiloma, G. U., Igoli, J. O., Gray, A. I., Biddau, M., Akrachalanont, P., ... & De Koning, H. P. (2019). Isolation of a novel flavanonol and an alkylresorcinol with highly potent anti-trypanosomal activity from Libyan propolis. *Molecules*, *24*(6), 1041.
- Siheri, W., Zhang, T., Ebiloma, G. U., Biddau, M., Woods, N., Hussain, M. Y., ... & Watson, D. G. (2016). Chemical and antimicrobial profiling of propolis from different regions within Libya. *PLoS One*, *11*(5), e0155355.
- Silici, S., & Baysa, M. (2020). Antioxidant, antiradical and antipyretic effects of olive oil extract of propolis. *Journal of Apicultural Research*, *59*(5), 883-889.
- Singh, S., Gupta, P., Meena, A., & Luqman S. (2020). Acacetin, a flavone with diverse therapeutic potential in cancer, inflammation, infections and other metabolic disorders. *Food and Chemical Toxicology*, *145*, 11708.
- Siqueira, A. B. S., Gomes, B. S., Cambuim, I., Maia, R., Abreu, S., Souza-Motta, C. M., ... & Porto, A. L. F. (2009). *Trichophyton* species susceptibility to green and red propolis from Brazil. *Letters in Applied Microbiology*, *48*(1), 90-96.
- Skaba, D., Morawiec, T., Tanasiewicz, M., Mertas, A., Bobela, E., Szliszka, E., ... & Król, W. (2013). Influence of the toothpaste with Brazilian ethanol extract propolis on the oral cavity health. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2013*(1), 215391.
- Soltani, E. K., Mokhnache, K., & Charef, N. (2020). Polyphenol contents and antioxidant activity of ethanolic and aqueous algerian propolis extracts

- (region of Serdj El Ghoul). *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 10(1), 1-4.
- Soromou, L. W., Zhang, Y., Cui, Y., Wei, M., Chen, N., Yang, X., ... & Wang, D. (2013). Subinhibitory concentrations of pinocembrin exert anti-*Staphylococcus aureus* activity by reducing α -toxin expression. *Journal of Applied Microbiology*, 115(1), 41-49.
- Spagnol, C. M., Assis, R. P., Brunetti, I. L., Isaac, V. L. B., Salgado, H. R. N., & Corrêa, M. A. (2019). In vitro methods to determine the antioxidant activity of caffeic acid. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 219, 358-366.
- Srinivasan, M., Sudheer, A. R., & Menon, V. P. (2007). Ferulic acid: therapeutic potential through its antioxidant property. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 40(2), 92-100.
- Stanciauskaite, M., Marksa, M., Liaudanskas, M., Ivanauskas, L., Ivaskiene, M., & Ramanauskiene, K. (2021). Extracts of poplar buds (*Populus balsamifera* L., *Populus nigra* L.) and lithuanian propolis: comparison of their composition and biological activities. *Plants*, 10(5), 828.
- Stavropoulou, M. I., Stathopoulou, K., Cheilari, A., Benaki, D., Gardikis, K., Chinou, I., & Aligiannis, N. (2021). NMR metabolic profiling of Greek propolis samples: Comparative evaluation of their phytochemical compositions and investigation of their anti-ageing and antioxidant properties. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 194, 113814.
- Strehl, E., Volpert, R., & Elstner, E. F. (1994). Biochemical activities of propolis-extracts III. Inhibition of dihydrofolate reductase. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 49(1-2), 39-43.
- Teles, C. B. G., Moreira-Dill, L. S., Silva, A. D. A., Facundo, V. A., de Azevedo, W. F., da Silva, L. H. P., ... & Silva-Jardim, I. (2015). A lupane-triterpene isolated from *Combretum leprosum* Mart. fruit extracts that interferes with the intracellular development of *Leishmania* (L.) *amazonensis* in vitro. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15(1), 1-10.
- Uçar, K., & Göktaş, Z. (2023). Biological activities of naringenin: a narrative review based on in vitro and in vivo studies. *Nutrition Research*, 119, 43-55.
- Urushisaki, T., Takemura, T., Tazawa, S., Fukuoka, M., Hosokawa-Muto, J., Araki, Y., & Kuwata, K. (2011). Caffeoylquinic acids are major constituents with potent anti-influenza effects in brazilian green

- propolis water extract. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011(1), 254914.
- Vasconcelos, N. G., Croda, J., & Simionatto, S. (2018). Antibacterial mechanisms of cinnamon and its constituents: a review. *Microbial Pathogenesis*, 120, 198-203.
- Veiga, R. S., De Mendonça, S., Mendes, P. B., Paulino, N., Mimica, M. J., Lagareiro Netto, A. A., ... & Marcucci, M. C. (2017). Artepillin C and phenolic compounds responsible for antimicrobial and antioxidant activity of green propolis and *Baccharis dracunculifolia* DC. *Journal of Applied Microbiology*, 122(4), 911-920.
- Veloz, J. J., Alvear, M., & Salazar, L. A. (2019). Antimicrobial and antibiofilm activity against *Streptococcus mutans* of individual and mixtures of the main polyphenolic compounds found in Chilean propolis. *BioMed Research International*, 2019(1), 7602343.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. A. (2008). Functional properties of honey, propolis, and royal jelly. *Journal of Food Science*, 73(9), R117-R124.
- Volpi, N. (2004). Separation of flavonoids and phenolic acids from propolis by capillary zone electrophoresis. *Electrophoresis*, 25(12), 1872-1878.
- Wagh, V. D. (2013). Propolis: a wonder bees product and its pharmacological potentials. *Advances in Pharmacological and Pharmaceutical Sciences*, 2013(1), 308249.
- Wang, X., Sankarapandian, K., Cheng, Y., Woo, S. O., Kwon, H. W., Perumalsamy, H., & Ahn, Y. J. (2016). Relationship between total phenolic contents and biological properties of propolis from 20 different regions in South Korea. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16, 1-12.
- Wyan, L. O., Charland, J., & Mojica, E. R. E. (2021). Comparative study of the extraction methods for the instrumental analysis of bee propolis. Undergraduate Journal of Teaching and Research. *Louisiana State University of Alexandria Undergraduate Journal of Teaching Research*, 1, 51-62.
- Xu, D., Hu, M. J., Wang, Y. Q., & Cui Y. L. (2019). Antioxidant activities of quercetin and its complexes for medicinal application. *Molecules*, 24(6), 1123.
- Yamamoto, E. S., Campos, B. L., Jesus, J. A., Laurenti, M. D., Ribeiro, S. P., Kallas, E. G., ... & Passero, L. F. (2015). The effect of ursolic acid on *Leishmania (Leishmania) amazonensis* is related to programmed cell

- death and presents therapeutic potential in experimental cutaneous leishmaniasis. *PLoS One*, 10(12), e0144946.
- Yavuz, C. (2011). Türkiye'nin bazı illerinden toplanan propolislerin antimikrobiyal, antioksidan aktiviteleri ve biyoaktif bileşenlerinin tayini. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Yoshimasu, Y., Ikeda, T., Sakai, N., Yagi, A., Hirayama, S., Morinaga, Y., ... & Nakao, R. (2018). Rapid bactericidal action of propolis against *Porphyromonas gingivalis*. *Journal of Dental Research*, 97(8), 928-936.
- Zhou, X., Wang, F., Zhou, R., Song, X., & Xie, M. (2017). Apigenin: a current review on its beneficial biological activities. *Journal of Food Biochemistry*, 41(4), e12376.

BÖLÜM 10

GIDALARDA LEZZET PROFİL ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŞİMŞEK¹
Sevde BOYACI²

<https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14599713>

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Kütahya/TÜRKİYE; zeynep.simsek@dpu.edu.tr, ORCID:0000-0002-7191-8228

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı, Kütahya/TÜRKİYE, svdbyc20@gmail.com, ORCID:0009-0009-5973-3640

1. GİRİŞ

Türk Dil Kurumu tarafından ağız yoluyla alınan tat olarak tanımlanan lezzet, tat ve koku duyularının ağız ve burun duyularında bulunan çeşitli reseptörlerce bir bütün olarak beyinde algılanmasıdır ve damak havsalası olarak da ifade etmektedir (Bakır, Doğan, Gençol & Kaya, 2022). Tat, dil üzerindeki tat tomurcuklarının sadece acı, tatlı, tuzlu, ekşi, umami ve metalik tatlar karşısında vermiş olduğu yanıt değil aynı zamanda acı verme, yanma, sıcaklık ve soğukluk gibi hislerin de algılanmasını barındırmaktadır. Gıda kaynaklı uçucu bileşenlerin koklanması, tükürük salgısında çözünen gıda bileşenlerinin tatlarının alınması ve ağız mikroflorasındaki sınırların hissi tarafından olan algılamanın tümü lezzet olarak bahsedilmektedir. Tat algısının tüm duyulardan etkilenerek oluştuğu ve tüketicinin henüz gıdayı ağızına almadan tat algılmasının başladığı bilinmektedir. Bu nedenle de gıda işletmelerinin tüketicinin tüm duyularına hitap eden özellikleri kullanarak pazarlama stratejisini oluşturması tavsiye edilmektedir (Ustaahmetoğlu, 2015).

Gıdalarda lezzet tanımlama amaçlı yaygın olarak kullanılan analitik yöntem tanımlayıcı lezzet profil analizi (LPA) olarak isimlendirilmektedir. Arthur D. Little tarafından 1949 yılında geliştirilmiş olan ve ilk denemesini monosodyum glutamat (MSG) isimli gıda katkı maddesinin lezzet ile ilişkisi üzerine yapılmış olan gıda analiz tekniği, nitel ve nicel özellikleri bakımından gıdaların lezzet bileşenlerini tanımlamaya yardımcı olmaktadır. Lezzet profil analizlerinde gıdanın nitel lezzet özellikleri tanımlayıcı terimler yardımıyla açıklanırken, lezzet bileşenlerinin yoğunlukları, algılanma sıraları, tat sonrası izlenim ve tüm izlenim gibi özellikleri nicel yöntemlerle ifade edilmektedir. Kullanılan analiz tekniğinde lezzeti tanımlayıcı terimler ve bu terimlerin panelistler tarafından yeterince anlaşılması ve teknikte yer alan panelistlerin kişiliklerinin analiz sonunda doğru sonuç elde edilmesinde etkili en önemli faktörler olduğu belirlenmiştir.

Gıdalarda duyuusal değerlendirme kapsamında yapılan lezzet profil analizinde, gıdanın lezzet bileşenleri ve yoğunluklarının saptanabilmesinin yanı sıra lezzet bileşenlerinin kendi aralarındaki etkileşim ve bu etkileşimin tüm lezzete olan etkisi de incelenmektedir. Kullanılan bu teknikte bir bütün olarak değerlendirilebilen tat, aroma ve lezzet birbirlerinden farklı şekilde incelenebilmektedir. Yapılan lezzet profil analiz sonucunda panelistlerin yanıt formlarından elde edilen veriler daire, yarım daire, histogram veya daha yaygın

olarak kullanılan örümcek ağı diyagramı yardımıyla değerlendirilebilmektedir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

Gıdalarda duyuusal analiz, kalite ve standardizasyon sağlanması, tüketici tarafından kabul ve arzu edilebilirliğin artması, depolama koşullarının iyileştirilmesi ve tüm bunlar kapsamında gıda ürününün piyasadaki tutunabilirliğinin araştırılması gibi amaçlarla gıdanın görünüş özellikleri, tekstürel özellikleri, kusur özellikleri, işitsel özellikleri, tat, lezzet ve aroma gibi tüm açılardan değerlendirilmesi işlemidir (Uyanık & Gümüşkesen, 2024). Gıda endüstrisinde lezzet profil analizleri; hammadde, ara ürün ve son ürünün lezzet bakımından değerlendirilmesinde, içeriği bilinmeyen gıda ürününün içeriğinin tespit edilmesinde, yeni ürün geliştirmede, geliştirilen yeni ürünün lezzet ve aroma seviyesinin ölçülmesinde, satış ve pazarlamada ürünün lezzet özelliklerini tanımlarken kullanılacak bilimsel ifadelerin belirlenmesinde, tüketicinin lezzet beklentisinin karşılanmasında, farklı gıda ürünlerini lezzet yönünden karşılaştırmada, üründe var olan bir problemin saptanmasında, depolama esnasında üründe meydana gelen lezzet değişimlerinin fark edilmesinde, cihazlar yardımıyla elde edilen nicel verilerin duyuusal değerlendirme sonuçlarıyla karşılaştırılması gibi çeşitli durumlarda kullanılmaktadır (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015). Tat testleri profesyonel tadım yapan insanlar tarafından laboratuvar ortamında ve tüketiciler tarafından marketlerde, stantlarda veya tadım menüsü yardımıyla gerçekleştirilebilirken gelişmiş teknoloji sayesinde tükürük salgılama, çiğneme, parçalama gibi canlı fizyolojisini taklit eden biyonik dil aracılığıyla da gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle yiyecek ve içeceklerin hammaddelerinin saptanmasında kullanılan biyonik dil cihazı, bazı ilaç firmaları tarafından üretilen ilaçların tadımın rahat içilebilir olmasını test etmede kullanılmaktadır (Ustaahmetoğlu, 2015). Bireylerin beslenme gereksinimleri, açlık düzeyleri, iştah durumları, fizyolojik özellikleri, fiziksel aktivite düzeyi, kişisel yeme-içme reaksiyonları, değerleri, tutum ve inançları, alışkanlıkları, ailesi, ekonomik faktörleri, kültürleri, ait oldukları sosyal sınıfın yanı sıra; gıdaların genel lezzeti ve fiziksel özellikleri de tüketici tercihleri üzerinde etkili olmaktadır (Karaman & Çetinkaya, 2020).

2. TEMEL TATLAR

Günümüzde insanların algıladıkları acı, tatlı, tuzlu, ekşi, umami ve metalik olmak üzere 6 temel tat söz konusudur (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

Dilimizin her bölgesinde tat reseptörleri bulunmaktadır ve bazı bölgelerinde daha yoğun bulunmasından kaynaklı her tat dilimizdeki farklı bir kısımda yoğun şekilde hissedilmesinin yanı sıra beyin sinir sisteminin frontal bölgesinde yorumlanarak tat algısı oluşmaktadır (Guyton ve Hall, 2007). Lezzet algısının beyinde yorumlanmasının deneyimler sonucunda oluştuğu ileri sürülmekte ve genetik sebeplerden ziyade geçmişte öğrenilmiş bir lezzet algısı olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çocuklardaki ilaç sevmeme, brokoli, ıspanak veya nohut gibi belirli besinlerden hoşlanmama durumunun tat algısının öğrenerek oluşmasıyla ilişkilendirilmektedir (Ustaahmetoğlu, 2015). Alkaloid maddesinin varlığında acı tat; iyonik bileşiklerin varlığında tuzlu tat; asit içerikli gıdalarda ekşi tat; şeker içerikli gıdalarda tatlı tat, aminoasitler ve aldehit varlığında ise umami tat algılanmaktadır. Gıdaların tatlarına olan duyarlılığın en yüksek olduğu durum ağız içi sıcaklığın normal ve 22-37°C aralığında iken olduğu bilinmektedir (Akbaba& Çetinkaya, 2018; Bakır, Doğan, Gençol & Kaya, 2022). Gıdaların tüketilebilirliğine olan etkilerinde tat farklılıkları da etkili olmaktadır. Bunun yanı sıra bireylerin yaş, cinsiyet, sahip oldukları hastalıklar, buldukları bölgenin iklimi, kültürü ve bireyin genetik faktörleri de tatları algılamalarında etken olmaktadır (Karaman & Çetinkaya, 2020; Ustaahmetoğlu, 2015).

2.1. Acı Tat

Gıdalarda bazen arzu edilen bazen de arzu edilmeyen bir tat olan acı tat, ağzın yanmasından çok burukluk şeklinde kendini belli etmektedir. Zeytin, tatlandırılmamış çikolata, lahanagiller, kafein ve nikotin gibi besinler acı tatlara örnek verilebilmektedir. Bitter tat ise buruk veya acımtırak olarak ifade edilen tattır ve zeytin, limon kabuğu, kakao ve kahve gibi gıda maddeleri de acımtırak bitter tada örnek olarak gösterilmektedir (Hasdemir, Boran & Küçükkömürler, 2022). Acı tat veren kapsaisin maddesini içeren besinler sıcak olduklarında acı tadın daha yoğun algılandığı bilinmektedir (Bakır, Doğan, Gençol & Kaya, 2022).

2.2. Tatlı Tat

Genellikle aldehit ve keton moleküllerinin varlığıyla ilişkilendirilen tatlı tat algılanışında hem şekerler hem de bazı proteinler etkili olmaktadır (Hasdemir, Boran & Küçükkömürler, 2022). Çay şekeri olan sükrozun bir

litresinde 10 milimol miktarında olması insan dilinin tatlı tadı hissedebilmesi için yeterli gelmektedir (Karagöz, 2018).

2.3. Ekşi Tat

Besinlerin düşük pH seviyesine sahip olup asidik yapıda olmaları tüketicinin ekşi tat algılamasına sebep olmaktadır. Ekşi tat belirli oranlarda arzu edilir olurken ekşilik oranı arttığında tüketicilerin beğenilirlik düzeyi düşebilmektedir. Ekşi şeker, portakal, greyfurt gibi besinlerdeki ekşilik arzu edilir bir faktörken; olgunlaşmamış meyve veya bozulmuş gıdalardaki ekşilik tüketici tarafından istenmeyen bir ekşi tat olarak bilinmektedir (Hasdemir, Boran & Küçükkömürler, 2022). Tüketiciler tarafından önemli bulunan yoğurttaki ekşi tat oluşumunda laktik asit gibi asitler ve uçucu karbonil bileşikler; tat ve koku bileşenlerinin oluşumunda da starter kültürler önemli rol oynamaktadır (Köse & Ocak, 2014).

2.4. Tuzlu Tat

Yapısında katyon ve anyonları bulunduran bileşikler içeren gıdalar tüketicilere tuzlu tat vermektedirler. Yemek tuzu olarak bilinen sodyum klorür tuzlu tatlara örnek gösterilebilir. Kendi içinde de tatları bakımından farklılık gösteren tuzlardan, KBr ve NH₄Br tuzları acı-tuzlu tada; Pbl ve PBr tuzları acı tada; Be tuzu ise tatlı tatlara örnek gösterilebilmektedir (Hasdemir, Boran & Küçükkömürler, 2022).

2.5. Umami Tat

İştah açıcı, gıdanın lezzetini ve ağızdaki tükürük salgısını artırıcı gibi etkileri bulunan umami tat algısı hoşça giden tat, etli ve lezzetli olarak tarif edilebilmektedir. Japon kimyager Kikunae Ikeda tarafından 1908 yılında kombu suyundaki monosodyum glutamat (MSG) içeriğinin değerlendirilmesi sonucunda öne sürülmüş olan umami kelimesi lezzetli kelimesinin karşılığı olarak isimlendirilmiştir. Umami tat boğazda, ağzın tepe kısımlarında ve gerisinde hissedilmenin yanında ağızda sulanmaya ve dilin üzerinde tüylü bir algıya sebep olmaktadır (Hasdemir, Boran & Küçükkömürler, 2022). Hoş ve tatlı olarak tarif edilen umami tat, sıradan tatlı tattan farklı olarak monosodyum glutamat (MSG) ve saf protein tadından oluşmaktadır (Ustaahmetoğlu, 2015).

2.6. Metalik Tat

Acı, tatlı, ekşi ve tuzlu gibi 4 temel tadın dışında keşfedilen tatlardan biri de metalik tattır. Bira, süt ürünleri, tahıl ürünleri ve yağlarda bir kusur olarak gözlenen metalik tat; yüksek mineral seviyesi, gebelik, sinir sistemi problemleri, ağız ve diş sağlığında özensizlik, bazı ilaçlar, toksik etmenler, alerji ve enfeksiyon gibi bazı etmenler sonucunda ağızda kendiliğinden de oluşabilmektedir. Bunun yanı sıra gıda ambalaj ürünleri ve gıdaların işlenmesi esnasındaki malzemelerle olan teması tüketicide metalik tat algısı oluşturabilmektedir (Hasdemir, Boran & Küçükkömürler, 2022).

3. LEZZET FAKTÖRLERİ

Yemek yeme esnasında dokunma, görme, koklama, tat alma, hissetme, sıcaklık ve işitme gibi birçok duyuusal yöntem kullanılmaktadır. Kullanılan bu duyuların hepsi lezzet algısına etki ettiği gibi bireylerin sahip oldukları farklı kişisel özelliklerinin de tat ve kokuları algılama seviyelerinde farklılık gösterdiği bu nedenle de herhangi bir besine karşı düşkünlük veya isteksizlik davranışları olabildiği bilinmektedir. Bununla birlikte bireylerin fizyolojik durumları, sağlıklı olmaları, açlık-tokluk dereceleri ve zindelik gibi özellikleri de aldıkları lezzet algısını etkileyen faktörlerdendir (Bakır, Doğan, Gençol & Kaya, 2022). Tat ve koku arasındaki ilişki de tüketicinin tercihini etkileyen etmenlerden birisidir ve lezzetli yiyeceklerin kokularının hoş algılandığı bilinmektedir. Anne karnından başlayarak koklama farkındalığı uçucu olan aroma bileşiklerinin burun ve geniz yoluyla ağız boşluğuna aktarılarak lezzeti algılamada ortozonal (koklama işlemi sonucunda gerçekleşen) ve retrozonal (çiğneme ve yutma işlemi sonucunda gerçekleşen sistem) olarak ikiye ayrılmaktadır ve yaklaşık dört yüz koku reseptörü sayesinde lezzet artmış şekilde algılanmaktadır. Kokunun yanı sıra gıdalara renk ve yoğunluk gibi özelliklerde görsel değişim uygulanmasının tat algısını değiştirdiği pek çok araştırmada mevcuttur. Her ne kadar uzak ilişkili olduğu düşünülse de kuru gıdaların çıkardığı bazı özel sesler tüketicilerde kalite ve tazelik gibi algıları oluşturmaktadır. Besinlerin sıcaklığı ise tatlılık ve tuzluluk algısını etkilemekte ve bir gıda sıcaksa tatlı; soğuksa tuzlu şeklinde algılanabilmektedir (Hasdemir, Boran & Küçükkömürler, 2022). Bir gıdanın yeme sürecinde ilk izlenimi veren görme duyusu da iştah artırıcı bir etmen olabildiği gibi tam tersi bir etki de gösterebilmektedir. Bu nedenle tüketicinin estetik ve görsellik arayışlarına da

cevap verebilen nitelikte besinlerin tüketici tercihini etkileyeceği bilinmektedir. Estetik ve görsellik kapsamında yiyeceğin rengi, sunum yapılan tabak, tabağın rengi, büyüklüğü ve şekli, restoranın dekorasyonu ve seçimlerine varana kadar ambiyans gibi tüm faktörler etkili olabilmektedir. Çilek köpüğü tatlısının siyah ve beyaz tabaklarda servis edildiği bir çalışmada beyaz tabaktaki tatlının %10 daha tatlı ve %15 daha lezzetli olduğu sonucu görselliğin sadece yiyeceklerle değil; yiyeceğin sunumu ve bunu etkileyen her şeyle dolaylı şekilde bağlantılı olduğu ortaya konmuştur (Spence, 2015). Ağızdaki dokunma hissi ise gıdanın dokusal özellikleriyle yakından ilişkili olup gıdanın dokusunun algılanmasında sıcaklık faktörü çok etkili olmaktadır (Bakır, Doğan, Gençol & Kaya, 2022).

4. LEZZET PROFİL ANALİZİ

Lezzet profil analiz tekniğinin başarıyla sonuçlanması panel liderine bağlıdır çünkü tekniğin uygulanmasında en önemli etken panel lideri olarak belirlenmiştir. Panel liderinin görevleri arasında panelleri organize etmek, yönetmek ve sonuçları değerlendirmek vardır. Panel lideri aynı zamanda psikolojiden anlamalı, sabırlı, planlı, düzenli, titiz olmalı ve iletişim kabiliyeti yüksek bir kişiliğe sahip olmalıdır. Lezzet profil analizinde aşağıda belirtilen bazı işlem basamakları vardır:

4.1. Panelist Seçilmesi ve Eğitilmesi

Lezzet profil analiz tekniğinde panelist seçimi ve panelistlerin yüksek seviyede eğitim almış olmaları panel analiz sonuçlarında en etkili faktörlerden biri olmaktadır. Panelist seçim testinde eğitim almış 3-8 bilinçli panelistten beklenen ise duyarlarını bir enstrüman gibi kullanıp nicel sonuçlar sağlayabilmeleridir. Panelistlerin analize ayırabilecek yeterli vakitlerinin olması, lezzet ve aroma konularına ilgilerinin bulunması, tat ve koku duyarlılıklarında anormallik bulunmaması ve grup çalışmasına uyumlu kişiliklere sahip olmaları panelist seçimlerinde etkili olan kriterlerdir. 1949 senesindeki ilk panelist seçim testinde Arthur D. Little, adayların 4 temel tat ve keskin olmayan kokulara duyarlılığına, bilinen 15 koku ve nadir rastlanan 5 kokuyu tanımlayabilme yeteneklerine ve lezzet profil analizi testine olan ilgileri, deneyimleri, eğitim durumları ve kişilik özelliklerine bakarak değerlendirme yaparken; günümüz panelist seçimlerinde adayların 6 temel tat ve kokulara duyarlılıklarına, ürünlerin arasındaki lezzet farklılıklarını

algılayabilmelerine ve bu farklılıkları nicel olarak ifade edebilme yeteneklerine göre değerlendirilmektedirler (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

4.2. Lezzet Faktörlerini Açıklayan Karakter Özelliklerinin Belirlenmesi ve Tanımlanması

Gıda ürünündeki algılanan tüm bileşenler olan karakter özellikleri tanımlayıcı terimler yardımıyla adlandırılır. Bu terimler acı, tatlı, ekşi, tuzlu, metalik gibi temel tat terimlerinin yanı sıra yumurtamsı, lastiğimsi, fasulyemsi, çiçeğimsi, esterimsi, kremamsı, otumsu, buruk, ağız kuruluğu, dili kaplayan, dişi kaplayan gibi lezzet profil analizinde değerlendirmeyi kolaylaştıran terimler olabilmektedir. Lezzet profil analizlerinde kullanılacak olan terimlerin ayırt edici ve açıklayıcı olması, tüketicilerin kullandıklarına yakın ifadeler olması, gerektiği takdirde ağız hissi ile ilgili de terimler kullanılması, net ifade ediyor olması ve birden fazla anlam içermeyen terimler olması gerekmektedir. Bununla birlikte piyasada kolaylıkla bulunabilen bir maddenin tanımlayıcı terimlere referans olarak kullanılması da standart ve ortak bir fikir oluşturmada etkili olmaktadır (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

4.3. Algılanma Sıralarının Belirlenmesi ve Yoğunlukların Skala Üzerinde Değerlendirilmesi

Gıdanın karakter özelliklerinin ağızda algılanma sıraları farklı olduğu için bu sıralamanın tespit edilmesi lezzet profil analizi açısından önem arz etmektedir. Bu algılamının derecesi 'yoğunluk' olarak isimlendirilmekte ve 0-3, 0-5 gibi sayısal skalalar veya 100 mm' lik grafik skalalarının yanı sıra +, -, ½ gibi semboller kullanılarak da değerlendirmeler yapılabilmektedir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

4.4. Lezzet Şiddetinin Derecelendirilmesi

Lezzet profil analizinde tüm lezzet şiddetinin değerlendirilmesi ürünün genel lezzetini ifade etmekte ve lezzet şiddeti veya geniş kapsamlı etki terimleriyle karşılanmaktadır. Lezzet şiddeti, panelistin ürüne olan beğenisini belirten ifade değil; ürünün kendi içerisindeki karakter özelliklerinin dengeli olmasını karşılayan ifade olarak kullanılmaktadır. Lezzet şiddetinde de veriler, yoğunluk skalasında olduğu gibi sayısal skala üzerinde değerlendirilmektedir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

4.5. Tat Sonrası İzlenim ve Devamlılık Süresinin Belirlenmesi

Lezzet profil analiz tekniğinin son işlem basamağında, gıdanın çiğnenip yutuktan geçtikten 1 dakika sonraki ağızda kalan bazı hissiyat ve algıların değerlendirilmesi vardır. Bu ağızda kalan hissiyat ve algı ‘tat sonrası izlenim’, ‘tat sonrası etki’ veya ‘kalıcı tat’ olarak adlandırılmaktadır. Yanık, ilacımsı, yakıcı, metalik ifadeleri tat sonrası izlenim terimlerine örnek gösterilebilmektedir. Gıdanın yutulmasından sonraki süreçte lezzet algısının ağızda kalma süresi ise kısa-orta-uzun gibi terimlerle veya saniye cinsinden ifade edilmekte ve buna da ‘süreklilik’ denilmektedir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

5. LEZZET PROFİL ANALİZİNE DAİR YAPILAN ÇALIŞMALAR

Farklı iki yöntemle üretilen vişne sirkesi üzerinde yapılan bir duyu analizi çalışmasında geleneksel yöntemlerle üretilmiş olan vişne sirkesinin hedonik beğeni testinde 10 üzerinden 9 puan alırken hızlı yöntemlerle elde edilen vişne sirkesinin ise 10 üzerinden 5 puan aldığı görülmüştür. Sonuç olarak yavaş ve geleneksel yöntemlerle yapılan vişne sirkesinin biyoaktif bileşen içeriği bakımından daha zengin olduğu, lezzet profil analizi sonucunda hızlı yöntem vişne sirkesine göre beğenilirlik düzeyinin daha fazla olduğu saptanmıştır (Budak, 2024).

Fadıloğlu ve arkadaşlarının (2024) tavuk nugget kaplamasında tam buğday unu yerine siyez, kavuzlu buğday ve gernik (kılçıklı buğday) gibi antik buğday unları kullanarak ürettikleri ürün üzerinde yapılan bir duyu analizde ilk gün en yüksek lezzet puanını siyez unu ile kaplanmış tavuk nugget alırken; 3. gün örneklerin tat puanlarında ciddi bir fark gözlenmediği tespit edilmiştir. Bir hafta depolanan tavuk nuggetların ise en düşük lezzet puanına sahip olduğu saptanmıştır (Fadıloğlu, Ergezer & Demiray, 2024).

Köse ve Ocak’ın 2014 yılında yaptığı bir araştırmada, yoğurdun lezzet bileşenlerine etki eden faktörler incelenmiştir. Üretimde kullanılan süt türünün, starter kültür çeşidinin, sütün homojenize olup olmamasının ve süte katılan farklı bileşiklerin varlığı gibi faktörlerin yoğurttaki tat ve aroma bileşenlerini etkilediği saptanmıştır. Tüm bu faktörleri dikkate alarak üretim yapılmasının tüketicinin lezzet beklentisini karşılayabileceği ve üretimde standardizasyonun sağlanmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir (Köse & Ocak, 2014).

Sarı ve Elmacı'nın (2012) Aydın, Kozak ve Maraş tipi çam fıstıklarına dair yapmış oldukları lezzet profil analiz çalışmasında örneklerin farklı olarak ortaya konan karakteristik özellikleri için Aydın tipinde tatlı, ekşi, yeşil, yer fıstığı; Kozak tipinde yaş odun, çam ve sütlü; Maraş tipinde ise yağlı ve acı terimleri öne çıkan terimler olmuştur (Sarı & Elmacı, 2012).

Yılmaz ve Erden'in (2017) renklerin çorbaların tat algısı üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik yaptıkları araştırmada 571 katılımcı ve 495 kullanılabilir anketler sonucunda beyaz renkli çorbaların en çok iştah açan renk olarak işaretlendiği ve buzla aynı renk olmasından kaynaklı olarak soğuk olarak algılandığı saptanmıştır. Sarı renk çorbaların limon rengiyle ilişkili olarak en çok ekşi ve tatlı algı oluşturduğu, bayat ve sıcak hisler uyandırması da güneşle aynı renk olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Kırmızı renk çorbaların parlak ve canlı bir renk olması dolayısıyla iştah açıcı olarak işaretlendiği gibi pul biberle ilişkilendirilmesiyle acı olarak algılandığı görülmüştür. Yeşil renk çorbalar taze ve sağlıklı olarak algılanmış olup ekşi ve acı tat algısı oluşturduğu görülmüştür. Mavi renk çorbalar soğuk, açık, sağlıksız ve koyu olarak tanımlanmanın yanı sıra nötr bir tat algısı oluşturmuştur. Katılımcılar mavi renkte sadece dondurma yedikleri için mavi çorbayı tatlı tat algısı ile ilişkilendirmişlerdir. Siyah renk çorbada ise koyu, sağlıksız, bayat ve soğuk tanımlamalarının yanı sıra iştah azaltan ve nötr tat algısı işaretlendiği görülmüştür. Sıcak renklerin iştah açmada önemli bir faktör olduğu, soğuk renklerden ise yeşilin iştah açabileceği yönünde bilgilere ulaşılmıştır. Tüketicilerin alışkın olmadıkları gıda renkleri konusunda tat algılarının olumsuz olacağı yönünde bilgilere ulaşılmıştır (Yılmaz ve Erden, 2017).

5. SONUÇ

Lezzet, gıdalardaki tat ve koku bileşenlerinin bütünsel olarak değerlendirildiği analiz edilebilir bir özelliktir. Lezzet profil analizleri, tüketiciye gıdanın en lezzetli halinin sunulmasını amaçlamanın yanı sıra lezzetli gıdanın hangi işleme ve depolama koşullarında üretilebileceğini tespit edebilme amacı taşımaktadır. Unutulmaya yüz tutmuş ve kültürümüzde yer alan bazı yerel ürünler de lezzet profil analizleri sayesinde öne çıkmakta, bu noktada gastronomi turizmine katkı sağlanmaktadır. Lezzet profil analizleri aynı zamanda genellikle lezzetli bulunmayan ancak sağlıklı olan bazı gıdaları tüketicinin arzu edebileceği forma getirmeye yardımcı olmaktadır. Lezzet

profil analizlerinde, bilinçli ve eğitimli panelistler analizleri gerçekleştirdiğinden gıdaların lezzet bakımından karşılaştırılmasında daha nicel ve doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Gıdaların tüketici tarafından beğenilirliğini artırmak, işleme ve depolama koşullarını lezzetini olumlu yönde etkileyecek iyileştirme olanağı sağlamak, tadı beğenilmeyen gıdalara olan bakış açısını değiştirmek, yeni temel tatların keşfedilmesini sağlamak gibi birçok faydası bulunan lezzet profil analizlerinin gıda endüstrisinde daha yaygın şekilde uygulanması ile ülkemize sağlık, turizm ve gıda güvenliği konularında önemli katkılar sağlanabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Akbaba, A. & Çetinkaya, N. (2018). *Gastronomi ve Yiyecek Tarihi*. Detay Yayıncılık.
- Altuğ Onoğur, T. & Elmacı, Y. (2015). *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme*. İzmir: Sidas Yayınları.
- Budak, H. N. (2024). Gastronomide Fonksiyonel Bir Ürün: Vişne Sirkesi. *Turizm ve Araştırma Dergisi*, 13 (1): 120-136.
- Fadıloğlu, E., E., Ergezer, H. & Demiray, E. (2024). Soğukta Muhafaza Edilen Siyez, Dinkel ve Emmer Unu ile Kaplanmış Tavuk Nuggetlerinin Bazı Kalite Özelliklerinin Araştırılması. *Türkiye Tarım - Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 12(5): 834-843.
- Guyton, A. C. & Hall, J. E. (2007). *Tıbbi fizyoloji* (Ed. Hayrünnisa Çavuşoğlu, Berrak Çağlayan Yeğen), 11. Baskıdan çeviri, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.
- Hasdemir, G., Boran, N. & Küçükkömürler, S. (2022). Gastronomide Yeni Trendler: Nörogastromi. *Uluslararası Turizm, Ekonomi ve İşletme Bilimleri Dergisi*, 6(1): 30-41.
- Karagöz, Ş. (2018). Gastronomide Tat ve Aroma Etkileşimleri. *Taste and Aroma Interactions in Gastronomy*. Tourism Research.
- Karaman, E. E. & Çetinkaya, N. (2020). Gıda Tercihinde Duyuların Rolü: Tat Duyusunun Tat Testi ile Demografik Özelliklere Göre Farklılığının Tespiti. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(2): 883-898.
- Sarı, M. & Elmacı, Y. (2012). Aydın, Kozak ve Maraş Tipi Çam Fıstıklarının Lezzet Özelliklerinin GC/MS. *Akademik Gıda*, 10(1): 47-52.
- Spence, C. (2015). Multisensory Flavor Perception. *Cell*, 161(1), 24-35.
- Ustaahmetoğlu, E. (2015). Tat Algısı için Dilden Daha Fazlası mı Gerekli? Tat Testi Üzerine Bir Uygulama. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(3), 127-134.

- Uyanık, E. B. & Gümüşkesen, A. S. (2024). Erkence Zeytin Çeşidinden Elde Edilen Zeytinyağlarının Kimyasal ve Duyusal Özelliklerine Organik ve Geleneksel Yetiştirme Yöntemlerinin ve Olgunluk Düzeyinin Etkisinin İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 180-189.
- Yılmaz, H., & Erden, G. (2017). Renklerin Çorbaların Tat Algısı Üzerindeki Etkilerini Belirlemeye Yönelik bir Araştırma. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 5 (Special Issue 2), 265-275.

BÖLÜM 11

GIDALARDA DOKU PROFİL ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŞİMŞEK¹

Sevde BOYACI²

<https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14599737>

¹ Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Kütahya/TÜRKİYE; zeynep.simsek@dpu.edu.tr, ORCID:0000-0002-7191-8228

² Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı, Kütahya/TÜRKİYE, svdbyc20@gmail.com, ORCID:0009-0009-5973-3640

1. GİRİŞ

Herhangi bir gıdanın görünüşünün, kokusunun, tadının, dokusunun, sesinin panelist veya hakem adı verilen bireyler tarafından uygun koşullar altında nitel şekilde değerlendirilmesi işlemi gıdaların duysal analizi olarak isimlendirilmektedir. Tüketicideki ilk izlenimi oluşturan etmenleri saptamaya yarayan beş duyu organıyla gıdanın lezzetini ve dokusunu tasvir etmek işine duysal analiz değerlendirmesi, panel testi veya organoleptik denilmektedir. Objektif olmayan bu değerlendirmeler duysal analiz eğitimi almış ve özel olarak seçilmiş 6-12 kişiden oluşan bir grup bilinçli panelistlerin tadım yoluyla gerçekleştirilmektedir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

Gıdalarda duysal analiz değerlendirmesi, gıda endüstrisinde kalite kontrolünde kullanılan kimyasal, mikrobiyolojik, fiziksel ve enstrümental yöntemlerden önemli bir tanesidir. Bir gıda maddesini tüketilme isteği o gıda maddesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak kabul edilebilir nitelikte olmasının yanı sıra duysal olarak kabul edilir gerçeklikte olmasıyla da ilişkilidir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

Gıdalarda duysal analiz yapılarak herhangi bir ürün üretimindeki alternatif kullanım olanağı sağlanabilen maddeler tespit edilebilir ve bu maddelerin kullanımlarının gıdada optimum duysal kalite özelliklerini sağlaması için hangi oranda kullanılması gerektiği saptamaya da yarar sağlamaktadır (Köten, 2024). Gıda kalite karakteristik gruplarından kantitatif karakteristikler, gizli karakteristikler gibi bir grup olan duysal karakteristikler, tüketicinin beş duyu organının algılama yeteneğiyle değerlendirebildiği gıda özellikleridir. Aaron Kramer tarafından 1973 yılında geliştirilen Kramer Çemberi, gıdaların duysal karakteristiklerini aynı anda görmemizi sağlayan bir gösterimdir. Kramer Çemberi gıdadaki temel duysal özellikler olan görünüş doku ve lezzetin yanı sıra viskozite/kıvam, doku, ağız hissi, tat-koku, kusur, renk-boyut-şekil gibi ara duysal özellikleri de yansıtmaktadır (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).



Şekil 1: Kramer Çemberi

Gıdalarda duyu analizi, gıdanın kalite ve standardizasyonunun sağlanması, tüketici tarafından kabul edilebilirliğinin artırılması, saklanabilirliğinin araştırılması, piyasadaki var olan yerinin ve tutunabilirliğinin sorgulanması gibi amaçlarla yapılabilmektedir. Görünüş özellikleri, tekstürel özellikler, kusur özellikleri, işitsel özellikler, tat, lezzet ve aroma gibi tüketicinin duyu ile algılayabildiği etmenlerin tamamı gıdanın duyu kalite özelliklerini yansıtmaktadır. Gıdaların pozitif duyu özellikleri tüketicinin algıladığı lezzet ve gıdanın tüketici tarafından kabul görmesiyle de ilişkilidir. Gıdanın duyu özellikleri, hasat zamanı gibi gıdanın üretim sürecindeki faktörlere bağlı olarak da değişim gösterebilmektedir (Uyanık & Gümüşkesen, 2024).

Gıdalarda duyu analizi aynı zamanda çağımızda varolan gıda seçimleri, beslenme farklılıkları, besin alerjileri ve intoleransları gibi durumlarda geliştirilen reçetelerde hangi ürünün kullanılmasının daha iyi olacağına karar verebilen, alternatif üretebilen bir sistemdir (Vatandost & Karaçeper, 2024). Gıda alternatifleri değerlendirmede ve farklı konsantrasyonlarda kullanımında yapılan duyu analizi değerlendirmesi, sağlıklı yaşama katkısında bulunur ve herkes için sürdürülebilir beslenmeyi destekler. Gıdalara ilave edilen bileşenlerin duyu değerlendirme sonucuna göre yapılması tüketici memnuniyetini artırma konusunda da etkili olmaktadır (Gevrek & Yangılar, 2024). Gıda güvenliğinde kritik konulardan biri olan uygun depolama koşullarının sağlanmasında kullanılan raf ömrü testleri de gıdaların duyu ve tekstürel özelliklerindeki değişimlerden yararlanarak yapılmaktadır (Doğan & Aydın, 2020). Gıdalarda duyu değerlendirmede

bireylerin algılamaları subjektif olacağından verilere etki eden birçok faktör varyasyonların çoğalmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle kullanılan istatistiksel yöntemin tek değişkenli yerine çok değişkenli olması gibi seçimler bizi en doğru ve yakın sonuca götürmekte etkili olmaktadır (Eminoğlu & Şenel, 2019).

Gıdalarda doku profil analizi, insanlarda bulunan dokunsal duyu organlarının reseptörleri aracılığıyla ve görme duyusunun desteğiyle gıdanın ağıza ilk alınışından yutağa kadarki sürecini keşfedilen özellikler altında inceleyen bir duysal değerlendirme tekniğidir. TDK tarafından bir bütünü yapı ve özelliği olarak tanımlanan doku/tekstür; görünüş, lezzet ve besin içeriği gibi faktörlerin yanı sıra gıdaların tüketim kalitesini etkileyen önemli etmenlerden biridir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015)(Erdemir & Karaoğlu, 2021). Abur cubur ve şekerleme sınıfındaki bazı ürünler için tekstür daha fazla önem teşkil etmektedir (Aday & Caner, 2006).

Gıdanın dokusu ve yapısı, tüketicilerin ürünü beğenip beğenmemeleri üzerinde bireysel farklılıklara bağlı olan seçimler kadar etkilidir. Gıdaların yapılarına göre duysal özelliklerinin önemlilik derecesi de farklılık oluşturmaktadır. Örneğin; katı gıdalar için kırılma ve kopma daha önemli bir ölçüt olurken sıvı gıdalarda tutarlılık önemli olmaktadır. Gıdaların işlenmesi, hazırlanması gibi işlemler gıdanın dokusu ve yapısı üzerinde etkili olmaktadır. Ürünün genel lezzeti, yeme özellikleri ve tüketici tarafından kabul edilebilirliği de ürünün dokusuyla ilişkilidir (Kadam, Mali, Jogi, & Pratap, 2024). Gıdaların doku profil analizlerinin yapılmasıyla, uygun taşıma, depolama ve işleme yöntemlerinin belirlenmesinin müşterinin beğenisini artıracığı düşünülmektedir. Çünkü tekstür, müşteri beğenilirliği açısından aromadan sonra görünüşten de önce gelen etken olmaktadır (Aday & Caner, 2006).

Gıdaların doku özellikleri sertlik (hardness), yumuşaklık (softness), sululuk (juiciness) gibi parmak hissi dokunsal özellikler; çiğnenebilirlik (chewiness), liflilik (fibrousness), tanelilik (graininess) ve pürüklülük (roughness), unluluk (flourness), yapışkanlık (stickiness) ve yağlılık (oiliness) olmak üzere de ağız hissi dokunsal özellikler olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bu iki gruptaki özellikler aynı zamanda gıdanın dışarıdan bir kuvvete maruz kaldığında gösterdiği değişimlere göre mekanik dokusal özellikler; gıdanın fiziksel yapısındaki (fiziksel yapının düzenlenmesi, partikül büyüklüğü, partikül şekli, partikül dağılımı ve yüzey sertliği gibi) uğradığı değişimlere göre

de geometrik dokusal özellikler olarak gruplandırılmaktadır. İlk ısırdışta sertlik, yumuşaklık, gevreklik ve eğer ürün sıvı yapıda ise vizkozite gibi mekanik dokusal özellikler algılanırken; çiğneme boyunca da elastikiyet, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık gibi mekanik dokusal özellikler algılanır. Çiğnendikten sonraki oluşan artık maddenin yutağa geçişine kadar ise kırılma oranı, kırılma tipi, nem absorbsiyonu ve ağız içinin kaplanması/kaplanmaması gibi özellikleri farkedilmektedir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2. GENEL BİLGİLER

Latince *textura* (cloth) kumaşın iplikleri arasındaki çapraz bağlardan türeyen (Özcan & Yıldız, 2016) tekstür/doku, bireyin algılamak için dokusal duyular başta olmak üzere tüm duyularını bir arada kullandığı, bu duyular ile gıda arasında oluşan etkileşim sonucu oluşan tepkiden ve objektif ölçümlerden yararlanarak subjektif olarak değerlendirmesini yapılabildiği kompleks bir duyuşal özelliktir (Keser, Kıyma, & Özcan, 2022) (Erdemir & Karaoğlu, 2021).

Parmak ve ağız dokunuşlarıyla algılanabilen bir kalite niteliği olan doku/tekstür, görünüş ve aroma gıdaların duyuşal özelliklerini oluşturan temel faktörlerdir. Tekstür; deri, kas ve tendonlar yardımı sayesinde dokunma duyusu ile algılanır. Bu algılama bazen kaşık veya bıçak gibi materyal yardımıyla da olabilir. Gıdanın; parmaklar, ağız, dil, dişler aracılığıyla parçalanarak formunun bozulması esnasındaki mekaniksel davranışlarının sübjektif şekilde ölçülmesine tekstür denebilir. Bu ölçümler sıkıştırma makinesi, penetrometre (sertlik ölçüm cihazı), tendorometre (bölünme direnci ölçüm cihazı), viskozimetre (akış direnci ölçüm cihazı), kompresimetre, tekstür aleti gibi bazı aletler yardımıyla objektif şekilde de yapılabilmektedir (Aday & Caner, 2006) (Ertaş & Doğruer, 2010) (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

Tekstür profil analizinin yanı sıra kesme (shear), delme (penetration), gerilim ve gevşeme (stress-relaxation), ekstrüzyon (extrusion), germe ve bükme (tension-torsion) gibi testler de gıdanın duyuşal özelliklerini belirlemede etkili olmaktadır (Erdemir & Karaoğlu, 2021). Viskoz yapıya sahip bir gıdayı dar bir aralıktan geçmeye zorlayarak gıdanın akışını sağlamak için gerekli olan kuvvetin ölçümüne ekstrüzyon testi denir ve bu ölçüm de gıdanın reolojik özelliklerini belirlemek için kullanılmaktadır (Erdemir & Karaoğlu, 2021).

2.1.Parmak Hissi Dokusal Özellikler

Tüketicinin gıdaya parmakları veya parmaklarıyla kavradığı bir materyal yardımıyla yaptığı sıkıştırma, bastırma, çizik atma gibi müdahaleler sonucu algıladığı dokusal özellikler parmak hissi dokusal özellikler olarak gruplandırılmaktadır (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2.1.1. Sertlik (Hardness/Firmness)

Tüketicinin gıdaya fiziksel bir kuvvet uygulaması sonucu gösterdiği direnç olarak veya ilk sıkıştırma için gereken maksimum kuvvet olarak (Erdemir & Karaoğlu, 2021) tanımlanır ve değerlendirmesi yapılırken kas ve tendonların daha çok kullanıldığı primer dokusal özelliktir (Aday & Caner, 2006). Katı gıdalarda azı dişleri yardımıyla, yarı katı gıdalarda da dil ve damak arasında sıkıştırıldığında deforme olabilmesi veya penetrasyon sağlanabilmesi için gerekli olan kuvvet olarak da tanımlanabilir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015). Gıda partiküllerinin dişler arasındaki etkisine karşı koyabilme gücüne de sertlik denilmektedir. Rutubet arttığında sertliğin azaldığı bilinmektedir (Ertaş & Doğruer, 2010).

2.1.2. Yumuşaklık (Softness)

Sertlik dokusal özelliğindeki fiziksel kuvvet karşısında gösterilen direncin olmaması veya az olması, yapışkanlığın ise fazla olması durumudur (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015) (Ertaş & Doğruer, 2010).

2.1.3. Sululuk (Juiciness)

Başparmağın tırnağıyla veya kesici bir aletin ucuyla gıdaya açılan delikten su sızması hali sululuk olarak isimlendirilip olgunlaşmamış mısır danesi ve üzüm tanesi örnek verilebilir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2.2. Ağız Hissi Dokusal Özellikler

Ağıza alınan gıdanın; dil, dudak, dişler ve ağız mikroflorası aracılığıyla gerçekleştirilen ve kesme, sıkıştırma, çiğneme gibi eylemler sonrası tüketici tarafından algılanabilen dokusal özellikler ağız hissi dokusal özellikler olarak gruplandırılmaktadır (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015). Çiğneme ve salivasyon esnasında gıdada değişim gösteren tekstürün algılanışı, ağızdaki reseptörlere ve bu reseptörlerin duyarlılıklarına bağlı olarak verilen cevaptır (Ertaş & Doğruer, 2010).

2.2.1. Çiğnenebilirlik (Chewiness)

Besinin yutulmaya hazır olduğu zamana kadarki geçen süre, kullanılan güç ve kaç kere çiğnenmesi gerektiğini ifade eden dokusal özelliktir (Ertaş & Doğruer, 2010). Dişler tarafından gıdaya uygulanan sıkıştırma ve kesme işlemlerine karşı gıdanın gösterdiği dirençtir ve gıdanın rahatlıkla yutulabilecek kıvama gelmesi için uygulanması gereken kuvvet olarak tanımlanabilirken aynı zamanda gıdayı yutma kıvamına getirene kadar uygulanan sabit kuvvet süresi olarak da bilinen sekonder mekanik dokusal özelliktir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2.2.2. Liflilik (Fibrousness)

Dişler tarafından kesme kuvveti uygulanan gıdanın buna karşın gösterdiği direnç ve çiğneme bitiminde ağızda kalıntı ve parçacıkların hissedilmesi liflilik olarak tarif edilebilir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2.2.3. Tanelilik ve Pürtüklülük (Graininess and Roughness)

Çiğneme esnasında ağızda hissedilen kum gibi küçük sert parçacıkların varlığının hissedilmesi tanelilik ve pürtüklülük olarak ifade edilebilmektedir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2.2.4. Unluluk (Flouriness)

Nişasta gibi un benzeri ürünlerin çiğnemeye başlanıldığında ağıza sıvanması ve tüm ağız içini kaplaması olarak tasvir edilebilir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2.2.5. Yapışkanlık (Stickiness/Adhesiveness)

Tüketildikten sonra dilde, dişlerde ve ağız içinde kalan yapışmışlık, bulaşmışlık ve sıvışkanlık hissi yapışkanlık olarak isimlendirilmektedir ve gıdanın kırılmaksızın bozulabilme, deforme olabilme yeteneği olarak da tanımlanabilirken (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015) aynı zamanda sıkıştırma pilyonunu analiz edilen gıda numunesinden geri çekebilme için gerekli olan kuvvet olarak da ifade edilebilmektedir (Erdemir & Karaoğlu, 2021).

2.2.6. Yağlılık (Oiliness)

Yağlı gıdaların tüketildikten sonra ağızda bıraktıkları yağlı ve sabunumsu his olarak tarif edilebilmektedir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2.3. Mekanik Dokusal Özellikler

Gıdaya uygulanan herhangi bir kuvvet karşısında gıdanın yapısında değişiklik gösterebilen kırılgenlik, sertlik ve çignenebilirlik gibi dokusal özellikler aynı zamanda mekanik dokusal özellikler olarak nitelendirilmektedir. Sertlik, iç yapışkanlık, viskozite, elastiklik ve dış yapışkanlık gıdaların primer mekanik dokusal özellikleri iken; kırılabilirlik, çignenebilirlik ve sakızımsılık gıdaların sekonder mekanik dokusal özellikleri olarak sınıflandırılmaktadır. Yumuşak, sağlam, sert gibi terimler gıdaların mekanik dokusal özellikleriyle ilgilidir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2.3.1. Sertlik (Hardness/Firmness)

Tüketicinin gıdaya fiziksel bir kuvvet uygulaması sonucu gösterdiği direnç olarak tanımlanır ve değerlendirmesi yapılırken kas ve tendonların daha çok kullanıldığı primer dokusal özelliktir (Aday & Caner, 2006). Katı gıdaları azı dişleri yardımıyla, yarı katı gıdaları da dil ve damak arasında sıkıştırıldığında deforme olabilmesi veya penetrasyon sağlanabilmesi için gerekli olan kuvvet olarak da tanımlanabilir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015). Gıda partiküllerinin dişler arasındaki etkisine karşı koyabilme gücüne de sertlik denilmektedir. Rutubet arttığında sertlik azalmaktadır (Ertaş & Doğruer, 2010).

2.3.2. İç Yapışkanlık (Internal Stickiness)

Gıdalarda güçlü bağ oluşumunun göstergesi olan iç yapışkanlık, gıdanın ağızda kırılmadan önceki deforme olabilme durumudur ve gıdanın iç bağlarını hakkında bilgi verir. Örneğin yoğurdun bir bütünsel yapı göstermesinde iç yapışkanlık özelliğinin etkisi neden olmaktadır (Özcan & Yıldız, 2016). Gıdanın bütünsel yapısının bozulmadan ne kadar deforme olabileceğinin ölçüsüdür (Akan, Yerlikaya, Saygılı, & Kınık, 2021).

2.3.3. Viskozite (Viscosity)

Temelde sıvıların akmaya karşı göstermiş oldukları direnç olarak bilinen viskozite (Akan, Yerlikaya, Saygılı, & Kınık, 2021), herhangi bir sıvı gıdayı kaşıktan ağıza veya başka bir yere akıtmak için gerekli kuvvet olarak da tanımlanabilmektedir. Birim kuvvete karşılık gelen akış hızı olarak ifade edilen viskozite, akışkan gıdaların mekanik özelliklerinden birisidir (İlhalı & Noka, 1984) (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2.3.4. Elastiklik (Springiness)

İlk sıkıştırma sonrasında analiz edilen gıda dokusunun eski haline ne kadar yapılabildiğinin ölçüsüdür. İkinci sıkıştırma mesafesinin ilk sıkıştırma mesafesine bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Erdemir & Karaoğlu, 2021).

2.3.5. Dış Yapışkanlık (External Stickiness)

Analiz edilen gıdanın damağa yapışması durumunda dil desteğiyle damaktan ayırmak için gerekli kuvvet olarak tanımlanmaktadır (Truong ve ark., 2002).

2.3.6. Kırılabilirlik (Breakability)

Gıdanın kırılması, ufalanması yarılmaması veya dağılması için sarfedilmesi gereken kuvvet, kırılabilirlik olarak isimlendirilen gıdanın sekonder mekanik dokusal özelliği olarak tanımlanmaktadır. Kırılabilirlik mekanik doku özelliği bakımından yüksek olan gıdaların iç yapışkanlığı mekanik özelliği bakımından zayıf olduğunu ve sert bir dokusu olduğu bilinmektedir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2.3.7. Çiğnenebilirlik (Chewiness)

Besinin ağızda belirgin şekilde azalma göstererek yutulmaya hazır olduğu zamana kadarki geçen süre, kullanılan güç ve kaç kere çiğnenmesi gerektiğini ifade eden dokusal özelliktir (Ertaş & Doğruer, 2010) (Akan, Yerlikaya, Saygılı, & Kınık, 2021). Dişler tarafından gıdaya uygulanan sıkıştırma ve kesme işlemlerine karşı gıdanın gösterdiği dirençtir ve gıdanın rahatlıkla yutulabilecek kıvama gelmesi için uygulanması gereken kuvvet olarak tanımlanabilirken aynı zamanda gıdayı yutma kıvamına getirene kadar uygulanan sabit kuvvet süresi olarak da bilinen sekonder mekanik dokusal özelliktir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

2.3.8. Sakızimsılık (Gumminess)

Herhangi bir yarı katı gıdanın yutaktan geçişine hazır hale gelinceye kadarki hazırlanmasında gerekli olan enerji miktarı olarak ifade edilebilmektedir ve sakızimsılık özelliği depolama süresine göre değişiklik gösterebilmektedir (Akan, Yerlikaya, Saygılı, & Kınık, 2021). Tekstür profil analizlerinde ölçülen sertlik ve kohesivliğin çarpımı sonucu elde edilen sekonder bir ölçümdür (Erdemir & Karaoğlu, 2021).

2.3.9. Kohesivlik (Cohesiveness)

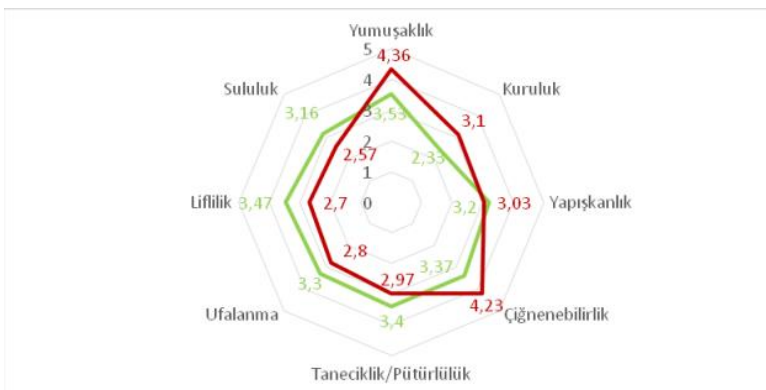
Gıdanın iç yapısının parçalamanın güçlüğünü ifade eden bir tekstürel özelliktir ve iç bağların esnekliği olarak ifade edilebilmektedir. İlk ve ikinci sıkıştırılmaların altında kalan alanların çarpımıyla hesaplanmaktadır (Erdemir & Karaoğlu, 2021).

2.4. Geometrik Dokusal Özellikler

Tanelilik-pürtüklülük, liflilik, unluluk gibi gıdanın fiziksel yapısının düzenlenmesinde etkili olan dokusal özellikler de aynı zamanda geometrik dokusal özellikler olarak nitelendirilmektedir. Kumlu, küçük taneli, kaba taneli, lifli, hücreli ve kristal terimleri gıdaların geometrik dokusal özellikleriyle ilgilidir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

3. DOKU PROFİL ANALİZİ

Gıda üretim kalitesinde önemli faktörlerden biri olan müşteri beğenilirliği, tekstür değerlendirmesi noktasında problem olmasının sebebi, her müşterinin tükettiği gıdanın tekstürünü farklı şekilde ifade etmesi karmaşıklığı; farklı etkiler karşısında gıdanın ağız içinde çiğneme ve yutma esnasında farklı algılama dinamiği gibi sebeplerle genel bir değerlendirme yapılamamasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden doku profil analizlerinde panelistlerin doku karakteristiklerini biliyor olması ve cevapların değerlendirilebileceği doğru soruların sorulması önemli bir detaydır (Aday & Caner, 2006) (Erdemir & Karaoğlu, 2021).



Şekil 2: (Kayaalp, Bakan, Metin, & Savaş, 2023)

Duyusal bir teknik olan gıdalarda doku profil analizi, gıdanın duysal özelliklerini derecelendirme skalaları, puanlama sistemi ve yardımcı terimler desteğiyle ortaya koyma işidir. Derecelendirme skalalarında analiz edilmek istenen gıdanın mekanik duysal özellikleri, yardımcı olarak kullanılan referans gıdaya göre yorumlanmaktadır. Örneği sertlik skalasında krem peynire 1 puan verilirken sert şekere 9 puan verilmesi veya viskozite skalasında memba suyunun puanı 1 olurken kondanse sütün (magnolia) puanının 8 olması panelistin analizini ve puanlamasını kolaylaştırabilir. Analizin hassasiyetinin sağlanması ve tekrar denenebilirliği için referans gıdaların her birinin ismi, markası, üretici firmalarının ismi örnek büyüklükleri ve kullanılma sıcaklıkları gibi bilgiler analiz raporunda yer almaktadır. Bununla birlikte seçilen gıdaların özellik yoğunlukları arasında belirgin bir fark olması gerekmekte, bilinen markaların kaliteli ürünlerinin seçilmeli, kolayca hazırlanabilen ve depolama koşullarının sağlanması uğraş gerektirmeyecek ve sıcaklık değişimlerinden kolayca etkilenmeyecek ürünler tercih edilmelidir. Gıdaların geometrik dokusal özelliklerinde ise derecelendirme skalaları kullanmak yerine nitel değerlendirmeler yapılmaktadır. Partikül büyüklüğü ve şekline dair özellikler tozlu (toz şeker), tebeşirli(ham patates),kumlu (mısır unu), kaba (pişirilmiş yulaf ezmesi), topak (cottage peyniri), boncuğumsu (puding) olarak tasvir edilirken; partikül şekli ve dağılımına yönelik özellikler lapamsı (haşlanmış mezzit balığı), lifli (tavukgöğsü), pulplu (portakal dilimi), hücreli (ham elma), havalandırılmış (çırpılmış yumurta akı), şişkin (şişmiş pirinç), kristalimsi (toz şeker) olarak isimlendirilmektedir (Altuğ Onoğur & Elmacı, 2015).

4. DOKU PROFİL ANALİZLERİNE DAİR YAPILAN ÇALIŞMALAR

Et, balık, sebze ve meyve gibi gıdaların dokusu; hücrelerinin yapısını etkilediği için dolaylı olarak pH derecesinden etkilenmektedir (Aksoy, 2021). İşlenmiş gıda ürünlerinde gıdanın maruz kaldığı ısıl işlem, basınç gibi durumlar gıdanın tekstüründe değişmeye sebep olmaktadır (Aday & Caner, 2006).

Unlu mamüllerin yapımında kullanılan hamurların tuz konsantrasyonunun fazla olmasının; hamurun su tutma kapasitesini artırdığı, hamurun yapışkanlık derecesini azalttığı bu sayede de daha iyi kabarma ve daha hacimli bir ürün ortaya konulmasını sağladığı görülmüştür (Bozkurt & Koç, 2022).

2021 yılında 23-35 yaşları arasında 15 panelist tarafından sıvı ve kapsül çilek aroması karşılaştırması yapmak üzere çikolata ve keklerde yapılmış olan duyuusal analiz sonuçlarına göre tekstür açısından çikolata üretiminde ticari-sıvı aroma daha çok beğeni alırken; kek üretiminde toz-kapsül aroma daha çok beğenildiği ortaya konmuştur (Torun & Özdemir, 2021).

Etin duyuusal özellikleri, tüketici tarafından etin tercih edilmesinde ve kaliteli bulunup bulunmamasında oldukça etkilidir (Sarica, Boz, & Yamak, 2014). Etlerin duyuusal özelliklerinin farklılık göstermesinde, analiz edilen et hayvanının yaşamındaki fiziksel olarak aktifliği kasın yoğunluğunu etkileyerek yumuşak veya sert oluşunda doğrudan etkili olmaktadır (Geldenhuys ve ark., 2014). Kaz etinin besleyiciliği, zengin içeriği yönünden piyasada daha fazla kullanılabileceği düşüncesiyle yapılan duyuusal analiz testlerinde kadınların erkeklere göre kaz etini daha kabul edebilir olduğu görülmüş ve kadının mutfak alışverişinde daha büyük rol aldığı göz önünde bulundurularak kaz etinin satın alınabilirliği olumlu öngörülmüştür (Gündüz, Dölekoğlu, & Say, 2019).

Besleyici içeriğinden dolayı kek yapımında buğday unu yerine kullanılmak istenen keçiyoynuzu ununun %40 oranına kadar kullanıldığında, kekin sertlik, çignenebilirlik ve elastikiyet değerlerinde tüketimi olumsuz etkilemeyeceği sonucuna duyuusal analiz testleri yardımıyla ulaşılmıştır (Gerçekaslan & Boz, 2018).

İki yabani ve bir kültür mantarı turşuları arasında yapılan duyuusal analiz çalışması sonucunda görünüm ve sertlik anlamında beyaz şapkaklı kültür mantarı turşusunun; koku ve lezzet anlamında ise sığırdili ve kanlıca mantarı turşularının en yüksek puanları almaları bilgilerinin yanı sıra yabani mantar yetiştirilmesi ve beğeni düzeyleri noktasında zengin olan ülkemiz için bu alanın ekonomik bir katkı olabileceği sonucuna da ulaşılmıştır (Gürgen, Değirmenci, & Yıldız, 2019).

Gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinde etkili olan sodyum elementini içeren tuzun, aynı zamanda gıdaların duyuusal özelliklerine de etki ettiği bilinmektedir. Bu nedenle gıdalardaki sodyum azaltma işlemleri duyuusal kalite ile ilişkili olmaktadır. Tuz, gıdalardaki yağlar, proteinler ve su gibi diğer temel bileşenlerle etkileşime girerek gıdanın dokusu, akışkanlığı, gevrekliği üzerinde etkili olmaktadır (Bozkurt & Koç, 2022).

Çölyak hastaları için besinlerin glüten içermeyen formülasyonları geliştirilirken pirinç, soya, bezelye, patates unları ve nişastaları da ortaya çıkan

ürünün yapısı, lezzeti, tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği ve raf ömrünün nasıl uzunluğu anlamında glutene alternatif olup olamayacağı değerlendirilmektedir (İşleroglu, Dirim, & Ertekin, 2009).

Gıdalarda kullanılan muhafaza yöntemlerinden biri olan termal yolla koruma yönteminin, gıdaların duyuşal özelliklerinde bazı kayıplara yol açtığı görülmüştür. Bu nedenle gıdaların muhafazası işleminde termal yöntemler yerine, yüksek basınç, elektrik sinyalleri, mikro filtrasyon veya ultrason temelli muhafaza yöntemlerinin kullanılması gıdalarda muhafaza sebepli tekstür kayıplarını en aza indirmektedir (Türksönmez & Diler, 2021).

Gıdalarda kullanılan aroma maddelerinin uçuculukları gıdaların tekstürüne, viskozitesine, moleküler yapısına ve reolojik özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Örneği taze ve kurutulmuş mango örneklerinde, püre halinde kurutulmuş toz mangoya göre daha fazla aroma maddesinin salındığı ortaya konulmuştur (Büyükkurt & Selli, 2020).

Peynir altı suyunun; kıvam arttırıcı, jel oluşumunu güçlendirici, emülsiyon oluşturma, su tutma ve serum ayrılmasını engelleme gibi yeteneklerinden dolayı gıdalarda kullanımında gıdaların tekstürel özelliklerini iyileştireceği öne sürülmektedir. Nitekim bugün özellikle unlu mamüller, et ve süt ürünleri, çikolata ve şekerleme üretimi gibi gıda sanayisinde artış gösteren bir peynir altı suyu kullanımı gözlenmektedir (Özcan & Delikanlı, 2011).

Gıda ürününün viskozitesini arttırmak için kullanılan bir diğer katkı maddesi de ekzopolisakkarit üreten laktik asit bakterileridir. Örneğin yoğurtta oluşan gevşek yapının giderilmesi ve serum ayrılmasının engellenmesi gibi gıdanın yapısını iyileştirmede kullanılmaktadır (Soyuçok, Ekiz, & Kılıç, 2016). Bezelye nişastasası da gıda sanayisinde ürünlerdeki en iyi viskozite, tekstür ve raf ömrünü yakalayabilmek için kullanılan farklı bitkisel kaynaklı nişastalardan biridir (Kılınççeker, 2019).

2019 yılında yapılan bir çalışmada tarhana yapımında buğday unu yerine nohut, fasulye, mısır, pirinç, karabuğday ve mercimek unu kullanımı sonucu reolojik niteliklerin kullanılan una göre değişim gösterdiği ancak duyuşal özellikler açısından kabul edilebilirliklerinde belirgin bir fark olmadığı ortaya konmuştur (Ertop & Atasoy, 2019).

2021 yılında yapılan bir doku çalışmasında, yapım aşamasında farklı starter kültür kullanılan 10 farklı yoğurdun 28 günlük depolama süresince tekstürel özellikleri incelenmiş ve sonuç olarak yoğurtların sertlik, iç

yapışkanlık, sakızımsılık ve viskozite değerlerinin kullanılan kültürlerden etkilendiği görülmüştür. Bu etkilemenin ise yoğurt kültüründeki *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckli subsp. bulgaricus* oranıyla alakalı olduğu ileri sürülmektedir (Akan, Yerlikaya, Saygılı, & Kınık, 2021).

5. SONUÇ

Gıdaların tekstürü, ürünün kalitesi ve kabul edirliliği hususlarında doğrudan etkili olduğundan müşterinin tercihini de dolaylı olarak etkilemektedir. Bu nedenle gıdalarda duyuusal değerlendirme kapsamında doku profil analizlerine özellikle gıda sanayide daha çok yer verilmesinin tüketici sayısı ve tercih edilebilirlik anlamında etkili olacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda gıdalarda tekstür analizi sayesinde mevcut kullanılan hammaddeler yerine alternatif olarak kullanılabilir bir hammadde keşfi, gıda intoleransı yaşayan bireylerin yaşam kalitelerini artırmada etkili olabilecektir. Bununla beraber veganizm/vejeteryanizm gibi farklı beslenme tarzı benimsemiş bireylere de beslenme alternatifi sunulması sağlanmış olacaktır. Gıdalarda doku profil analizinin kullanılması gereken bir başka yer ise, gıda sanayisinde ürün standardizasyonunun sağlanması noktasında olmalıdır ki kabul edilebilir olan ve tüketici tarafından en iyi tekstürün stabil kalması sağlanabilsin ve ürün piyasadaki varlığını koruyabilsin. Gıdaların muhafazası ve saklama koşullarının gıda doku profil analizine etki ettiği bilgisi varlığında, tekstür analizi yapılmasının gıdayı daha uzun süre koruyabilmenin ve en iyi muhafaza şartlarının tespit edilmesinin gıda israfını engelleyerek gıda sürdürülebilirliğine destek olacağı öngörülebilir. Gıda doku profil analizleri sayesinde, gıdaların uygun depo koşulları ve işleme yöntemleri belirlenerek hareket edildiğinde sadece işletmenin maliyetini azaltmakla kalmayıp bütüncül yaklaşıldığında ülke ekonomisine de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

5. KAYNAKÇA

- Aday, M. S., & Caner, C. (2006). Gıdalarda Tekstür ve Etki Eden Etmenler. *Akademik Gıda Dergisi*, 4(6): 28-32.
- Akan, E., Yerlikaya, O., Saygılı, D., & Kımık, Ö. (2021). Farklı Starter Kültür Kullanımının Yoğurtların Tekstürel ve Viskozite Özelliklerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58 (3): 377-383.
- Aksoy, A. (2021). Gıdalarda pH Ölçümünün Önemi. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4/2: 193-216.
- Altuğ Onoğur, T., & Elmacı, Y. (2015). *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme*. İzmir: Sidas Yayınları.
- Bozkurt, S., & Koç, M. (2022). Gıdalarda Sodyum Azaltımı. *Gıda*, 47 (2): 231-251.
- Büyükkurt, Ö. K., & Selli, S. (2020). Aroma Maddelerinin Salımında Etkili Faktörler. *Gıda*, 45 (2): 204-216.
- Doğan, İ., & Aydın, R. (2020). Gıdalarda Hızlandırılmış Raf Ömrü Testleri. *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology C-Life Sciences and Biotechnology*, 9(1): 109-124.
- Eminoğlu, G., & Şenel, E. (2019). Süt ve Ürünlerinin Duyusal Değerlendirmesinde Kemometrik Yaklaşımlar. *Akademik Gıda*, 17 (1): 102-110.
- Erdemir, E., & Karaoğlu, M. M. (2021). Et ve Et Ürünlerinin Tekstürel Özelliklerini Enstrümantal Olarak Tespit Etme Yöntemleri ve Tekstür Profil Analizi Üzerine Bir Derleme. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2836-2848.
- Ertaş, N., & Doğruer, Y. (2010). Besinlerde Tekstür. *Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 7 (1): 35-42.
- Ertop, M. H., & Atasoy, R. (2019). Farklı Tahıl ve Bakliyat Unları ile Üretilen Tarhanaların Fizikokimyasal, Reolojik ve Duyusal Nitelikleri. *Gıda*, 44 (5):781-793.
- Geldenhuis, G., Hoffman, L.C., Muller, M., 2014. Sensory Profiling of Egyptian Goose (*Alopochen aegyptiacus*) Meat. *Food Research International*, 64: 25-33.

- Gerçekaslan, K. E., & Boz, H. (2018). Keçiyoynuzu Unu İlavesinin Kakaolu Kekin Fiziksel, Duyusal ve Tekstürel Özelliklerine Etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1): 95-101.
- Gevrek, M. D., & Yangılar, F. (2024). Farklı Konsantrasyonlarda Morniks ile Üretilen Vegan Karabuğday Sütünün Fizikokimyasal ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(1): 197-205.
- Gündüz, S., Dölekoğlu, C., & Say, D. (2019). Kaz Eti Tüketim Tercihleri ve İkame Ürünlerle Duyusal Analiz. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16: 32-40.
- Gürgen, A., Değirmenci, A., & Yıldız, S. (2019). Bazı Yabani ve Kültür Mantarı Turşularının Duyusal Analizleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): 302-309.
- İlcalı, C., & Noka, Ü. (1984). Bazı Akışkan Gıda Maddelerinde Viskozite Ölçümü ve Akışkan Tipinin Belirlenmesi. *Gıda Dergisi*, 9(4): 207-209.
- İşleroğlu, H., Dirim, S. N., & Ertekin, F. K. (2009). Gluten İçermeyen, Hububat Esaslı Alternatif Ürün Formülasyonları ve Üretim Teknolojileri. *Gıda Dergisi*, 34 (1): 29-36.
- Kadam, A., Mali, S., Jogi, A., & Pratap, A. (2024). Correlation of Fatty Acid Chain Length Used in the Biscuit Formulation with the Biscuits Texture Profile. *Research Square*.
- Kayaalp, B. Z., Bakan, R., Metin, E., & Savaş, E. (2023). Küresel Bir Restoranda Servis Edilen Bitki Bazlı ve Et Bazlı Burgerlerin Tercih Edilebilirliklerinin Karşılaştırılması. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism, Recreation and Sports*, 6(1): 30-46.
- Keser, G., Kıyma, B., & Özcan, T. (2022). Gıdaların Oral İşlenmesi ve Tribolojik Perspektif. *Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Tasarım Dergisi*, 3 (2): 130-149.
- Kılınççeker, O. (2019). Bezelye (*Pisum sativum L.*) Nişastasının Bazı Özellikleri ve Gıda Sanayiinde Kullanımı. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8 (1): 52-58.
- Köten, M. (2024). Karpuz Çekirdeği Unu İkameli Besleyici Bisküvi Üretimi. *Gıda*, 284-298.

- Özcan, T., & Delikanlı, B. (2011). Gıdaların Tekstürel Özelliklerinin Geliştirilmesinde Peynir Altı Suyu Protein Katkılarının Fonksiyonel Etkileri. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25 (2): 77-88.
- Özcan, T., & Yıldız, E. (2016). Sebze Püresi ile Üretilen Yoğurtların Tekstürel ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım -Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(7): 579-587.
- Sarıca, M., Boz, M. A., & Yamak, U. S. (2014). Yozgat İli Halk Elinde Yetiştirilen Beyaz ve Alaca Kazların Et Kalite Özellikleri ve Bazı Kan Parametreleri. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 29 (2): 147-153.
- Soyuçok, A., Ekiz, T., & Kılıç, G. B. (2016). Ekzopolisakkaritlerin Özellikleri ve Gıda Sanayindeki Önemi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 332-344.
- Torun, F. B., & Özdemir, F. (2021). Çilek Aromasının Depolama Kararlılığı Üzerine Püskürterek Kurutma Yöntemiyle Enkapsülasyon İşleminin Etkisi ve Mikrokapsüllerin Model Gıdalarda Etkinliğinin Belirlenmesi. *Gıda*, 46 (3): 751-765.
- Truong, V.D., Daubert, C.R., Drake, M.A. and Bexter, S.R., 2002. Vane Rheometry For Textural Characterization Of Cheddar Cheese. *Journal of Food Science*, 47:631-636.
- Türksönmez, Ç., & Diler, A. (2021). Gıda Endüstrisinde Ultrason Uygulamaları. *Aydın Gastronomy*, 5 (2): 177-191.
- Üyanık, E. B., & Gümüskesen, A. S. (2024). Erkence Zeytin Çeşidinden Elde Edilen Zeytinyağlarının Kimyasal ve Duyusal Özelliklerine Organik ve Geleneksel Yetiştirme Yöntemlerinin ve Olgunluk Düzeyinin Etkisinin İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 180-189.
- Vatandost, E. G., & Karaçeper, E. İ. (2024). Alternative Recipe Development in Gastronomy: Vegan, Vegetarian and Lactose-Free Panna Cotta. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 31-32.



IKSAD
Publishing House



ISBN: 978-625-378-148-4