



Editör: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Necat İZGİ

TARIMDA ARAŞTIRMA KONULARI VE KONSEPTLERİ



TARIMDA ARAŞTIRMA KONULARI VE KONSEPTLERİ

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Necat İZGİ

YAZARLAR

Prof. Dr. Bünyamin YILDIRIM

Prof. Dr. Çiğdem KÜÇÜK

Prof. Dr. Hüseyin PEKER

Doç. Dr. Kübra ÜNAL

Doç. Dr. Şule CEYLAN

Doç. Dr. Turgay KABAY

Dr. Öğr. Üyesi Halime ALP

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Necat İZGİ

Dr. Öğr. Üyesi Selda BULCA

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŞİMŞEK

Dr. Öğr. Gör. Mehmet Zeki KOÇAK

Esra ŞİRİN

Ece BÜYÜKGÜMÜŞ

İrem ERTÜRK

Kevser KASIRGA



Copyright © 2023 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)

TURKEY 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 – 2023©

ISBN: 978-625-367-134-1

Cover Design: Kübra YAZICI

June / 2023

Ankara / Turkey

Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Necat İZGİ.....1

BÖLÜM 1

TÜRKİYE’NİN MARDİN İLİNDE ORGANİK YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN YAĞ GÜLÜNÜN (*Rosa damascena* Mill.) UÇUCU YAĞ BİLEŞENLERİ VE METİL ÖJENOL VARLIĞI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Necat İZGİ.....3

BÖLÜM 2

YAPRAK MANTARI (*Pleurotus* spp.) ÜRETİMİ

Doç. Dr. Turgay KABAY15

BÖLÜM 3

FERMENTE GIDALARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŞİMŞEK
Esra ŞİRİN27

BÖLÜM 4

KESME ÇİÇEK KARANFİL ÜRETİMİ

Doç. Dr. Turgay KABAY..... 41

BÖLÜM 5

AHŞAP MALZEMENİN KORUNMASINDA BİTKİ EKSTRAKTI/ EMPRENYE FAKTÖRLERİNİN BAZI MEKANİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Doç. Dr. Şule CEYLAN
Prof. Dr. Hüseyin PEKER51

BÖLÜM 6

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE ULTRASOUND TEKNOLOJİSİ

Gıda Mühendisi Kevser KASIRGA

Doç. Dr. Kübra ÜNAL

Dr. Öğr. Üyesi Halime ALP59

BÖLÜM 7

KETEN (*Linum usitatissimum* L.)’DE SEKONDER METABOLİTLER: FARMAKOLOJİK ETKİLERİNİN TEMEL ANAHTARLARI

Dr. Öğr. Gör. Mehmet Zeki KOÇAK

Prof. Dr. Bünyamin YILDIRIM81

BÖLÜM 8

TOPRAKTAKİ MİKROPLASTİKLERİN ETKİLERİ

Prof. Dr. Çiğdem KÜÇÜK99

BÖLÜM 9

EKOLOJİK DÖNGÜDE AHŞABIN KORUNUMU VE YENİLİKÇİ EMPRENYE MADDE KULLANIMI

Doç. Dr. Şule CEYLAN

Prof. Dr. Hüseyin PEKER123

BÖLÜM 10

KAZEİNOMAKROPEPTİTLERİN ÖNEMİ, TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ, SAĞLIK ETKİLERİ VE SÜT TEKNOLOJİSİNDEKİ YERİ

Yüksek Lisans Öğrencisi Ece BÜYÜKGÜMÜŞ

Yüksek Lisans Öğrencisi İrem ERTÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Selda BULCA131

ÖN SÖZ

Küresel gıda sistemi, büyüyen ve daha varlıklı bir dünya nüfusunun ihtiyaçlarına cevap vermeye devam etmektedir. Hükümet politikaları ve müdahaleleri, gıda ve tarım piyasalarının şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır, ancak politikalar her zaman gelişen hedeflerle uyumlu değildir. Kaynakların tükenmesi ve iklim değişikliği, küresel gıda sistemi için büyük zorluklar oluşturmaktadır, ancak bu zorlukların üstesinden gelinmesine yardımcı olacak politikalar için fırsatlar mevcuttur. Küresel gıda, tarım ve balıkçılık sisteminin önümüzdeki yıllarda nasıl gelişeceği, kimsenin geride kalmamasını sağlamaya yönelik hedeflenen önlemlere bağlı olacaktır. Tarım ürünlerinin artırılması bu daldaki araştırma ve geliştirmenin üretim büyümesini geliştiren en önemli altyapılardan biri olarak kabul edilmesi açısından önem arz etmektedir. Tarımsal üretim yöntemleri, girdiler ve üretim yöntemleri ile ilgili yeni ve gelişmiş bulgular sağlar, dolayısıyla Ar-Ge etkinliği artar ve tarım ürünlerinin veriminin artmasına yardımcı olur ve doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltır. Gelişmekte olan ülkelerin çoğunda çiftçi başına düşen tarım ürünleri, yeni teknoloji uygulamasının etkinliğini göstermektedir, bu nedenle tarım alanında temel Ar-Ge uygulamaları gerçekten önemlidir. Temel kavram olarak tarım, toprağı işleme, ürün yetiştirme ve hayvan yetiştirme sanatı ve bilimidir. Bitkisel ve hayvansal ürünlerin insanların kullanması için hazırlanmasını ve pazarlara dağıtımını içerir. Tarımdaki yeni paradigma ise, "daha az kaynaktan daha fazla verim" elde etmektir. Anahtar konulardan başlıcaları tarımsal ticaret; tarım ve çevre; tarımsal piyasa bilgi sistemleri; tarım politikasının izlenmesi ve değerlendirilmesi; tarımsal üretkenlik ve yenilik; anti-mikrobiyal direnç ve tarım; biyolojik çeşitlilik ve ekosistemler; iklim değişikliği ve gıda sistemleri; çiftlik düzeyinde analiz; balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğı; besin zinciri analizi; gıda güvenliği ve beslenme; küresel değer zincirleri ve tarım; tarımsal üretkenlik; sürdürülebilir tarım ve gıda sistemleri; risk yönetimi ve dayanıklılık; tohumlar, traktörler, ormanlar, meyve ve sebzeler için standartlar; teknoloji ve dijital tarım; su ve tarım sayılabilir. Bu alanlarda yapılacak daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Dr. Öğr. Üyesi M. Necati İZGİ

BÖLÜM 1

TÜRKİYE’NİN MARDİN İLİNDE ORGANİK YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN YAĞ GÜLÜNÜN (*Rosa damascena* Mill.) UÇUCU YAĞ BİLEŞENLERİ VE METİL ÖJENOL VARLIĞI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Necat İZGİ¹

¹ Mardin Artuklu Üniversitesi . Kızıltepe Meslek Yüksekokulu
necatizgi@artuklu.edu.tr . <https://orcid.org/0000-0003-1657-1169>

GİRİŞ

Yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.), Rosaceae ailesine ait, kendine özgü bir kokusu olan, çok yıllık aromatik bir bitkidir. Gül yağı, gül suyu, gül koncreti ve gül absolutu dâhil olmak üzere çeşitli ürünler için yetiştirilen en önemli yağ gülü türüdür (Abdel-Hameed et al., 2012; Baser and Arslan, 2014; Baydar et al., 2016; Kovatcheva-Apostolova et al., 2008; Kumar et al., 2009). Dünyada yağ içeren güllerin başlıca üreticileri Türkiye ve Bulgaristan'ın yanı sıra Fas, İran, Mısır, Fransa, Çin ve Hindistan'dır. *R. damascena* çiçeğinden elde edilen gül yağı, gül oksitleri, linalool, geraniol, sitronellol ve nerol bakımından zengindir (Dobrev et al., 2013; Kumar et al., 2013). Gıda endüstrisinde kullanılan gül suyu, karakteristik aroması ve bileşenlerinin sentetik yöntemlerle yapılamaması nedeniyle dünyadaki en pahalı bitkisel uçucu yağdır. Gül yağının temel uçucu yağ bileşenleri sitronelol ve geranioldür (Baydar and Baydar, 2005; Farooqi and Srikant, 1990; Izgi, 2022). Küresel pazarda gül yağına yönelik artan bir talep olmasına rağmen, üretim durağan olmaya devam ediyor. Bu nedenle *R. damascena*'nın yetiştirildiği alanın artırılması ve üretiminde kullanılan teknolojinin geliştirilmesi esastır (Pal, 2013). Gül sektöründe istihdam edilen kişi sayısı, gelir miktarı ve ihracat oranları dikkate alındığında, gül yetiştiriciliği bölge için önemli bir sektördür. 1 dekarlık bir gül bahçesinden yaklaşık 3,5 ton çiçek hasat edilip taze damıtıldığında sadece 1 kilogram gül yağı üretilir. Fakat gül yağı kozmetik, ilaç, parfüm ve gıda sanayinde kullanılan en önemli bir madde olduğu için dünyanın en değerli bitkisel uçucu yağdır (Baka, 2020).

Yoğun ilaçlama uygulamaları sonucunda güllerdeki kimyasal kalıntılar tüm dünyada maalesef büyük bir sorun haline gelmiştir. Organik gül üretiminin gerekliliği ve önemi artmakla birlikte tüketici tercihleri de bu yönde değişmiştir. Göller Bölgesinde organik yağ gülü tarımı 5000 dekar, geleneksel yağ gülü tarımı yapılan toplam alan 17.840 dekar alanda üretim yapılmaktadır. Mardin ilinde ortalama 600 dekar organik gül bahçesi kurulmuştur. Mardin ilindeki üretim Göller Bölgesindeki organik yağ gülü üretimine göre yaklaşık 1/8 oranında olduğu görülmüştür. Mardin'de yağ gülü üretim alanlarının artmasıyla Türkiye'ye gül yağı üretim katkısı olacağı tahmin edilmektedir.

Dünya piyasalarında organik gül yağına karşı artan talebi karşılayabilmenin en akılcı ve ekonomik yolu yeni ve bakir toprakların tarıma açılmasıyla mümkün olabilir. Mardin İli dağlık kesimleri ve çevresinde

yüzyıllardır hiç tarım yapılmamış ve kimyasal kalıntılardan uzak on binlerce hektar bakir yeni alanlar mevcuttur. Bu alışmada Mardin'in Artuklu İlçesine bağlı Yaylabaşı kırsal mahallesinde kurulmuş olan organik bahçelerden alınan çiçeklerin uçucu yağların bileşen analizleri yapılıp sonuçlar değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitkinin Kökeni

Mardin'de kurulan yağ ėülü (*Rosa damascena* Mill.) bahçesi için Isparta İli, Keçiborlu İlçesi, Kılıköy kırsalından (37°52' 40.47" K, 30°18' 52.06" D) temin edilen bitki materyalleri kullanıldı. Yağ ėülü dalları, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Mardin İli, Yaylabaşı Mahalle kırsalında 37°24'41"K 40°47'9"D ve 1120 metre yükseklikteki alana dikilmiştir. Çiftçi beş yıl boyunca arazisinde kurduğu ėül bahçelerinin toplam büyüklüğü 600 dekadır.

ül bahçesinin toprak yapısı

Derinliği 0 ile 60 cm arasında toplam altı adet toprak örneği alınmış ve toprak tekstür ve mineral içerik analizi için analiz laboratuvarına gönderilmiştir. Analiz sonucuna göre toprak organik maddece düşük (%1,77) ve tınlı bir dokuya sahiptir. Azot içeriği yüksek (%0,18-0,33); Fosfor (8,82 kg/da), potasyum (52,40 kg/da), bakır (1,03mg/kg), kalsiyum (1332 mg/kg) ve magnezyum (220 mg/kg) seviyeleri yeterliydi. Manganez (5,42 mg/kg) ve çinko (0,57 mg/kg) seviyeleri düşük, kireçli (%2,83), tuzsuz (%0,02) ve hafif alkali (%7,5-%8,5) bulundu. ül bahçesinin kurulum aşamasında 150 kg/da hayvan ėüresi ve 180 kg/da leonardit, bitki sıralarına bant şeklinde serpilip toprakla karıştırılarak kullanılmıştır ve yaz aylarında damla sulama yapılmıştır.

ül çiçeklerinin hasadı ve uçucu yağ damıtılması

Mardin Yaylabaşı kırsalındaki çiftçinin bahçesinde ilk üç yıl Nisan ayının son haftasında başlayan ėül hasadı Mayıs ayı boyunca (2019, 2020 ve 2021) devam etmiştir. 2022 yılı hasat döneminde ise hasat dönemine yakın dönemde havaların daha serin seyretmesi nedeniyle hasat dönemi yaklaşık on-on beş gün gecikmiş, hasat işlemleri Mayıs ayının ikinci haftası başlamış ve ortalama beş hafta sürmüştür. 5 yıllık olan bu bahçeden, uçucu yağının damıtmasında kullanılan iekler 18 Mayıs tarihinde toplandı. ül bahçesine en yakın Savur Meteoroloji İstasyonundan hasat günü ve hasat saatlerine ait

günlük ve saatlik sıcaklık ve nispi nem değerleri alınmıştır. 15 Mayıs'ta çiçek hasadında günlük ortalama sıcaklık 18,9°C, toplam yağış 0,1 mm ve ortalama nem %56,5'di (MMD, 2022). Hasat saatindeki (06.00 civarında) sıcaklık 22,1°C ve nispi nem %44 olarak kaydedildi. Çiçekler üç tekerrürlü olarak toplanmıştır. Yüksek nem ve düşük sıcaklık nedeniyle bu saatte hasat edilen gül çiçeklerinde yağ kalitesi (özellikle terpen alkol oranı) yüksektir (Dobrev, 2013; Izgi, 2022).

Güller bekletilmeksizin 10 litrelik cam balonlarda 1,5 kg gül çiçeği ve üzerine 3 litre su eklenerek üç saat boyunca bir Clevenger hidro-distilasyon cihazında damıtıldı. Damıtılmış uçucu yağlar, bileşen analizine tabi tutulana kadar +4°C'de buzdolabında saklandı (Gang, 2005; Gogoi et al., 2020; Paw et al., 2020).

Uçucu yağların bileşenleri, FID ve MS dedektörü olan SHIMADZU GC/MS-QP2020 (Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometrisi) analizör sistemi ile analiz edildi. Sistem, bir DB WAX kapiler kolonu (Rtx-2330 RESTEK 60 m x 0.25 mm x 0.2 µm) ile donatıldı. Enjeksiyon bölme oranı modu 25:1 ve sistem basıncı 80 kPa idi. Taşıyıcı gaz olarak Helyum 5.0 (saflık %99,999) kullanılmıştır. Enjektör bloğu sıcaklığı 240°C, fırın programı başlangıçta 2 dakika 40°C, ardından 4°C/dk' dan 240°C' ye kadar son sıcaklık, 3 dakika kadar tutuldu. FID sıcaklığı 250°C ve enjeksiyon hacmi 1 µl idi. Tutma indeksleri ve kütle spektrumları referans standartları ile karşılaştırılarak, bileşenler tanımlandı (AOAC., 2013).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Uçucu yağ bileşenleri

GC/MS analizi sonucunda toplam 33 uçucu yağ bileşeni tanımlanmıştır. Uçucu yağ bileşenleri başlıca; 8 monoterpen, 7 oksijenli monoterpen, 6 seskiterpen, 5 hidrokarbon, aldehit, alkoller, esterler ve fenol (öjenol) bulunmuştur. Uçucu yağda tanımlanan 33 bileşenin toplam yüzdesi %97,2 olmuştur. Yükselti, hasat dönemi, hava sıcaklığı, havadaki nispi nem, açık/bulutlu hava, çiçeklerde buharlaşma ve ağırlık kaybı, rüzgâr hızı ve yönü gibi birçok faktör bitkideki uçucu yağ oranına ve kompozisyonlarına etki edebilmektedir (Picone et al, 2004; Sagae et al, 2008; Honarvar, 2010; Izgi, 2022). Farklı sayılarda tespit edilen gül yağı bileşenleri genel olarak alifatik hidrokarbonlar, alifatik esterler ve terpen alkollerden oluştuğu farklı araştırmalarla rapor edilmiştir (Baydar et al., 2016; El-Sharnouby et al., 2021; Ryu et al., 2020; Yarazavi et al., 2016).

Uçucu yağdaki ana bileşenler; linalool, sitronellol, nerol, geraniol ve nonadekan olmak üzere toplam adet olmuştur. Oksijenli monoterpenler %76,57 ile toplam oranın büyük bir kısmını oluşturmuştur. Gül yağının çoğunluğunu sitronellol, geraniol ve nerol bileşenlerinin toplamı (%71,1) oluşturdu (Tablo 1). Izgi (2022) farklı hasat tarihleriyle ilgili yaptığı bir çalışmada bu bileşenlerin oranlarının toplamının, artan sıcaklıklara ve azalan nispi neme bağlı olarak ilk hasattan son hasada doğru azaldığını ifade etmiştir. Dobrev et al. (2013) yine bu görüşe benzer ifadeleri daha önceki çalışmalarında tespit etmişlerdir. Bu ve önceki çalışmalarda yine tüm gül çeşidi yağlarının ana bileşeni sitronellol olduğu bulunmuştur (Baydar et al., 2008; Honarvar et al., 2010; Izgi, 2022). Yüksek gül yağı kalitesi elde etmek için çiçek hasadının sabah 06.00-08.00 arasında toplanması gerekmektedir (Dobrev et al., 2013; Rusanov et al., 2011).

Bu çalışmada metil öjenol bulunmamıştır. Metil öjenol 80 familyadan 450 adet bitkide ve bu bitkilerin tüm organlarında bulunduğu, bu bileşenin; böceklere, patojen mikroorganizmalara, ot obur hayvanlara ve bazı yakınındaki bitkilere karşı savunma amaçlı bünyesinde bulundurduğu ifade edilmiştir (Dicke and Hilker, 2003; Tan and Nishida, 2012). Gül yağında mutajenik, kanserojenik ve alerjik reaksiyonlara neden olan metil öjenolden kaçınılması ve mümkünse minimumda tutulması gerektiği ifade edilmektedir (De Vincenzi et al., 2000; Harris, 2002).

Farklı metil öjenol oranlarının belirlendiği birtakım çalışmalar yapılmıştır (Ghavam et al., 2021; Rusanov et al., 2012; Verma et al., 2011). Baydar et al. Türk gül yağı örneklerinde metil öjenol oranının çoğunlukla %2'nin üzerinde (bazen %4'ün üzerinde) bulunduğunu, ciltte alerjik reaksiyonlara neden olduğu için gül yağında istenmeyen bir madde olduğunu ifade etmiştir (Baydar et al., 2007). Damıtma süresi (150 dakikadan sonra) veya fermantasyon süresi arttıkça, metil öjenol oranlarının da arttığı ifade edilmiştir (Baydar et al., 2008). (Rusanov et al., 2011), gül yağında en az metil öjenol oranı için çiçeğin 5. gelişim evresinde iken (toplam 8 gelişim evresine göre) hasat edilmesi gerektiği ve depolama süresinin kısa tutulması gerektiğini söylemiştir. (Rusanov et al., 2012) ayrıca tomurcuk aşamasındaki gül çiçeklerinde metil öjenol oranının tam çiçekli gül çiçeklerindeki beşte biri olduğunu bulmuşlardır.

Sitronellol/geraniol (S/G) oranı

Sitronellol/Geraniol (S/G) oranı 1.41 ile ideal oran aralığına yakın olmuştur (ISO, 1997). Bu oranların hasat tarihi ve saati, depolama şartlarına ve süresine göre değişebildiği ifade edilmiştir (Baydar et al., 2007). (Izgi, 2022) sıcaklık arttıkça ve bağıl nem azaldıkça gül yağında sitronellol oranı azalırken, geraniol oranı arttığını söylemiştir. S/G oranlarına farklı izolasyon yöntemlerinin ve çevresel faktörlerin büyük etkisi vardır (Chalchat and Özcan, 2009; Ghavam et al., 2021).

SONUÇ

Isparta ve çevresi Göller Yöresinden sonra ilk defa Mardin İl'inde 5 yıldır başarılı bir şekilde organik yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.) tarımı yürütülmektedir. Gül uçucu yağında kaliteyi etkileyen birçok faktörün başında büyük öneme sahip olanlar yüksek toplam monoterpen alkoller, sitronellol/geraniol oranı (S/G) ve metil öjenol miktarıdır. Bu çalışmada S/G oranı 1,41 ve bileşen miktarları ISO 9842:2003 ve TS 1040:1971 standart özelliklerini karşılamıştır. Uzun zincirli hidrokarbonların toplam miktarı düşük çıkmıştır. Metil öjenolün gül yağı bileşenlerinde tespit edilmemesi ve uzun zincirli hidrokarbonların oranlarının düşük olması dikkate değer bir durumdur.

Tablo 1. GC/MS sonuçlarına göre elde edilen Gül yağlarının (*R. damascena*) uçucu bileşenleri, miktarları ve kimyasal sınıflandırması.

RT	RI ^a	RI ^b	Bileşenler	Miktar (%)	
Monoterpenler					
1	11.442	1119	1035 ¹	α -pinene	0.41
2	12.544	1207	1118 ¹	β -pinene	0.31
3	16.518	1280	1184 ¹	α -terpinene	0.22
4	17.577	1299	1208 ¹	d-limonene	0.11
5	18.088	1309	1245 ¹	β -phellandrene	0.1
6	20.170	1348	1249 ¹	γ -terpinene	0.23
7	21.695	1355	1355 ³	β -cis-ocimene	0.14
8	23.005	1385	1290 ⁵	α -terpinolene	0.26
Toplam					1.78
Oksijenli Monoterpenler					
9	31.955	1647	1544 ¹	linalool	2.80
10	33.860	1708		terpinenol-4	1.10
11	36.350	1800	1700 ¹	α -terpineol	0.71
12	37.366	1840	1840 ³	citral	0.86

13	37.860	1863	1768 ¹	citronellol	33.16
14	38.860	1899	1792 ¹	nerol	14.45
15	39.905	1944	1852 ¹	geraniol	23.49
Toplam					76.57
Seskiterpenler					
16	31.540	1624	1624 ³	β -bourbonene	0.22
17	33.641	1701	1437 ²	α -guaiene	1.95
18	33.724	1712	1417 ¹	caryophyllene	1.14
19	35.890	1787	1787 ³	humulene	1.21
20	37.030	1827	1827 ³	germacrene-d	2.19
21	37.150	1831	1831 ³	α -bulnesene	1.24
Toplam					7.95
Uzun Zincirli (Alifatik) Hidrokarbonlar					
22	30.535	1596	1700 ¹	heptadecane	0.07
23	43.385	2193	2000 ¹	eicosane	2.33
24	45.550	1995	1995 ³	heneicosane	2.61
25	41.585	2014	2014 ³	nonadecene	0.89
26	41.796	1904	1900 ¹	nonadecane	1.24
Toplam					7.14
Diğer					
27	18.801	1289	1184 ¹	heptanal	0.32
28	25.580	1452	1362 ¹	hexanol	0.51
29	35.600	1767	1639 ¹	citronellol acetate	0.58
30	39.590	1939	1785 ¹	phenyl ethyl acetate	0.22
31	41.667	2018	1140 ⁴	phenyl ethyl alcohol	1.42
32	47.333	2280	2164 ¹	eugenol	1.11
Toplam					4.16
Genel Toplam					%97.60

RT: Tutma zamanı (dak.). *RI^a: DB WAX sütununda hesaplanan tutma indeksi, RI^b: Literatürden göreceli doğrusal tutma indeksi 1: (Goodner, 2008), 2: (Kumar et al., 2018), 3:(Izgi, 2022) 4:(Kim et al., 2000) 5:(Wu et al., 2009)

KAYNAKLAR

- Abdel-Hameed, E.-S. S., Bazaid, S. A., and Shohayeb, M. M. (2012). Total phenolics and antioxidant activity of defatted fresh taif rose, Saudi Arabia. *British Journal of Pharmaceutical Research* 2(3): 129.
- AOAC. (2013). AOAC Official Method 932.11 Essential oil in flavor extracts and toilet preparations. Babcock Method. Published: 2013-09-10. <http://files.foodmate.com>.
- Baka (2020). Republic of Turkey. Ministry of Industry and Technology. Web Page of The West Mediterranean Development Agency. (23 August 2022).
- Baser, K. H. C., and Arslan, N. (2014). Oil Rose (*Rosa damascena*). *Medicinal and Aromatic Plants of the Middle-East* 2, 281-304.
- Baydar, H., and Baydar, N. G. (2005). The effects of harvest date, fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (*Rosa damascena* Mill.). *Industrial crops and products* 21(2): 251-255.
- Baydar, H., ERBAŞ, S., and Kazaz, S. (2016b). Variations in floral characteristics and scent composition and the breeding potential in seed-derived oil-bearing roses (*Rosa damascena* Mill.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 40(4) 560-569.
- Baydar, H., Erbaş, S., Kineci, S., and Kazaz, S. (2007). Yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.) damıtma suyuna katılan tween-20'nin taze ve fermente olmuş çiçeklerin gül yağı verimi ve kalitesi üzerine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi* 2(1): 15-20.
- Baydar, H., Schulz, H., Krüger, H., Erbas, S., and Kineci, S. (2008). Influences of fermentation time, hydro-distillation time and fractions on essential oil composition of Damask Rose (*Rosa damascena* Mill.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 11(3): 224-232.
- Chalchat, J.-C., and Özcan, M. M. (2009). A comparative investigation on the composition of rose (*Rosa damascena* Mill.) oil produced by using two different methods. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 12(4): 447-452.
- De Vincenzi, M., Silano, M., Stacchini, P., and Scazzocchio, B. (2000). Constituents of aromatic plants: I. Methyleugenol. *Fitoterapia* 71(6): 216-221.
- Dicke, M., and Hilker, M. (2003). Induced plant defences: from molecular biology to evolutionary ecology. *Basic and Applied Ecology* 4(1): 3-14.

- Dobrev, A. (2013). Dynamics of the Headspace Chemical Components of *Rosa damascena* Mill. Flowers Ana Dobrev. Journal of Essential Oil Bearing Plants 16(3): 404-411.
- Dobrev, A., Velcheva, A., Bardarov, V., and Bardarov, K. (2013). Chemical composition of different genotypes oil-bearing roses. Bulgarian Journal of Agricultural Science 19(6) 1213-1218.
- El-Sharnouby, M. E., Montaser, M. M., and Abdallah, S. M. (2021). Oil and flower production in *Rosa damascena* trigtintipetala Dieck under salinity stress in Taif region, Saudi Arabia. Sustainability 13(8): 4547.
- Farooqi, A. A., and Srikant, S. (1990). Effect of growth retardants on flowering of *Rosa damascena* Mill. In "Proceedings of the international congress of plant physiology, New Dehli, India, 15-20 February 1988. Volume 2.", pp. 1369-1372. Society for Plant Physiology and Biochemistry.
- Gang, D. R. (2005). Evolution of flavors and scents. Annu. Rev. Plant Biol. 56, 301-325.
- Ghavam, M., Afzali, A., Manconi, M., Bacchetta, G., and Manca, M. L. (2021). Variability in chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Rosa × damascena* Herrm. from mountainous regions of Iran. Chemical and Biological Technologies in Agriculture 8(1): 1-16.
- Gogoi, R., Sarma, N., Begum, T., Pandey, S. K., and Lal, M. (2020). North-East Indian *Chromolaena odorata* (L. King Robinson) aerial part essential oil chemical composition, pharmacological activities-neurodegenerative inhibitory and toxicity study. Journal of Essential Oil Bearing Plants 23(6): 1173-1191.
- Goodner, K. (2008). Practical retention index models of OV-101, DB-1, DB-5, and DB-Wax for flavor and fragrance compounds. LWT-Food Science and Technology 41(6): 951-958.
- Harris, B. (2002). Methyl eugenol—the current bête noir of aromatherapy. International Journal of Aromatherapy 12(4): 193-201.
- Honarvar, M., Khosh-Khui, M., and Javidnia, K. (2010). Factors affecting essential oil quantity and quality of Damask rose in two regions of southern Iran. Acta horticulturae, 870:241-248.
- ISO (2021). International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/28611.html> Publication date: 2003-09 Edition: 2 Number of pages: 7 Technical Committee: ISO/TC 54 Essential oils. Erişim tarihi: 15 Kasım 2022.

- Izgi, M. N. (2022). Effect of Different Harvest Dates to Essential Oil Components of Oil-Bearing Rose (*Rosa damascena* Mill.) in Mardin. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 25(2): 250-261.
- Kim, H.-J., Kim, K., Kim, N.-S., and Lee, D.-S. (2000). Determination of floral fragrances of *Rosa hybrida* using solid-phase trapping-solvent extraction and gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 902(2): 389-404.
- Kovatcheva-Apostolova, E. G., Georgiev, M. I., Ilieva, M. P., Skibsted, L. H., Rødtjer, A., and Andersen, M. L. (2008). Extracts of plant cell cultures of *Lavandula vera* and *Rosa damascena* as sources of phenolic antioxidants for use in foods. *European Food Research and Technology* 227: 1243-1249.
- Kumar, N., Bhandari, P., Singh, B., and Bari, S. S. (2009). Antioxidant activity and ultra-performance LC-electrospray ionization-quadrupole time-of-flight mass spectrometry for phenolics-based fingerprinting of Rose species: *Rosa damascena*, *Rosa bourboniana* and *Rosa brunonii*. *Food and Chemical Toxicology* 47: 361-367.
- Kumar, R., Sharma, S., Sharma, S., Sharma, M., and Kumar, N. (2018). Influence of flower to water ratio and distillation time of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) flowers on essential oil content and composition in the western Himalayas. *Journal of Essential Oil Research* 30(5): 353-359.
- Kumar, R., Sharma, S., Sood, S., and Agnihotri, V. K. (2013). Agronomic interventions for the improvement of essential oil content and composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) under western Himalayas. *Industrial Crops and Products* 48, 171-177.
- MMD (2022). General Directorate of Meteorology. Mardin Meteorology Directorate. Turkey.
- Pal, P. K. (2013). Evaluation, genetic diversity, recent development of distillation method, challenges and opportunities of *Rosa damascena*: a review. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 16(1): 1-10.
- Paw, M., Gogoi, R., Sarma, N., Pandey, S. K., Borah, A., Begum, T., and Lal, M. (2020). Study of anti-oxidant, anti-inflammatory, genotoxicity, and antimicrobial activities and analysis of different constituents found in rhizome essential oil of *Curcuma caesia* Roxb., collected from north east India. *Current pharmaceutical biotechnology* 21(5): 403-413.

- Rusanov, K., Kovacheva, N., Rusanova, M., and Atanassov, I. (2011). Traditional *Rosa damascena* flower harvesting practices evaluated through GC/MS metabolite profiling of flower volatiles. *Food Chemistry* 129(4): 1851-1859.
- Rusanov, K., Kovacheva, N., Rusanova, M., and Atanassov, I. (2012). Reducing methyl eugenol content in *Rosa damascena* Mill rose oil by changing the traditional rose flower harvesting practices. *European Food Research and Technology* 234(5): 921-926.
- Ryu, J., Lyu, J. I., Kim, D.-G., Kim, J.-M., Jo, Y. D., Kang, S.-Y., Kim, J.-B., Ahn, J.-W., and Kim, S. H. (2020). Comparative analysis of volatile compounds of gamma-irradiated mutants of rose (*Rosa hybrida*). *Plants* 9(9): 1221.
- Tan, K. H., and Nishida, R. (2012). Methyl eugenol: its occurrence, distribution, and role in nature, especially in relation to insect behavior and pollination. *Journal of insect science* 12(1).
- Verma, S. R., Padalia, C. R., and Chauhan, A. (2011). Chemical investigation of the volatile components of shade-dried petals of damask rose (*Rosa damascena* Mill.). *Archives of Biological Sciences* 63(4): 1111-1115.
- Wu, Y., Pan, Q., Qu, W., and Duan, C. (2009). Comparison of Volatile Profiles of Nine Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Cultivars from Southern China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(20), 9676-9681.
- Yarazavi, M., Shamspur, T., Afzali, D., and Mostafavi, A. (2016). Comparison between the concretes obtained from fresh and distilled *Rosa damascena* mill. flowers. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 19(2): 479-484.

BÖLÜM 2

YAPRAK MANTARI (*Pleurotus spp.*) ÜRETİMİ

Doç. Dr. Turgay KABAY¹

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş Meslek Yüksekokulu, Van, Türkiye

*Sorumlu Yazar: turgaykabay@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-3239-0037>

GİRİŞ

Ülkemizin her bölgesinde kendiliğinden yetişen yüzlerce mantar genotipleri bulunmaktadır. Bu mantarların bir kısmı zehirli olduğundan dolayı, her yıl mantardan zehirlenmeler yaşanmaktadır. Yaşanan zehirlenmelerden dolayı kültür mantarına rağbet her geçen yıl artmaktadır.

Ülkemizde, beyaz şapkalı mantar, yaprak mantarı (kavak, kayın, İstiridyeye), shii-take, reishi, maitake, hericium, koriolus, auriculari, kuzu göbeği, kanlıca, yumurta, keme, imparator, sığır dili, tirit gibi birçok mantar çeşidi bulunmaktadır (Anonim1 2023; Eren ve ark 2017; Seçim ve Coşan 2019). Bu mantar çeşitlerinden kültür yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan beyaz şapkalı mantar ve yaprak mantardır. Beyaz şapkalı mantar ve birçok diğer mantarların üretiminde kompost hazırlamak gereklidir. Ayrıca üretime hazır hale gelmiş kompostların özel ortamlarda özel iklim istekleri vardır. Eğer özel ortam ve iklim istekleri aksatılırsa ürün kaybı yaşanır.

Yaprak mantarı ağaç kütüklerinde ve sap saman gibi ortamlarda üretimi kolay olduğu için ayrıca özel bir kompost hazırlama yoktur. Bunun yanında iklim ve üretim ortamı olarak diğer mantarlara göre daha az seçici olmakla birlikte her iklim de üretimi mümkündür (Çetin ve ark. 2023).

YAPRAK MANTARI ÇEŞİTLERİ

Ülkemizde birçok yaprak mantarı bulunmakla birlikte, en çok tüketimi ve üretimi yapılan yaprak mantarlar, *Pleurotus ostreatus* (beyaz veya gri mantar), *Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus* (parlak sarı) ve *Pleurotus Salmoneostramineus* (kırmızı veya pembe) mantar çeşitleridir (Akçay ve Doğan 2019; Owaid ve ark 2015).

Pleurotus ostreatus

Beyaz veya gri mantar olarak bilinen *Pleurotus ostreatus* sıcaklık ve nem istenen düzeyde ise beyaz renkli karpoforlar oluşmaktadır (Şekil 1). Sıcaklık değerleri düştükçe grileşme artmaktadır (Şekil 2).

Şekil 1 ve Şekil 2 aynı *Pleurotus ostreatus* mantarı miselleri aşılınmış olan kitlerde, Şekil 1' de ki mantar kiti normal sıcaklık ve nem ortamında üretilirken, Şekil 2' de ki mantar ise daha düşük sıcaklık ve nem de üretilmiştir.



Şekil 1: Beyaz renkli *Pleurotus ostreatus* mantarı (Orijinal resim (beyaz mantar))



Şekil 2: Gri renkli *Pleurotus ostreatus* mantarı (Orijinal resim (gri mantar))

Pleurotus. cornucopiae var. citrinopileatus

Parlak sarı renğinde *Pleurotus. cornucopiae var. citrinopileatus* olan çeşit, Şekil 3’de ki normal sıcaklık ve nem Őartlarında üretilen mantarların karpoforları parlak sarı (Şekil 3) iken, Şekil 4’te düşük sıcaklık ortamında ise parlaklığın yerine mat ve hafif koyu renk (Şekil 4) olduğu görölmektedir .



Şekil 3. *Pleurotus. cornucopiae* var. *citrinopileatus* (orjinal resim (parlak sarı))



Şekil 4. *Pleurotus. cornucopiae* var. *citrinopileatus* (orjinal resim (mat sarı))

Pleurotus Salmoneostramineus

Yaprak mantarlarından pembe renk tonundan kırmızı renk tonuna kadar renk tonuna sahip olan mantarlar *Pleurotus Salmoneostramineus* olan mantarlardır (Şekil 5; Şekil 6).

Renk tonları üretim ortamındaki sıcaklık, nem ve ışık Őiddeti ve süresi başta olmak üzere iklim verilerine bağlıdır.



Şekil 5 *Pleurotus Salmoestroamineus* (Anonim1 2023 (kırmızı mantar))



Şekil 6 *Pleurotus Salmoestroamineus* (Anonim2 2023 (pembe mantar))

ÜRETİM

Yaprak mantar üretimi diğer mantar üretimine göre daha zahmetsizdir. Çünkü yaprak mantar üretiminde ağaç ve bitki atıkları ile saman karışımlarının steril edildikten sonra misellerin hazırlanan ortamlara ekilmesi şeklinde olur.

Ağaç kütüklerinde üretim

Kavak, meşe , söğüt ve kayın gibi yumuşak odunlu ağaçların kütükleri kullanılmaktadır. Yumuşak odunlu ağaçlardan 15-20 cm çapında ve 30-50 cm uzunluğunda kütükler kesilir. Kesilen kütükler birkaç gün su içerisinde bekletilerek kütüklerin su çekmesi sağlanır. Yeterli neme sahip olan kütükler uç kısımlarından itibaren 3-5 cm lik bir kısım testere ile kesilerek çıkartılır kütüğün kesilen kısmına 100 gr misel yayılarak kesilen 3-5 cm lik

kısım üzerine çivi ile tutturulur ve kütükler naylon poœetlere sarılarak 1-1.5 ay süre ile 25 °C de karanlık bir ortamda misellerin gelişmesi sağlanır. Misellerin aşılması için en uygun zaman ilkbahar ve sonbahar mevsimleridir (Anonim1 2023). Ancak Van iklim koşullarında en uygun misel aşılama zamanı Nisan ayıdır.



Şekil 7 Kütüklerin aşılama şekli (Anonim1 2023)



Şekil 8 Misellerin kütüğe aşılması (Anonim1 2023)



Şekil 9 Kütüklerde hasada gelen mantar (Anonim1 2023)

Polietilen (naylon) torbalarda üretim

Üretim amacıyla kullanılacak misel aşılama işlemi, yumuşak gövde ve odunlu ağaç talaşlarının bitki sap ve samanından oluşan karışımlara yapılarak üretim yapılmaktadır. Yapılan bu karışımlar 70–90 °C arasında ki sıcaklıklarda 30–60 dakika tutularak veya 10 dakika kaynatılarak steril işlemi yapılabilir. Steril işlem yapıldıktan sonra sıcaklığın 18–20 °C ye düştükten sonra aşılama işlemi yapılmaktadır. Aşılama işleminde kullanılacak torbanın içine en az 5-7 cm karışım ve karışımın üzerine naylon torbanın yüzeyine gelecek şekilde miseler serpmeye şeklinde aşılama yapılmalıdır. Aşılama misellerinin üzerine tekrar 5-7 cm steril ortam konur. Bu işlem naylon torbanın uzunluğuna ve genişliğine bağlı olarak 3-5 kat olabilir. Daha sonra torbalarda iğne ile küçük delikler açıldıktan sonra torbanın açık üst kısmı bağlanarak kapatılır ve 8-10 gün karanlık ortamda bekletilir. Aşılama yapılan torbadaki steril ortamın nemi yaklaşık %90-95 tir. Bu şartlarda 20-25 °C de karanlık ortamda 8-10 gün’ de miseller üremeye başlar. Karanlık ortamda bekletilme gün sayısı 12 günden daha fazla uzamaya başlarsa, üretim ortamında küflenme ve bozulma başlar.

Karanlık ortam 8-12 gün sonra kaldırılır ve %70 nem ve 18-25 °C sıcaklıklarda, yaklaşık 300-700 ışık lüks’ünde 8-10 saat aydınlatılma ile 30-35 günde karpofor kümeleri hasada gelmiş olur.



Şekil 10 Üretim ortamının steril şekli (Orijinal)



Şekil 11 Karanlık uygulama sonucu üreyen miseller (Orjinal resim)



Şekil 12 İlk oluşan karpoforlar (Orjinal resim)

HASAT

Hasat olgunluğuna gelmiş yaprak mantar karpoforlar, tek veya küme halinde kopartılır. Kopartılan karpoforlar 250-300-400 veya 500 gramlık plastik veya köpük kaplara konulup pazara sunulabilir. Hasat edilen yaprak mantarlar buzdolabı ortamında 10 gün tazeliğini korumaktadır.



Şekil 13 Hasat edilmeye gelmiş karpoforlar (Orijinal resim)

SONUÇ

Mantarların besin değeri yönünden zengin olduğu bilinmektedir. Özellikle üretimi diğer mantarlara göre daha kolay olan yaprak mantarın üretimini, ilgi gösteren üreticilere yayarak yeni üreticilerin kazanılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- Akçay, B. C., Doğan, H. H. (2019). Marmara Bölgesinde Üretilen *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.(Kayın Mantarı)'un Üretimi ve Yaygınlaşması. *Mantar dergisi*, 10(2), 92-102.
- Anonim1 2023 Agroma Mantar, <https://www.agromantar.com/mantarlar/pleurotusuretimi.html>
- Anonim2 Hayger <https://haygeristiridyemantari.wordpress.com/2014/04/10/istiridye-mantar-pembe-pink-oyster-mushroom/>
- Çetin, M., Kabay, T., Şensoy, S. 2023. Farklı Üretim Ortamlarının İstiridye Mantarı (*Pleurotus Ostreatus*) Üretiminde Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture-food science and technology*, 11(1), 29-34.
- Eren, R., Süren, T., Kızıleli M. (2017). Gastronomik açıdan Türkiye’de yenilebilir yabancı mantarlar üzerine kavramsal bir değerlendirme. *Turizm akademik dergisi*, 4(2), 77-89.
- Owaid, M. N., Al-Saeedi, S. S. S., Abed, I. A. (2015) Beyaz, gri, sarı ve pembe istiridye mantarlarının (yüksek mantarlar) mineral madde içeriği. *Gıda*, 40(6), 319-326.
- Seçim, Y., Çoşan, D. (2019). Tespit edilmesi üzerine bir araştırma. *Alternatif turizm araştırmaları*, 5-24

BÖLÜM 3
FERMENTE GIDALARIN FONKSİYONEL
ÖZELLİKLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŐİMŐEK¹

Esra ŐİRİN²

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, Tavşanlı Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Kütahya/TÜRKİYE; esra.sirin@ogr.dpu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3768-3648.

GİRİŞ

Günümüzde tüketilen birçok gıda fermente edilmiş ürünlerden oluşmaktadır (Akdeniz & Özbaş, 2020). Fermentasyonun tarihçesine bakıldığında, gıdaların güvenilir olarak üretilebilmesi için bu yöneme başvurulduğu, böylece uzun raf ömürlü gıdaların elde edildiği bilinmektedir. Fermentasyon en eski ve maliyeti düşük gıda muhafaza yöntemlerinden birisidir (Bilandino, Al- Aseeri, Pandiella, Cantero, & Webb, 2002). Ayrıca fermentasyon, basit ve güvenli yöntemlerden biri olarak da öne çıkmaktadır (Göran, 2001). Fermentasyon taze sebze ve meyvelerin mevsimi dışında da tüketilmesini sağlamaktadır (Tokatlı, Dursun, Arslankoz, Şanlıbaba, & Özçelik, 2012). Fermente gıdalar, kontrollü şartlarda ortama yararlı mikroorganizmaların ilave edilmesiyle gerçekleşen fermentasyon ve biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda elde edilen sağlığa yararlı fonksiyonel gıda maddeleridir (Akdeniz & Özbaş, 2020). Fermentasyon sürecinde kullanılan mikroorganizmalar, binlerce yıldır bilinen ve tüketildiğinde insanlara haz veren yeni gıdaların üretilmesini sağlamaktadır (Pamir, 1985). Gıdaların fermentasyonu sürecinde kullanılan mikroorganizmalar ürüne, kendine has tat, aroma ve lezzet vermektedir (Küçükkömürler, 2021). Bununla birlikte fermentasyon tekstür, görünüm, besleyicilik ve güvenilirlik gibi gıdaların kalitesini olumlu yönde etkileyen değişikliklerin oluşmasını sağlamaktadır (Bayram, Erdoğan, Esin, Saraçoğlu, & Kaya, 2014). Gıda üretiminde uygulanan bazı fermentasyon çeşitleri; laktik asit fermentasyonu, etil alkol fermentasyonu, asetik asit fermentasyonu, alkalın fermentasyonu ve mantar fermentasyonudur (Nout, 2023). M.Ö. 6000 yıllık bir geçmişi olan fermente gıdalar et, balık, süt, meyve, sebze, tahıllar ve baklagillerden, farklı yöntemlerle ve formülasyonlarla üretilmektedir (Bilandino, Al- Aseeri, Pandiella, Cantero, & Webb, 2002; Marco, ve diğerleri, 2017). Fermente gıdaların yapım yöntemleri ise her toplumda farklılık göstermektedir. Böylece çeşitli hammaddelerden üretilen fermente gıdalar farklı toplumların kültürlerine mal olmuştur (Pamir, 1985). Geleneksel fermente gıdalar sağlıkla ilişkilendirilmiştir (Van Hylckama Vlieg, Veiga, Zhang, Derrien, & Zhao, 2011). Bu gıdaların insan sağlığı açısından olumlu yönleri öne çıkmıştır (Tomar, Çağlar, & Akarca, 2017). Fermentasyon sürecinde mikroorganizmaların ürettiği ve insan sağlığı için faydalı olan kimyasal

maddeler, fermente gıdaların fonksiyonel özelliklerini artırmıştır (Osuntoki & Korie, 2010). Gıda maddelerinin içeriğinde bulunan proteinler, esansiyel amino asitler ve vitaminler, fermentasyon sürecinde söz konusu besin maddeleri ile birleşerek gıdanın biyolojik değerini iyileştirmektedir (Tamang, 1998). Fermentasyonda kullanılan mikroorganizmaların, gıdayı tüketenler üzerinde nadiren patojenik etkileri bulunmaktadır (Aguirre & Collins, 1993). Bununla birlikte fonksiyonel fermente gıdalar çeşitli probiyotikler ve prebiyotikler içerir (Jalili , Nazari, & Magkos, 2023). Fermente süt ürünlerinde fazlaca bulunan (Başyiğit, Karahan, & Kılıç, 2007) ve bağırsaktaki mikrobiyal dengeyi iyileştiren probiyotikler (Gibson & Roberfroid, 1995), gıdaların vücutta sindirilebilirliğini artırmaktadır (Das, Patra, Singdevsachan, Gouda, & Shin, 2016). Ayrıca probiyotikler gıdaların raf ömürlerini de 3-6 ay kadar korumaktadır (İnanç, Şahin, & Çiçek, 2005). Uzun raf ömürlü gıda eldesinde kullanılan laktik asit fermentasyonu geleneksel gıda muhafaza yöntemlerinden birisidir (Gümüş & Coşkun, 2008). Yaygın olarak kullanılan, karbonhidratları parçalayan laktik asit bakterileri önemli starter kültürlerdir (Axelsson & Ahrne, 2000; İnce Palamutoğlu & Baş, 2020). Bu yararlı bakterilerin antimikrobiyal özelliği bulunmaktadır (Çelikyurt & Arıcı, 2008). Bu bakteriler bağırsak sağlığını iyileştirmeye yardımcıdır (Zhang, ve diğerleri, 2022). Bununla birlikte bitkisel kaynaklı fermente gıdaların vücuttan toksik maddeleri atma fonksiyonu bulunmaktadır (Üçok & Tosun, 2012). Fermente gıdalar, antimikrobiyal, antioksidan, kolesterol düşürücü ve insan sağlığına faydalı olacak bileşenleri içeriğinde barındırmaktadır (Kocaadam & Acar-Tek, 2016). Ayrıca fermente gıdaların içeriğinde protein, mineral ve vitamin bulunması sağlığı olumlu yönde etkilemektedir (Karatepe & Yalçın, 2014). Tüm bu olumlu etkiler tüketicilerin fonksiyonel gıdalara sağlık açısından ilgi duymasını sağlamıştır. Bu noktada fermente gıdaların fonksiyonel özellikleri önem arz etmektedir (Bakır, Uludağ, Köroğlu, & Dayısoylu, 2015).

2.GENEL BİLGİLER

2.1.Fermente Gıdalar

Fermente gıdalar, asırlar boyunca insan beslenmesinde yeri olan temel gıdalardan birisi olmuştur. Fermente gıdalar, gıda bileşenlerinin enzimatik reaksiyonlarla parçalanması sonucunda starter kùltürler kullanılarak üretilen gıdalardır (Marco, ve diğerleri, 2021). Fermentasyon, gıdaların fonksiyonel özelliklerinin iyileştirilmesinde yaygın olarak kullanılan tekniklerden birisidir. Taze sebze ve meyveler yüksek oranda su içerdiklerinden hızlı enzimatik bozulma göstermektedir (Gbashi, ve diğerleri, 2023). Fermentasyon, gıdaların raf ömrünü uzatma ve organoleptik özelliklerini iyileştirmenin yanında makro bileşenlerin dönüştürülmesini ve antioksidan peptitlerin, fenolik bileşiklerin salınımını sağlayarak gıdanın besin değerini artırmaktadır (Leonard, Zhang, Ying, & Adhikari, 2021). Gıdaların fermente edilerek korunması, bileşiminde bulunan karbonhidratların parçalanarak genellikle alkoller, asitler ve karbondioksit gibi ürünlerin oluşması ve bunların oksidasyonu ilkesine bağlıdır. Böylece yöntem, gıdayı bozabilecek mikroorganizmaların gelişmesini kontrol altında tutar, ayrıca gıdanın tat, aroma ve dokusuna olumlu etki eder (Caplice & Fitzgerald, 1999). Gıdaların fermentasyon sürecinde her zaman canlı bakteriler kullanılmamaktadır. Ekmek, bira, şarap ve damıtılmış alkollü içeceklerde fermentasyon süreci için gereken starter kùltürler mayalardır. Söz konusu bu ürünlerin raf ömrünü uzatmak ve gıdanın güvenliğini artırmak için fermentasyondan sonra ısıl işleme ihtiyaç duyulabilmektedir (Rezac, Kok, Heermann, & Hutkins, 2018). Fermente sucuk gibi et ürünleri bu duruma örnektir. Ayrıca ekři mayalı ekmek, fermentasyon sonrasında pişirilir ve fermentasyon sürecinde kullanılan mikroorganizmalar inaktive olabilir (Marco, ve diğerleri, 2021). İnsanlar tarafından tüketilen fermente süt ürünleri yoğurt, ayran, kefir gibi sağlıklı ürünlerdir (Palamutoğlu & Baş, 2020). Bununla birlikte tarih boyunca et ve balık, meyve ve sebzeler, soya fasulyesi, tahıllar, baklagiller de dâhil olmak üzere birçok gıda fermente edilebilir. Gıdaların fermentasyonu sürecinde mikroorganizmalar, besin bileşenleri ve çevre koşulları gibi birçok etken, fermente gıdaların çok sayıda farklı varyasyonlarının oluşmasına neden olmaktadır. Fermente gıdalar, antimikrobiyal metabolitlerin, organik asitler, etanol, bakteriyosinler gibi bileşiklerin oluşması sonucunda patojen

mikroorganizmaların gelişimini engelleyerek kontaminasyon riskini de azaltmaktadır (Dimidi, Cox, Rossi, & Whelan, 2019). Birçok ürünün fermentasyonunda laktik asit bakterileri starter kültür olarak kullanılmaktadır (Caplice & Fitzgerald, 1999). Fermente süt ürünleri içeriğindeki laktik asit nedeniyle kolaylıkla sindirilebilmektedir (Tekinşen & Yalçın, 1986). Gıdaların bileşiminde bulunan maddeler enzimatik dönüşüm sonrasında tamamen farklı ve arzulanan tat ve dokuya sahip olmaktadır (Marco, ve diğerleri, 2017).

2.1.1. Fermente Meyve, Sebze, Tahıl Ürünleri ve Fonksiyonel Özellikleri

Taze sebze ve meyvelerin raf ömürleri oldukça kısadır. Yüksek su aktivitesi, arzulanan tuz konsantrasyonu ve sıcaklık gibi uygun koşullarda tahıllar, sebze ve meyveler bileşimindeki laktik asit bakterileri ile fermente olabilmektedir (Di Cagno, Coda, De Angelis, & Gobbetti, 2013). Meyve ve sebzelerin bileşiminde, antioksidanlar, vitaminler, mineraller ve lifler vardır (Martins, Eliane Mauricio Furtado, ve diğerleri, 2013). Meyvelerin fermentasyon sürecinde etkili maya *S. cerevisiae*, aroma bileşiklerinin oluşumunu sağlar ve ürün özelliklerini iyileştirir. Fermentasyon sürecinde, etanol, karbondioksit, laktik asit, gliserol ve asetik asit gibi metabolitler oluşmaktadır. Bitkilerin fermentasyonu sırasında asetaldehit, aseto asetik asit, pirüvik asit, proantosiyanidin ve flavanoller oluşmaktadır (Leonard, Zhang, Ying, & Adhikari, 2021). Laktik asit bakterileri turşularda, aromayı olumlu etkilemektedir (Tokatlı, Dursun, Arslankoz, Şanlıbaba, & Özçelik, 2012).

2.1.2. Fermente Süt Ürünleri ve Fonksiyonel Özellikleri

Sütün fermentasyonu ile elde edilen gıdalar, insan sağlığı için pek çok önem arz eden diyetin vazgeçilmez ürünleridir. Üretimde yaygın olarak laktik asit bakterileri kullanılır. Peynir, yoğurt, kefir gibi fermente süt ürünleri probiyotik açıdan zengin fonksiyonel gıdalardır. Önemli probiyotikler, *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinsi laktik asit bakterileridir (Sezen & Koçak, 2006). Bununla birlikte fermente süt ürünlerinde *Lactococcus*, *Pediococcus* ve *Leuconostoc* da kullanılmaktadır (Saranraj, Naidu, & Sivasakthivelan, 2013). Laktik asit bakterileri, mayalar ve asetik asit bakterilerinin faaliyetleri ile yeni fermente süt ürünleri elde edilmektedir

(Tomar, Çağlar, & Akarca, 2017). Fermente bir süt ürünü olan kefirin üretiminde *L. kefiranofaciens*, *L. plantarum*, *Lactococcus lactic*, *Leuconostoc mesenteroides* ve *K. marxianus* kullanılmaktadır (Kim, Jeong, Kim, & Seo, 2018). Laktik asit bakterileri, peynir üretiminde en çok kullanılan bakterilerdir (Caplice & Fitzgerald, 1999). Son olarak yoğurt üretiminde *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* etkilidir (Caplice & Fitzgerald, 1999).

2.1.3.Fermente Et Ürünleri ve Fonksiyonel Özellikleri

Fermente et ürünlerinin üretiminde laktik asit bakterileri kullanılarak ette bulunan karbonhidratların parçalanması sağlanmaktadır. Laktik asit bakterileri lipolitik aktivite göstererek serbest yağ asitleri, ketonlar, aldehitler ve esterler gibi aroma bileşiklerini oluşturmaktadır. Ayrıca etin fermentasyonunda kullanılan baharatlar aroma bileşiklerinin oluşumunu olumlu yönde etkilemektedir (Soyer, 2002). Fermente sucuklar yağ, tuz, çeşitli baharatlar, nitrit ve nitrat, kıyılmış et karışımları içeren hamurun kılıflara doldurulması ve uygun koşullarda fermente edilmesiyle üretilir (Caplice & Fitzgerald, 1999). Günümüzde fermente sucuk üretiminde et, yağ, tuz ve özel baharatlar kullanılarak elde edilen hamura, olgunlaştırma ve kurutma işlemleri uygulanmaktadır (Jessen, 1995). Üretimde (Laureys & De Vuyst, 2014) yaygın olarak kullanılan starter kültürler; *L. sakei*, *L. curvatus*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. rhamnosus*, *L. paracasei*, *L. reuteri* gibi laktik asit bakterileridir (Zonenschain, Rebecchi, & Morelli, 2009).

3.FERMENTE GIDALARIN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Fermente gıdaların son yıllarda sağlık üzerine etkileri anlaşılmış ve bu nedenle fermente gıdalara yönelim artmıştır (Dimidi, Cox, Rossi, & Whelan, 2019). Fermente süt ürünlerinde bulunan probiyotikler, kolesterol düşürücü etki mekanizması ile öne çıkmaktadır. Mide ortamı asidik olmasına rağmen, tüketilen fermente süt ürünlerindeki bakterilerin bir kısmı midede barınabilmektedir. Laktik asit bakterileri kalın bağırsağa geçerek burada sindirilmeyen diyet liflerini fermente etmekte, asetat, piropiyonat, bütirat gibi kısa zincirli yağ asitleri üretmektedir. Ayrıca kalın bağırsakta fermente olan posa kolesterolü düşürme etkisi göstermektedir (Baysal, 2000). Yararlı mikroflora K vitamini sentezinde ve besinlerin absorpsiyonunda etkili

olmakta, bağırsakta patojen oluşumunu engellemektedir (Ceyhan & Alıç, 2012). Probiyotikler, bağırsak içerisinde antimikrobiyal maddeler üretmektedir. Ayrıca bağırsaktaki yararlı mikroflora B vitamini ve folat üretiminde etkilidir (Young & Huffman, 2003). Probiyotikler, bağırsak iltihabının şiddetini önlemeye ve azaltmaya yardımcı olmaktadır (Duggan, Gannon, & Walker, 2002). Lif içeriği zengin olan ve insan bağırsağında sindirilemeyen karbonhidratlar olan prebiyotikler, insan sağlığını olumlu yönde etkilemekte ve kolondaki yararlı bakterilerin gelişmesini sağlamaktadır (Akdeniz & Özbaş, 2020). Bununla birlikte besinsel lifler, bağırsak mikroorganizmaları tarafından fermente edilebilir ve yararlı bakterilerin aktivitesini teşvik eder (Gibson, ve diğerleri, 2017). Probiyotikler bağırsak fonksiyonlarına, minerallerin emilim sürecine, lipit ve glukoz metabolizmasının düzenlenmesine ve kolon kanseri riskinin azalmasına yardımcı olur. Bağırsak hormonlarını düzenleyici etkisinden dolayı metabolizmayı ve obeziteyi olumlu yönde etkiler (Farias, De Araujo, Neri-Numa, & Pastore, 2019). Bu bileşenlerle beslenen laktik asit bakterilerinin vücudu enfeksiyonlara karşı koruyucu özelliği bulunmaktadır (Saranraj, Naidu, & Sivasakthivelan, 2013). Bununla birlikte laktik asit bakterileri, kolesterol düşürücü etkiye sahip olması nedeniyle kardiyovasküler hastalıklar için oldukça faydalıdır (Lynch, Zannini, Coffey, & Arendt, 2018). Fermente yoğurttaki yararlı mikroorganizmalar glukoz homeostazını ve insülin duyarlılığını korumakta, trigliserit birikimini, vücutta yağlanma ve fonksiyonel bozuklukları önlemeye yardımcıdır (Daniel, ve diğerleri, 2022). Sütte bulunan laktozu sindiremeyen bireyler, fermente yoğurt tüketebilir (Savaiano, 2014). Fenolik bileşikler insan vücudunda antikanserojen ve antidiyabetik etkilidir. Fermentasyon sırasında soya sütünde meydana gelen izoflavon aglikonları vücutta kolon kanseri oluşumunu önlemeye yardımcı etkisi bulunmaktadır (Leonard, Zhang, Ying, & Adhikari, 2021).

4.SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Fermente gıdalar, yararlı mikroorganizma faaliyetleri sonucunda elde edilen gıdalardır (Graham & Amaro, 2023). Yoğurt başta olmak üzere fermente süt ürünleri, fermente içecekler, turşu çeşitleri, kimchi ve fermente sucuk gibi gıdalar uzun raf ömürleri, güvenilir olmaları ve arzulanan organoleptik özellikleri nedeniyle değerlidir (Marco, ve diğerleri, 2017).

Fermente gıdaların üretiminde bitki, süt ve et kaynaklı hammaddelerin kullanılarak yeni gıdaların üretilmesi çeşitli mikroorganizmaların enzimatik reaksiyonlar sonucunda, gıdanın tekstüründe, tadında ve organoleptik özelliklerinde istenilen değişikliklerin oluşmasını sağlamaktadır. Arzulanan duyu kalitedeki gıdaların eldesi ile fermente gıdaların özellikle sağlık üzerine olumlu etkisi son yıllarda bilim dünyasının daha çok ilgisini çekmektedir. Fermente gıdaların biyoyararlılık üzerine olumlu etki, kolon kanserini azaltıcı etki, vücutta yağlanmayı azaltıcı etki, kan glukoz düzeyini iyileştirici etki, antimikrobiyal etki gibi birçok fonksiyonel özellikleri bulunmaktadır. Sonuç olarak fermente gıdaların içeriği daha fazla araştırılmalı, üretimi yaygınlaştırılmalı, sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin tüketicilerle paylaşılması ve onların bu konuda bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aguirre, M., & Collins, M. D. (1993, February 12). Lactic Acid Bacteria And Human Clinical İnfection. *Journal Of Applied Bacteriology*, s. 95-107.
- Akdeniz Oktay, B., & Özbaş, Z. Y. (2020). Fermente Gıdaların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *Gıda Teknoloji Dergisi*, 1215-1226.
- Axelsson, L., & Ahrne, s. (2000). Lactic Acid Bacteria. *Applied Microbial Systematics*, s. 367-388.
- Bakır, E., Uludağ, G., Köroğlu, S., & Dayısoylu, K. S. (2015, Kasım 2). Kefir ve Sağlık. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Dergisi*, s. 26-30.
- Başığit, G., Karahan, A. G., & Kılıç, B. (2007). Fermente Et Ürünlerinde Fonksiyonel Starter Kültürler ve Probiyotikler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, s. 60-69.
- Bayram, M., Erdoğan, S., Esin, Y., Saraçoğlu, O., & Kaya, C. (2014, Ocak 15). Farklı Siyah Havuç Miktarlarının Şalgam Suyunun Bileşimine ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi . *Akademik Gıda*, s. 29-34.
- Baysal, A. (2000). Fermente Süt Ürünlerinin Kolesterol Metabolizmasına Etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, s. 1-3.
- Bilandino, A., Al- Aseeri, M. E., Pandiella, S. S., Cantero, D., & Webb, C. (2002, December 9). Cereal-Based Fermented Foods And Beverages. *Food Research International*, s. 527-543.
- Caplice, E., & Fitzgerald, G. F. (1999, September 15). Food Fermentations: Role Of Microorganisms In Food Production And Preservation. *International Journal Of Food Microbiology*, s. 131-149.
- Ceyhan, N., & Alıç, H. (2012, Mart 22). Bağırsağın Mikroflorası ve Probiyotikler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, s. 107-113.
- Çelikyurt, G., & Arıcı, M. (2008). Gıda Koruyucusu Olarak Mikrobiyal Kaynaklı Organik Asitler ve Önemi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi* (s. 1023-1026). Erzurum: Gıda Derneği.
- Daniel, N., Nachbar, R. T., Trang Tran, T. T., Ouellette, A., Varin, T. V., Cotillard, A., . . . Marette, A. (2022, March 15). Gut Microbiota And Fermentation-Derived Branched Chain Hydroxy Acids Mediate Health Benefits Of Yogurt Consumption In Obese Mice. *Nature Communications*.
- Das, G., Patra, J. K., Singdevsachan, S. K., Gouda, S., & Shin, H. S. (2016, October 10). Diversity Of Traditional And Fermented Foods Of The

- Seven Sister States Of India And Their Nutritional And Nutraceutical Potential: A Review. *Frontiers In Life Science*, s. 292-312.
- Di Cagno, R., Coda, R., De Angelis, M., & Gobbetti, M. (2013). Exploitation Of Vegetables And Fruits Through Lactic Acid Fermentation. *Food Microbiology*, s. 1-10.
- Dimidi, E., Cox, S. R., Rossi, M., & Whelan, K. (2019, August 2). Fermented Foods: Definitions And Characteristics, Impact On The Gut Microbiota And Effects On Gastrointestinal Health And Disease. *Nutrients*, s. 1806.
- Duggan, C., Gannon, J., & Walker, W. A. (2002, May 1). Protective Nutrients And Functional Foods For The Gastrointestinal Tract . *The American Journal Of Clinical Nutrition*, s. 789-808.
- Farias, D. D., De Araujo, F. F., Neri-Numa, I. A., & Pastore, G. M. (2019, November). Prebiotics: Trends In Food, Health And Technological Applications. *Trends In Food Science & Technology*, s. 23-35.
- Gbashi, S., Moyo, S. M., Olopade, B., Kewuyemi, Y., Areo, O. M., Lawal, M. O., . . . Njobeh, P. B. (2023, February 8). Chapter 14 - African Fermented Vegetable And Fruit-Based Products. *Indigenous Fermented Foods For The Tropics*, s. 227-244.
- Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995, June). Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics. *The Journal Of Nutrition*, s. 1401-1412.
- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., . . . Reid, G. (2017, June 14). Expert Consensus Document: The International Scientific Association F. Probiotics And Prebiotics (ISAPP) Consensus Statement On The Definition And Scope Of Prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, s. 491-502.
- Göran, M. (2001, Şubat 1). Probiotics In Foods Not Containing Milk Or Milk Constituents, With Special Reference To *Lactobacillus plantarum* 299v. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, s. 380-385.
- Graham, A. E., & Amaro, R. L. (2023, April 19). The Microbial Food Revolution. *Nature Communications*.
- Gümüş, T., & Coşkun, F. (2008). Gıda Güvenliğinde Fermentasyonun Önemi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, s. 1069-1072.
- İnanç, N., Şahin, H., & Çiçek, B. (2005). Probiyotik ve Prebiyotiklerin Sağlık Üzerine Etkileri. *Erciyes Tıp Dergisi*, s. 122-127.

- İnce Palamutoğlu, M., & Baş, M. (2020). Traditional Fermented Foods of Turkey. *Journal of Health Sciences and Research*, s. 200-220.
- Jalili , M., Nazari, M., & Magkos, F. (2023). Fermented Foods In The Management Of Obesity: Mechanisms Of Action And Future Challenges. *International Journal Of Molecular Sciences*, s. 1-24.
- Jessen, B. (1995). Starter Cultures For Meat Fermentations. *Fermented Meats*, s. 130-159.
- Karatepe, P., & Yalçın, H. (2014). Kefirli Sağlık. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, s. 23-30.
- Kim, D. H., Jeong, D., Kim, H., & Seo, K. H. (2018). Modern Perspectives On The Health Benefits Of Kefir İn Next Generation Sequencing Era: Improvement Of The Host Gut Microbiota. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, s. 1782-1793.
- Kocaadam, B., & Acar-Tek, N. (2016). Ekmek, Bira, Şarap ve Yoğurdun Orjinalleri ve Tarihsel Süreçleri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, s. 272-279.
- Küçükkömürler, S. (2021). *Gıdaların Özelliği ve Yiyecek Hazırlama 1*. Ankara: Pegem Akademi.
- Laureys, D., & De Vuyst, L. (2014). Microbial Species Diversity, Community Dynamics, And Metabolite Kinetics Of Water Kefir Fermentation. *Applied And Environmental Microbiology*, s. 2564-2572.
- Leonard, W., Zhang, P., Ying, D., & Adhikari, B. (2021). Fermentation Transforms The Phenolic Profiles And Bioactivities Of Plant-Based Foods. *Biotechnology Advances* , s. 107763.
- Lynch, K. M., Zannini, E., Coffey, A., & Arendt, E. K. (2018). Lactic Acid Bacteria Exopolysaccharides In Foods And Beverages: Isolation, Properties, Characterization, And Health Benefits. *Annual Review Of Food Science And Technology*, s. 155-176.
- Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligne, B., . . . Hutkins, R. (2017). Health Benefits Of Fermented Foods: Microbiota And Beyond. *Current Opinion In Biotechnology*, s. 94-102.
- Marco, M. L., Sanders, M. E., Gänzle, M., Arrieta, M. C., Cotter, P. D., Vuyst, L. D., . . . Hutkins, R. (2021). The International Scientific Association For Probiotics And Prebiotics (ISAPP) Consensus Statement On Fermented Foods. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, s. 196-208.

- Martins, Eliane Mauricio Furtado, Ramos, A. M., Lago-Vanzela, E. S., Stringheta, P. C., De Oliveira Pinto, C. L., & Martins, J. M. (2013). Products Of Vegetable Origin: A New Alternative For The Consumption Of Probiotic Bacteria. *Food Research International*, s. 764-770.
- Nout, M. R. (2023). Fermentation. Reference Module In Food Science.
- Osuntoki, A., & Korie, I. (2010). Antioxidant Activity of Whey from Milk Fermented with *Lactobacillus* Species Isolated from Nigerian Fermented Foods. *Food Technology & Biotechnolgy*, s. 505-511.
- Palamutoğlu, M. İ., & Baş, M. (2020). Traditional Fermented Foods Of Turkey. *Journal Of Health Sciences And Research*, s. 200-220.
- Pamir, M. H. (1985). *Fermentasyon Mikrobiyolojisi*. Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Rezac, S., Kok, C. R., Heermann, M., & Hutkins, R. (2018). Fermented Foods As A Dietary Source Of Live Organisms. Department Of Food Science And Technology.
- Saranraj, P., Naidu, M. A., & Sivasakthivelan, P. (2013). Lactic Acid Bacteria And Its Antimicrobial Properties: A Review. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, s. 1124-1133.
- Savaiano, D. (2014). Lactose Digestion From Yogurt: Mechanism And Relevance . *The American Of Journal Clinical Nutrition*, s. 1251-1255.
- Sezen, F., & Koçak, C. (2006). Fonksiyonel Süt Ürünleri Teknolojisindeki Gelişmeler. Türkiye 9. Gıda Kongresi (s. 89-92). Bolu: <https://www.gidadernegi.org/TR/Genel/240934592143c.pdf?DIL=1&BELGEANAH=5270&DOSYASIM=240934592.pdf>.
- Soyer, A. (2002). Fermente Et Ürünlerinde Kaliteyi Etkileyen İç Faktörler. *Gıda*, s. 15-19.
- Tamang, J. P. (1998). Role Of Microorganisms In Traditional Fermented Foods. *Indian Food Industry*, s. 737-102.
- Tekinşen, O. C., & Yalçın, S. (1986). Fermente Süt Ürünlerinin Besin ve Terapötik Değeri. *Seçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, s. 1-8.
- Tokatlı, M., Dursun, D., Arslankoz, N., şanlıbaba, P., & Özçelik, F. (2012). Turşu Üretiminde Laktik Asit Bakterilerinin Önemi. *Akademik Gıda*, s. 70-76.

- Tomar, O., Çağlar, A., & Akarca, G. (2017). Kefir ve Sağlık Açıısından Önemi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, s. 834-853.
- Üçok, E. F., & Tosun, H. (2012). Şalgam Suyu Üretimi ve Fonksiyonel Özellikleri. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, s. 17-26.
- Van Hylckama Vlieg, J. E., Veiga, P., Zhang, C., Derrien, M., & Zhao, L. (2011). Impact Of Microbial Transformation Of Food On Health — From Fermented Foods To Fermentation In The Gastro-İntestinal Tract. Current Opinion In Biotechnology, s. 211-219.
- Young, R. J., & Huffman, S. L. (2003). Probiotic Use In Children. Journal Of Pediatric Health Care, s. 277-283.
- Zhang, N., Jin, M., Wang, K., Zhang, Z., Shah, N. P., & Wei, H. (2022). Functional Oligosaccharide Fermentation in The Gut: Improving Intestinal Health and Its Determinant Factors-A review. Carbohydrate Polymers, s. 119043.
- Zonenschain, D., Rebecchi, A., & Morelli, L. (2009). Erythromycin- And Tetracycline-Resistant Lactobacilli in Italian Fermented Dry Sausages. Journal Of Applied Microbiology, s. 1559-1568.

BÖLÜM 4

KESME ÇİÇEK KARANFİL ÜRETİMİ

Doç. Dr. Turgay KABAY¹

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş Meslek Yüksekokulu, Van, Türkiye

*Sorumlu Yazar: turgaykabay@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-3239-0037>

GİRİŞ

Ülkemizde kesme çiçek karanfil üretiminin büyük çoğunluğu güney sahil şeridindeki seralarda yapılmaktadır. Kozmetik ve temizlik sektöründe ham madde olarak tüketimi olsa da, ülkemizde genellikle ev ve işyerlerinde güzel görüntü amacıyla tercih edildiği gibi hasta ziyaretlerinde, nişan düğün gibi törenlerde ve bayramlarda tek veya diğer çiçeklerle arajman şeklinde sunulmaktadır. Ayrıca son yıllarda birçok özel (sevgililer, anneler, babalar v.b.) günde tüketimi daha da artmaktadır. Özellikle yurt dışına ihracatı son yıllarda artan kesme çiçek karanfil üretimi ülkemizdeki diğer bölgelerde de üretimi yayılmaya başlamıştır (Taşçıoğlu ve Sayın 2005; Doldur 2008; Kızıloğlu ve ark. 2012).

FİDE ÜRETİMİ

Kesme çiçek karanfil' de fide üretimi, tohumla ve yaprak koltuğundan çıkan sürgülerle yapıldığı gibi doku kültürü şeklinde de yapılmaktadır.

Tohumdan fide üretimi

Kesme çiçek karanfil üretiminde tohumla üretim, zahmetli ve uzun süreyi kapsadığı için ıslah çalışmalarında kullanılmaktadır. Karanfil tohumları, bir önceki üretim sezonunda bitkiden alınan tohumlar veya satın alınan karanfil tohumları şeklinde elde edilir

Kesme çiçek karanfil üretimi ticari olarak üretimlerde fide dikimi yapılarak üretim yapılmaktadır. Bilinen ve güvenilir bir fide üretim firmasından alınan fidelerle yapılan üretimde başarı oranı yüksek olmaktadır. Yani kaliteli ve bol verim elde edilir.

Tohum ekiminden veya koltuk altındaki sürgünlerden fide üretmeden önce, fide üretim harcı hazırlanmalıdır. Özellikle hastalık, zararlı ve yabancı ot gibi sıkıntıların yaşanmaması için torf ve perlit üretim yapan firmalardan temin edilmelidir.

Tohum ekim ve fide üretim harcı, 2:1veya 1:1 oranında torf perlit ortamları karıştırılarak viyollere veya tüplere doldurulma şeklindedir. Bunun dışında sade perlit, sade torf, veya hafif bir ortam olmasına dikkat ederek organik maddesi ve havalandırma materyalinin (kum, perlit, pomza, v.b.) fazla olması şartıyla toprakta kullanılabilir.

Tavsiye edilen en iyi tohum ekim harcı; makro ve mikro besin elementleri karıştırılmış 1 kısım torf 1 kısım perlit karışımıdır. Hazırlanan tohum ekim harcı viyollere doldurulduktan sonra tohumlar yaklaşık 1cm derine ekilmelidir. Ekilen tohumlar sıcaklığın 25 °C ve % 60 nem durumunda

15 günde çimlenmeye başlar 20 veya 25 günde tamamı çimlenmiş olur. Çimlenen tohumlar 15 günde fide durumuna gelir. Böylece tohum ekiminden itibaren 30-40 günde dikime hazır fide haline gelir. Nem ve sıcaklığın düşmesi durumunda bu süre uzar.

Sürgünden Fide üretimi

Kesme çiçek karanfil üretimi esnasında, yaprak koltuklarında çıkan sürgünler, iki veya üç yapraklı olduğu aşamada kopartılarak fide üretim viyollerinde veya tüplerde köklendirmeye alınır. Sürgülerin geç alınmasında ise alındığı yaprak ile dal arasında fazla açıklık meydana geleceği ve aynı zamanda dal kısmının eğilmesine neden olacağı için kalite kaybına neden olacaktır.

Daldırarak fide üretimi ise, pazara sunulmayan karanfiller kafese alınmayarak ana sürgünün tepesinde meydana gelen karanfil çiçeği (tepe kısmındaki çiçek) kopartılarak yan sürgünlerin büyümesine yönlendirilir. Bu ana dallardaki yaprak koltuklarında oluşan sürgünler, üretim alanındaki toprağa bağlı buldukları boğumla birlikte ana daldan koparılmadan toprağa dikilmesi şeklinde olur.

Doku kültürü

Doku kültürüyle üretim, çoğunlukla bilimsel çalışmalar ve ıslah çalışmaları amacıyla üretilmesinin yanında, hastalık ve zararlılardan arındırılmış sağlıklı ve kaliteli fide üretim amacıyla tercih edilmektedir.

Karanfilde başarılı bir yetiştiricilik için en önemli etkenlerden biri sağlıklı ve kaliteli fidelerdir. Virüsler, karanfilde verimi %40–50 oranında düşürebilmektedir. Meristem kültürü ile hastalık ve özellikle virüslerden arı, hızlı gelişen, daha iri ve kaliteli çiçek veren anaç ve fideler elde edilmektedir. Doku kültürü yöntemiyle yapılan yetiştiriciliklerde 6 aylık bir sürede hasada gelmektedir.

Meristem kültürü ile çoğaltmada, karanfilin sürgün ucu büyüme noktası 0.2-0.5 mm büyüklükte mikroskop altında çıkarılarak içerisinde özel besi ortamı (MS) bulunan tüplere yerleştirilmektedir. İlk kültür aşamasında ortam sıcaklığı, 25.5°C, alt kültür odasında 20.0°C' nem; %50–60, gün uzunluğu; 16.5 saat olacak şekilde ayarlanmaktadır. Karanfilde alt kültüre gelme süresi yaklaşık olarak 2 ayı bulmaktadır (Kaya ve ark. 2013).

Fidelerin dikim işlemi

Karanfil üretimi, cam, polikarbon veya polietilen gibi örtü malzemesiyle kaplanmış sera veya yüksek tünelde yapılmalıdır. Fide dikiminden önce sera toprağı dönümüne 2 -3 ton çiftlik gübresi ile karıştırılarak fide dikim haline getirilir. Sera toprağı ağır yapılı ise 4 ton atılması iyi sonuç vermektedir.

Sera toprağı yanmış çiftlik gübresi atıldıktan sonra işlenmelidir. İşlenen ve çiftlik gübresinin homojen bir şekilde toprakla karıştırıldığı emin olunduktan sonra fide dikim yerleri hazırlanır. Sıra arası 20 sıra üzeri 10 olacak şekilde veya 20X15, 25X15 fide dikim işlemi yapılır. Fide dikim işleminden sonra ya her fideli kapsayacak şekilde kafesleme yapılmalı veya 10cm mesafelerde sıra üzeri boyunca sıra üzerinin sağına ve soluna ip gerilerek, fidelerin sağı ve sola yatması önlenir.

Her fide dikiminden sonra can suyu verilerek, fidelerin solmasının önüne geçilir. Fide dikim işlemi bittikten sonra, sulama işlemi ihtiyaca göre, günlük veya iki gün arayla düzenli yapılmalıdır.

Gübreleme işlemi ise toprak analizleri sonucuna göre gerektiğı kadar yapılmalıdır. Toprak analizi yapılmaması durumunda ise tavsiye edilen gübreleme ise, makro ve mikro besin elementi bulunan kompoze gübreler den 100 litre suya 300-350 gram karıştırılarak sulama suyu şeklinde verilmelidir.



Şekil 1 Fidelerin asıl yerlerine dikim işlemi (Orijinal resim)

Bakım işlemi

Kesme iek karanfil üretiminde, fide dikiminden sonra bakım işlemleri verim ve kaliteyi etkilemektedir. Fide dikimi sıra arası en az 20 cm sıra üzeri ise en az 10 cm olacak Şekilde veya 20X15, 25X15 cm sıra arası ve sıra üzeri mesafelere olmalıdır. Bu mesafelerden daha az mesafelerde yapılan üretimde hastalık ve zararlıların çoğalmasına neden olmaktadır. Üretim yapılan seranın sıcaklığı ise gündüz 20–25  C ve gece ise 15  C nin altına düŐmemelidir. Düşük sıcaklıklarda geliŐmede yavaŐlama meydana gelmektedir. Yüksek sıcaklık ise 28  C den sonraki sıcaklıkların uzun sürmesiyle bitkilerde yapraklarda sarı ve kuruma Şeklin de benekler olmaktadır (Arici ve Kazaz 2013).

Yüksek sıcaklık ve yüksek nem bitki hastalık ve zararlılarının artmasını neden olmaktadır. Bu nedenle yaz aylarında serada gölgeleme ve havalandırmanın iyi olması gerekir. Bu nedenle fide dikim mesafesi bitkiler arasındaki hava sirkülasyonu için çok önemli olup, sık dikimlerden kaçınmak gerekir.

Kesme iek karanfil üretiminde gübreleme fide dikiminden önce verilmemiŐe, fide dikiminden 10 gün sonra verilmesi gerekir. En iyi sulama Şekli ise damlama sulama Şeklidir. Damlama sulama ile bitkilerde kök boğazı çürüklüğünün önüne geçilir. Salma sulama yapılacaksa, fidelerin kök boğazı rklğnden korumak amacıyla karık sırtına veya tepesine dikilmelidir. Yağmurlama sulama ise fide dikiminden 10-15 gün sonra bitkilerde iek sapı uzamaya baŐladıđı için, düzensiz sulama belirtileri ortaya çıkacaktır.



Şekil 2 Bitkilerin kafesleme veya destek alma Őekline rnek (Orijinal resim)



Şekil 3 Başka bir kafesleme Şekli (Anonim1 2023)

Sürgün ve uç alma işlemi

Kesme çiçek karanfil üretiminde fide dikim yapıldıktan 7-10 gün sonra çiçek sapı uzamaya, başlar çiçek sapı uzamaya baŐlayınca, istenilen Şekilde karanfil üretimi yönlendirilir.

Eğer çiçek sapında birden fazla çiçek açmasını istiyorsak, ana çiçek olan büyüme ucundaki çiçek dışındaki çiçeklerin, çiçek sapının uzayıp çiçek açmasına müsaade edilir.

Kesme çiçek olarak pazara sunacağımız çiçeklerde özellikle tepe sürgünü dışında başka bir çiçeğin oluşmasına müsaade etmemek için, çiçek tomurcuğu ilk görölme aşamasında hemen koparılır. Böylece ana dalda yara kısmı fazla büyümemiŐ olacağından ana dala zarar verilmemiŐ olur.



Şekil 4 Seyrek kafesleme (Orijinal resim)

HASAT

Hasat' a gelmiş karanfil çiçeklerinin sap uzunluğu 30-45 cm arasındadır. Karanfil yapraklarının taç yapraklarının % 40'ı çıkmışsa ve kendi rengindeyse hasat' a başlanır. Bu haldeki çiçekler hasat edildikten sonra sap kısmından suya batırılıp iletim demetinde suyun eksilmesi önlenerek uzun süre susuzluğa dayanımı sağlanır.

Karanfil çiçeklerinin % 80-90'ı açıldıktan sonra hasat edilmişse uzak pazar yerine ulaşıncaya kadar taç yaprak kısmında bozulmalar meydana gelebilir.

Paketleme işleminde çiçeğe zarar vermeyecek şekilde desteler halinde veya tek tek ambalaj şeklinde kasalara yerleştirilir ve en kısa zamanda pazara gönderilir (Kazaz 2023).



Şekil 5 Düzgün çiçek sapına sahip karanfil (Orijinal resim)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kesme çiçek karanfil üretimine ilgi her geçen yıl daha da artmaktadır. Kesme çiçek üretiminde gerekli olan üretim yöntemlerinin bilinmesi özellikle üretime yeni başlayacak olanlara çok yardımcı olacaktır.

Yapılan bu çalışmanın üreticilere ve araştırmacılara yardımcı olması planlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonim (2023) <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/deneme-amacli-uretilen-karanfil-ciftcinin-yuzunu-guldurdu/1961749>
- Arici, ř. E., Kazaz, S. (2013). Occurrence of carnation root and crown rot under greenhouse condition in Isparta. Turkeysh). Tarım bilimleri araştırma dergisi, 6(1), 159-162.
- Doldur, H. (2008). Kesme Çiçek Üretimi ve Ticareti. *Coğrafya Dergisi*, (16).
- Kaya, A. S., Karagüzel, Ö., Kazaz, S., & AydınÇakır, K. Dünyada (2013) Karanfil Islahçısı Önemli Firmalar ve Islah Çalışmaları. 739-743
- Kazaz, S. (2023) Süs bitkileri ders notları https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/3301/mod_resource/content
- Kızıloğlu, R., Uzunöz, M., Topal, İ. (2012). Yalova ilinde kesme çiçek yetiştiriciliğinin üretim maliyeti ve karlılığı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43(1), 65-68.
- Taşçıoğlu, Y., Sayın, C. (2005). Türkiye’de kesme çiçek üretim ve ihracat yapısı. Akdeniz üniversitesi ziraat fakültesi dergisi, 18(3), 343-354.

BÖLÜM 5

AHŞAP MALZEMENİN KORUNMASINDA BİTKİ EKSTRAKTI/ EMPRENYE FAKTÖRLERİNİN BAZI MEKANİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Doç. Dr. Şule CEYLAN¹

Prof. Dr. Hüseyin PEKER²

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye. E-mail: sceylan@artvin.edu.tr. ORCID ID: 0000-0002-9515-1829

² Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye. E-mail: peker100@artvin.edu.tr. ORCID ID: 0000-0002-7771-6993

1. GİRİŞ

İnsan ve çevre sağlığı yönünden çok zararlı zehirli/zehirli katkı maddelerin hala ahşap koruma sanayinde kullanılması toplumsal baskılarla kullanılmamasını gündeme getirmiştir. Gelişmekte olan dünyamız ile birlikte organik insan/çevreyle dost maddelerin oluşturulması/gelişiminin sağlanması zorlayıcı bir yapıyı oluşturmuştur. (Tomak vd., 2011). Organiksel malzemeye boyamada pozitif yapı sağlıklı bir ürün elde edilmesidir. Bunun yanı sıra atık bitkisel maddenin ekonomik katkılarının sağlanmasının yanı sıra hammaddenin tekrar kullanımı da (dönüşümü) sağlanacaktır. Üretimlerde su hammaddesinin ekonomik kullanımıyla enerji tasarrufu sağlanmasının yanı sıra çevre temiz kalacak ve çözünme işleminin hızlı olmasıyla çok miktarda olumlu yapı oluşturacaktır (Güngörmez, 2015). Ahşap materyal herhangi bir önleyici işlem görmemiş doğal yapısı korunan ağaç malzemenin böcekler ve mantarlar tarafından kullanım alanlarında yıkıma uğratarak çürütülmesi sonucu her yıl büyük maddi kayıplar meydana gelmektedir. Çünkü doğal bir madde olan ağaç malzemenin çürümesi ve böceklerce tahrip edilmesi, ağaç malzemenin yıllar boyu kullanılabilmesini engellemektedir. Günümüzde uygulanan empenye uygulamaları ile alınan kimyasal ve fiziksel önlemler, zararlı organizmalar için koruyucu etki yaparak ağaç malzemenin hizmet ömrünün uzatılmasını sağlamaktadır (Bozkurt ve ark. 1993). Empenye işlemlerinde yenilikçi yöntemler geliştirilmeye devam edilmektedir. Empenye işlemlerinde retense düzeyini artırmak empenye maddesinin permeabilitesini güçlendirmek için ve fiziksel, mekaniksel, biyolojik işlemler yapılmakta ayrıca buharlama, oyma, kurutma ve vakum basınçları uygulanmaktadır. Çevreyle dost, maliyeti düşük çok çeşitli içerikli (fosfor,azot vb) yangın geciktirici dostu olması, düşük maliyeti ve yangın geciktiriciler kullanılmaktadır (Özdemir 2020, Baysal 1994)

İçinde bulunduğumuz yüzyıl sürecinde odun modifikasyonunda bazı teknikler (kimyasal, fiziksel, vb) deneneme süreci sürmektedir. Burada ana amaç ahşap hammaddesinin kullanım performansını artırabilmek (çürüklük, boyutsal stabilite vb) böylece dayanımlı bir yapının oluşturulmasıdır. Ahşabın korunmasında koruyucu malzemelerin toksik olan etkilerin olamaması ve gelecek yüzyıllarda süreklilik taşıması büyük önem taşımaktadır (Hill 2011).

Ahşabın kullanımı odunun anatomisi ve teknolojiyle bağlantılı olup; ahşabın maruz kaldığı dış tesirler mekanik özellikler üzerinde etkili olmakta

bu durumda ahşabın gücünü ve kullanım alanlarını belirleyen en önemli özellikler arasında yer almaktadır (Tomak, 2011, Güller ve ark. 2001).

Ekosistem çok hızlı bozunmakta ve buna paralel olarak orman kaynakları yok olmakta, insan nüfusu hızla artmaya devam etmektedir. Gerek ülkemiz ve gerekse diğer ülkelerde organik kaynakların tekrar üretilmesi, geliştirilmesi ve kullanımının gerçekleştirilmesi insanlığın gelecek yüzyıllarda var olma mücadelesine ciddi anlamda katkılar sağlayacaktır. Bu nedenlerle ahşap malzemenin organik olan materyallerle korunması, tekrar kullanımı ve daha sağlıklı insan çevre bilinci kapsamında tıbbi aromatik türler olan defne bitki yaprağı/sığla ağacı yaprağı bitkisinden çeşitli konsantrasyonlarda ekstrakt elde edilerek bazı mekanik özellikler araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında ülkemiz yerli türlerinden ve endüstride yaygın olarak kullanılagelen sarıçam odunu (*Pinus sylvestris* L.) odunu tercih edilmiş, ahşabın korunmasına yönelik olarak özellikle emprenye işleminde kullanılmak üzere tıbbi aromatik bitki sınıfında belirtilen (Semerci ve ark. 2017; Yılmaz 2022) defne bitki (*Lauris nobilis*) yaprağı ve sığla odunu yaprağı (*Liquidambar orientalis* Miller)'dan ekstrakt elde (%1, %3) edilmiştir (Ceylan 2020). Özellikle ekstrakt elde edilmesinde su materyalinin kullanılması elde edilen organik yapının önemini insan/çevre bilinciyle önemini bir kez daha artırmıştır. Emprenye işlemi ASTM-D 1413-76 (1976) esaslarına bağlı kalınmıştır.

2.1. Mekanik Özellikler (Eğilme Direnci/Elastiklik Modülü)

Eğilmede TS 2474/1976 esaslarına bağlı kalınmıştır. Deney numuneleri 2x2x30 cm ölçülerinde (TS 2470) boyutlarında hazırlanmış, Elastiklik modülü TS 2478 esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçüleri eşit olan deney örneklerinde E modülü uygulanmıştır. Deformasyonların tespitinde tensometre cihazı kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Tutunma Miktarı (%)

Defne ve sığla bitki ekstraktlarının tutunan madde miktarları (%) retense değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Tutunan Madde Oranı (% Retensiyon)

Emprenye Materyali	Çözelti Konsantrasyon	Vakum Süre	Difüzyon Süre	Ortalama (%)	HG
Defne Yap Ekst.	% 2	40 Dakika	30 Dakika	0.45	A
Sığla Yap Ekst.				0.36	B

Tutunan madde miktarı (%) sarıçam odunda defne yaprağı ekstraktı (% 0.45) sığla yaprağı bitki ekstraktında (% 0.36) gerçekleşmiştir. Bu durum her iki bitki türünün ekstraktif madde yapısından ve odun türünden kaynaklanmış olabilir. Defne yaprağı bitki ekstraktı kısmen yüksek olarak gerçekleşmiştir.

Yılmaz (2022) kızılçam odununda sığla ağacı yaprağı bitki ekstraktı tutunma miktarını (% 1’de- 0.49- % 3’te 0.31- % 5’te 1.31) olarak gerçekleştirdiğini bildirmiştir. Bal (2006) ACQ emprenyesinin ahşapta tutunmayı artırmış olduğunu tespit etmiştir. Özçifçi ve ark. (2009) araştırmasında sarıçamın basınçlı/vakumlu emprenyesinin retense değerini (% 6.42), kayında daldırma işleminde (% 0.30) olduğunu bildirmiştir.

3.3. Eğilme Direnci /Elastiklik Modülü (N/mm²)

Eğilme direnci ve elastikiyet özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Eğilme Direnci/ Elastiklik Modülü (N/mm²)

Emprenye Maddesi	Konsantrasyon	Vakum /Difüzyon Süresi	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Elastiklik Modülü (N/mm ²)	HG
Kontrol	-		74.30	8255	B
Defne Yap Ekst.	% 2	40/30 Dak.	89.12	9201	A
Sığla Yap. Ekst.			80.56	8850	B

Tablo incelendiğinde; eğilme direnci sarıçam kontrol örneğinde (8255 N/mm²), en yüksek eğilme direnci defne yaprağı bitki ekstraktında (9201 N/mm²) belirlenmiştir. Bunun anatomik yapı, emprenyenin yöntemi, çözelti konsantrasyonundan kaynaklanmış olabilir.

Elastiklik modülü sarıçam odununda (8255 N/mm²), en yüksek elastiklik modülü değeri yine defne yaprağında (9201 N/mm²) gerçekleşmiştir. Çözeltinin konsantrasyonu, anatomik yapı, emprenye

yöntemi elastikiyet özelliği üzerinde tesirli olduğu söylenebilir. Var ve ark. (2019) jeotermal su kaynaklarından numuneler alarak kızılçam odununu emprenye etmişler yoğunluğun arttığını fakat eğilme direnci/elastiklik modülü değerlerini azalttığını bildirmişlerdir. Aytaşkın (2009) çeşitli ahşap türlerini bor bileşikleriyle emprenyesini yapmış ve eğilme direncinde/elastiklik değerlerinde düşüşler gerçekleştiğini bildirmiştir. Sefil (2010), Thermo wood ile ısıl işlem uyguladığı çeşitli ahşapları çeşitli sıcaklıklarda (2 saat) ve ısıl işleme tabi tutmuş ve elastikiyet özelliği, basınç direncinde artışlar oluştuğunu tespit etmiştir.

4. SONUÇ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda ve gelecek olan yüzyıl süreçlerinde organik materyaller büyük önem taşımaktadır. İnsan/çevre sağlığında dost ve hijyenik ürünler günümüzde daha da büyük önem kazanmıştır. Çok eski tarihsel süreçte bilinen ve bilinmeyen ürünlerin tespiti, üretilmesi, geliştirilmesi çalışmaları hızlı bir şekilde sürmektedir. İnsan nüfusunun hızlı artışı, iklimsel değişiklikler, su havzalarının yok olmaya başlaması orman kaynaklarının önemini artırmıştır. İçinde yaşadığımız tüm ortamlar ahşapla iç içedir.

Bu amaçla tıbbi aromatik bitki, odunlar vb atıkları dahil olmak üzere ekonomik boyutta da büyük kazanım sağlayacaktır. Bu nedenlerle çözücüsü su (organik) olan yani solvent bazda da kimysal olmayan ürünler üretilip ahşabın korunumunun sağlanması sağlı/hijyenik malzemelerin oluşturulması kimyasal kökenli malzemelerin azaltılması çalışmada ana hedefi oluşturmuştur. Çeşitli mekanik özellikler kontrol edilerek kullanım alanları hakkında da bildirimler belirtilmiştir. Oyuncak sanayi başta olmak üzere iç mekânlarda kullanımı rahatlıkla gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Tomak, E.D., (2011). Masif Odundan Bor Bileşiklerinin Yıkanmasını Önlemede Yağlı Isıl İşlemin ve Emülsiyon Teknikleri ile Emprenye İşleminin Etkisi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 334s. ,Trabzon.
- Güngörmez, H., (2015). Doğal Boyalar ve Tuz, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Vol:5, Sayı: 1.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin, N., (1993). Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No: 3779, O.F. Yayın No: 425, ISBN 975-404-327-2 İstanbul.
- Özdemir, B., (2020).Işgın (*Rheum ribes L.*) bitki (Antioksidan/Antibakteriyel) ekstraktının ahşapta emprenye edilebilme özelliği ve teknolojik özellikler üzerine etkisi, Artvin Çoruh üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Artvin
- Baysal, E., (1994). Çeşitli Borlu ve WR Bileşiklerin Kızılıcam Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi, K.T.Ü. Fen Bil. Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Hill, C. A. S., 2011. “Wood Modification”, BioResources 6 (2) 918-919.
- Güller, B., ve Ay, N., (2001). Artvin Yöresi sakallı kızılâğaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) odununun bazı mekanik özellikleri, Turk J Agric For, 25, 129–138.
- Semerci, A., Çelik, A. D., 2017. Defne Bitkisinin Hatay İli Ekonomisindeki Yeri ve Önemi, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12 (2), 125-134
- Yılmaz, S.Ş., (2022). Sığla (Antioksidant/Antibakteriyel) Bitki Özütünün Emprenye Edilebilme Olanığı Ve Ahşap Endüstrisinde Kullanımı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2022.
- Ceylan, Ş., (2017). Çiriş Bitki (Antioksidan/Antibakteriyel) özütünün Ahşap Endüstrisinde (Mobilya/İnşaat) Kullanılabilme Olanakları, Artvin Çoruh Üniversitesi BAP Projesi Koordinatörlüğü, Proje No: 2017.M82.02.02, Artvin.
- ASTM-D 1413-76 (1976). Standart test methods of testing wood preservatives by laboratory soilblock cultures, Annual Book of Astm Standarts. USA, 452-460.

- TS 2470 (1976). “Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metodları ve Genel Özellikler”, TSE, Ankara.
- TS 2474 (1976). Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini, Ankara
- TS 2478 (1976). Wood-Determination of Modulus of Elasticity In Static Bending, Ankara
- Bal, B., (2006). Amonyaklı bakır quat (ACQ) emprenye tuzu ile emprenye edilen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Özçifçi, A., Batan, F., (2009). Bor Yağının Ağaç Malzemenin Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisi, Politeknik Dergisi, Cilt 12, Sayı 4.
- Var A.A. Kaplan Ö., (2019). Bazı Jeotermal Sularla Muamele Edilmiş Kızılcık Odununun Yoğunluk, Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü: Konya Bölgesinden Bir Çalışma, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt: 6, No:1/181-192.
- Aytaşkın, A., (2009). Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ağaç Malzemelerin Bazı Teknolojik Özellikleri, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- Sefil, Y., (2010). Thermowood Yöntemiyle Isıl İşlem Uygulanmış Göknaar Ve Kayın Odunlarının Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans, Karabük Üniversitesi, Karabük.

BÖLÜM 6

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE ULTRASOUND TEKNOLOJİSİ

Gıda Mühendisi Kevser KASIRGA¹

Doç. Dr. Kübra ÜNAL²

Dr. Öğr. Üyesi Halime ALP³

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, kevserkasirga@gmail.com, Orcid ID: 0009-0002-8482-6477

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ulusoy_kubra@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0001-9005-6160

³Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Konya Türkiye, halimealp@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5833-9611

GİRİŞ

Gıdalar insanoğlunun yaşamını devam ettirebilmesi ve sağlığını koruyabilmesi için gereklidir, bu nedenle gıda güvenliği temel bir insan hakkıdır. Dünyada milyarlarca insan güvensiz gıda riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Her yıl milyonlarca insan hastalanırken yüz binlerce insan güvenilir gıdaya ulaşamadığı için ölmektedir. Güvenilir gıda üretiminde, tarladan çatala adımları izlenirken birçok zorlukla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu zorluklar arasında mikrobiyal, kimyasal, kişisel ve çevresel hijyen yer alır (Fung, Wang ve Menon, 2018). Gıda tarımsal-kimyasal kalıntılar, ağır metaller, patojenik mikroorganizmalar ve potansiyel bir sağlık tehlikesini temsil eden diğer maddeler açısından güvenilir olmalıdır (Damez ve Clerjon, 2008).

Et ve et ürünleri, protein ve amino asitler, yağlar, mineraller (örn. çinko, demir ve fosfor), vitaminler ve diğer değerli besin öğelerinin önemli bir kaynağı olması nedeniyle insan beslenmesinin ayrılmaz bir parçasını oluştururlar (Zhang vd., 2021). Küresel et tüketimi sürekli artmakta olup, son 20 yılda % 58 artarak yıllık 360 milyon tona ulaşmıştır. Bu artışın % 54'ü nüfus artışına, geri kalanı ise tüketicilerin beslenme özelliklerindeki değişikliklerle şekillenen kişi başına artan tüketime bağlanmıştır (Whitnall ve Pitts, 2019). Dünya çapında et endüstrisi tüketicilerin tercihleri, endişeleri ve yaşam tarzlarının yanı sıra ekonomik, coğrafi, politik, kültürel ve dini faktörlerin de etkisiyle gelişmektedir. Bu evrim, uluslararası et ticaretinin temelini oluşturan; et kalite ve güvenliğine yönelik talepleri artırmıştır (Dave ve Ghaly, 2011).

Etlerin fonksiyonel özelliklerindeki değişkenlikler kısmen, etin elde edildiği hayvanların biyolojik çeşitliliği ile ilgilidir. Bazı çalışmalar zooteknik özelliklerin et kalitesi üzerindeki önemli etkisini gösterirken, bazı çalışmalar ise konjonktif doku (bağ dokusu) ve miyofibrillerin yapıları üzerinde yoğunlaşmıştır. Et kalitesini etkileyen faktörler kısmen hayvanın cinsi, yaşı ve cinsiyeti ile ilgilidir. Bu faktörler ya bilinir ya da kontrol altına alınabilir, fakat miyofibriller ve bağ doku bileşenlerini kontrol etmek zordur. Yapılan çalışmalar sonucunda etin dayanıklılığının miyofibriller yapı ve bağ dokuya bağlı olduğu ortaya çıkmıştır. Miyofibriller yapı, hayvan yetiştirme koşullarından büyük ölçüde etkilenir. Diğer taraftan bağ doku ise hayvanın kesim sırasındaki zooteknik karakteri ile ilişkilidir. Bu bileşenlerin sadece miktar açısından değil, aynı zamanda kas içi dağılım açısından da değerlendirilmesi gerekmektedir. Ette mozaikleşmeyi belirleyen yağ ve et

fibrilleri demetlerinin kas içindeki organizasyonu, etin yumuşaklığı ile ilişkilendirilen et yapısı özelliklerinden biridir. Bu özelliğin değerlendirilmesi, yalnızca et örneğinin kas kökenini belirlemeyi ve dolayısıyla üretim süreçlerini optimize etmeyi mümkün kılan bir teşhis sisteminin geliştirilmesi için değil, aynı zamanda kasların ete dönüşümündeki potansiyel gevrekliği tespit etmek açısından da önemli bir yöntem olarak büyük ilgi görmektedir (Damez ve Clerjon, 2008).

Et endüstrisi üretim süreci boyunca, tüketicilerin yüksek kaliteli et ürünleri talebini sağlamak amacıyla güvenilir bilgilerin elde edilmesine ihtiyaç duymaktadır. Son birkaç yılda, bir dizi yöntem et kalitesi özelliklerini objektif olarak ölçmek için geliştirilmiştir. Ette kaliteyi tespit edebilmek için; etin pH'sı, su tutma kapasitesi, pişirme kaybı, nem, kül, protein ve yağ içeriği, gevreklik, kas fibrilleri arasında dağılan yağ oranı, etin rengi, yağ asidi kompozisyonu ve kolesterol düzeyinin belirlenmesi gibi geleneksel yöntemler kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte ise; ultrasound (ultrason), nükleer manyetik rezonans (NMR), yakın kızılötesi (NIR) spektroskopi, görüntü analizleri gibi yeni yöntemler kullanılmaktadır (Şireli, 2018). Mekanik (Warner–Bratzler kesme kuvveti), optik (renkli ölçümler, floresan) elektriksel probleme veya ultrasonik ölçümler, elektromanyetik dalgalar, NMR, NIR vb. kullanarak etin yapısı değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme şekillerinin çalışma prensibi genellikle et yapısının görüntülerini oluşturmak üzerine yoğunlaşmıştır (Damez ve Clerjon, 2008). Bu uygulamaların kullanımındaki bir diğer amaç su ve enerji kullanımını azaltarak, zararlı maddelerin üretimini en aza indirmektir (Barrettoa vd., 2022).

Gıda işlemede kullanılan geleneksel termal teknolojilerin besin öğeleri ve fonksiyonel bileşenler üzerinde zararlı etkilerinin olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, gıdaların besleyicilik ve duyuşal özellikleri üzerinde minimum etkiye sahip, mikroorganizmaları inhibe ederek veya öldürerek raf ömrünü uzatan ve termal olmayan gıda işleme yöntemlerine karşı ilgi artmaktadır. Yüksek basınç uygulanması, elektriksel darbe, mikrofiltrasyon ve yüksek yoğunluklu ultrason gibi teknolojiler özellikle düşük maliyetli olması, kolay uygulanabilmesi ve enerji verimliliği için tasarlanmıştır. Ultrason ayrıca et ve et ürünlerinde fizikokimyasal özellikleri, hazırlama süreçlerini, mikrobiyolojik içeriği ve duyuşal özellikleri optimize etmek için kullanılmaktadır (Peña-Gonzalez, Alarcon-Rojo, Garcia-Galicia, Carillo-Lopez ve Huerta-Jimenez, 2019).

Düşük güçlü (düşük yoğunluklu) ultrason, tüketici memnuniyetini etkileyen ve ette kaliteyi belirleyen önemli parametreleri iyileştirmek için ette rutin olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, et işleme teknolojisinde ultrason teknolojisinin potansiyel kullanım alanlarını belirtmişlerdir. Etlerin dondurulması, çözdürülmesi, salamura edilmesi, pişirilmesi, bakteri inhibisyonu ve gevrekleştirilmesinde önemli sonuçlar veren çalışmalar yayınlanmıştır (Peña-Gonzalez vd., 2019). Bunun yanı sıra “Yeşil Gıda İşleme” de kullanılan ultrason, yüksek kaliteli ürünler üretmek, gıda güvenliğini sağlamak (ultrason, hücre zarı yapısındaki değişikliklerle mikroorganizmaların inaktivasyonuna katkıda bulunabilmektedir), atık su ve toksik madde üretimini en aza indirmek için kullanılmaktadır (Fallavena, Marczak ve Mercali, 2020; Barrettoa vd., 2022).

Et kalitesinin önemli bir parametresi olan mozaikleşmenin, düşük ve yüksek dereceli olduğu kaslarda da kalitenin iyileştirilmesi için gelişen teknolojilerin kullanılması, etlerin fizikokimyasal kalitelerini ve genel kabullerini artırmak için bir alternatif olabilmektedir (Fallavena vd., 2020). Ayrıca yenilikçi bir teknoloji olarak ultrason teknolojisi, et endüstrisinde kürlleme oranını artırmak, tavuk etinden elde edilen miyofibrillerin reolojik ve yapısal özelliklerini iyileştirmek, kırmızı etin gevrekliğini ve su tutma kapasitesini artırmak için uygulanmaktadır (Li, Wang, Sun, Pan ve Cao, 2018). Bu teknolojinin kullanımı bazı benzerliklere rağmen ülkeler arasında farklılık göstermektedir. Bu sebeple, ultrason uygulamasının optimum parametrelerinin yerel araştırmalar tarafından belirlenmesi gerekmektedir (Fallavena vd., 2020).

1. ULTRASOUND TEKNOLOJİSİ

Ultrason akustik enerjidir ve bu nedenle mekanik enerjinin iyonlaştırıcı olmayan, invaziv olmayan ve kirletici olmayan bir şeklidir. Gıda kalitesine zarar vermeden süreçleri kontrol etmek, iyileştirmek ve hızlandırmak için büyük bir potansiyele sahip, gelişmekte olan bir yöntem olarak kabul edilmektedir. İşlem sırasında, gıda bileşenlerinin ve ürünlerinin bileşimini ve fizikokimyasal özelliklerini izlemek için düşük güçlü ve yüksek frekanslı bir yöntem kullanılır. Bununla birlikte, son yıllarda araştırma çalışmaları, ultrasonun kütle transferi veya marine etme, et gevrekleştirme, kristalleştirme, dondurma, kurutma, emülsifikasyon, homojenizasyon ve mikroorganizmaların etkisizleştirilmesi gibi işlemler üzerindeki etkilerini değerlendirmeye odaklanmıştır (Awad, Moharram, Shaltout, Asker ve Youssef, 2012; Alarcon-Rojo, Carrillo-Lopez, Reyes-Villagrana, Huerta-

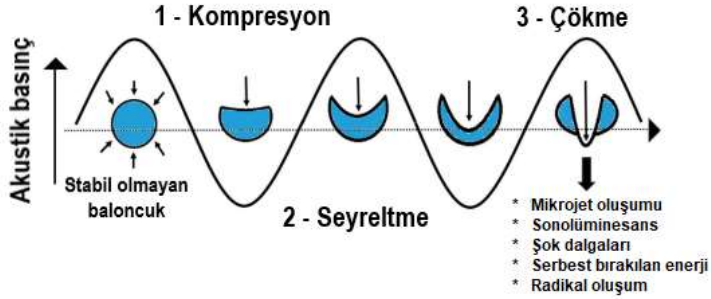
Jimenez ve Garcia-Galicia, 2019). Enzimlerin etkisizleştirilmesi, oksidasyonun hızlandırılması, ekstraksiyonun sağlanması ve gaz ve köpük giderme işlemleri de diğer kullanım alanlarını oluşturmaktadır (Türksönmez ve Diler, 2021).

Ultrason, 20 kHz' in üzerindeki yoğunluklarda, kimyasal reaksiyonları hızlandırmaktan ve/veya gıdaların mikro yapısında değişikliklere neden olmaktan sorumlu olan kavitasyonu oluşturabilen akustik-mekanik bir dalgadır (Barretto vd., 2022).

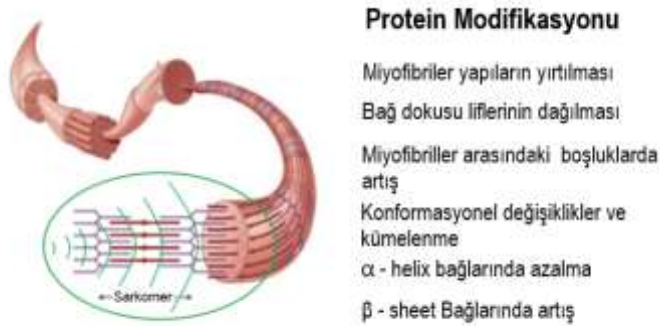
Ultrason, titreşim frekansı saniyede 20.000 döngüden (20 kHz) daha fazla ve insanlar için işitilebilir sınırın üzerinde olan uzunlamasına bir mekanik dalga tarafından üretilen bir enerji şeklidir. Ses, tek boyutlu yayılmaya sahip bir basınç dalgası olarak kabul edilir. Ultrasonik titreşimin hızı, ortamın akustik özelliklerine bağlıdır ve sesin yayılma hızı katılarda sıvılardan, sıvılarda gazlardan daha yüksektir (Kasaai, 2013). Bir ultrason sisteminde, elektrik enerjisi sonik bir ortamda iletilen mekanik enerji olan titreşim enerjisine dönüştürülür. Giriş enerjisinin bir kısmı ısıya dönüştürülerek kaybolur ve geri kalanı kavitasyona neden olabilir. Kavitasyon enerjisinin bir kısmı kimyasal, fiziksel veya biyolojik etkiler üretirken, diğer kısımlar sesin yeniden yayılmasında yansıtılır ve tüketilir. Ultrasonik ses dalgaları, 20 kHz ila 10 MHz frekans aralığındadır ve üç kategoriye ayrılır: 1) yüksek yoğunluklu ($> 5 \text{ W/cm}^2$ veya $10\text{--}1000 \text{ W/cm}^2$) ve düşük frekanslı (20–100 kHz); 2) orta yoğunlukta ve ara frekansta (100 kHz–1 MHz); ve 3) düşük yoğunluklu ($< 1 \text{ W/cm}^2$) ve yüksek frekanslı (1–10 MHz). Ürünlere ultrason uygulamak için üç farklı yöntem kullanılır; a) doğrudan uygulama; b) cihaza bağlama ve c) bir ultrason banyosuna daldırma (Aларcon-Rojo vd., 2019). Çeşitli çalışmalar, güçlü ultrasonun taze etin kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Et kalitesi açısından, Jayasooriya, Torley, D'arcy ve Bhandari (2007), ultrasonun (24 kHz, 12 W/cm^2) etin yumuşaklığını artırabildiğini ve pişirme kayıplarını ve toplam et kayıplarını azaltabildiğini, ancak renk özellikleri ve sızıntı kaybı üzerinde önemli bir etkisi olmadığını göstermiştir (Zou, Zhang, Kang ve Zhou, 2018).

Ultrasonun gıda üzerindeki etkilerinin çoğundan sorumlu olan kavitasyon, ultrasonik dalganın sıvı bir ortamdan geçerken kabarcıklar oluşturması sonucunda meydana gelir. Kabarcıklar patlayana kadar, artan basınç ve lokalize sıcaklık, şok dalgaları, kesme kuvvetleri, titreşim, çalkalanma ve miyofibrillerin yüzeysel yapısıyla çarpışan mikrojetlerin üretimi gibi çeşitli fiziksel olaylara neden olan sıkıştırma ve seyrekleşme

durumları arasında salınır (Şek. 1). Sonuç olarak da et proteinlerinin ve et ürünlerinin teknolojik özelliklerini etkileyebilecek mikro çatlakların oluşumuna yol açar (Şek. 2) (Barrettoa vd., 2022).



Şekil 1: Ultrason uygulaması sırasında ortaya çıkan akustik kaviteasyon olgusu (Barrettoa vd., 2022).



Şekil 2: Ultrason uygulamasının neden olduğu yapısal değişiklikler (Barrettoa vd., 2022).

Ultrasonun yapısı (örn. frekans, yoğunluk), ürün özellikleri (örn. viskozite, yüzey gerilimi) ve ortam koşulları (örn. sıcaklık, basınç), sonikasyon işlemi sırasında ultrasonun kaviteasyon oluşumunu etkileyen belirli faktörlerdir (Dolatowski, Stadnik ve Stasiak, 2007). Bir ortamda yayılan dalgaların akustik parametrelerinin analizi, yayılma ortamının özelliklerini değerlendirmeyi ve onu karakterize etmeyi mümkün kılmaktadır. Dikkate alınan akustik parametreler; yayılan dalgaların hızı, ortamdaki zayıflama ve geri saçılma katsayısı gibi spektral parametreleri içermektedir.

1.1. Ekstraksiyon

Ultrason uygulaması, ekstraksiyon işleminde hücre duvarlarının mekanik etki sonucu parçalanması ve hücre içeriğinin açığa çıkması yoluyla etkisini göstermesi nedeniyle diğer ekstraksiyon metotlarına göre daha hızlı bir alternatif yöntemdir. Hücrenin parçalanması sonucu, hücre içinde bulunan bileşenler serbest hale gelebilmekte ve partikül çapının azalması nedeniyle çözücü dokulara daha hızlı bir şekilde dağılmaktadır. Hücre içi bileşenler ve çözücü arasındaki yüzey alanının artması, bileşenlerin kolaylıkla çözücüye aktarılması ve ekstraksiyonun tamamlanmasıyla sonuçlanmaktadır (Türksönmez ve Diler, 2021).

Balık örneklerinden cıva çeşitlerinin uzaklaştırılması amacıyla ultrason yöntemiyle ekstraksiyon işleminin başarılı bir şekilde uygulanabildiği sonucuna varılmıştır. Bunların yanı sıra ultrason teknolojisinin kullanımının, kısa zamanda yüksek miktarda ekstraksiyonun elde edilmesi, toksik çözücü kullanımının ortadan kalkması ve yüksek konsantrasyonda ekstrakt elde edilmesi gibi bazı faktörler üzerinde olumlu yönde etkili olduğu bildirilmektedir (Altunay, 2018).

1.2. Emülsifikasyon /Homojenizasyon

Ultrason yöntemi uygulanması ile birbirine karışmayan iki sıvı arasında iyi bir emülsifikasyon işlemi meydana getirilmektedir. Yüksek enerjili uygulanan ultrason işlemi; düşük enerji uygulanan ultrason işlemine göre çok daha stabil bir emülsiyon oluşturmaktadır (Soria ve Villamiel, 2010).

Farklı araştırmacılar yoğurt üretiminde ultrason yöntemi ile homojenize edilen sütün kullanılmasında (Şengül, Başlar, Erkaya ve Ertugay, 2009), farklı çeşit sıvı yağlarda ultrason işlemi ile renk açma işleminde (Hosseini, Gharachorloo, Tarzi, Ghavami ve Bakhoda, 2015) başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.

1.3. Kristalizasyon

Kristalizasyon işleminde yüksek güçlü ultrasonik dalgaların kullanılması ile kristal şeklinin muhafaza edilebilmesi, kristal meydana gelme hızının kontrol edilebilmesi ve istenmeyen yeni kristal oluşumunun önlenmesi gibi avantajlar sağlanabilmektedir (Luque de Castro ve Priego-Capote, 2007). Bunların yanı sıra klasik soğutma yöntemlerinden daha hızlıdır, soğutma süresi kısadır ve çok fazla çekirdek oluşturması nedeniyle oluşan buz

kristalleri daha küçüktür. Bu nedenle meydana gelen hücre parçalanması oranı azalmaktadır (Sun ve Li, 2003).

1.4. Filtrasyon

Filtrasyon işleminde filtre membran materyalinin üzerinde katı partiküllerin toplanması sonucunda filtrenin tıkanması ve filtrasyon sürecinin etkinliğinin azalması ultrason işlemi ile önlenebilmektedir (Zheng ve Sun, 2006).

1.5. Köpük Giderme

Ultrason uygulaması, köpük oluşumunun ürün kalitesi ve proses randımanını olumsuz yönde etkilediği gazlı içecekler, fermentasyon süreçleri ve diğer gıda işleme teknolojilerinde geleneksel teknolojilere göre daha etkili ve güvenli alternatif bir yöntemdir (Villamiel ve Jong, 2000).

1.6. Kesme /Dilimleme

Ultrasonik dalgalar kullanarak gıdaların parçalanması, kesilmesi, dilimler haline getirilmesi ve şekil verme işlemlerinin uygulanması ile parçalama işlemleri sırasında meydana gelebilecek muhtemel zararların önlenmesi sağlanabilmektedir. Yaygın olarak kırılğan, heterojen, yağlı veya yapışkan ürünlerde kullanılmaktadır (Türksönmez ve Diler, 2021).

1.7. Kurutma

Ultrason uygulaması sonucu meydana gelen kavitasyon etkisiyle, bu işlemin uygulandığı gıdanın kurutulması kolaylaşmaktadır (Fuente-Blanco, Riera-Franco de Sarabia, Acosta-Aparicio, Blanco-Blanco ve Gallego-Juarez, 2006; Türksönmez ve Diler, 2021). Başlar, Kılıçlı ve Yalınkılıç (2015), somon ve alabalık filetoalarının (55° C - 75° C'de) ultrasonik (40 kHz) vakum kurutma yöntemi ile kurutulduğunda, vakumla kurutma işlemine göre balık çeşidine ve uygulanan sıcaklığa bağlı olarak kurutma sürelerinin %7,4 ve %27,4 arasında azaldığını belirtmişlerdir.

1.8. Salamura / Marinasyon

Ultrason teknolojisinin uygulanması ile özellikle gevrekliğin önemli olduğu gıdalarda, salamura ile muamele etme süresinin kısaltılmasına ve düşük sodyum klorür seviyesine sahip bir üretim gerçekleştirerek son ürüne uygulanan "tuz giderme" aşamasına ve yeniden paketleme işlemine gerek kalmamasına imkân vermektedir (Türksönmez ve Diler, 2021).

1.9. Mikroorganizma İnaktivasyonu

Ultrason yöntemi, oluşan kavitasyon nedeniyle mikroorganizmaları inaktif hale getirerek ısıl işlemlere göre, gıdalardaki arzu edilmeyen değişiklikleri indirgemektedirler. Bu yöntemin mikroorganizmaları üzerindeki yok edici etkisi, hücre duvarlarının parçalanması sonucu oluşmaktadır (Piyasena, Mohareb ve McKellar, 2003).

Ultrason uygulamasının tüm mikroorganizmalar üzerinde aynı etkiyi göstermediği tespit edilmiştir (Piyasena vd., 2003). Ultrasonun mikroorganizmalar üzerindeki etkinliği; uygulama sırasındaki ısı, gıdaların kompozisyonu, muamele edilen gıda miktarı, ultrason işleminin uygulama süresi ve ultrasonik dalgaların genliği gibi faktörlere bağlı olmakla birlikte mikroorganizmaların türü, şekli veya çapı da etkili olmaktadır (Heinz, Alvarez, Angersbach ve Knorr, 2001).

2. ET VE ET ÜRÜNLERİNDE ULTRASOUND TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI

Ette ultrasonik dalga yayılımı sadece bileşime (örneğin, su ve lipit içeriği) değil, aynı zamanda yapıya (örneğin, kas fibrillerinin oryantasyonu, bağ dokusunun organizasyonu) da bağlıdır (Damez ve Clerjon, 2008). Kas örneklerini yağ ve kollajen içeriği açısından inceleyen çalışmalar, yalnızca kimyasal ve mekanik özelliklerin analiziyle elde edilenlerden daha iyi sonuçlar ortaya çıkarmıştır (Damez ve Clerjon, 2008). Yağ içeriğinin ultrason yayılma hızı ile korele olduğu, yağlı ve yağsız kasın ses hızına ters sıcaklık bağımlılıkları gösterdiği bildirilmiştir. Monin (1998), ultrasound yöntemiyle yapılan ölçümlerle kesim öncesi ve kesim sonrası tüm karkas üzerindeki et dokusunun tahmin edilebildiğini, bu yöntemlerin aynı zamanda ucuz ve invaziv olmadığını belirtmiştir. Kas yapısını bozmak için yüksek güçlü ultrason kullanımı, hem miyofibriler hem de bağ dokudan kaynaklanan sertliği azaltmada etkili olabilmektedir (Jayasooriya vd., 2007).

Mezbahalar için genetiği geliştirme programlarında kullanılan hızlı, tekrarlanabilir ve güvenilir bir teknolojidir (Awad vd., 2012). Ultrasound yöntemiyle gerçekleştirilen analizler sonucu belirlenen yağ ölçümleri ile, doğrudan karkasta gerçekleştirilen analizler sonucu belirlenen yağ ölçümlerinin birbiri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006).

Ultrasonik uygulama teknolojisi, et tuzlamada olduğu kadar pastırma, sosis, pişmiş jambon, salam ve bologna gibi ürünlerin üretiminde de kullanılmak üzere çalışmalar yürütülmektedir. Bu teknolojinin uygulanmasıyla bu ürünlerin su tutma kapasitesi, renk, enstrümantal tekstürel özellikleri ve duyuşsal kabulünün geliştirilebileceği düşünülmektedir (Barrettoa vd., 2022).

Et ve et ürünlerinin işlenmesinde ultrason kullanımı, fiziksel özelliklerde, teknolojik ve duyuşsal özelliklerde çeşitli değişikliklere neden olabilmektedir.

2.1. Su Tutma Kapasitesi (STK)

Su tutma kapasitesi, et ve et ürünlerinin kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Taşıma ve depolamadaki ağırlık değişimini, pişirme sırasında buz çözme ve büzülme kaybını, ayrıca etin suluğunu ve yumuşaklığını etkiler. Su tutma kapasitesi taze ve pişmiş etin rengi, dokusu ve sertliği ile de ilgilidir. Sızıntı kaybı, kas lifi demetleri ile perimysial ağ arasındaki boşluklarda, bunun yanı sıra kas fibrilleri ile endomysial ağ arasındaki boşluklarda meydana gelir. Kaslar et haline gelip rigor mortis tamamlandıktan sonra, kas fibrilleri daha az su tutma kapasitesi özelliğinde olurlar. Fazla miktarda sızıntı kaybı, ölüm sonrasında kasta hızlı pH düşüşü ve yüksek sıcaklık kombinasyonundan kaynaklanır (Barrettoa vd., 2022). Su tutma kapasitesindeki azalma; fibriller arasındaki boşluklar, membran geçirgenliği, hücrelerin dışındaki boşluk, damlama kanallarının oluşumu ve hücre iskeleti proteininin bozulması gibi çeşitli faktörlerle de ilişkilidir (Fallavena vd., 2020).

2.2. Enstrümantal Renk

Et ve et ürünlerinin rengi, satın alma sırasında tüketiciyi etkileyen en önemli özelliklerden biridir (Alarcon-Rojo vd., 2018; Serrano-León vd., 2018). Et rengi, sarkoplazmada miyoglobinin kimyasal durumlarıyla ilgilidir ve hayvanın beslenmesi, karkas ve genetik gibi kesim öncesi faktörlere; soğuk zincir, işleme, içerik maddeleri ve paketleme gibi kesim sonrası faktörlere bağlıdır (Sanches vd., 2021). Dolayısıyla, uygulanan işlemler sırasında et ve et ürünlerinin renginin geçirebileceği değişimler et endüstri için son derece önemlidir. Bazı araştırmalar, ultrason işlemine tabi tutulan et ve et ürünlerinde enstrümantal rengin (CIE, $L^*a^*b^*$ renk uzayı) değişimini değerlendirmiştir. Sikes, Mawson, Stark ve Warner (2014) ultrasona tabi tutulan etin renginin, ultrason işleminden çok az etkilendiğini bildirmişlerdir. Bunun nedeninin,

ultrason işlemi sırasında oluşan ısının etteki proteinleri ve pigmentleri denatüre etmek için yeterli olmadığından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir.

2.3. Enstrümantal Tekstür

Tekstür, ürünün kabulünü ve nihai fiyatını etkileyebilecek et ve et ürünlerinin en önemli özelliklerinden biridir. Bu nedenle, et tekstürü hakkında bilgi, kontrolü ve tahmini, özellikle de sertliği kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır (Zou vd., 2018; Li vd., 2018; Gonzalez-Gonzalez vd., 2020; Stadnik ve Dolatowski, 2011).

Miyofibriler proteinler kas dokularında daha fazla miktarda bulunur ve su tutma kapasitesi gibi teknolojik özelliklerde, et ve et ürünlerinin tekstür ve duyu özelliklerinde önemli rol oynarlar. Bazı et ürünleri (yeniden yapılandırılmış et ürünleri), kas parçalarının veya su, yağ, çözünmüş ve jelleşmiş miyofibriller proteinlerle birlikte kıyma işlemine (emülsifiye et ürünleri) tabi tutulan kısımlarının kombinasyonlarından oluşur (Lawrie, 2005). Bu ürünlerin üretiminde prosese ultrason uygulandığında oluşan kaviteasyon, proteinlerin yapısında değişiklikler meydana getirebilir. Değişiklikler geri dönüşümlü veya geri dönüşümsüz olabilir ve sonuç olarak yukarıda bahsedilen fiziko-kimyasal özellikleri etkileyebilir (Alarcon-Rojo vd., 2019). Proteinlerin üçüncül ve dördüncül yapılarındaki geri dönüşü olmayan değişiklikler, protein molekülleri ve diğer et bileşikleri arasındaki kümelenmeyi kolaylaştırabilir ve üç boyutlu bir ağ oluşumunu (çapraz bağlanma yoluyla) etkileyerek, pişmiş jambon, mortadella (Da silva vd., 2020) ve et emülsiyonları (Pinton vd., 2019) gibi ürünlerdeki tekstürel özellikleri önemli ölçüde etkileyebilir (Barretto, Pollonio, Telis-Romero ve Da Silva Baretto, 2018; Barretto vd., 2020).

Yapılan çalışmalar, ultrason uygulaması sırasında ilave ve/veya daha yüksek tuz konsantrasyonu olduğunda, etin su tutma kapasitesinin arttığını göstermektedir (Kang, vd., 2016; Kang, Gao, Ge, Zhou ve Zhang, 2017). Ultrason uygulaması ilave edilen tuzun daha iyi difüzyonunu, miyofibriller proteinlerin ekstraksiyonunu ve bunların su ile bağlantısını kolaylaştırır (Zou vd., 2018).

Et endüstrisinde uygulanan işlemler sırasında ilave edilen tuzu azaltmak için ultrason teknolojisinin kullanılması; kürlenme, marine etme, kurutma ve yumuşatma gibi işlemlere ilave olarak, tuzun hücre zarlarından transferinin nasıl değiştirilebileceğinin anlaşılmasına dayanmaktadır. Tuzlama sırasında ultrason uygulanmasının, ilave edilen sodyum klorürün toplam

içeriği daha düşük olduğunda bile, tuzun daha fazla duyuşal olarak algılanmasını sağlayarak, tuzun dokuda dağılımına yardımcı olabileceği tespit edilmiştir (Alarcon-Rojo, Janacua, Rodriguez, Paniwnyk ve Mason, 2015). Bu teknoloji, tuzlu su çözeltisine eklenen sodyum klorürün azaltulmasını destekleyebilir (Kang vd., 2016) ve enzimatik yumuşama ve ürünlerdeki yapısal hasar üzerinde daha fazla kontrol sağlayabilir (Barretto vd., 2022) .

Stadnik, Dolatowski ve Baranowska (2008), olgunlaştırma süresince uygulanan sonikasyon işleminin sığır *M. semimembranosus* kasının su tutma özellikleri ve mikroyapısı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, sonikasyon işleminin örneklerin su tutma kapasitelerini artırdığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu değişimin, sonikasyonun myofibriler proteinler üzerinde yapısal değişimlere neden olmasından kaynaklandığını vurgulamışlardır. Ayrıca ultrason uygulamasının kastaki olgunlaşma sürecinin hızlanmasına neden olduğu belirtilmiştir.

Sığır karkaslarının *M. longissimus lumborum et thoracis* ve *M. semitendinosus* kaslarına ultrasonik ses dalgası (24 kHz, 12 W/cm²) uygulandığı ve belirli bir süre ile olgunlaştırmaya bırakıldığı çalışmada, örneklerin pH değerlerinin arttığı ve pişirme kayıplarının azaldığı belirlenmiştir (Jayasooriya vd., 2007). Ayrıca olgunlaştırma süresinin ve sonikasyon uygulama süresinin artması ile örneklerin Warner Bratzler Shear (WBS) force değerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Stadnik ve Dolatowski (2011), sığır *M. semimembranosus* kaslarına sonikasyon işlemleri (45 kHz frekansta) ve örneklere 0, 24, 48, 72 ve 96 saat süreyle depolama işlemleri uyguladıkları çalışmada, sonikasyonun toplam renk değişimini hızlandırdığını, oksimiyoglobin oluşumunu sınırlandırdığını ve metmiyoglobin oluşumunu yavaşlattığını tespit etmişlerdir.

McDonnell, Lyng ve Allen (2014), salamura çözeltisinin et içine penetrasyonunu hızlandırmak için farklı süreler (10, 25 veya 40 dk.) ve farklı sonikasyon gerilimleri (4.2, 11 veya 19 W cm⁻²) uygulamışlardır. Etlerin kürlenmesinde salamura çözeltisine dahil edilen sodyum klorürün en önemli fonksiyonel bileşen olduğu ve sonikasyon işleminin myofibriller arasında daha fazla su tutulmasını sağlayacak şekilde etin yapısını değiştirdiği bildirilmiştir.

Barretto vd. (2020), 10 dakika boyunca 600 W ve 20 kHz'de ultrasona tabi tutukları düşük sodyumlu pişmiş jambonun duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, ultrason kullanımının ürünün tadını,

tekstürünü ve genel kabulünü olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Eklenen tuzun, kavitasyonun neden olduğu difüzyonu ve miyofibriler proteinlerin ekstraksiyonunu iyileştirerek su tutma kapasitesini artırdığını gözlemlenmiştir. Bu fizikokimyasal etkilerin, ultrason kullanılmayan kontrol numunesine kıyasla, duyu analizde verilen puanlardaki artışa katkıda bulunduğu vurgulanmıştır.

Pinton vd. (2019), 18 dakika boyunca 1000 W ve 25 kHz'de azaltılmış fosfat ve ultrason uygulaması sonucunda salamın (Bologna sosisleri) duyu analizindeki değişimleri değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda ultrasona tabi tutulan Bologna sosislerinde, ultrasona tabi tutulmayan kontrol numunelerine kıyasla fosfatta %50' lik bir azalma meydana geldiğini ve bu durumun tekstürel özellikler açısından duyu analiz puanlarını olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

Rosa vd. (2023), sodyum içeriği azaltılmış Bologna tipi sosisler üretiminde; yüksek güçlü ultrason, mikronize tuz ve düşük KCl seviyelerinin kombinasyonunu değerlendirmişlerdir. Sodyum içeriği % 50 oranında azaltılmış numuneleri, normal tuz veya mikronize tuz ile birlikte %0,5 KCl kullanılarak üretmişlerdir. Sosisler doldurulduktan hemen sonra ultrasonik bir banyoda (25 kHz, %60 amplitüd, normal mod, 20°C) 0 veya 27 dakika sonike edilmiştir. Sodyum içeriğindeki azalmanın, emülsiyon stabilitesi ve tekstür profilindeki kusurların giderilmesinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Mikronize tuz ve KCl kullanımı ile birlikte, yüksek güçlü ultrason işleminin örneklerde NaCl içeriğinin %50 oranında azaltılmasına olanak sağladığı belirtilmiştir.

Pinton vd. (2022), et emülsiyonunda yüksek güçlü ultrason uygulaması ve bambu lifi kombinasyonunun fosfat yerine kullanımını araştırmışlardır. Bambu lifi kullanılan fosfatsız numunelerin, fosfatla yapılan kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek emülsiyon stabilitesi gösterdiği belirtilmiştir. %2,5 bambu lifi ilavesinin, fosfatın yokluğundan kaynaklanan tekstür değişikliklerini etkili bir şekilde telafi ettiğini ve yüksek güçlü ultrason kullanımının numunelerde yapışkanlığı artırarak, bambu lifinin et emülsiyonunun tekstürü üzerindeki etkisini pozitif yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Ayrıca numunelerin oksidatif kalitesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığını tespit edilmiştir.

de Lima Alves vd. (2020) farklı sürelerde ultrason muamelesi (0, 3, 6 ve 9 dakika), olgunlaştırma (0. ve 28. gün) ve depolama (1. ve 120. gün) işlemlerinin fermente kuru sosislerin proteolizi ve uçucu bileşikleri üzerindeki

etkisini araştırmışlardır. Kontrol örneğine kıyasla 9 dakika ultrasona tabi tutulan numunelerde, üretim başlangıcına kıyasla daha düşük alanin, glisin, valin, lösin, prolin, metiyonin ve tirozin seviyeleri gözlenmiştir. Depolama süresi boyunca, 3 ve 6 dakika ultrasona maruz bırakılan numunelerde serbest amino asit seviyesinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ultrason ile muamele edilmiş numunelerde kontrole kıyasla daha fazla heksanal, pentanal, heksanol ve depolama sırasındaki oksidasyon reaksiyonlarından elde edilen diğer türevlerin oluşumunu gözlenmiştir. Fermente kuru sosis üretiminde ultrason kullanımının, proteolizi ve depolama sırasında lipit oksidasyonundan türetilen bileşiklerin oluşumunu etkileyebileceği sonucuna varmışlardır.

Peña-Gonzalez vd. (2019) sığır etinin yumuşaklığını artırmak için ultrason uygulamasını kullandıkları çalışmada, 60 dakika boyunca sığır etine (*L. dorsi*) ultrason (40 kHz ve 11 W.cm⁻²) işlemi uygulanmasının ardından, 0, 7 ve 14 günlerde duyu özellikleri değerlendirmişlerdir. Ultrason kullanımının yumuşaklık, sululuk, koku, tat ve renk algısını olumlu yönde geliştirdiğini belirtmişlerdir.

Zhang vd. (2021), sosislerde fosfat içeriğinin % 50 oranında azaltılmasında ultrason (15, 20, 25, 30 ve 35 dakika) kullanımının potansiyelini araştırmışlardır. Farklı ultrason uygulama sürelerinin incelendiği çalışmada, ultrason uygulaması olmadan fosfat indirgeme işleminin, kontrol grubuna göre daha fazla pişirme kaybı meydana getirdiği tespit edilmiştir. Fosfat ilavesi azaltıldığında ise et proteinlerinin, protein matriksinden salındığını ifade etmişlerdir. 25 dakikalık ultrason uygulaması ile yapılan muamelenin, ultrason uygulanan tüm gruplar arasında pişirmeye bağlı en az kaybı göstermekle kalmayıp, kontrol grubuna göre hiçbir fark göstermediğini belirtmişlerdir. Ultrasonun olumlu etkilerinin, Raman spektroskopik analizi ile doğrulanan ikincil protein yapılarındaki değişikliklere bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

3.SONUÇ

Gıda işlemede teknolojisinde gıdaların teknolojik özellikleri, besin öğeleri ve fonksiyonel bileşenleri üzerinde en az etkiye sahip olan, termal olmayan gıda işleme ve muhafaza yöntemlerinin kullanımı dikkat çeken konulardan biridir. Gıda endüstrisinde gelişmekte olan bir teknoloji olan ultrason, düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir bir teknoloji olup et ve et ürünlerinin fizikokimyasal, teknolojik, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri

üzerinde önemli avantajları bulunmaktadır. Halihazırda yürütölen çalışmalar, ultrason teknolojisinin et ve et ürünlerinde kütleme uygulamasında kütle

transferinin artırılması veya marine etme, gevrekleştirme, kristalleştirme, dondurma, kurutma, emölsifikasyon, homojenizasyon ve mikroorganizmaların inhibisyonu gibi işlemler üzerindeki etkilerini belirlemeye yoğunlaşmıştır. Yenilikçi bir teknoloji olan ultrasonun, farklı türlerden elde edilen çeşitli kaslar ve ileri işlenmiş et ürünlerinde uygulama koŐullarının ortaya çıkarılmasına yönelik daha fazla araştırma gerçekleştirilmesinin yararlı olacağı düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- Altunay, N. (2018). Utility of ultrasound assisted-cloud point extraction and spectrophotometry as a preconcentration and determination tool for the sensitive quantification of mercury species in fish samples. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 189, 167–175.
- Alarcon-Rojo, A. D., Carrillo-Lopez, L. M., Reyes-Villagrana, R., Huerta-Jiménez, M. ve Garcia-Galicia, I. A. (2019). Ultrasound and Meat Quality: A Review. *Ultrason. Sonochem.*, 55, 369–382. DOI: 10.1016/J.ULTSONCH.2018.09.016.
- Alarcon-Rojo, A. D., Janacua, H., Rodriguez, J. C., Paniwnyk, L. ve Mason, T. J. (2015). Power Ultrasound in Meat Processing. *Meat Sci.*, 107, 86–93. DOI: 10.1016/J.MEATSCI.2015.04.015.
- Alarcon-Rojo, A. D., Peña-González, E., García-Galicia, I., Carrillo-López, L., Huerta-Jiménez, M., Reyes-Villagrana, R. ve Janacua-Vidales, H. (2018). Ultrasound application to improve meat quality. *Descriptive Food Science*, 153-172.
- Awad, T. S, Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D. ve Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Res. Int.*, 48, 410-427. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.05.004>.
- Başlar, M., Kılıçlı, M. ve Yalınkılıç, B. (2015). Dehydration kinetics of salmon and trout fillets using ultrasonic vacuum drying as a novel technique. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 495-502.
- Bayraktaroğlu, G. ve Obuz, E. (2006). Ultrasound Yönteminin ilkeleri ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs, Bolu, Türkiye.
- Barretto, T. L., Bellucci, E. R. B., Barbosa, R. D., Pollonio, M. A. R., Romero, J. T. ve Da Silva Barretto, A. C. (2020). Impact of Ultrasound and Potassium Chloride on the Physicochemical and Sensory Properties in Low Sodium Restructured Cooked Ham. *Meat Science*, 165, 108130. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108130.
- Barretto, T. L., Pollonio, M. A. R., Telis-Romero, J. ve Da Silva Barretto, A. C. (2018). Improving Sensory Acceptance and Physicochemical Properties by Ultrasound Application to Restructured Cooked Ham with Salt (NaCl) Reduction. *Meat Sci.*, 145, 55–62. DOI: 10.1016/J.MEATSCI.2018.05.023.

- Barretto, T. L., Sanches, M. A. R., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., Telis-Romero, J. ve da Silva Barretto, A. C. (2022). Recent advances in the application of ultrasound to meat and meat products: Physicochemical and sensory aspects. *Food Reviews International*, 1-16.
- Damez, J. L. ve Clerjon, S. (2008). Meat quality assessment using biophysical methods related to meat structure. *Meat Science*, 80(1), 132-149.
- Da Silva, J. S., Voss, M., de Menezes, C. R., Barin, J. S., Wagner, R., Campagnol, P. C. B. ve Cichoski, A. J. (2020). Is It Possible to Reduce the Cooking Time of Mortadellas Using Ultrasound without Affecting Their Oxidative and Microbiological Quality? *Meat Sci.*, 159, 107947. DOI: 10.1016/J.MEATSCI.2019.107947.
- Dave, D. ve Ghaly, A. E. (2011). Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: a critical review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6(4), 486-510.
- de Lima Alves, L., Donadel, J. Z., Athayde, D. R., da Silva, M. S., Klein, B., Fagundes, M. B., ... & Cichoski, A. J. (2020). Effect of ultrasound on proteolysis and the formation of volatile compounds in dry fermented sausages. *Ultrasonics Sonochemistry*, 67, 105161.
- Dolatowski, Z. J., Stadnik, J. ve Stasiak, D. (2007). Applications of ultrasound in food technology. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(3), 88-99.
- Fallavena, L. P., Marczak, L. D. F. ve Mercali, G. D. (2020). Ultrasound application for quality improvement of beef biceps femoris physicochemical characteristics. *LWT*, 118, 108817. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108817.
- Fuente-Blanco, S., Riera-Franco de Sarabia, E., Acosta-Aparicio, V.M., Blanco-Blanco, A. ve Gallego-Juarez, J.A. (2006). Food drying process by power ultrasound. *Ultrasonics*, 44, 523-527.
- Fung, F., Wang, H. S. ve Menon, S. (2018). Food safety in the 21st century. *Biomedical Journal*, 41(2), 88-95.
- Gonzalez-Gonzalez, L., Alarcon-Rojo, A. D., Carrillo-Lopez, L. M., Garcia-Galicia, I. A., Huerta-Jimenez, M. ve Paniwnyk, L. (2020). Does ultrasound equally improve the quality of beef? An insight into *Longissimus Lumborum*, *Infraspinatus* and *Cleidooccipitalis*. *Meat Sci.*, 160, 107963. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.107963.
- Heinz, V., Alvarez, I., Angersbach, A. ve Knorr, D. (2001). Preservation of liquid foods by high intensity pulsed electric fields basic concepts for process design. *Trend in Food Science & Technology*, 12, 103-111.

- Hosseini, S., Gharachorloo, M., Tarzi, B.G., Ghavami, M. ve Bakhoda, H. (2015). Effects of ultrasound amplitude on the physicochemical properties of some edible oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(11-12), 1717-1724.
- Jayasooriya, S. D., Torley, P. J., D'arcy, B. R. ve Bhandari, B. R. (2007). Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine *Semitendinosus* and *Longissimus* muscles. *Meat Science*, 75(4), 628-639.
- Kang, D. C., Gao, X. Q., Ge, Q. F., Zhou, G. H. ve Zhang, W. G. (2017). Effects of ultrasound on the beef structure and water distribution during curing through protein degradation and modification. *Ultrason. Sonochem.*, 38, 317–325. DOI: 10.1016/j.ultrsonch.2017.03.026.
- Kang, D. C., Wang, A. R., Zhou, G. H., Zhang, W. G., Xu, S. M. ve Guo, G. P. (2016). Power ultrasonic on mass transport of beef: effects of ultrasound intensity and NaCl concentration. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 35, 36–44. DOI: 10.1016/j.ifset.2016.03.009.
- Kasaai, M. R. (2013). Input power-mechanism relationship for ultrasonic irradiation: Food and polymer applications. *Natural Science*, 5, 14–22, <https://doi.org/10.4236/ns.2013.58A2003>.
- Lawrie, R. A. (2005). *Ciência da carne*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 386 p.
- Li, X., Wang, Y., Sun, Y. Y., Pan, D. D. ve Cao, J. X. (2018). The effect of ultrasound treatments on the tenderizing pathway of goose meat during conditioning. *Poultry Science*, 97(8), 2957–2965. DOI: 10.3382/ps/pey143.
- Luque de Castro, M.D., Priego-Capote, F. (2007). Ultrasound assisted crystallization (sonocrystallization). *Ultrasonics Sonochemistry*, 14, 717-724.
- McDonnell, C. K., Lyng, J. G. ve Allen, P. (2014). The use of power ultrasound for accelerating the curing of pork. *Meat Science*, 98(2), 142-149.
- Monin, G. (1998). Recent methods for predicting quality of whole meat. *Meat Science*, 49(1), S231–S243.
- Peña-Gonzalez, E., Alarcon-Rojo, A. D., Garcia-Galicia, I., Carrillo-Lopez, L. ve Huerta-Jimenez, M. (2019). Ultrasound as a potential process to tenderize beef: Sensory and technological parameters. *Ultrasonics Sonochemistry*, 53, 134-141.

- Pinton, M. B., Correa, L. P., Facchi, M. M. X., Heck, R. T., Leães, Y. S. V., Cichoski, A. J. ve Campagnol, P. C. B. (2019). Ultrasound: a new approach to reduce phosphate content of meat emulsions. *Meat Science*, *152*, 88–95. DOI: 10.1016/J.MEATSCI.2019.02.010.
- Pinton, M. B., Lorenzo, J. M., Seibt, A. C. M. D., Dos Santos, B. A., da Rosa, J. L., Correa, L. P., ... & Campagnol, P. C. B. (2022). Effect of high-power ultrasound and bamboo fiber on the technological and oxidative properties of phosphate-free meat emulsions. *Meat Science*, *193*, 108931.
- Piyasena, P., Mohareb, E. ve McKellar, R.C. (2003). Inactivation of microbes using ultrasound. *International Journal of Food Microbiology*, *87*, 207-216.
- Rosa, J. L. D., Rios-Mera, J. D., Contreras Castillo, C. J., Lorenzo, J. M., Pinton, M. B., Santos, B. A. D., ... & Campagnol, P. C. B. (2023). High-power ultrasound, micronized salt, and low KCl level: an effective strategy to reduce the NaCl content of Bologna-type sausages by 50%. *Meat Science*, *195*, 1-10.
- Sanches, M. A. R., Camelo-Silva, C., Da Silva Carvalho, C., de Mello, J. R., Barroso, N. G., Da Silva Barros, E. L. ve Pertuzatti, P. B. (2021). Active packaging with starch, red cabbage extract and sweet whey: characterization and application in meat. *LWT*, *135*, 110275. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110275.
- Serrano-León, J. S., Bergamaschi, K. B., Yoshida, C. M., Saldaña, E., Selani, M. M., Rios-Mera, J. D. ve Contreras-Castillo, C. J. (2018). Chitosan active films containing agro-industrial residue extracts for shelf life extension of chicken restructured product. *Food Res. Int.*, *108*, 93–100. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.03.031.
- Sikes, A. L., Mawson, R., Stark, J. ve Warner, R. (2014). Quality properties of pre-and post-rigor beef muscle after interventions with high frequency ultrasound. *Ultrason. Sonochem.*, *21*(6), 2138–2143. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2014.03.008.
- Soria, A. C. ve Villamiel, M. (2010). Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Trends in Food Science & Technology*, *21*, 323-331.
- Stadnik, J. ve Dolatowski, Z. J. (2011). Influence of sonication on warner-bratzler shear force, colour and myoglobin of beef (*M. Semimembranosus*). *Eur. Food Res. Technol.*, *233*(4), 553–559. DOI: 10.1007/s00217-011-1550-5.

- Stadnik, J., Dolatowski, Z. J. ve Baranowska, H. M. (2008). Effect of ultrasound treatment on water holding properties and microstructure of beef (*M. semimembranosus*) during ageing. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 2151-2158.
- Sun, D.W. ve Li, B. (2003). Microstructural change of potato tissues frozen by ultrasound-assisted immersion freezing. *Journal Food Engineering*, 57, 337-345.
- Őengöl, M., Başlar, M., Erkaya, T. ve Ertugay, M.F. (2009). Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 34(4), 219-222.
- Şireli, H. D. (2018). Karkaslarda et kalitesinin belirlenmesinde kullanılan geleneksel yöntemler ve yeni teknikler. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(3), 126-132.
- Türksönmez, Ç. ve Diler, A. (2021). Gıda endüstrisinde ultrason uygulamaları. *Aydın Gastronomy*, 5(2), 177-191.
- Villamiel, M. ve Jong, P. (2000). Influence of high-intensity ultrasound and heat treatment in continuous flow on fat, proteins, and native enzymes of milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 472-478.
- Whitnall, T. ve Pitts, N. (2019). Global trends in meat consumption. *Agricultural Commodities*, 9(1), 96-99. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.309517990386547>
- Zhang, F., Zhao, H., Cao, C., Kong, B., Xia, X. ve Liu, Q. (2021). Application of temperature-controlled ultrasound treatment and its potential to reduce phosphate content in frankfurter-type sausages by 50%. *Ultrason. Sonochem.*, 71, 105379.
- Zheng, L. ve Sun, D-W. (2006). Innovative applications of power ultrasound during food freezing processes—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 16-23.
- Zou, Y., Zhang, W., Kang, D. ve Zhou, G. (2018). Improvement of tenderness and water holding capacity of spiced beef by the application of ultrasound during cooking. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(3), 828-836. DOI: 10.1111/ijfs.13659.

BÖLÜM 7

KETEN (*Linum usitatissimum* L.)’DE SEKONDER METABOLİTLER: FARMAKOLOJİK ETKİLERİNİN TEMEL ANAHTARLARI

Dr. Öğr. Gör. Mehmet Zeki KOÇAK^{1*}

Prof. Dr. Bünyamin YILDIRIM²

¹ *Iğdır Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü,

Iğdır, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8368-2478)

² Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Iğdır, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2463-6989)

*Sorumlu yazar: mehmetzekikocak@gmail.com

GİRİŖ

Keten (*Linum usitatissimum* L.), dünyada en eski kùltürù yapılan bitkilerden birisidir. İnsanoğlunun uygarlığının başlangıcından beri önemli miktarda yetiştirilerek temel ürünlerden biri olarak kullanılmaktadır (Singh ve ark., 2017; Talebi ve Matsyura, 2021; Koçak ve ark., 2022). Latince'de "çok yararlı" anlamı olan keten tohumu, ekimi yapılan en eski bitkisel yağlı tohum olarak kabul edilmektedir. Önemli bir sanayi bitkisi olan keten (*L. usitatissimum* L.), 22 cins ve yaklaşık olarak 300 türü bulunan bitki, Linaceae familyasına ait ve dikotiledon yapısında; tek yıllık, otsu ve kendine tozlaşan bir kùltür bitkisidir. Buna ek olarak keten, ılıman bölgelerde yayılış gösteren ve (2n=30) kromozom sayısına sahip diploit bir türdür (Wang ve ark., 2015; Goudenhoof t ve ark., 2018; Landoni ve ark., 2020). Keten bitkisinin genel anlamda tüm kısımları çeşitli amaçlardaki çalışmalarda kullanılmaktadır. İnsanlar eski zamanlardan beri keten bitkisini ve tohumunu hem lifini hem de yağını farklı endüstri alanlarda kullandıkları yanı sıra, özellikle tıbbi amaçlar için de kullanılmaktadır (Choudhary ve ark., 2017; Koçak, 2022). Keten tohumu, α -linolenik asit, linoleik asit, oleik asit, palmitik asit ve stearik yağ asitleri kompozisyonları açasında zengin olmasının yanı sıra; lignan, SDG, diyet lifi, protein, vitamin ve karbonhidrat da oldukça yüksek oranda yapısında bulunmaktadır (Wang ve ark., 2017; Duubey ve ark., 2020; Yang ve ark., 2021). Bu bağlamda yapısında bulunan bu bileşenlerin, sağlık açasından özellikle kanser tedavisinde (meme, kolon ve cilt vb.) önemli bir kaynak olarak kullanılmaktadır (Tarhan ve ark., 2021; Toulabi ve ark., 2021; Koçak ve ark., 2022). Ayrıca, doymamış yağ asitleri düzeyi yüksek olan bitkisel yağlar, yüksek oranda sıcaklığa maruz kaldıklarında kolayca oksidasyona uğrayabilir ve sağlık açasından problemlili sekonder metabolitleri üretebilir. Bununla birlikte, keten tohumunun yağındaki fenolik bileşikler, oksidatif stabilitesine katkıda bulunur ve bu bileşiklerin sağlık faydaları, antioksidan aktiviteleri ile ilgili olduğu bilinmektedir (Freitas ve ark., 2017; Deme ve ark., 2021). Günümüzde, önemli tıbbi faydaları olan bitkisel gıdalara artan ilgiden dolayı birçok kùltür bitkilerin yetiştiriciliği ve tüketimi hız kazanmıştır. Buna bağlı olarak yapısında bahse geçen alanlarda kullanılmak üzere birçok farklı bileşikler mevcuttur. Genel anlamda sekonder metabolitler, kimyasal yapılarına göre birkaç sınıfa ayrılmaktadır. Bu bölümde, terapötik önemi olan temel olarak sekonder metabolitlerin yapısı tartışılacaktır. Bu metabolitlerin önemli farmakolojik etkilerinin temel anahtarları belirlenmiştir.

FENOLİKLER

Fenolikler muhtemelen bitki sekonder metabolitlerinin en büyük grubunu oluşturur. Bu açıdan fenolikler birçok bitki, yiyecek ve içeceğin rengine, tadına ve aromasına önemli seviyede katkı sağladıkları bitkilerde yaygın olarak bulunurlar. Bazı fenolikler farmakolojik ve bitki koruma gibi birçok aktivite özellikleri nedeniyle değerlidir. Fenolik moleküllerin çoğu, özellikle flavonoidler olmak üzere, etkili antioksidanlar ve serbest radikal temizleyicilerdir. Ayrıca, keten tohumu (*L. usitatissimum* L.) geniş bir biyolojik aktivite spektrumuna sahip zengin bir lignan kaynağıdır. Hem fitoöstrojenik hem de antioksidan özelliklere sahip önemli bir fitokimyasal sekoisolarisiresinoldiglucoside (SDG)'dir (Herchi ve ark., 2014; Hussein and El-Anssary, 2019). Bunlara ek olarak, ketende trans-ferulik ve trans-cinnamik asitlerin temel fenolik asitler olduğu bildirilirken, trans-kafeik asit; p-cumarik asit, clorojenik asit, gallik asit, sinapik asit, protocatecuik asit ve phidroksi-benzoik asit minör bileşikler oluşturmaktadır (Anwar ve Przybylski, 2012; Wu ve ark., 2021). Genel olarak bitki fenollerini ana yapılarına göre farklı özelliklere sahip tiplere ayrılabilirler: basit fenoller, fenolik asitler, cumarinler ve izocumarinler, naftokinonlar, ksantonlar, stilbenler, antrakınonlar, flavonoidler, lignanlar, ligninler ve tanenlerdir. Ayrıca bunlar arasında en yaygın olanlar ise fenolik asitler ve flavonoidlerdir (Kasote, 2013).

Basit fenolikler;

Bitkilerde serbest fenoller nadir olmasına rağmen, fenolikler bitkiler arasında her yerde bulunurlar. Ayrıca gallik asit nispeten daha yaygındır. Aynı zamanda bu gruptaki fenolik bileşikler, hidroksil, aldehit veya karboksilik grup olabilen fonksiyonel gruplarına göre değişir ve bunlar öjenol (bir fenolik fenilpropan), vanilin (bir fenolik aldehit) ve salisilik, ferulik ve kafeik asitleri (fenolik asitler) içerir (Hussein ve El-Anssary, 2019; Tsimogiannis ve Oreopoulou, 2019).

Tanenler;

Tanenler, proteini çöktürme yeteneği olan polifenollerdir. Moleküler ağırlığı 500 ile 2000 arasında olan çok sayıda fenolik halkaya sahip olmasının yanı sıra ve esas olarak akasya, çam ve mersin gibi bitkilerden ekstrakte edilir. Kimyasal olarak iki temel tanen türü mevcuttur; hidrolize edilebilir tanenler ve yoğunlaştırılmış tanenler olarak gruplandırılmaktadır. Hidrolize edilebilir tanenler, merkezi bir glikoz molekülüne ester bağları ile birleştirilen gallik ve heksahidroksidifenik asitler gibi birkaç fenolik asit molekülünden oluşur.

Yoğunlaştırılmış tanenler veya proantosiyanidinler, yapıları oligomerik flavonoid öncüllerine dayanan ve flavonoid birimleri arasındaki bağlantı tiplerine göre değişen bileşiklerdir (Kasote, 2013; Zhu ve ark., 2015).

Kumarin;

Genel anlamda kumarinler, o-hidroksisinnamik asidin laktonu olan benzo- α -piron türevleridir. Yaklaşık olarak 1000 doğal kumarin izole edildiği bilinmektedir. Koumarin yaklaşık 150 türde bulunmuştur. Ayrıca, antiinflamatuvar, antikoagölan, antikanser ve anti-alzheimer gibi önemli biyolojik aktiviteleri mevcuttur (Hussein ve El-Ansary, 2019). Bunlara ek olarak antioksidan özelliklere sahip olduğu tespit edilen keten tohumunda p-cumarik asit ve ferulik asit glikozitler gibi fenolik asitler yüksek konsantrasyonlarda biriktiği bildirilmiştir (Kasote, 2013; Shim ve ark., 2019; Nie ve ark., 2022).

Flavonoidler;

Flavonoidler, doğal olarak oluşan fenollerin en büyük grup olarak bilinmektedir. Grup içerisindeki bu bileşiklerin 2000'den fazlası bilinmektedir ve yaklaşık olarak 500'e yakın olanlar serbest halde bulunmaktadır. Flavonoidlerin yapısal olarak, 2, 3 veya 4 konumunda aromatik bir halka taşıyan bir kroman halkası içermektedir. Ayrıca, flavonoidler, merkezi C halkanın oksidasyon seviyesine göre çeşitli sınıflara ayrılabilir. Bunlardan en yaygın olanları antosiyaninler, flavonlar ve flavonollerdir (Harborne ve ark., 2013; Tungmunnithum ve ark., 2018; Hussein ve El-Ansary, 2019). Bu bağlamda flavonoidler, üç karbonlu bir bağlantıyla birleştirilmiş olup iki aromatik halkadan meydana gelen C6-C3-C6 iskeletine sahip polifenollerdir. Yetiştirme ve çeşit koşullarına bağlı olarak ele alınan keten tohumu, bir kg tohum başına yaklaşık 0.3-0.71 g toplam flavonoid içerir (Kasote, 2013; Santos-Buelga ve Feliciano, 2017). Ayrıca, flavonoidler, özellikle fotosentez yapan hücrelerde önemli bir rol oynayan düşük moleküler ağırlıklı biyoaktif polifenollerdir. Bunlara ek olarak, flavonoidler geniş bir yapı yelpazeleri olan ve bitki kaynaklı yiyecek ve içeceklerin önemli organoleptik özelliklerinden, aynı zamanda renk ve tat özelliklerinden sorumludurlar. Ayrıca meyve ve sebzelerin besleyici niteliklerine de katkıda bulunurlar (Andrés-Lacueva ve ark., 2010; Karak, 2019).

Lignan;

Keten tohumu (*L. usitatissimum* L.), lignanların ve yukarıda belirlenmiş olan diğer fitokimyasalların büyük bir kaynağı olarak kabul edilmektedir (Azad ve ark., 2021) Lignanlar, biyolojik olarak önemli bir fenolik bileşik sınıfındadır. İki fenilpropanoid molekülünden oluşan temel bir yapıya sahip fenolik sekonder metabolitlerdir. Lignanların iki ana sınıfı vardır, dibenzilbütan lignanlar ve furanofuran lignanlar, keten tohumundan sekoizolarisiresinoldiglucosit (SDG) ve susam tohumundan ise sesamin mevcuttur. Ayrıca, lignan kaynakları arasında diğer tohumlar, baklagiller, tahıllar, sebzeler, meyveler, deniz yosunu, çay ve alkollü içecekler olarak bilinmektedir (Hu ve ark., 2007; Gutte ve ark., 2015). Gıdalardaki lignan seviyeleri büyük ölçüde değişmekte olup en zengin kaynağı ise keten tohumudur. Keten tohumunda baskın olan lignan, secoisolariciresinol diglucoside'dir (SDG). Bu bağlamda, lignanlar, oksijen radikal üretimini engelleyerek ateroskleroza ciddi seviyede azaltmaktadır. Aynı zamanda lignanlar antioksidan aktiviteye sahip olması sebebiyle, keten tohumu anti kanser aktivitesine önemli katkılar sağlamaktadır. Bununla birlikte keten tohumundaki lignan, kanserli tümörlerin, özellikle meme, endometrium ve prostat gibi hormona duyarlı olan tümörlerin büyümesini azaltmada önemli etkiler göstermiştir. Bu doğrultuda ketendeki lignan, anti-enflamatuvar, antioksidan, antimutajenik, antimikrobiyal olmak üzere çeşitli biyolojik özelliklerinde dolayı farklı hastalıklara müdahale ettiği birçok çalışmada gösterilmiştir (Kasote, 2013; Gutte ve ark., 2015; Wu ve ark. 2022).

ALKALOİDLER

Genel olarak alkaloidler, heterosiklik bir halkada en az bir nitrojen atomu yapısında bulunan organik bileşiklerdir. Özellikle kimyasal, biyokimyasal veya fizyolojik olarak herhangi bir açıdan homojen bir bileşik grubuna sahip olmadıkları için tanımları güçleşir. Bunlara ek olarak alkaloidler, kimyasal yapılarına göre farklı tipleri bulunmaktadır şöyleki; akridonlar, aromatikler, karbolinler, efedralar, ergotlar, imidazoller, indoller, bisindoller, indolizidinler, manzaminler, oksindoller, kinolinler, kinozolinler, fenilzokinolinler, feniletüaminler, piperidinler, pürinler, pirrolidinler, pirolizidinler, piroloindoller, piridinler ve basit tetrahidroizokinolin olarak bilinmektedir (Tadeusz, 2015; Bakır, 2020; Ferhat ve ark., 2021; Kumar ve ark., 2022). Alkaloidler, önemli bir sekonder metabolit grubudur. Bitkiler tarafından diğer organizmaların saldırılarına karşı kendilerini korumak için

kullanmakta olup aynı zamanda birçok alkaloid zehirlidir ve bu durum önemli bir ekolojik işlemdir (Debnath ve ark., 2018).

TERPENLER

Bitki sekonder bileşiklerin en büyük ve çeşitli grublarından birisi de terpenlerdir. Buna ek olarak "terpen" adı "reçine" anlamında eski Fransızca ter(e)binb'den gelen "terebebin" kelimesinden türetilmiş olup; tümü farklı şekillerde birleştirilmiş 5-karbon izopren birimlerinden kimyasal olarak türetilmiştir. Bu bağlamda terpenler, moleküldeki izopren birimlerinin sayısına göre sınıflandırılır (Hussein ve El-Anssary, 2019; Venkataramaiah, 2020). Ayrıca, terpenler doğada yaygın olarak bulunan bileşiklerdir ve aynı zamanda bitkilerde uçucu yağların bileşenleri olarak bulunmaktadır. Moleküler ağırlık ve uçucu özellikleri nedeniyle, hidrokarbonlar veya oksijenli bileşikler olarak mono-(C10) ve seskiterpenlerin (C15) grubunun tadı için önemli olduğu öngörülmektedir. İlginçtir ki, zeytinyağı haricinde yenilebilir bitkisel yağlarda mono- ve seskiterpenlerin oluşumu hakkında literatürde oldukça az bilgi bulunmaktadır (Ivanova-Petropulos ve ark., 2015; Bakır, 2020)

Hemiterpen;

Hemiterpenler, tek bir izopren biriminden oluşurlar. İzoprenin kendisi tek hemiterpen olarak kabul edilir, ancak Angelica archangelica'dan izole edilen angelic asit ve Vaccinium myrtillus'tan izovalerik asit gibi oksijen içeren türevler hemiterpenoidlerdir (Paduch ve ark., 2007; Roba, 2020).

Monoterpen;

Monoterpenler iki izopren biriminden oluşmaktadır. Aynı zamanda bitki uçucu yağların önemli bileşenlerindedir. Monoterpenler, birçok uçucu yağın ticari olarak üretildiği Lamiaceae, Pinaceae, Rutaceae ve Apiaceae gibi bilinen bitki familyalarına sahip üyelerinde bulunmaktadır. Ayrıca, monoterpenler ayrıca doymamış hidrokarbonlar (örn. limonen), alkoller (örn. linalool), alkol esterleri (örn. linalil asetat), aldehitler (örn. sitronelal) ve ketonlar (örn. Carvone) olarak sınıflandırılırlar (Gershenzon, J., Croteau, 2020; Hussein ve El-Anssary, 2019).

Sesquiterpen;

Mevcut terpen üç izopren biriminden oluşmaktadır. Ayrıca biyogenetik kökene dayanır ve yaklaşık olarak 200'den fazla farklı yapısal sesquiterpen türü vardır ve birkaç bin bileşik bilinmektedir. Bu bileşikler yapılarına göre üç ana gruba ayrılmaktadırlar; acyclic, monocyclic ve bicyclic. Bu doğrultuda, bir dizi sesquiterpen lakton antibakteriyel, antifungal ve antiprotozoan aktiviteler gösterirler. Bu kapsamda, *Vernonia colorata* kaynaklı sesquiterpenler, bir antiamebik ilaç olan metronidazole benzer konsantrasyonlarda *Entamoeba histolytica*'yı inhibe eder. *Arnica montana*'nın kardiyotonik özelliklerinden Helenalin ve bir dizi ilgili bileşik sorumludur. *Atractylodis macrocephala*'dan (Asteraceae) *Atractylodis rhizoma*, klinik olarak diüretik, analjezik ve antiinflamatuvar olarak kullanılırlar. Bunlara ek olarak, Sesquiterp'den dolayı aynı amaçlar için birkaç ilgili şifalı bitkide kullanılmaktadır (Styrzcewska ve ark., 2013; Hussein ve El-Anssary, 2019; Alberdi-Cedeño ve ark., 2020).

Diterpen;

Diterpen dört izopren biriminden oluşmaktadır. Ayrıca, diterpenler asiklik ve makrosiklik bileşikler olarak da sınıflandırılırlar. Diterpenler 6 üyeli halkalı yapılar olabilir veya kaynaşmış 5 ve 7 üyeli halkalı yapılar sahip olabilirler. Bunlara ek olarak, diterpenlerin birçoğunda ek halka sistemleri mevcuttur. Bunlar, esterler veya epoksitler yan ikameler olarak ortaya çıkmaktadırlar. Genellikle diterpenoidler bir sayının aktif bileşenlerini oluşturur. Bir diterpenoid olan A vitamini, ilgili bileşiklerle birlikte "karoten" olarak adlandırılır (Lange ve Ahkami, 2013; Monteiro ve ark., 2020).

Triterpen;

Triterpenler, altı izopren biriminden oluşurlar ve tüm bitkilerin lipit maddelerinin önemli bir bölümünü oluştururlar. Bilinen 4000'den fazla triterpenoid izole edilmiştir. Aynı zamanda, bu bileşikler hem bitkilerde hem de hayvanlarda steroidlerin öncüleri olarak bilinmektedirler (Ludwiczuk ve ark., 2017). Hem triterpenler hem de steroidler, glikozitler olarak veya diğer birleşik formlarda serbest olarak bulunur. Ayrıca, triterpenlerin ve steroidlerin yapıları yaklaşık 40 ana tipe bölünebilir. Tüm *Salvia* spp. (adaçayı) türlerinde yaygın olarak bulunmaktadırlar (Tiring ve ark., 2021).

LİPİTLER

Lipitler; sabit yağlar, mumlar, uçucu yağlar, steroller, yağda çözünen vitaminler (A, D, E ve K vitaminler), fosfolipidler ve doğal olarak oluşan bir molekül grubunu içermeleri yanı sıra, tüm biyolojik zarların ana yapısal bileşenleri ve enerji ve hücrenel faaliyetler için çeşitli biyolojik faaliyetleri göstermektedir (Noack ve Jaillais, 2020).

Sabit yağlar;

Sabit yağlar; gliserol ile esterlenmiş palmitik, stearik ve oleik asitler gibi yüksek moleküler alifatik uzun zincirli yağ asitlerinden oluşur. Aynı zamanda, sabit yağlar, gliserin oleat gibi nispeten daha yüksek oranda sıvı gliseritler (çoklu doymamış) içerirken, yağlar gliserin stearat gibi katı gliseritler bakımından zengindir. Ayrıca, bazı sabit yağlarda çoklu doymamış yağ asitleri azalmaya neden olur. Bu bağlamda, giderek artan nüfus ile birlikte ciddi oranda azalan gıda kaynaklardan olan yağlar üretim miktarının düşmesi sonucunda birçok bitki alternatif yağ bitkisi (keten, ayçiçeği, aspir, ketencik, kolza) olarak kullanılmaya başlanmıştır (Fahy ve ark., 2009; Zanetti ve ark., 2021). Bu açıdan alternatif yağ bitkilerinden olan keten bitkisi (*Linum usitatissimum*) tohumundan toplam yağ içeriğinin %35-55 olduğu ve bununla birlikte keten yağının yapısında en çok bulunan yağ asitleri kompozisyonlarını α -linolenik asit (%55), linoleik asit (%13), oleik asit (%19), palmitik asit (%6), stearik asit (%2,5) oranında içermektedir. Ayrıca, çoklu doymamış yağ asitleri, özellikle esansiyel omega-3 ve omega-6 yağ asidi açısından önemli miktarda zengindir. Buna ek olarak, omega-3 yağ asidi ALA (18:3 n-3) ve omega-6 yağ asidi LA (18:2 n-6) insan sağlığı için ciddi oranda ihtiyaç duyulan esansiyel yağ asitleridir (Soni ve ark., 2016; Nzotta ve Onabanjo, 2021).

Uçucu yağlar;

Uçucu yağlar, güçlü bir koku ile karakterize edilen uçucu, doğal, kompleks ve nispeten düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerdir. Ayrıca aromatik bitkiler tarafından sekonder metabolitler olarak oluşmaktadır. Bunlara ek olarak, antiseptik ve tıbbi özellikleri, kokuları ile bilinen mumlar, mumyalamada, gıdaların korunmasında ve antimikrobiyal, analjezik, sedatif, antiinflamatuvar, spazmolitik ve lokal anesteziik ilaçlar olarak kullanılırlar. Aynı zamanda, doğada bulunan uçucu yağlar, bitkilerin antibakteriyel, antiviral, antifungal, insektisit gibi korunmasında önemli bir rol oynamaktadırlar (Raut ve Karuppayil, 2014; Calo ve ark., 2015). Ayrıca

polenlerin ve tohumların dağılmasını sağlamak veya istenmeyen diğerlerini uzaklaştırmak için bazı böcekleri çekerler. Genel olarak, uçucu yağlar en iyi bilinen bazı ana bileşenlerden oluşmaktadırlar ve bunlar uçucu yağların biyolojik özelliklerini belirler. Bu bağlamda; 60'a kadar bileşen içermelerine rağmen, diğerlerine kıyasla oldukça yüksek konsantrasyonlarda (%20-70) iki veya üç ana bileşenin varlığı ile karakterize edilirler (Bakkali ve ark., 2008; Dhifi ve ark., 2016; Baptista-Silva ve ark., 2020).

KARBONHİDRATLAR

Karbonhidratlar tüm canlılarda genel anlamda farklı miktarlarda bulunmaktadır. Bitkilerde fotosentezin ilk ürünü olan karbonhidratlar, tüm fitokimyasallar ve dolayısıyla tüm hayvansal biyokimyasallar için başlangıç noktası olup, organik bileşikler ve depolama bileşenleri için ciddi enerji kaynakları ve karbon iskeletleri olarak temel rolleriyle iyi bilinirler. Ayrıca, doğada diğer herhangi bir bileşik türünden daha fazlası karbonhidrat bulunmaktadır. Bunlara ek olarak, hormonlara benzer bir şekilde sinyal molekülleri olarak çok önemli bir işlev belirgin hale gelmektedir. Glikoz, sükroz veya trehaloz gibi mono- ve disakkaritler, genellikle şekerler olarak adlandırılan en küçük karbonhidratlardır. Karbonhidratların bitki bağışıklığında rol oynadığı yadsınmaz. Karbonhidratlar birincil metabolitler olmalarına rağmen, glikozidasyon bağları yoluyla birçok sekonder metabolit dâhil edilirler (Krasavina ve ark., 2014; Trouvelot ve ark., 2014). Bu bağlamda, karbonhidratlar karbon, hidrojen ve oksijenden oluşmaktadır ve son iki element genellikle suda olduğu gibi aynı oranlarda bulunmaktadır. Karbonhidratlar dört gruba ayrılır; monosakkaritler, disakkaritler, oligosakkaritler ve polisakkaritlerdir. Ayrıca, monosakkaritler üç ile dokuz karbon atomu içerir, ancak beş ve altı karbon atomlu olanlar (pentoz ve heksoz) bitkilerde en fazla miktarda birikmektedir. Bitkilerdeki karbonhidratların önemli biyolojik ve yapısal işlevlerine ek olarak, bazı üyeler müsilaj gibi tıbbi etkiler gösterir. Ayrıca su ve besin depolamada ve tohumların çimlenmesinde görev yapar. Kimyasal olarak bir polar glikoprotein ve bir ekzopolisakaritten oluşur. Müsilaj tıbbi olarak yatıştırıcı olarak kullanılır. Kaktüs (ve diğer sulu meyveler) ve *Linum usitatissimum* (keten tohumları) başlıca müsilaj kaynaklarıdır (Anbalahan, 2017; Hussein ve El-Anssary, 2019; Prado ve ark., 2019).

SONUÇ

Yukarıda verilen bilgiler göre, bitki kaynaklı ilaçların biyolojik aktivitelerinden sorumlu önemli olan sekonder bitki metabolit sınıfı bulunmaktadır. Ayrıca, bitkisel ilaçların kullanımları, ilgili bitkilerin kimyasal bileşenlerinin tespit edilmesi ancak kapsamlı fitokimyasal çalışmalara bağlıdır. Sekonder metabolitler bakımından zengin birçok farklı bitki çeşidi mevcuttur. Keten bitkisi tohumu, yapısında önemli sekonder metabolitleri içermesi ile birçok sağlık problemleri üzerinde olumlu etkilerinin ve iyileştirme potansiyellerine sahip olan alternatif gıda kaynaklarından birisidir. İlgili tohum, besleyici ve fonksiyonel bileşenleri olan tahıllardan biridir ve çeşitli laboratuvar deneyleri sonucu ketendeki bileşenlerin hastalık önleyici ve tedavi edici özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Keten tohumunda yüksek oranda lignan, fitoöstrojen ve alfa-linolenik asit gibi yağ asitlerini içeren bitkisel tedavi edici olarak kullanılmaktadırlar. Bunlarla birlikte, yüksek kaliteli olan protein, çözünür lif ve fenolik bileşiklerin önemli bir potansiyeli olan kaynağıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda, keten tohumunun birçok farklı hastalık bu hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde etkili bir potansiyele sahip olduğunu; Aynı zamanda da bağışıklık sistemini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Alberdi-Cedeño, J., Ibargoitia, M. L., & Guillén, M. D. (2020). A global study by ¹H NMR spectroscopy and SPME-GC/MS of the in vitro digestion of virgin flaxseed oil enriched or not with mono-, di- or tri-phenolic derivatives. Antioxidant efficiency of these compounds. *Antioxidants*, 9(4), 312.
- Azad, M., Nadeem, M., Gulzar, N., Imran, M. (2021). Impact of fractionation on fatty acids composition, phenolic compounds, antioxidant characteristics of olein and super olein fractions of flaxseed oil. *Journal of Food Processing And Preservation*, 45(4).
- Andrés-Lacueva, C., Medina-Rejon, A., Llorach, R., Urpi-Sarda, M., Khan, N., Chiva-Blanch, G., Lamuela-Raventos, R. M. (2010). Phenolic compounds: chemistry and occurrence in fruits and vegetables. *Fruit and vegetable phytochemicals: Chemistry, nutritional value and stability*, 1
- Anbalahan N. Pharmacological activity of mucilage isolated from medicinal plants. *International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture*. 2017;3(1):98-113. e-ISSN: 2394-5532, p-ISSN: 2394-823X
- Anwar, F., Przybylski, R. (2012). Effect of solvents extraction on total phenolics and antioxidant activity of extracts from flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 11(3), 293-302.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- Bakır, Ö. (2020). Sekonder metabolitler ve rolleri. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2(4), 39-45.
- Baptista-Silva, S., Borges, S., Ramos, O. L., Pintado, M., & Sarmento, B. (2020). The progress of essential oils as potential therapeutic agents: A review. *Journal of Essential Oil Research*, 32(4), 279-295.
- Calo, J. R., Crandall, P. G., O'Bryan, C. A., & Ricke, S. C. (2015). Essential oils as antimicrobials in food systems—A review. *Food control*, 54, 111-119.
- Choudhary, S. B., Sharma, H. K., Kumar, A. A., Maruthi, R. T., Mitra, J., Chowdhury, I., Karmakar, P. G. 2017. SSR and morphological trait based population structure analysis of 130 diverse flax (*Linum*

- usitatissimum L.) accessions. *Comptes rendus biologiques*, 340(2), 65-75.
- Debnath, B., Singh, W. S., Das, M., Goswami, S., Singh, M. K., Maiti, D., & Manna, K. (2018). Role of plant alkaloids on human health: A review of biological activities. *Materials today chemistry*, 9, 56-72.
- Deme, T., Haki, G. D., Retta, N., Woldegiorgis, A., Geleta, M. (2021). Fatty acid profile, total phenolic content, and antioxidant activity of niger seed (*Guizotia abyssinica*) and linseed (*Linum usitatissimum*). *Frontiers in Nutrition*, 8, 674882.
- Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. *Medicines*, 3(4), 25.
- Dubey, S., Bhargava, A., Fuentes, F., Shukla, S., & Srivastava, S. (2020). Effect of salinity stress on yield and quality parameters in flax (*Linum usitatissimum* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(2), 954-966.
- Evaluation of flaxseed, sesame and pumpkin seeds as an alternative source of functional feed ingredients. *Nigerian Journal of Animal Science*, 23(3), 116-125.
- Fahy E, Subramaniam S, Murphy RC, Nishijima M, Raetz CR, Shimizu T, Spener F, van Meer G, Wakelam MJ, Dennis EA. Update of the LIPID MAPS comprehensive classification system for lipids. *Journal of Lipid Research*. 2009;50(Suppl):S9-S14.
- Ferhat, R., Bribi, N., Merakeb, M. S., & Betitra, Y. (2021). Anti-inflammatory and analgesic effect of an alkaloid-fixed oil mix from *Linum usitatissimum* seeds in vivo. *Genetics & Biodiversity Journal*, 5(2), 68-76.
- Freitas IR, Cattelan MG, Rodrigues ML, Luzia DMM, Jorge N. (2017). Effect of grape seed extract (*Vitis labrusca* L.) on soybean oil under thermal oxidation. *Nutr Food Sci*. 47:610–22. doi: 10.1108/NFS-04-2016-0050.
- Gershenzon, J., Croteau, R. B. (2018). Terpenoid biosynthesis: the basic pathway and formation of monoterpenes, sesquiterpenes, and diterpenes. In *Lipid metabolism in plants* (pp. 339-388). CRC Press.
- Goudenhooff, C., Bourmaud, A., Baley, C. (2018). Conventional or greenhouse cultivation of flax: What influence on the number and quality of flax fibers?. *Industrial crops and products*, 123, 111-117.

- Gutte, K. B., Sahoo, A. K., Ranveer, R. C. (2015). Bioactive components of flaxseed and its health benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 31(1), 42-51.
- Harborne, J. B., Marby, H., & Marby, T. J. (2013). *The flavonoids*. Springer.
- Herchi, W., Arráez-Román, D., Trabelsi, H., Bouali, I., Boukhchina, S., Kallel, H., Fernández-Gutierrez, A. (2014). Phenolic compounds in flaxseed: a review of their properties and analytical methods. An overview of the last decade. *Journal of Oleo Science*, 63(1), 7-14.
- Hu C, Yuan YV, Kitts DD. 2007. Antioxidant activities of the flaxseed lignan secoisolariciresinol diglucoside, its aglycone secoisolariciresinol and the mammalian lignans enterodiol and enterolactone in vitro. *Food Chem Toxicol.* 45(11):2219-27.
- Hussein, R. A., El-Ansary, A. A. (2019). Plants secondary metabolites: the key drivers of the pharmacological actions of medicinal plants. *Herbal medicine*, 1(3).
- Ivanova-Petropulos, V., Mitrev, S., Stafilov, T., Markova, N., Leitner, E., Lankmayr, E., Siegmund, B. (2015). Characterisation of traditional Macedonian edible oils by their fatty acid composition and their volatile compounds. *Food Research International*, 77, 506-514.
- Karak, P. (2019). Biological activities of flavonoids: an overview. *Int. J. Pharm. Sci. Res.*, 10(4), 1567-1574.
- Kasote, D. M. (2013). Flaxseed phenolics as natural antioxidants. *International Food Research Journal*, 20(1).
- Koçak, M. Z. (2022). Fatty acid and organic acid compositions of some Türkiye registered flax (*Linum usitatissimum* L.) varieties grown under alkaline soils. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 6 (3) , 358-369.
- Koçak, M. Z., Göre, M., Kurt, O. (2022).The Effect of Different Salinity Levels on Germination Development of Some Flax (*Linum usitatissimum* L.) Varieties. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(4): 657-662, 2022.
- Krasavina, M. S., Burmistrova, N. A., Raldugina, G. N. (2014). The role of carbohydrates in plant resistance to abiotic stresses. In *Emerging technologies and management of crop stress tolerance* (pp. 229-270). Academic Press.
- Kumar, S., Saini, R., Suthar, P., Kumar, V., Sharma, R. (2022). Plant secondary metabolites: Their food and therapeutic importance. In *Plant Secondary Metabolites: Physico-Chemical Properties and*

- Therapeutic Applications (pp. 371-413). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Landoni, B., Viruel, J., Gómez, R., Allaby, R. G., Brennan, A. C., Picó, F. X., Pérez-Barrales, R. (2020). Microsatellite marker development in the crop wild relative *Linum bienne* using genome skimming. *Applications in plant sciences*, 8(5), e11349.
- Lange, B. M., Ahkami, A. (2013). Metabolic engineering of plant monoterpenes, sesquiterpenes and diterpenes—current status and future opportunities. *Plant biotechnology journal*, 11(2), 169-196.
- Monteiro, A. S., Campos, D. R., Albuquerque, A. A. S., Evora, P. R. B., Ferreira, L. G., Celotto, A. C. (2020). Effect of diterpene manool on the arterial blood pressure and vascular reactivity in normotensive and hypertensive rats. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 115, 669-677.
- Nie, C., Qin, X., Duan, Z., Huang, S., Yu, X., Deng, Q., Geng, F. (2022). Comparative structural and techno-functional elucidation of full-fat and defatted flaxseed extracts: implication of atmospheric pressure plasma jet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(2), 823-835.
- Noack, L. C., Jaillais, Y. (2020). Functions of anionic lipids in plants. *Annual review of plant biology*, 71, 71-102.
- Nzotta, A. O., & Onabanjo, R. S. (2021). Evaluation of flaxseed, sesame and pumpkin seeds as an alternative source of functional feed ingredients. *Nigerian Journal of Animal Science*, 23(3), 116-125.
- Paduch, R., Kandefer-Szerszeń, M., Trytek, M., Fiedurek, J. (2007). Terpenes: substances useful in human healthcare. *Archivum immunologiae et therapeuticae experimentalis*, 55, 315-327.
- Prado, S. B. R. D., Castro-Alves, V. C., Ferreira, G. F., Fabi, J. P. (2019). Ingestion of non-digestible carbohydrates from plant-source foods and decreased risk of colorectal cancer: A review on the biological effects and the mechanisms of action. *Frontiers in nutrition*, 6, 72.
- Raut, J. S., & Karuppayil, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial crops and products*, 62, 250-264.
- Roba, K. (2020). The role of terpene (secondary metabolite). *Nat Prod Chem Res* 9p, 411.
- Santos-Buelga, C., Feliciano, A. S. (2017). Flavonoids: from structure to health issues. *Molecules*, 22(3), 477.

- Shim, Y. Y., Song, Z., Jadhav, P. D., Reaney, M. J. (2019). Orbitides from flaxseed (*Linum usitatissimum* L.): A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 93, 197-211.
- Singh, N., Kumar, R., Kumar, S., Singh, P. K., Yadav, V. K., Ranade, S. A., Yadav, H. K., Genetic diversity, population structure and association analysis in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Physiol Mol Biol Plants.*, 2017, 23(1), 207-219.
- Soni, R.P., Katoch, M., Kumar, A., Verma, P. 2016. Flaxseed composition and its benefits. *Res. Environ. Life Sci.* 9(3), 310-316.
- Styrzewska, M., Kulma, A., Kostyn, K., Hasiewicz-Derkacz, K., Szopa, J. (2013). Flax terpenoid pathway as a source of health promoting compounds. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 13(3), 353-364.
- Tadeusz, A. (2015). *Alkaloids: chemistry, biology, ecology, and applications.* Elsevier, Amsterdam. ISBN, 13, 978-0444594334.
- Talebi, S. M., Matsyura, A. (2021). Genetic Structure of Some Iranian, New and Old Worlds *Linum usitatissimum* L. Populations. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45(4), 1143-1153.
- Tarhan, N., Tufan, C., Ozansoy, G., Konuklugil, B., Fidan, Y., Arı, N. (2021). Effects of flaxseed intake on vascular contractile function in diabetic rats. *Indian Journal of Experimental Biology (IJEB)*, 59(06), 398-405.
- Tiring, G., Satar, S., Özkaya, O. (2021). Sekonder metabolitler. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1), 203-215.
- Toulabi, T., Yarahmadi, M., Goudarzi, F., Ebrahimzadeh, F., Momenizadeh, A., Yarahmadi, S. (2021). Effects of flaxseed on blood pressure, body mass index, and total cholesterol in hypertensive patients: A randomized clinical trial. *EXPLORE*.
- Trouvelot, S., Héloir, M. C., Poinssot, B., Gauthier, A., Paris, F., Guillier, C., Adrian, M. (2014). Carbohydrates in plant immunity and plant protection: roles and potential application as foliar sprays. *Frontiers in plant science*, 592.
- Tsimogiannis, D., Oreopoulou, V. (2019). Classification of phenolic compounds in plants. In *Polyphenols in plants* (pp. 263-284). Academic Press.
- Tungmunnithum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A., Yangsabai, A. (2018). Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: An overview. *Medicines*, 5(3), 93.

- Venkataramaiah, C. (2020). Chapter-1 Phytoconstituents of the Plants: The Vital Carters of the Pharmacological Deeds. Chief Editor, 1.
- Wang, H., Qiu, C., Abbasi, A. M., Chen, G., You, L., Li, T., Liu, R. H. (2015). Effect of germination on vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity in flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 50(12), 2545-2553.
- Wang, H., Wang, J., Qiu, C., Ye, Y., Guo, X., Chen, G., Liu, R. H. (2017). Comparison of phytochemical profiles and health benefits in fiber and oil flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.). *Food chemistry*, 214, 227-233.
- Wu, Y., Wang, H., Wang, Y., Brennan, C. S., Anne Brennan, M., Qiu, C., Guo, X. (2021). Comparison of lignans and phenolic acids in different varieties of germinated flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 56(1), 196-204.
- Wu, Y., Wang, H., Gao, F., Wang, Y., Guo, X., Qiu, C. (2022). Effect of ultrasonic pretreatment for lignan accumulation in flax sprouts (*Linum usitatissimum* L.). *Food Chemistry*, 370, 131067.
- Yang, J., Wen, C., Duan, Y., Deng, Q., Peng, D., Zhang, H., Ma, H. (2021). The composition, extraction, analysis, bioactivities, bioavailability and applications in food system of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) oil: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 252-260.
- Zhu, J., Zhu, H., Immonen, K., Brighton, J., Abhyankar, H. (2015). Improving mechanical properties of novel flax/tannin composites through different chemical treatments. *Industrial Crops and Products*, 67, 346-354.
- Zanetti, F., Alberghini, B., Marjanović Jeromela, A., Grahovac, N., Rajković, D., Kiprovska, 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.

BÖLÜM 8

TOPRAKTAKİ MİKROPLASTİKLERİN ETKİLERİ

Prof. Dr. Çiğdem KÜÇÜK¹

¹ Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye E-mail: ckucuk@harran.edu.tr Orcid No: 0000-0001-5688-5440

GİRİŞ

Plastikler, hafiflik, dayanıklılık, yalıtım gibi özellikleri ve düşük maliyetleri nedeniyle modern dünyada günlük insan yaşamında yaygın olarak kullanılmaktadır (Geyer ve ark., 2017; Cao ve ark., 2021). Kullanıldıktan sonra üretilen plastiklerin çoğu kasıtlı veya kasıtsız olarak çevreye atılmaktadır (Wu ve ark., 2021). Çevredeki plastik birikintileri, doğal bozunma ve/veya dış kuvvetler yoluyla çeşitli boyutlarda daha küçük plastik parçacıklara indirgenebilmektedir. Plastik kontaminasyonu, plastiğin uzun ömürlü olmasından dolayı ve her yerde bulunması nedeniyle en önemli çevresel sorunlardan biri haline gelmiştir, ekosistemlere yönelik tehdit olmaktadır (de Souza Machado ve ark., 2018a; Chen ve ark., 2022a). Mikroplastikler, oldukça küçük parçacıklara sahip, parçalanmış plastik parçacıkları olup, yaygın olarak bulunur (Horton ve ark., 2017), deniz, nehir, göl, toprak ve atmosfer gibi çeşitli ortamları kirletebilir (Tang, 2021).

Özellikle, toprak ortamına yıllık plastik salınımı, su ortamına göre 4-23 kat daha fazladır (Horton ve ark., 2017). Nizzetto ve ark. (2016)'a göre Avrupa tarım arazilerine boşaltılan mikroplastik miktarının 125-850 ton arasında olduğu bildirilmiştir. Mikroplastikler tarım arazisindeki topraklara tarımsal işlemler yoluyla girmekte, kökenlerine göre birincil veya ikincil malzemeler olarak sınıflandırılmaktadır (Wu ve ark., 2021).

Tarım yapılan topraklara girdikten sonra mikroplastiklerin, toprak biyotası tarafından oluşturulan gözenekler ve sürme yoluyla toprak katmanları boyunca göç edebildiği saptanmıştır, neme karşı yüksek dirençleri nedeniyle yıllar boyunca toprakta kalabilmişlerdir (Guo ve ark., 2021b). Bununla birlikte, mikroplastiklerin birikmesi toprak ekosistemlerinin sağlığını ve işlevini etkileyebilmekte, bitkisel ürünler mikroplastik kalıntılarına maruz kaldığında gıda zinciri yolu ile canlıların sağlığı için risk oluşturabilmektedirler (Iqbal ve ark., 2023; Mateos-Cardenas ve ark., 2021). Tarım arazilerindeki mikroplastikler çeşitli şekillerde (örneğin, lif, fragman, film ve granül) ve farklı konsantrasyonlarda, boyutlarda ve çok çeşitli polimer kaynak malzemeleri olarak (polietilen, polivinilklorür, polipropilen, polyester ve polistiren vb.) bulunabilir, daha sonra fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre çeşitlilik göstererek bitkiler ve toprak ekosistemleri üzerinde zararlı etkilere yol açmaktadırlar (Chang ve ark., 2022; Wang ve ark., 2022e). Gıda zinciri yoluyla insan sağlığı üzerindeki potansiyel riskleri nedeniyle, mikroplastiklerin tarımsal ekosistemlerdeki etkilerini araştırmak oldukça önemlidir.

Topraktaki mikroplastiklere ilişkin araştırmalar oldukça yenidir (Rillig, 2012; Cao ve ark., 2021). Yapılan alışmalar, mikroplastiklerin gözeneklilik, agregatların boyutu ve oluşumu, su tutma kapasitesi ve buharlaşma, pH ve besin varlığı gibi toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkileyebileceğini göstermiştir (Boots ve ark., 2019; de Souza Machado ve ark., 2019; Zhao ve ark., 2021; Colzi ve ark., 2022; Wang ve ark., 2022b). Plastikler işlevsel katkı maddeleri, renklendiriciler, dolgu maddeleri, yüzeye yapışan kimyasal kirleticiler ve işlevselliklerini geliştirmek için takviyeler gibi birçok tehlikeli hidrofobik kirletici ile üretilmekte olup, bu tehlikeli maddeler plastiklerin ayrışması veya parçalanması sırasında toprağa sızmaktadır. Bu nedenle, mikroplastikler toprak sağlığı için büyük tehlikeler oluşurmaktadır (Iqbal ve ark., 2023; Wang ve ark., 2022c; Zeb ve ark., 2022). Ayrıca, mikroplastiklerin toprak özellikleri ve sağlığını değiştirmesi, hem bitki morfolojisini hem de fizyolojisini etkileyebilmekte, sonuçta ürün kayıplarına ve biyokütle azalması gibi olumsuz sonuçlara yol açabildiği bildirilmiştir (Ju ve ark., 2019; Chang ve ark., 2022; Tang ve ark., 2022).

Tarım yapılan topraklardaki mikroplastikler potansiyel olarak bitki verimini azaltabilir, gıda güvenliğini tehdit edebilir ve hatta gıda zinciri yoluyla insan sağlığını riske atabilir (Jin ve ark., 2022). Bununla birlikte, toprak ve ürünlere dayalı çalışmaların sınırlı ve çoğu zaman çelişkili sonuçları nedeniyle, toprak mikroplastiklerinin ürünler üzerindeki etkileri belirsizliğini korumaktadır. Agroekosistemlerin gıda üretimindeki önemi ve ekosistem hizmetleri için toprağın önemi göz önüne alındığında, gelecek nesillerin sürdürülebilirliğini ve refahını bozabilecek herhangi bir olumsuz etkiyi belirlemek için mikroplastiklerin tarım alanlarındaki ekolojik sonuçları ile ilgili yapılan çalışmalar bu bölümde özetlenmiştir.

1. Topraktaki mikroplastiklerin bitkiler üzerindeki etkileri

Mikroplastiklerin toprak-bitki sistemlerinde kalıcılığı ve g, çimlenme ve doku gelişimi süreçleri dahil olmak üzere yaşam döngüleri boyunca bitki büyümesini ve verimini doğrudan etkilemiştir (Khalid ve ark., 2020; Pignatelli ve ark., 2020; Zeb ve ark., 2022). Mikroplastiklerin fitotoksitesisi, büyümeyi yavaşlatabilir, gelişmede anormalliklere neden olabileceği gibi genel verimi de azaltabilir. Bununla birlikte, farklı bitkiler çeşitli şekillerde mikroplastiklere duyarlı olduğundan, mikroplastiklerin fitotoksitesisi mikroplastik parçacıklarının özelliklerine yani polimer türleri, konsantrasyon, boyut, morfoloji ve ayrışma durumuna, ayrıca topraktaki mikroorganizmaların türlerine ve gelişimine bağlıdır (Rillig ve ark., 2019b;

Lozano ve ark., 2021; Chen ve ark., 2022b). Bununla birlikte, toprak mikroplastiklerin agroekosistemlerdeki etkilerine ilişkin bilgi eksikliği nedeniyle, mikroplastiklerin bitkilere girdiği mekanizmalar ve bunların bitkiler üzerindeki kapsamlı etkileri, özellikle toprak koşullarında belirsizliğini korumaktadır. Mikroplastiklerin bitki tohumunda ve kökünde birikmesi ve adsorpsiyonu, bitkiler üzerindeki etkilerinin ilk adımını oluşturmaktadır. Topraklardaki mikroplastiklere ve bitki köklerinde adsorpsiyona önemli ölçüde katkıda bulunan plastiklerin tarım topraklarına uygulanması ve daha sonrada parçalanmasıyla ilişkilidir (Zhang ve ark., 2020). Toprakta biriken mikroplastikler ayrıca çimlenmekte olan tohumların yüzeyine yapışarak tohum kapsüllerindeki gözeneklerde fiziksel tıkanıklıklara neden olarak kök sisteminin gelişimi için en önemli süreç olan çimlenme sırasında su ve besin alımını da engelleyebildiği açıklanmıştır (Bosker ve ark., 2019). Tohumların çimlenmesi için normal sıcaklığı korumak ve verimi artırmak için tarım arazilerinde yaygın olarak kullanılan plastik malç filmlerinin uygulanması mikroplastiklerin toprakta birikmesine neden olmaktadır (İqbal ve ark., 2023; Liu ve ark., 2021b) çünkü özellikle kötü malç filminin, güneş ışığı ve toprak işleme ile parçalanabildiği yapılan çalışmada tespit edilmiştir (Steinmetz ve ark., 2016).

Mikroplastiklere maruz kalan tere (*Lepidium sativum* L.), çok yıllık çavdar (*Lolium perenne* L.) ve su eğreltiotunun (*Ceratopteris pteridoides* (Hook.) Hieron.) tohum çimlenmesi gecikmiştir (Yuan ve ark., 2019 ; Pflugmacher ve ark., 2020; Pignatelli ve ark., 2021a, 2021b). Buna karşılık, Lian ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada nano düzeydeki polistiren mikroplastiklerin buğday (*Triticum aestivum* L.) tohum çimlenmesini etkilemediği belirlenmiştir. Bu nedenle, çimlenmekte olan tohumlar üzerindeki mikroplastiklerin spesifik fitotoksitesinin, mikroplastiklerin özelliklerine ve bitki türlerine göre önemli ölçüde değişebildiği saptanmıştır (Rillig ve ark., 2019b; Lozano ve ark., 2021; Chang ve ark., 2022).

Mikroplastikler hücre duvarı ve mikroplastikler arasındaki müsilaçlı hidrofobik bağlantılar nedeniyle çimlenmeden sonra kökçük ve kök tüylerine de yapışabilir (Bosker ve ark., 2019). Örneğin, büyük su mercimeği (*Spirodela polyrhiza* L.) köklerine mikroplastiklerin (50 ve 100 nm) bağlandığı, kökte 40 nm ve 1 µm polistiren kürelerin birikmesine neden olduğu rapor edilmiştir (Dovidat ve ark., 2019). Fare kulağı teresinin (*Arabidopsis thaliana* L.) ve buğdayın yüzeyinde de mikroplastiklere rastlanılmış, ancak bitki sağlığında gözle görülür bir değişiklik

belirlenmemiştir (Taylor ve ark., 2020). Kök tüyüne ve hücre duvarına bağlı mikroplastikler terlemeyi azaltmakta, su ve besin alımını engelleyerek kök solunumunu etkilemiştir (Urbina ve ark., 2020). Bu da kök gelişimini etkilemiştir (Liu ve ark., 2021a; Lopez ve ark., 2022). Ayrıca, mikroplastikler su alımı ve endositoz yoluyla kökler tarafından absorbe edilebildiğinden kökleri de olumsuz etkileyebilmiştir (Giorgetti ve ark., 2020; Dong ve ark., 2021a). Kökler tarafından emilen mikroplastiklerin hücre duvarlarını bozabildiği, daha geniş gözenekler oluşturarak daha büyük mikroplastiklerin hücre duvarlarından geçmesine izin verebildiği ve hasarı şiddetlendirebildiği açıklanmıştır (Chen ve ark., 2022a, 2022b). Bu nedenle, bu tür hasarlar köklerde diğer dokulardan daha önemlidir. Kök gelişimi üzerindeki bu olumsuz etkiler, özellikle turp (*Raphanus sativus* L.), soğan (*Allium fistulosum* L.) ve patates (*Solanum tuberosum* L.) gibi kök bitkilerinde verim kaybına neden olabilmektedir (Taylor ve ark., 2020; Li ve ark., 2021d). Mikroplastikler; biyokütle, uzunluk, aktivite, canlılık ve yanal kök oluşumunu etkileyerek bitki köklerinin gelişimine de zarar verebilir. Mikroplastiklere maruz kalan marul (*Lactuca sativa* L. var. *ramosa* Hort), soya fasulyesi (*Glycine max* (Linn.) Merr.), buğday (*Triticum aestivum*), mısır (*Zea mays* L.) ve arpanın (*Hordeum vulgare*) kök biyokütlesinin ve uzunluğunun azaldığı gözlemlenmiştir. (Gao ve ark. 2019; Li ve ark., 2021a; Li ve ark., 2021d). Diğer yandan, mikroplastikler kök fonksiyonları üzerinde terlemeyi azaltmak, su ve besin alımını engellemek gibi çeşitli etkilere sahiptir, bu nedenle köklerden aktarılan partiküller bitişik dokular veya tüm bitki üzerinde zararlı etkilere sahiptir (Lian ve ark., 2010; Li ve ark., 2021d). Örneğin, plastik malç filmi kalıntıları gibi mikroplastiklerin kök dağılımını etkileyerek veya morfolojik kökleri etkileyerek besin alımını etkilediği yapılan çalışmalarda saptanmıştır (Liu ve ark., 2021a; Lopez ve ark., 2022) .

Mikroplastiklerin marul, bakla, soya fasulyesi, soğan, buğday, mısır ve çeltiğin büyümesi ve doku gelişimi üzerinde olumsuz etkileri rapor edilmiştir (Qi ve ark., 2018; Gao ve ark., 2021a; Liu ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2022c). Kökte emilen mikroplastik parçacıkları, çeşitli yollar ile bitkinin yeşil aksamında yer değiştirebilir ve ardından vasküler sistemde toplanabilir (Dong ve ark., 2021a). Mikroplastikler bitkinin kök sistemine nüfuz ederek, bitki büyümesini ve doku gelişimini engelleyebilmiştir (Pignattelli ve ark., 2020). Mikroplastiklerin, bitkilerin sürgünlerinde, yapraklarında klorofil üretimini etkileyerek fotosentezi kısıtlayabildiği tespit edilmiştir (Li ve ark., 2020a). Gövde damar demetlerinde ve yaprak damarlarında biriken

mikroplastikler, su ve besinlerin emilimini ve taşınmasını baskılayabilir, sonuçta gövde büyümesini ve doku gelişimini engelleyebilir (Chen ve ark., 2022a). Hu ve ark. (2020), su kullanım etkinliğinin topraktaki mikroplastiklerin konsantrasyona bağlı bir şekilde düştüğünü bu yüzden mısırın büyümesindeki düşüşe neden olduğunu açıklamıştır. Mikroplastikler, çeltik, marul, fasulye ve soğan gibi birçok üründe ROS üretimini ve antioksidan enzimlerin aktivitesini artırabilir, bu da mikroplastiklerin ürünlerde oksidatif hasara neden olabileceğini göstermiştir (Zhou ve ark., 2021; Colzi ve ark., 2022). Yapılan bir çalışmada, aşırı ROS üretiminin zayıflamış zar fonksiyonlarına katkıda bulunduğunu gösterdiğinden, gelişmiş ROS oluşumu amino asitlerin, nükleik asitlerin, lipidlerin ve diğer ikincil metabolitlerin üretimini azaltabilmiştir (Wu ve ark., 2020). Mikroplastikler bitkileri daha fazla ROS üretmeye zorlamakta, bitki büyümesini de engellemektedir (Chen ve ark., 2022a).

Tarım arazisi toprağında biriktikten sonra mikroplastikler, farklı özellikleri ve kimyasal katkı maddeleri aracılığıyla toprak ekosisteminin işlevlerini ve sağlığını (toprak yapıları, fizikokimyasal özellikler, işlevler, toprak ve bitkiler arasındaki etkileşimler) doğrudan veya dolaylı olarak etkileme potansiyeline sahiptir (Wang ve ark., 2022a; Zeb ve ark., 2022). Mikroplastiklerin toprağın fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerinin özellikle mikroplastiklerin konsantrasyonuna, yapısına, materyalin türüne, ortamda kalma süresine, toprak bileşimine ve gübrelemeye bağlı olduğu açıklanmıştır (Li ve ark., 2021b; Zhao ve ark., 2021). Toprağın fiziksel karakterindeki değişiklikler mikroplastiklerin neden olduğu özellikler, bitki gelişimini ve performansını dolaylı olarak etkileyebilmiştir. Bu nedenle, topraktaki mikroplastikler benzersiz toprak ortamları yaratabilir ve kök sistemleri üzerinde baskı uygulayabilir. Bununla birlikte, çalışmalarda mikroplastiklerin toprak agregasyonunu, yağın yoğunluğunu ve gözenekliliğini etkileyebileceğini, böylece bitki köklerinin penetrasyon direncinin azalmasına, kök büyümesi ve biyokütlede değişikliklere yol açabileceği öne sürülmüştür (Rillig ve ark., 2019a; Lozano ve Rillig, 2020). Mikroplastikler ayrıca toprak pH'ını değiştirerek bitkiler için başka bir çevresel stres etkeni oluşturabilir. Örneğin, biyolojik olarak parçalanabilen mikroplastikler (kumaş plastikleri), mısır çimlenmesini baskılayarak toprak pH'ını düşürmüştür (Inubushi ve ark., 2022).

Ayrıca, toprak su dinamiklerinde mikroplastiklerin neden olduğu değişiklikler, bitkinin su alımını ve performansını daha fazla etkileyebilir.

Örneğin, lifli mikroplastikler bitki gelişimini teşvik etmek için toprağın su tutma kapasitesini artırabilirken (Lozano ve ark., 2021), film mikroplastikler ise toprağın kurummasına neden olarak toprak suyunun buharlaşma oranını artırmış ve bitki gelişimini olumsuz etkilemiştir (Rillig ve ark., 2019b; Wan ve ark., 2019). Mısır yetiştiriciliğinde, mikroplastikler topraktaki su dağıtımını etkileyebilir, su dağıtım bölgesi ile mısır kök bölgesi arasındaki etkileşimi değiştirerek olumsuz etkiler oluşturmuştur (Jiang ve ark., 2017). Polivinil klorür ve polietilen mikroplastikler; karbon, azot ve fosfor döngüsü ile ilgili toprağın hücre dışı enzim faaliyetlerini etkileyerek toprak-bitki arasındaki besin maddesi alımını büyük ölçüde değiştirebilmiştir (Zang ve ark., 2020). Ayrıca, bazı mikroplastikler bol miktarda karbon taşıdığından bu mikroplastiklerin kalıcılığı, topraktaki besin elementleri içeriğini dolayısıyla mikrobiyal popülasyonunda etkileyebilmiştir (Rillig ve ark., 2019b). Mikroplastikler ışık, rüzgar, su ve diğer çevresel faktörlerden büyük ölçüde etkilendiklerinden, mikroplastiklerin topraktaki dolaylı etkileri zamanla toprağın abiyotik ortamını değiştirebilmektedir. Toprak abiyotik ortamı bitkisel verim ile ilişkili olduğundan, bu tür değişikliklerin verim üzerinde önemli etkilerinin olduğu da belirlenmiştir (Ren ve ark., 2021).

2. Toprak biyotik çevrelerde mikroplastiklerin etkileri

Toprak özellikleri ve arazi tipi de mikroplastiklerin konsantrasyonunu etkileyebilmektedir. Örneğin, tarım arazilerindeki mikroplastik kirlilik seviyeleri, kullanılan gübrelere göre değişmektedir (Cao ve ark., 2021). Sebze tarlası antropojenik aktivite ile ilişkili olmasına rağmen, ormanlık alandaki mikroplastik dağılımı sebze arazisi ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur (Zhou ve ark., 2019). Bu nedenle, mikroplastiklerin topraktaki dağılımı ve özellikleri farklı toprak ekosistemleriyle bağlantılı olduğundan, mikroplastikler ve toprak ekosistemleri arasındaki etkileşimin daha fazla çalışılması gerekmektedir.

Toprak biyotası, topraktaki element döngüsünü ve besin durumunu düzenleyen ve toprak ortamını değiştiren, toprak ekosisteminin (örn. mikroorganizmalar ve fauna) önemli bileşenleri olarak kabul edilmektedir (Boots ve ark., 2019; Jiang ve ark., 2020). Özellikle agroekosistemlerde, toprak biyotasının, toprak kalitesini, besin durumunu iyileştirerek toprak sağlığının sürdürülmesinde önemli roller oynadığı, ürün verimini etkilediği yapılan çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir (Wang ve ark., 2022a; Zhang ve ark., 2022d). Toprak biyotasındaki herhangi bir değişiklik, bitkinin büyüme ortamını etkileyerek ürün verimi üzerinde de etkili olmaktadır. Bu nedenle,

toprak biyotasındaki mikroplastiklerin neden olduğu değişiklikler, bitki üzerinde dolaylı etkilere katkıda bulunabilir.

Mikroplastikler, toprak mikrobiyal çeşitliliğini ve topluluk yapısını değiştirerek bitkisel verimi dolaylı olarak etkileyebilir. Toprak mikroorganizmaları, toprak ekosistemindeki değişimlere karşı hassastır ve bu nedenle, mikroplastikler tarafından tetiklenen toprak abiyotik ortamındaki değişiklikler (yapı ve fizikokimyasal özellikler vb.), toprak mikroorganizma bileşimini, dağılımını ve işlevini etkileyebilir (Huang ve ark., 2019; Guo ve ark., 2021b; Huang ve ark., 2021). Mikroplastiklerin etkileri, esas olarak toprağın fizikokimyasal parametrelerini değiştiren ve dolayısıyla bitkileri, topraktaki zararlıları etkileyen mikroplastik özelliklerine (konsantrasyon, boyut, şekil ve polimer türleri vb.) güçlü bir şekilde bağlıdır (Chen ve ark., 2022a). Polietilen ve polipropilen, toprağın enzimatik aktiviteleri ve mikrobiyal topluluk yapısı üzerinde farklı etkiler göstermiştir (Yi ve ark., 2020). Topraktaki mikroplastikler, besin döngüsünde yer alan toprak mikroorganizmalarının fonksiyonel gruplarını değiştirerek toprak mikroorganizmalarını da etkileyebilir (Gao ve ark., 2021a; Han ve ark., 2022). Besin döngüsündeki bu değişiklikler, bitkiler için besin varlığını da etkileyebilir. Mikroplastikler köklerin arbusküler mikorizal mantar kolonizasyonunu etkileyebilir ve potansiyel olarak bu mantarlardan besin maddelerinin konukçu bitki tarafından alınmasını da etkileyebilir (Lehmann ve ark., 2020; Leifheit ve ark., 2021).

Toprak mikroorganizmaları topraklarda besin ve yer için birbirleri ile rekabet ederler (Yu ve ark., 2021a). Mikrobiyal çeşitlilik ve bileşimindeki değişiklikler ile enzimatik faaliyetlerdeki değişikliklerle gösterilebilen toprak mikrobiyal aktiviteleri bitkisel verimi de dolaylı olarak etkiler. Ayrıca bazı araştırmalar, mikroplastiklerin belirli patojenler için vektör görevi de görebileceğini ve bitki patojenik funginin (*Fusarium* ve *Alternaria* vb.) bazı baskın taksonları tarafından kolonize edilebileceğini göstermiştir (Wang ve ark., 2022c). Benzer şekilde Li ve ark. (2021b), mikroplastik varlığının toprak ekosistemlerindeki patojenik mikroorganizmaların bolluğunu önemli ölçüde artırdığını gözlemlemişlerdir. Bitki patojenlerindeki bu artışın, bitki gelişimi ve verimi üzerinde zararlı bir etkiye sahip olabildiği belirlenmiştir (Gkoutselis ve ark., 2021). Mikroplastiklerden salınan kimyasal katkı maddelerinin toksik etkileri toprak mikroorganizmalarını da etkileyebilmiştir (Kim ve ark., 2020b).

Toprak faunası, toprak oluşumunda, atıkların ayrışmasında, besin döngüsünde ve bitki büyümesinin teşvik edilmesinde önemli roller oynadığından, mikroplastikler ayrıca toprak faunasını değiştirerek bitkisel üretimi dolaylı olarak etkilemektedir. Çalışmalar, mikroplastiklerin toprak faunasını, özellikle solucanları ve nematodları etkilediğini ortaya koymuştur (Ju ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2022a). Küçük mikroplastik parçacıkları, ya dış yüzeylerine yapışarak hayvanların hareketliliğini baskılayarak ve yüzeyine zarar vererek toprak faunasını etkiler ya da doğrudan yutma yoluyla makrofaunada zehirlenmeyi tetikleyerek, faunanın dokusunda toksinlerin biyolojik olarak birikmesine yol açmıştır (Kim ve ark., 2020a; Wang ve ark., 2022c). Benzer şekilde, Jiang ve ark. (2020), mikroplastiklerin doku gelişimini engellediğini ve solucanlarda DNA hasarına neden olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, solucanlar gibi toprak faunası, ikincil mikroplastiklerin geliştirilmesinde dinamik bir rol oynar, çünkü plastiği yutup daha küçük parçacıklara dönüştürebilirler (Rodriguez-Seijo ve ark., 2017). Bu, hücre konsantrasyonunun baskılanmasına veya hücre duvarı gözeneklerinden besin taşınmasına neden olan (Jiang ve ark., 2019), böylece bitki büyümesini inhibe eden ve verimi azaltan bitki köklerinde mikroplastiklerin birikmesiyle açıklanmıştır (Sun ve ark., 2020).

Mikroplastikler, potansiyel olarak metabolik döngüde yer alan küçük moleküllere ayrıştırılabildiğinden ve mikrobiyal asimilasyon tarafından absorbe edilebildiğinden, bu da toprak yapısı ve ekolojik çevre için riski artırmıştır (Ma ve ark., 2010). Mantarlar ve bakteriler, plastik bozunmasında kritik bir role sahiptir. Mikroplastik bozulmasına dahil olan ilgili bakteri ve mantarlar, Tablo 1’de özetlenmiştir. Proteobacteria, bakteri filumunda en yüksek bolluğa sahiptir, ardından Firmicutes, Actinobacteria ve Bacteroidetes gelmektedir. Tipik olarak, poliolefinler (PE ve PVC gibi) polyesterlerden (PCL, PLA ve PHB vb.) çok daha düşük bozunmaya sahip olduğundan, mikroplastiklerin bozunması moleküler ağırlıkla belirlenir (Sangale ve ark., 2019). Ayrıca mikroplastiklerin bozunması toprağın mikrobiyal özelliklerinden ve çevresel faktörlerden de etkilenmiştir. Mikroplastikler sadece toprak gözenekliliğini ve su buharlaşmasını hızlandırmakla kalmaz aynı zamanda tarım arazilerindeki toprak suyunun azalmasına da neden olmuştur (Wang ve ark., 2019). Ayrıca, mikroplastiklerin hücre dışı enzimlerin aktiviteleri üzerindeki etkisi, toprak koşullarına ve mikroplastiklerin tiplerine bağlıdır. Mikroplastikler, toprak verimliliğini azaltmada sadece toprak karbon ve azot içeriğini azaltmakla kalmaz aynı

zamanda kimyasal katkı maddeleri (bisfenol A (BPA'lar) gibi) salarak da toprak mikrobiyal topluluklarının çeşitliliğini etkileyebilir (Yi ve ark., 2021). Plastik bir kürede Chloroflexi, Acidobacteria, Bacteroidetes, Gemmatimonadetes, *Arthrobacter*, *Streptomyces*, *Nocardia*, *Aeromicrobium*, *Janibacter* ve *Mycobacterium* gibi mikroorganizmalar tespit edilmiştir (You ve ark., 2022; Yi ve ark., 2020). Baskın toprak bakterileri, bir ay boyunca ortama plastiklerin dahil edilmesinden sonra Proteobacteria'dan Actinobacteria'ya geçmiş, bu da Actinobacteria'nın potansiyel plastik parçalayıcı olduğunu göstermiştir. Toprak mikrobiyal toplulukları, farklı toprak fiziksel özelliklerini (gözeneklilik, havalandırma ve su akışı gibi) benimsemek için değişebilir (Yi ve ark., 2020). Bu nedenle, farklı mikroplastiklerin ve toprak türlerinin toprak mikrobiyal topluluklarının organizasyonu üzerindeki etkilerinin daha fazla araştırılması ve tartışılması gerekir.

Tablo 1: Plastiklerin parçalanmasında rol oynayan bazı toprak mikroorganizmaları

Bakteriler	Toprak mikroorganizmaları	Kaynakça
	<i>Bacillus</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Micrococcus</i> sp., <i>Arthrobacter</i> sp., <i>Corynebacterium</i> sp.	Ya ve ark., 2021; Shah ve ark., 2018; Han ve ark., 2020
	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus gottheilii</i>	Auta ve ark., 2017
	<i>Ideonella sakaiensis</i> , <i>Parabacteroides</i> sp., <i>Clostridium</i> sp.	Przemieniecki ve ark., 2020
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Rhodococcus ruber</i>	Arefian ve ark., 2020 Ho ve ark., 2018
Fungi	<i>Pestalotiopsis microspora</i>	Russel ve ark., 2011
	<i>Aspergillus tubingensis</i> , <i>A.flavus</i> , <i>A.clavatus</i>	Devi ve ark. 2015
	<i>Cephalosporium</i> sp., <i>Mucor</i> sp.	Chaudhary ve Vijayakumar, 2020
Aktinomiset	<i>Actinomadura</i> sp., <i>Thermaactinomyces</i> , <i>Streptomyces</i> sp.	Auto ve ark., 2018; Jabloun ve ark., 2020; Han ve ark., 2020

3. Topraktaki mikroplastikler ve diğer toprak kirleticileri arasındaki etkileşim

Mikroplastikler, çevresel koruyucu kirleticiler (yani ağır metaller ve organik kirleticiler) için ana vektör işlevini yerine getirir. Bu kirleticilere adsorpsiyon kapasiteleri bitki-toprak etkileşimleri üzerinde olumsuz etkileri olabilir (Li ve ark., 2020b). Ayrıca mikroplastikler tehlikeli organik kirleticilerden sızabilir, kimyasal katkı maddeleri içerir ve bu kimyasallar sürekli olarak toprağa salınabilir (Hahladakis ve ark., 2018), bu da bitkiler ve topraktaki canlılar üzerinde zararlı etkilere neden olabilir. Bu nedenle, mikroplastikler ve kirleticiler arasındaki etkileşimlerin iki özelliğinin dikkate alınması gerekir. Bunlardan biri; mikroplastiklerin ağır metallere ve organik kirleticilere adsorpsiyonu, diğeri ise kimyasal katkı maddelerinin ortamdaki salınmasıdır (Hahladakis ve ark., 2018). Mikroplastiklerin ve topraktaki diğer kirleticilerin birlikte olan etkileri, bitkiler üzerinde sinerjik, katkı maddesi veya antagonistik toksitelere sahip olabilir ve toksiklere maruz kalma olasılığını artırabilir (Maity ve ark., 2020). Yapılan araştırmada, mikroplastiklerin ve ağır metallerin birleşik etkileri araştırmış, bu da toprak verimliliğinde daha büyük bir düşüşe, toprak mikrobiyal topluluğunun bozulmasına ve besin döngüsünde olumsuzluğa yol açmıştır (Feng ve ark., 2022a). Mikroplastikler ve kadmiyum (Cd) birbiriyle etkileşime girebilir, yani yüksek konsantrasyonda polietilen mikroplastikler Cd fitotoksitesini artırabilir, mikroplastiklerin türü ve dozu, Cd'nin mısır üzerindeki olumsuz etkilerini göstermiştir (Wang ve ark., 2020). Mikroplastiklerin varlığı, ağır metallerin bitkiler tarafından alınımını etkileyebilir, böylece farklı yollar yoluyla ağır metallerin fitotoksitesini etkileyebilir. Birincisi, mikroplastikler ağır metallerin biyoyararlanımını etkileyebilir (Pinto-Poblete ve ark., 2022). İkincisi, mikroplastikler, ağır metaller için toprak adsorpsiyon kapasitesini azaltabilir ve ağır metal hareketini artırarak bitkiler tarafından alınımını artırabilir (Li ve ark., 2021b). Mikroplastikler, bitkilerde ağır metallerin alınımını, yer değiştirmesini ve birikmesini etkilemiştir (Tang ve ark., 2022). Ayrıca mikroplastikler, ağır metaller için taşıyıcı olarak hareket edebilir; örneğin bazı mikroplastikler çinko (Zn), kurşun (Pb) ve Cd'ü buğdayın rizosferine taşıyabilmiştir (Tang ve ark., 2022). Arsenik (As) ile birleştirilen mikroplastikler, çeltik tanelerinde çözünür nişasta ve pirofosforilaz aktivitelerini inhibe edebildiği, kök gelişimini baskıladığı, böylece besin alınımının azaldığı, çeltik biyokütlesi ve veriminin azaldığı açıklanmıştır (Dong ve ark., 2022). Mikroplastikler ve ağır metallerin bir arada bulunması, toprak

mikrobiyal topluluğunun etkinliğini ve bileşimini etkileyerek bitki gelişimi ve verimini dolaylı olarak da etkileyebilir; bu değişiklikler toprak besin seviyelerini etkilemiştir (Jiao ve ark., 2022). Mikroplastiklerin ve Cd'nin birlikte bulunması, dehidrogenaz ve asit fosfatazın aktivitelerini etkilemiştir (Pinto-Poblete ve ark., 2022); gümüş (Ag) nanopartikülleri içeren polistiren mikroplastikler, denitrifiye edici takson *Cupriavidus*'un popülasyonunu arttırırken, *Microvirga*, *Bacillus* ve *Herbaspirillum* dahil azot fikse eden taksonları da azaltmıştır (Jiao ve ark., 2022).

Topraktaki mikroplastiklerin, toprak-bitki sağlığını tehdit eden organik kirleticiler (örneğin antibiyotikler, böcek ilaçları, herbisitler, polibromlu difenil eter ve perflorokimyasallar) için vektör görevi görebildiği yapılan çeşitli çalışmalar ile açıklanmıştır (Li ve ark., 2020b; Wang ve ark., 2020). Mikroplastikler ve organik kirleticiler arasındaki etkileşimler, zararlı kirleticilerin toprak mikroorganizmaları, fauna ve toprak organik maddesi üzerindeki ekotoksitesitesini artırarak veya azaltarak bitki büyümesini ve verimini dolaylı olarak etkileyebilmiştir (Zhang ve ark., 2022a). Örneğin polistiren mikroplastikler, sülfametazinin toprak mikrobiyal topluluğunun bileşimi ve çeşitliliği üzerindeki zararlı etkilerini önemli ölçüde azaltırken, fenantren birikimini desteklemiş, solucanlarda DNA hasarını tetiklemiştir (Xu ve ark., 2021). Benzer şekilde mikroplastiklerin ve organik kirleticilerin birleşik etkileri, topraktaki besin durumunu etkileyebilmektedir. Örneğin polistiren ve sülfametazın, toprakta mevcut azot ve etkilenen kök sızıntıları, kil içeriği ve substrat içeriği üzerinde antagonistik etkiler göstererek organik bileşiklerin ayrışmasını etkilemiştir (Xu ve ark., 2021). Buna karşılık, mikroplastikler organik kirleticilerin bitkiler üzerindeki etkilerini düzenleyebilir, böylece etkileşimleri doğrudan bitki büyümesini ve verimi etkileyebilir. Örneğin, fenantren ile birleştirilen polistiren mikroplastikler soya fasulyesinin biyokütlesini azaltırken, mikroplastikler tek başına organik kirleticilerin soya fasulyesi tarafından alınmasını engellemiştir (Xu ve ark., 2021).

SONUÇ

Doğal agroekosistem toprağında birikmiş mikroplastikler toprakta çeşitli polimer tipi, boyutu ve konsantrasyonuna sahip bir karışımdır. Uzun süreli doğal koşullar altında topraktaki doğal mikroplastik karışımları laboratuvar koşullarındakilerden oldukça farklıdır. Bu nedenle, laboratuvar ölçekli araştırmanın sonuçları, doğal tarımsal ekosistem ortamındaki gerçek etkiyi yansıtmamaktadır. Mikrolastiklerde bulunan zararlı katkı maddeleri,

besin zinciri yoluyla canlılarda ciddi sağlık sorunları oluşturmaktadır. Mikroplastikler; ağır metaller, kalıcı organik kirleticiler, antioksidanlar/antibiyotik direnç genleri, patojenler ve virüsler dahil olmak üzere toksik maddeleri içerebilir. Bu nedenle, mikroplastiklerin gıda zinciri boyunca birikmesi ve dağıtılması, insanların zararlı maddelere doğrudan maruz kalmasını artırabilir. Bununla birlikte, bireysel ve birleşik toksisiteyi ve besin zinciri yoluyla insanlar üzerindeki sağlık riskini araŐtıran çalışmalar hala eksiktir. Mikroplastiklerin toprak-bitki sistemleri üzerindeki küresel değişim faktörleriyle birleşik etkilerine ilişkin bilgi boşluklarının yapılacak olan araştırmalar ile açıklanması gerekmektedir. Mikroplastikler, toprak mikrobiyolojik topluluklarının çeşitliliğini etkilemektedir ve çoğu bitkinin büyümesini ve gelişmesini etkilediğinden, besin zinciri yoluyla insan sağlığı için potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle, ekolojik toksisiteyi ve insan sağlığı riskini değerlendirmek için mikroplastiklerin göçünü ve kirleticilerin, mikroorganizmaların emiliminin altında yatan ilgili mekanizmaları değerlendirmek için derinlemesine çalışmalar esastır.

KAYNAKÇA

- Auta, H., Emenike, C., Fauziah, S. (2017). Screening of *Bacillus* strains isolated from mangrove 913 ecosystems in Peninsular Malaysia for microplastic degradation. 914 Environmental Pollution, 231, 1552-1559.
- Auta, H., Emenike, C., Jayanthi, A., Fauziah, S. (2018). Growth kinetics and biodeterioration of 916 polypropylene microplastics by *Bacillus* sp. and *Rhodococcus* sp. isolated 917 from mangrove sediment. Marine Pollution Bulletin, 127, 15-21
- Boots, B., Russell, C.W., Green, D.S. (2019). Effects of microplastics in soil ecosystems: above and below ground. Environ. Sci. Technol., 53, 11496–11506
- Bosker, T., Bouwman, L.J., Brun, N.R., Behrens, P., Vijver, M.G. (2019). Microplastics accumulate on pores in seed capsule and delay germination and root growth of the terrestrial vascular plant *Lepidium sativum*. Chemosphere, 226, 774–781
- Cao, J., Zhao, X., Gao, X., Zhang, L., Hu, Q., Kadambot, H.M.S. (2021). Extraction and identification methods of microplastics and nanoplastics in agricultural soil: a review. J. Environ. Manag. 294, 112997
- Chang, X., Fang, Y., Wang, Y., Wang, F., Shang, L., Zhong, R. (2022). Microplastic pollution in soils, plants, and animals: a review of distributions, effects and potential mechanisms. Sci. Total Environ. 850, 157857
- Chaudhary, A., Vijayakumar, R. (2020). Studies on biological degradation of polystyrene by 992 pure fungal cultures. Environment Development and Sustainability, 22, 993 4495-4508.
- Chen, G., Li, Y., Liu, S., Junaid, M., Wang, J. (2022a). Effects of micro(nano)plastics on higher plants and the rhizosphere environment. Sci. Total Environ. 807, 150841
- Chen, S., Feng, Y., Han, L., Li, D., Feng, Y., Jeyakumar, P., Sun, H., Shi, W., Wang, H. (2022b). Responses of rice (*Oryza sativa* L.) plant growth, grain yield and quality, and soil properties to the microplastic occurrence in paddy soil. J. Soils Sediments, 22, 2174–2183.
- Colzi, I., Renna, L., Bianchi, E., Castellani, M.B., Coppi, A., Pignattelli, S., Loppi, S., Gonnelli, C. (2022). Impact of

- microplastics on growth, photosynthesis and essential elements in *Cucurbita pepo* L. J. Hazard. Mater. 423, 127238
- de Souza Machado, A.A.S., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., Rillig, M.C. (2018a). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. Glob. Chang. Biol. 24, 1405–1416.
- de Souza Machado, A.A.S., Lau, C.W., Kloas, W., Bergmann, J., Bachelier, J.B., Faltin, E., Becker, R., Görlich, A.S., Rillig, M.C., (2019). Microplastics can change soil properties and affect plant performance. Environ. Sci. Technol. 53, 6044–6052.
- Devi R, Kannan V, Nivas D, Kannan K, Chandru S, Antony A. (2015). Biodegradation of 1028 HDPE by *Aspergillus* spp. from marine ecosystem of gulf of Mannar, India. 1029 Marine Pollution Bulletin 96: 32-40.
- Dong, Y., Gao, M., Qiu, W., Song, Z. (2021a). Uptake of microplastics by carrots in presence of as (III): combined toxic effects. J. Hazard. Mater. 411, 125055
- Dong, Y., Bao, Q., Gao, M., Qiu, W., Song, Z. (2022). A novel mechanism study of microplastic and as co-contamination on indica rice (*Oryza sativa* L.). J. Hazard. Mater. 421, 126694
- Dovidat, L.C., Brinkmann, B.W., Vijver, M.G., Bosker, T. (2019). Plastic particles adsorb to the roots of freshwater vascular plant *Spirodela polyrhiza* but do not impair growth. Limnol. Oceanogr. Lett. 5 (1), 37–45.
- Feng, X., Wang, Q., Sun, Y., Zhang, S., Wang, F. (2022). Microplastics change soil properties, heavy metal availability and bacterial community in a Pb-Zn- contaminated soil. J. Hazard. Mater. 424, 127364
- Gao, M., Liu, Y., Song, Z. (2019). Effects of polyethylene microplastic on the phytotoxicity of di-n-butyl phthalate in lettuce (*Lactuca sativa* L. Var. *ramosa* Hort). Chemosphere 237, 124482.
- Gao, B., Yao, H., Li, Y., Zhu, Y. (2021a). Microplastic addition alters the microbial community structure and stimulates soil carbon dioxide emissions in vegetable- growing soils. Environ. Toxicol. 40, 352–365.
- Geyer, R., Jambeck, J.R., Law, K.L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. Sci. Adv. 3 (7), e1700782
- Giorgetti, L., Spano, C., Muccifora, S., Bottega, S., Barbieri, F., Bellani, L., Castiglione, M. R. (2020). Exploring the interaction between

- polystyrene nanoplastics and *Allium cepa* during germination: internalization in root cells, induction of toxicity and oxidative stress. *Plant Physiol. Biochem.* 149, 170–177.xi
- Gkoutselis, G., Rohrbach, S., Harjes, J., Obst, M., Brachmann, A., Horn, A.Z., Rambold, G. (2021). Microplastics accumulate fungal pathogens in terrestrial ecosystems. *Sci. Rep.* 11, 13214.
- Guo, Q.Q., Xiao, M.R., Zhang, G.S. (2021b). The persistent impacts of polyester microfibers on soil bio-physical properties following thermal treatment. *J. Hazard. Mater.* 420, 126671
- Hahladakis, J.N., Velis, C.A., Weber, R., Iacovidou, E., Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *J. Hazard. Mater.* 344, 179–199.
- Han Y, Wei M, Han F, Fang C, Wang D, Zhong Y. (2020). Greater biofilm formation and 1105 increased biodegradation of polyethylene film by a microbial consortium of 1106 *Arthrobacter* sp. and *Streptomyces* sp. *Microorganisms*, 8, 1979.
- Han, L., Chen, L., Li, D., Ji, Y., Feng, Y., Feng, Y., Yang, Z. (2022). Influence of polyethylene terephthalate microplastic and biochar co-existence on paddy soil bacterial community structure and greenhouse gas emission. *Environ. Pollut.* 292, 118386
- Ho B, Roberts T, Lucas S. (2018). An overview on biodegradation of polystyrene and 1111 modified polystyrene: the microbial approach. *Critical Reviews in 1112 Biotechnology*, 38, 308-320.
- Horton, A.A., Walton, A., Spurgeon, D.J., Lahive, E., Svendsen, C., 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Sci. Total Environ.* 586, 127–141.
- Hu, Q., Li, X., Goncalves, J.M., Shi, H., Tian, T., Chen, N. (2020). Effects of residual plastic-film mulch on field corn growth and productivity. *Sci. Total Environ.* 729, 138901
- Huang, Y., Zhao, Y.R., Wang, J., Zhang, M.J., Jia, W.Q., Qin, X. (2019). LDPE microplastic films alter microbial community composition and enzymatic activities in soil. *Environ. Pollut.* 254, 112983
- Huang, D., Xu, Y., Lei, F., Yu, X., Ouyang, Z., Chen, Y., Jia, H., Guo, X. (2021). Degradation of polyethylene plastic in soil and effects

- on microbial community composition. *J. Hazard. Mater.* 416, 126173
- Inubushi, K., Kakiuchi, Y., Suzuki, C., Sato, M., Ushiwata, S.Y., Matsushima, M.Y. (2022). Effects of biodegradable plastics on soil properties and greenhouse gas production. *Soil Sci. Plant Nutr.* 68, 183–188.
- Iqbal, B., Zhao, T., Yin, W., Zhao, X., Xie, O., Khan, K.Y., Zhao, X., Nazar, M., Li, G., Du, D. (2023). Impacts of soil microplastics on crops: A review. *Applied Soil Ecology.* 181, 104680.
- Jabloune R, Khalil M, Ben Moussa I, Simao-Beaunoir A, Lerat S, Brzezinski R. (2020). Enzymatic Degradation of p-Nitrophenyl Esters, Polyethylene terephthalate, 1152 cutin, and suberin by Sub1, a suberinase encoded by the plant pathogen 1153 *Streptomyces scabies*. *Microbes and Environments* 2020; 35
- Jiang, X., Liu, W., Wang, E., Zhou, T., Xin, P. (2017). Residual plastic mulch fragments effects on soil physical properties and water flow behavior in the minqin oasis, northwestern China. *Soil Tillage Res.* 166, 100–107.
- Jiang, X., Chen, H., Liao, Y., Ye, Z., Li, M., Klobucar, G. (2019). Ecotoxicity and genotoxicity of polystyrene microplastics on higher plant *Vicia faba*. *Environ. Pollut.* 250, 831–838.
- Jiang, X., Chang, Y., Zhang, T., Qiao, Y., Klobucar, G., Li, M. (2020). Toxicological effects of polystyrene microplastics on earthworm (*Eisenic ferida*). *Environ. Pollut.* 259, 113896
- Jiao, K., Yang, B., Wang, H., Xu, W., Zhang, C., Gao, Y., Sun, W., Li, F., Ji, D. (2022). The individual and combined effects of polystyrene and silver nanoparticles on nitrogen transformation and bacterial communities in an agricultural soil. *Sci. Total Environ.* 820, 153358
- Jin, T., Tang, J., Lyu, H., Wang, L., Gillmore, A.B., Schaeffer, S.M. (2022). Activities of microplastics (MPs) in agricultural soil: a review of MPs pollution from the perspective of agricultural ecosystems. *J. Agric. Food Chem.* 70(14), 4182–4201.
- Ju, H., Zhu, D., Qiao, M. (2019). Effects of polyethylene microplastics on the gut microbial community, reproduction and avoidance behaviors of the soil springtail, *Folsomia candida*. *Environ. Pollut.* 247, 890–897.

- Khalid, N., Aqueel, M., Noman, A. (2020). Microplastics could be a threat to plants in terrestrial systems directly or indirectly. *Environ. Pollut.* 267, 115653
- Kim, S.W., Kim, D., Jeong, S.W., An, Y.J., (2020a). Size dependent effects of polystyrene plastic particles on the nematode *Caenorhabditis elegans* as related to soil physicochemical properties. *Environ. Pollut.* 258, 113740
- Kim, S.W., Waldman, W.R., Kim, T.Y., Rillig, M.C. (2020b). Effects of different microplastics on nematodes in the soil environment: tracking the extractable additives using an ecotoxicological approach. *Environ. Sci. Technol.* 54, 13868–13878.
- Lehmann, A., Leifheit, E.F., Feng, L., Bergmann, J., Wulf, A., Rillig, M.C. (2020). Microplastic fiber and drought effects on plants and soil are only slightly modified by arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Ecol. Lett.* 4, 32–44
- Leifheit, E.F., Lehmann, A., Rillig, M.C. (2021). Potential effects of microplastic on arbuscular mycorrhizal fungi. *Front. Plant Sci.* 12, 626709
- Li, L., Luo, Y., Li, R., Zhou, Q., Peijnenburg, W.J.G.M., Yin, N., Yang, J., Tu, C., Zhang, Y. (2020b). Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. *Nat. Sustain.* 3, 929–937
- Li, B., Huang, S., Wang, H., Liu, M., Xue, S., Tang, D., Cheng, W., Fan, T., Yang, X. (2021a). Effects of plastic particles on germination and growth of soybean (*Glycine max*): a pot experiment under field condition. *Environ. Pollut.* 272, 116418
- Li, H., Zhu, D., Lindahardt, J.H., Lin, S.M., Ke, X., Cui, L. (2021b). Long-term fertilization history alters effects of microplastics on soil properties, microbial communities, and functions in diverse farmland ecosystems. *Environ. Sci. Technol.* 55, 4658–4688.
- Lian, J., Wu, J., Xiong, H., Zeb, A., Yang, T., Su, X., Su, L., Liu, W. (2020). Impact of polystyrene nanoplastics (PSNPs) on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Hazard. Mater.* 385, 121620
- Liu, Y., Huang, Q., Hu, W., Qin, J., Zheng, Y., Wang, J., Wang, Q., Xu, Y., Guo, G., Hu, S., Xu, L. (2021a). Effects of plastic mulch film residues on soil-microbe-plant systems under different soil pH conditions. *Chemosphere* 267, 128901.

- Liu, Y., Shao, H., Liu, J.N., Cao, R.Z., Shang, E.X., Liu, S.D., Li, Y. (2021b). Transport and transformation of microplastics and nanoplastics in the soil environment: a critical review. *Soil Use Manag.* 37, 224–242.
- Lozano, Y.M., Lehnert, T., Linck, L.T., Lehmann, A., Rillig, M.C. (2021b). Microplastic shape, polymer type, and concentration affect soil properties and plant biomass. *Front. Plant Sci.* 12, 616645
- Lozano, Y.M., Rillig, M.C. (2020). Effects of microplastic fibers and drought on plant communities. *Environ. Sci. Technol.* 54, 6166–6173.
- Lozano, Y.M., Lehnert, T., Linck, L.T., Lehmann, A., Rillig, M.C. (2021). Microplastic shape, polymer type, and concentration affect soil properties and plant biomass. *Front. Plant Sci.* 12, 616645
- Maity, S., Chatterjee, A., Guchhait, R., De, S., Pramanick, K. (2020). Cytogenotoxic potential of a hazardous material, polystyrene microparticles on *Allium cepa* L. *J. Hazard. Mater.* 385, 121560
- Mao, X., Greiser-Lee, J., Deng, Y., Kolmakov, A. (2010). Interactions between engineered nanoparticles (ENPs) and plants: Phytotoxicity, uptake and accumulation. *Science of Total Environment.* 408, 3053-3061.
- Mateos-Cardenas, A., van Pelt, F.N.A.M., O'Halloran, Jansen, M.A.K. (2021). Adsorption, uptake and toxicity of micro- and nanoplastics: effects on terrestrial plants and aquatic macrophytes. *Environ. Pollut.* 284, 117183
- Nizzetto, L., Futter, M., Langass, S. (2016). Are agricultural soil dumps for microplastics of urban origin? *Environ. Sci. Technol.* 50(20), 10777–10779
- Pflugmacher, S., Sulek, A., Mader, H., Heo, J., Noh, J.H., Penttinen, O.P., Kim, Y., Kim, S., Esterhuizen, M. (2020). The influence of new and artificial aged micro-plastic and leachates on the germination of *Lepidium sativum* L. *Plants* 9, 339.
- Pignattelli, S., Broccoli, A., Renzi, M. (2020). Physiological responses of garden cress (*L.sativum*) to different types of microplastics. *Sci. Total Environ.* 727, 138609
- Pignattelli, S., Broccoli, A., Piccardo, M., Fellingine, S., Terlizzi, A., Renzi, M. (2021a). Short-term physiological and biometrical responses of *Lepidium sativum* seedlings exposed to PET-made

- microplastics and acid rain. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 208, 111718 .
- Pignattelli, S., Broccoli, A., Piccardo, M., Terlizzi, A., Renzi, M. (2021b). Effects of polyethylene terephthalate (PET) microplastics and acid rain on physiology and growth of *Lepidium sativum*. *Environ. Pollut.* 282, 116997
- Pinto-Poblete, A., Retamal-Salgado, J., Lopez, M.D., Zapata, N., Sierra-Almeida, A., Schoebitz, M. (2022). Combined effect of microplastics and Cd alters the enzymatic activity of soil and the productivity of strawberry plants. *Plants* 11, 536.
- Przemieniecki S, Kosewska A, Ciesielski S, Kosewska O. (2020). Changes in the gut 1388 microbiome and enzymatic profile of *Tenebrio molitor* larvae biodegrading 1389 cellulose, polyethylene and polystyrene waste. *Environmental Pollution*, 1390 256: 113265
- Ren, X., Tang, J., Wang, L., Liu, Q. (2021). Microplastics in soil-plant system: effects of nano/microplastics on plant photosynthesis, rhizosphere microbes and soil properties in soil with different residues. *Plant Soil*, 462, 561–576.
- Rillig, M.C. (2012). Microplastics in terrestrial ecosystems and the soil? *Environ. Sci. Technol.* 46(12), 6453–6454.
- Rillig, M.C., Lehmann, A., Ryo, M., Bergmann, J. (2019a). Shaping up: toward considering the shape and form of pollutants. *Environ. Sci. Technol.* 53, 7925–7926.
- Rillig, M.C., Lehmann, A., Souza Machado, A.A., Yang, G. (2019b). Microplastic effects on plants. *New Phytol.* 223, 1066–1070.
- Rodriguez-Seijo, A., Lourenço, J., Rocha-Santos, T.A.P., da Costa, J., Duarte, A.C., Vala, H. (2017). Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei* Bouché. *Environ. Pollut.* 220, 495–503.
- Russell J, Huang J, Anand P, Kucera K, Sandoval A, Dantzler K. (2011). Biodegradation 1446 of polyester polyurethane by endophytic fungi. *Applied and Environmental 1447 Microbiology*, 77, 6076-6084.
- Sangale, M.K., Shahnawaz, M., Ade, A.B. (2019). Potential of fungi isolated from the dumping sites mangrove rhizosphere soil to degrade polythene. *Scientific Reports.* 9, 1-11.
- Shah A, Hasan F, Akhter J, Hameed A, Ahmed S. (2018). Degradation of polyurethane by 1463 novel bacterial consortium isolated from soil. *Annals of Microbiology*, 58, 381-386

- Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Troger, J., Munoz, K., Fror, O., Schaumann, G.E. (2016). Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? *Sci. Total Environ.* 550, 690–705.
- Sun, X.D., Yuan, X.Z., Jia, Y., Feng, L.J., Zhu, F.P., Dong, S.S., Liu, J., Kong, X., Tian, H., Duan, J.L., Ding, Z., Wang, S.G., Xing, B. (2020). Differentially charged nanoplastics demonstrate distinct accumulation in *Arabidopsis thaliana*. *Nat. Nanotechnol.* 15(9), 755–760.
- Tang, K.H.D. (2021). Interactions of microplastics with persistent organic pollutants and the ecotoxicological effects: a review. *Trop. Aqua. Soil pollut.* 1(1), 24–34.
- Tang, M., Huang, Y., Zhang, W., Fu, T., Zeng, T., Huang, Y., Yang, X. (2022). Effects of microplastics on the mineral elements absorption and accumulation in hydroponic rice seedlings (*Oryza sativa* L.). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 108, 949–955.
- Taylor, S.E., Pearce, C.I., Sanguinet, K.A., Hu, D., Chrisler, W.B., Kim, Y.M., Wang, Z., Flury, M. (2020). Polystyrene nano and microplastic accumulation at arabidopsis and wheat root cap cells, but no evidence for uptake into roots. *Environ. Sci. Nano*, 7, 1942–1953.
- Wan, Y., Wu, C., Xue, Q., Hui, X. (2019). Effects of plastic contamination on water evaporation and desiccation cracking in soil. *Sci. Total Environ.* 654, 576–582.
- Wang, J., Liu, X., Li, Y., Powell, T., Wang, X., Wang, G. (2019). Microplastics as contaminants in the soil environment: a mini-review. *Sci. Total Environ.* 691, 848–857.
- Wang, F., Wang, Q., Adams, C.A., Sun, Y., Zhang, S. (2022b). Effects of microplastics on soil properties: current knowledge and future perspectives. *J. Hazard. Mater.* 424, 127531
- Wang, Q., Adam, C.A., Wang, F., Sun, Y., Zhang, S. (2022c). Interactions between microplastics and soil fauna: a critical review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 52, 3211–3243.
- Wang, W., Yuan, W., Xu, E.G., Li, L., Yang, Y. (2022e). Uptake, translocation, and biological impacts of micro(nano)plastics in terrestrial plants: progress and prospects. *Environ. Res.* 203, 111867.

- Wang, F., Zhang, X., Zhang, S., Zhang, S., Adams, C.A., Sun, Y. (2020). Effects of contamination of microplastics and Cd on plant growth and Cd accumulation. *Toxics*, 8, 36.
- Wu, X., Liu, Y., Yin, S., Xiao, K., Yang, J., 2020. Metabolomics revealing the response of rice (*Oryza sativa* L.) exposed to polystyrene microplastics. *Environ. Pollut.* 266, 115–159.
- Wu, X., Lu, J., Du, M., Xu, X., Beiyuan, J., Sarkar, B., Bolan, N., Xu, W., Xu, S., Chen, X., Wu, F., Wang, H., 2021. Particulate plastics-plant interaction in soil and its implications: a review. *Sci. Total Environ.* 792, 148337
- Xu, M., Du, W., Ai, F., Zhu, J., Yin, Y., Ji, R., Guo, H. (2021). Polystyrene microplastics alleviate the effects of sulfamethazine on soil microbial communities at different CO₂ concentrations. *J. Hazard. Mater.* 413, 125286
- Ya, H., Jiang, B., Xing, Y., Zhang, T., Lv, M., Wang, X. (2021). Recent advances on ecological effects of microplastics on soil environment. *Science of The Total Environment*, 1,798:149338
- Yi, M., Zhou, S., Zhang, L., Ding, S. (2020). The effects of three different microplastics on enzyme activities and microbial communities in soil. *Water Environ. Res.* 93(1), 24–32.
- Yu, H., Zhang, Y., Tan, W. (2021a). The “neighbor avoidance effect” of microplastics on bacterial and fungal diversity and communities in different soil horizons. *Environ. Sci. Ecotechnol.* 8, 100121
- You, X., Wang, S., Li, G., Du, L., Dong, X. (2022). Microplastics in the soil: A review of distribution, anthropogenic impact, and interaction with soil microorganisms based on meta-analysis, *Science of The Total Environment*, 832, 154975
- Yuan, W., Zhou, Y., Liu, X., Wang, J. (2019). New perspective on the nanoplastics disrupting the reproduction of an endangered fern in artificial freshwater. *Environ. Sci. Technol.* 53(21), 12715–12724.
- Zang, H., Zhou, J., Marshall, M.R., Chadwick, D.R., Wen, Y., Jones, D.L. (2020). Microplastics in the agroecosystem: are they an emerging threat to the plant-soil system? *Soil Biol. Biochem.* 148, 107926
- Zeb, A., Liu, W., Meng, L., Lian, J., Wang, Q., Lian, Y., Chen, C., Wu, J. (2022). Effects of polyester microfibers (PMFs) and cadmium

- on lettuce (*Lactuca sativa*) and the rhizospheric microbial communities: a study involving physio-biochemical properties and metabolomic profiles. *J. Hazard. Mater.* 424, 127405
- Zhang, B., Yang, X., Chen, L., Chao, J.Y., Teng, J., Wang, Q. (2020). Microplastics in soils: a review of possible sources, analytical methods and ecological impacts. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 95, 2052–2068.
- Zhang, S., Ren, S., Pei, L., Sun, Y., Wang, F. (2022a). Ecotoxicological effects of polyethylene microplastics and ZnO nanoparticles on earthworm *Eisenia fetida*. *Appl. Soil Ecol.* 176, 104469
- Zhang, Y., Li, X., Xiao, M., Feng, Z., Yu, Y., Yao, H. (2022b). Effects of microplastics on soil carbon dioxide emissions and the microbial functional genes involved in organic carbon decomposition in agricultural soil. *Sci. Total Environ.* 806, 150714
- Zhao, T., Lozano, Y.M., Rillig, M.C. (2021). Microplastics increase soil pH and decrease microbial activities as a function of microplastic shape, polymer type, and exposure time. *Front. Environ. Sci.* 9, 675803
- Zhou, J., Wen, Y., Marshall, M.R., Zhao, J., Gui, H., Yang, Y., Zeng, Z., Jones, D.L., Zang, H. (2021b). Microplastics as an emerging threat to plant and soil health in agroecosystems. *Sci. Total Environ.* 787, 147444

BÖLÜM 9

EKOLOJİK DÖNGÜDE AHşABIN KORUNUMU VE YENİLİKÇİ EMPRENYE MADDE KULLANIMI

Doç. Dr. şule CEYLAN¹

Prof. Dr. Hüseyin PEKER²

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye. E-mail: sceylan@artvin.edu.tr. ORCID ID: 0000-0002-9515-1829

² Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye. E-mail: peker100@artvin.edu.tr. ORCID ID: 0000-0002-7771-6993

1. GİRİŖ

Ekolojik döngüde insan nüfusunun hızla artması ve buna paralel olarak orman kaynaklarının da hızla azalmaya devam ettiği bildirilmektedir. Ahşap malzemenin en üst seviyede korunarak daha geniş kullanım alanlarının sağlanabilmesi ancak ahşaba zarar verici faktörlerin (insan/çevre) tam olarak tanımlanması buna paralel olarak koruyucu, onarıcı, dayanım kazandıran aynı zamanda tekrar kullanılabilen ekolojik yapı ile uyumlu organik koruyucuların ve metotların geliştirilmesi büyük önem kazanmıştır (Bayraktar ve ark. 2022). Çağlayan (2020) ahşabın görünüm, estetik, izolasyon özelliği ve istenen şeklin verilebilmesi insanlığın tarihi boyunca kullanageldiği materyal olmuştur. Özellikle konaklama, yaşama mekânlarında sıklıkla ahşap kullanımı yaygın olmuştur. Teknoloji gelişimi bu hammaddeyi çeşitli teknik ve yöntemlerle korunmasıyla deprem/yanğın etkilerine dayanım sağlamış, teknolojik özelliklerinin de geliştirilmesiyle kıymetli bir materyal haline gelmiştir.

Donath ve ark. (2007) ahşap malzemeyi silan işleme tabi tutmuş ve akabinde dış hava koşulları/hızlı yaşlandırma işleminin sonunda yıkanma özelliklerini tespit etmişlerdir. Yıkanma periyodunda su alma ve su itici etkinlik değerlerinde azalma gözlemlenirken, dış mekanda ahşap malzemenin rutubet alış veriş işleminde değişme olmadığını tespit etmişlerdir. Tshabalala ve ark.(2003) Silan işlemlili ahşap malzemenin çeşitli biyolojik etmenler ve yanğın etkilerine karşı iyileştirici etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Tunç (2012) Fenolformaldehit ve % 3 silan katkılı levha örneklerinde su alma oranının düşük düzeyde olduğunu, Silan katkılı örneklerin 24 saatlik periyotta daha etkili olduğunu belirlemişlerdir. % 3 silan katkılı fenol formaldehit tutkallı levhalarda % 29,1 lik bir azalmanın olduğunu belirlemişlerdir. Rozman ve ark. (1997) çeşitli masif malzemelerde silan ile muamele etmişler ve teknolojik özelliklerde ciddi anlamda olumlu performans sağladığını bildirmişlerdir. Odun bileşenlerinin tutkalla silan bağlayıcılığının sağlanmasıyla oluştuğunu belirtmişlerdir.

Silanın kendine özgün yapısı sentetik tutkalın yapışma direncini artırmış olduğunu ve teknolojik özellikler üzerinde iyileştirici rol oynadığını bildirilmiştir. Ayrıca silan materyali uygulanmış ürün yapısında korozyona karşı etkili olduğu da belirlenmiş, solvent ürünlere karşıda önemli bir alternatif ürün oluşturarak ekonomik kazançlar sağladığını tespit etmiştir (EP 2012). Kelleci (2013) silanın genel kullanım alanları cam, plastik, tekstil,

conta üretim, boya, sentetik reçine üretim sektörlerini kapsamaktadır. Tekstil endüstrisinde kumaşların yüzeylerinin pürüzsüz ve parlak olarak elde edilmesinde kullanıldığı bildirilmiştir. Kloeser (2010) Silan çift fonksiyona sahip bir bileşik olup, bu özelliği ile çok çeşitli alanlarda kullanılmakta ve ahşapta da kullanımı mümkün görülebilmektedir. Ahşapla ilgili geniş bir çalışma mevcut değildir.

Ahşap malzemenin uzun ömürlü kullanılabilmesi, korunması, teknolojik özelliklerinin artırılabilmesi ve kullanılan ahşap malzemenin tekrar kullanılabilmesi bakımından organik doğal/yarı doğal koruyucu silan materyali kullanılmak suretiyle ekonomik kazanımlar elde edilecek buna ilaveten insan/çevre sağlığının ön plana çıktığı yüzyılımızda alternatif koruyucu materyal olacağı hedeflenmiştir. Silan kullanımıyla ahşapta teknolojik özelliklerde artış sağlaması halinde deprem, yangın vb faktörlere karşı ahşabın daha etkin kullanılabilceği alanlar oluşturacak, ayrıca alternatif bir solvent olabileceği düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada kızılçam odunu (*Pinus brutia Ten.*) ana hammadde olarak kullanılmış (TS 2470) ahşap malzemede korunum düzeyini artırmak amaçlı çeşitli kaynaklarda çok çeşitli alanlarda (URL-1) kullanılan silan (SiH_4) materyali değerlendirilmiştir.

Emprenye ASTM-D 1413-76 (1976) standartına göre (30 dakika, 1, 1.5 saat vakum/ 30 dakika süresi uygulanmıştır. Akabinde sürelerle bağlı olarak ahşap malzemede tutunan madde miktarı (% retensiyon) belirlenmiştir.

2.1. Fiziksel Özellikler (Hava/Tam Kuru Özgül Ağırlık)

Özgül ağırlık değişimleri ve rutubet değerleri TS 2471, TS 2472 'e göre uygulanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Tutunma Miktarı (%)

Silan maddesinin tutunan madde miktarları (%) tutunma değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. % Retense (tutunma)

Emprenye Materyali	Çözelti Konsantrasyon	Vakum Süre	Difüzyon Süre	Ortalama (%)	HG
Silan (SiH ₄)	% 100	30 Dakika	30 Dakika	0.38	C
		60 Dakika		0.43	B
		90 Dakika		0.55	A

Sarıçam odununda 30 dakika vakum ve 30 dakika difüzyonda (% 0.38), en yüksek tutunma 90 dakika vakum 30 dakika difüzyonda (% 0.55) olarak gerçekleşmiştir. Bu durum vakum süresi ve odunun anatomik yapısından kaynaklanabilir.

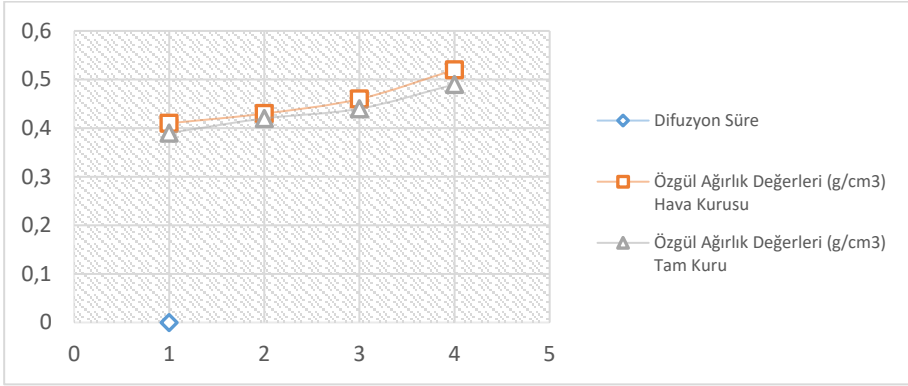
Emprenye işleminin etkinliği odunda anatomik yapı, kurutma, yarık açma periyotlarının yapılmasıyla ilişkilidir (Örs, 2001). Bal (2006) ACQ emprenyesinin ahşapta tutunmayı artırmış olduğunu tespit etmiştir. Özçifçi ve ark. (2009) araştırmasında sarıçamın basınçlı/vakumlu emprenyesinin retense değerini (% 6.42), kayında daldırma işleminde (% 0.30) olduğunu bildirmiştir. Silan ekolojik sistem içerisinde su ile temaslı ortamlarda yaşayan canlı türlerine olumsuz etki etmemektedir (URL-2).

3.3. Özgül Ağırlık Değişimi (g/cm³)

Özgül ağırlık değişimi gerek hava kuru ve gerekse tam kuru özgül ağırlık değişim değerleri Tablo 2’de grafik Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 2. Özgül Ağırlık Değişimi (g/cm³)

Emprenye Materyali	Vakum Süre	Difüzyon Süre	Özgül Ağırlık Değerleri (g/cm ³)			
			Hava Kuru		Tam Kuru	
Silan (SiH ₄)	Kontrol	30 Dakika	0.41	D	0.39	D
	30 Dakika		0.43	C	0.42	C
	60 Dakika		0.46	B	0.44	B
	90 Dakika		0.52	A	0.49	A



Şekil 1. Özgül Ağırlık Değişimi

Tablo ve grafik değerlendirildiğinde; en düşük hava kuruğu özgül ağırlık değişimi kontrol örneğinde (0.41 g/cm^3), en yüksek hava kuruğu özgül ağırlık değeri 90 dakika vakum 30 dakika difüzyonda (0.52 g/cm^3) belirlenirken, en düşük tam kuruğu özgül ağırlık değişimi yine kontrol örneğinde (0.39 g/cm^3), en yüksek 90 dakika vakum 30 dakika 0 diri odununu ACQ emprenye maddesi ile emprenye etmiş ve tam kuruğu özgül ağırlık değeri artma belirlemiştir.

4. SONUÇ

İnsanlık var olduğu günden bu yana bir yandan varlığını sürdürürken diğer yandan yaşayacağı yapılar inşa etmeye devam etmektedir. İlk başlangıçta ahşap yapılar tüm alanlarda sıkça kullanılırken orman kaynaklarının hızlı azalması artan nüfus beton, çelik ve daha bir çok malzemeyi inşa amaçlı kullanmaya devam etmektedir. Geçen tüm tarihsel süreçler sonunda yine sağlıklı/hijyenik doğal olması yönüyle ahşaba dönüş hızlanmıştır. İklim değişiklikleri, orman varlığı yetersizliği, su kaynağı azalmaları ve daha birçok etken ahşabı kıymetli bir malzeme haline getirmiştir. Fakat kullanılan ahşabın ciddi ekonomikte kullanımı, ahşabın korunması ve tekrar kullanılan ahşabın tekrar kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla doğal (organik) koruyucular geliştirilmeye devam edilmekle beraber yarı doğal ve su bazlı silan malzemesi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Ahşapta denenmesi kullanılması az miktarda da olsa denemeler yapılmış fakat çeşitli odun türlerinde ve çeşitli emprenye sürelerinde de emprenye yapılarak tutunma ve özgül ağırlık değişimleri belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Bayraktar, D.K., Kesik, H.İ., (2022). Aşındırma işlemi uygulanmış bazı ağaç malzemelerde su bazlı koruyucu katmanların doğal yaşlandırma etkisine karşı renk değişimi, *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi* , Cilt: 8 Sayı: 2, 46 – 52.
- Çağlayan, E.S., (2020). Ahşap Yapılar Ve Türkiye'de İnşaat Mühendislerinin / Ağaç İşleri Endüstri Mühendislerinin Çok Katlı Ahşap Yapılara Yönelik Görüşleri, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- Donath, S., Militz, H., Mai, C., (2007). Weathering of silane treated wood. *Holz Roh Werkst* 65: 35-42.
- Tshabalala, M.A.,Gangstad, J.E., (2003). Accelerated weathering of wood surfaces coated with multifunctional alkoxy silanes by sol-gel deposition. *J Coat Technol*, 75: 37-42.
- Tunç, H., (2012). Silan ile modifiye edilmiş yönlendirilmiş yonga levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bartın.
- Rozman, H.D., Abusamah, A., Kumar, R.N.,Abdul Khalil H.P.S. (1997). Rubberwood–polymer composites based on methacrylate silane and methyl methacrylate. *Journal of Tropical Forest Products*, 2 (2): 227-237.
- EP (2012). European Patent Application, Silane grafted olefin polymers composition and articles prepared therefrom and methods for making the same, EP 2 407 496 A1.
- Kelleci, O. (2013). Silan İle Modifiye Edilen Ürefoaldehit Kullanılarak Üretilmiş Yongalevhaların Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bartın
- Kloeser, L., (2010). Proceedings of the International Convention of Society of Wood Science and Technology and United Nations. Economic Commission for Europe – Timber Committee October 11–14, Geneva, Switzerland.
- TS 2470 (1976). “Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metodları ve Genel Özellikler”, TSE, Ankara.
- ASTM-D 1413-76 (1976). Standart test methods of testing wood preservatives by laboratory soilblock cultures, *Annual Book of Astm Standarts*. USA, 452-460.

URL1.

[http://docs.neu.edu.tr/staff/nuran.ulusoy/Maddeler%20Bilgisi%20Ko
mpozit%20Dolgu%20Maddeleri_2.pdf](http://docs.neu.edu.tr/staff/nuran.ulusoy/Maddeler%20Bilgisi%20Ko
mpozit%20Dolgu%20Maddeleri_2.pdf)

TS. 2471 (1976). Odunda, fiziksel ve mekaniksel Deneyler için Birim Hacim Rutubet Miktarı Tayini, T.S.E., Ankara.

TS. 2472, (1976). Odunda, fiziksel ve mekaniksel Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini, T.S.E., Ankara.

Örs, Y., Keskin, H., (2001). Ağaç Malzeme Bilgisi, Atlas Yayınevi, No : 2 İstanbul, S.141.

Bal, B., (2006). Amonyaklı bakır quat (ACQ) emprenye tuzu ie emprenye edilen sarıçam (Pinus sylvestris L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.

Özçifçi, A., Batan, F., (2009). Bor Yağının Ağaç Malzemenin Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisi, Politeknik Dergisi, Cilt 12, Sayı 4.

URL 2. <http://www.dowcorning.com>

Var, A.A., Kaplan Ö., (2019). Bazı Jeotermal Sularla Muamele Edilmiş Kızılcım Odununun Yoğunluk, Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü: Konya Bölgesinden Bir Çalışma, El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt: 6, No:1/181-192.

Sivrikaya, H., Tümen, İ., Çetin, H., (2008). Deniz Zararlılarına Maruz Kalmış Yapraklı Odunların Fiziksel ve Kimyasal Yönden İncelenmesi, Proje No : 1070647, Bartın

BÖLÜM 10

KAZEİNOMAKROPEPTİTLERİN ÖNEMİ, TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ, SAĞLIK ETKİLERİ VE SÜT TEKNOLOJİSİNDEKİ YERİ

Yüksek Lisans Öğrencisi Ece BÜYÜKGÜMÜŐ¹

Yüksek Lisans Öğrencisi İrem ERTÜRK²

Dr. Öğr. Üyesi Selda BULCA³

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye.

ecebuyukgumus@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0001-5542-2145

² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye .

iremerturk97@icloud.com, Orcid ID: 0009-0000-3004-3712

³ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye.

sbulca@adu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-7405-2872

KAZEİNOMAKROPEPTİD/GLİKOMAKROPEPTİD (GMP) NEDİR?

GİRİŞ

Beslenmenin genel sağlık durumu üzerindeki etkisini ortaya çıkarmak amacıyla, özellikle bazı gıdaların tedavi edici etkilerine değinebilmek için son yıllarda çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Bu kapsamda hastalık tedavi edici nitelik taşıyabileceği öngörülen gıdalar arasında süt, başlıca kaynak olarak akla gelmektedir (Öğünç ve Yalçın, 2011). Günlük hayatta en çok ihtiyaç duyulan ve hayvansal kaynaklı temel gıda maddelerinden biri olan süt, canlıların büyümeleri ve gelişmeleri için gerekli olan birçok besin ögesini içinde bulundurduğu için diğer gıda kaynaklarından ayrılmaktadır. Bu yüzden insanların her yaşta belli miktar süt ve süt ürünlerini tüketmesi sağlık açısından oldukça önemlidir. Süt aynı zamanda günümüzde son zamanlarda özellikle de Federal beslenme politikası tarafından yüksek kaliteli protein ve kalsiyum içermesinin yanı sıra yüksek kaliteli yağ kaynağı olarak da kabul edilen bir gıdadır (Chalupa-Krebszdk ve ark, 2018). İçerdiği bu önemli besin maddeleri sayesinde aynı zamanda bağışıklık sistemini de korumaktadır. Ayrıca biyolojik olarak aktif bileşenlerin kaynağı olduğu ve biyoaktif peptitlerin elde edilmesinde en çok kullanılan protein kaynağının süt ve süt ürünleri olduğu da bilinmektedir. Biyoaktif peptidler, süt protein molekülerinin yapısında inaktif halde bulunurken, sütün tüketimi sonrasında insanların sindirim mekanizmaları yardımıyla parçalandıktan sonra ve/veya süt ve süt ürünlerinin olgunlaşması ya da fermente edilmesi amaçlarıyla ilave edilen çeşitli starter kültürlerin faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan proteinlerdir. Giderek popülerliği artan bu proteinlerin vücut fonksiyonlarını destekleyici ve sağlık üzerine doğrudan faydalı etkileri bulunduğundan biyoaktif peptidler, pozitif etkileri bulunan proteinler olarak da tanımlanabilmektedirler (Filiz ve ark., 2010).

Son zamanlarda daha çok gıdaların besin değerine ve sağlık etkilerine önem veren çalışmalar yapıldığı gözlemlenmektedir. Fonksiyonel gıdalar, besleyici ve üstün fonksiyonel özellikleri bulduklarının yanı sıra sağlığı koruyucu & iyileştirici, düzenleyici ya da hastalık riskini azaltıcı olarak etkileri bilimsel olarak da kanıtlanmış gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Gıdaların fonksiyonel hale getirilebilmesinde katkı maddelerine, doğal kaynaklara ve güncel teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. Gıdalardan üretilen ve fizyolojik bağlamda biyoaktif özellik gösteren peptitlere yönelik yapılan

araştırmalar giderek gıdaların değerini arttırmaktadır (Hartmann ve Meisel, 2007; Abou-Dobara ve ark., 2016).

Yukarıda da belirtildiği gibi sık tüketilen gıdalar arasında yer alan sütün de biyoaktif peptitlerin önemli bir kaynağı olduğu bilinmektedir. Özellikle süt ve ürünlerinden türetilen biyoaktif peptitler anti-mikrobiyal, anti-hipertansif, anti-oksidatif, immüno-modüle edici, opioid ve mineral bağlayıcı vb. özellikler göstererek önemli ölçüde sağlığı geliştirici ve destekleyici bir aktivite sergilemektedir. Başlıca, kazeinomakropeptid olarak da adlandırılan glikomakropeptidler (GMP) süt endüstrisinde peynir üretiminde enzimatik sindirim yoluyla κ -kazeinden salınan süttten türetilen bir biyoaktif peptit olarak bilinmektedir. En iyi karakterize edilen ve en çok çalışan glikomakropeptidler, pazarlama bazlı düşünüldüğünde daha fazla bulundurulabilmesi için inek orijinli tercih edilmektedir (Davalos-Cordova ve ark., 2019).

Biyoaktif peptitler yapısal protein içinde (yani protein dizisi içinde) inaktif halde bulunan, ancak enzimatik aktivite ile açığa çıkarak spesifik özellikleri ile önemli görevleri olan aminoasit zincirleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu peptitler et, süt, yumurta ve balık gibi çeşitli gıdaların kaynağını teşkil etmektedir. Süt göz önüne alındığında, sütte bulunan proteinlerden özellikle de kazeinler biyoaktif peptitlerin önemli kaynakları olarak kabul edilmektedir. Süt proteini içinde inaktif ve kodlanmış şekildeki biyoaktif peptitler; dışarıdan ilave edilen proteolitik enzimlerden hidrolizle, laktik asit bakterileri ile fermantasyon yoluyla ya da sindirim sistemi proteolitik enzimlerinden veya starter kültürlerin proteolitik enzimlerinden etkilenerek aktif hale gelirler; sonrasında in vivo veya in vitro olarak açığa çıkabilmektedirler (De Noni ve ark., 2010; Shu ve ark, 2018). Bu peptitlerin açığa çıkarılmasında sıklıkla tripsin, pepsin, kimotipsin gibi pankreastan salgılanan enzimler kullanılmaktadır (Ay ve Şanlı, 2018). Ayrıca özellikle fermantasyon yoluyla üretilen gıdaların üretiminde fermantasyon aşamasında çoğunlukla üretimde kullanılan laktik asit bakterileri, maya ve küfler kompleks bir mikroflora oluşturmakta ve bu mikroorganizmaların fermantasyonda rol oynadıkları belirtilmektedir. Fermantasyon sırasında gıdaların protein miktarlarında değişim meydana gelebilmekte, aminoasit bileşimi etkilenmekte, bazı esansiyel aminoasitler artmakta/azalmakta, başta fenolik bileşikler, vitaminler ve biyoaktif peptitler olmak üzere bazı biyoaktif bileşenlerin miktarının arttığı da rapor edilmektedir (Pallin ve ark., 2016; Yalçın ve ark., 2018).

Sütte bulunan temel bileşenler protein yapısında olan veya yapısında protein içermeyen azotlu bileşenler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kazein ve serum proteinleri sütün protein yapısında olan azotlu bileşenleridir. Sütün pıhtılaşmayan kısmı olan serum proteinleri, daha fazla esansiyel aminoaside sahiptirler. Serum albümini, immunoglobulinler, laktoferrin, proteoz-peptonlar, laktoperoksidaz ve diğer minör protein fraksiyonlarını içermektedir. Hücrede ilk olarak büyük peptitler halinde sentezlenen biyoaktif peptitler sonrasında parçalanarak aktif ürünler verecek şekilde modifiye edilmektedir. Kazeinomakropeptidler, biyolojik aktiviteye sahip polipeptidlerden biridir ve peynir üretimi sırasında oluşmaktadırlar. Peynir üretimi sırasında atık olarak ortaya çıkan peynir altı suyunun işlevsel faydaları olan κ -kazein fraksiyonu ile peynir mayasının pıhtılaşmasıyla salınmaktadır. Peynir altı suyu, yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı yüzünden çevre ve su üzerinde yüksek derecede kirletici etkisi olan bir sıvıdır. Diğer bir yandan da peynir altı suyu, tuzlar, laktoz ve diğer minör bileşenleri içermektedir ve jelleşme, köpürme, emülsifikasyon gibi fonksiyonel olarak faydalı bir seyreltik çözeltilidir (Gür ve ark., 2010). Whey protein olarak adlandırılan peynir altı suyunda bulunan α -laktalbümin, β -Laktoglobulin, immunoglobulin, glikomakropeptid gibi biyolojik bileşiklerin, sağlık açısından olumlu etki gösterdiği düşünülmektedir (Pal ve Radavelli-Bagatini, 2013). Peynir altı suyu proteinlerinin metabolik sağlığa olumlu etkilerinin, bağırsak mikroflorasında geçirdiği değişim nedeniyle olduğu bilinmektedir (Tranberg ve ark., 2013). Peynir altı suyu proteinindeki bu bileşiklerin in vivo ve in vitro koşullarda antioksidan, antitümör, antihipertansif, antiviral, antibakteriyel ve hipolipidemik etkiye sahip şekilde çalışabilme kabiliyetine sahip olduğu bilinmektedir. Ayrıca peynir altı suyundaki proteinlerin tip-2 diyabet, obezite, hipertansiyon gibi çeşitli hastalıklar açısından bazı risk faktörlerini iyileştirebildikleri de belirtilmektedir (Sousa ve ark., 2012; Bilal ve Altın, 2017). Ek olarak biyoaktif bir peptid ya da biyoaktif peptidlerden oluşan bir kombinasyon ile formüle edilen çeşitli süt ürünlerinin dış yüzeyi kaybı, dış çürümeleri ve bazı periyodontal hastalıkların görülmesine karşı koruyucu bir etki gösterdikleri belirtilmiştir (Durmuş ve ark., 2016).

Kazeinomakropeptid glikolizasyon ve fosforilasyon gibi modifikasyon ve genetik çeşitlilikten dolayı heterojen bir polipeptid yapısı göstermektedir. Kazeinomakropeptidin glikolize ve fosforile olmuş hali glikomakropeptid, glikolize olmamış fakat fosforile olmuş şekli aglikomakropeptid olarak tanımlanmaktadır. Kazeinomakropeptidin glikolize

olmuş halinde çoğunlukla sialik asit, heterojen karbonhidrat zincirleri birbirine bağlı şekildedir.

Süt proteinlerinin önemli kısmını oluşturan kazeinin enzimatik parçalanması sonucunda oluşan ve önemli bir biyoaktif peptit olan kazeinomakropeptid (CMP), glikomakropeptid (GMP) olarak da isimlendirilmekte olup esas olarak peynir üretim prosesinde kullanılan kimozin enzimi, κ -kazein üzerinde hidrolitik aktivitesi göstermektedir, bunun sonucunda bir glikofosopeptit oluşur ve oluşan bu glikofosopeptitler peynir altı suyu proteinlerinin %10-20'lik kısmını meydana getirmektedir (Gür ve ark., 2010; Çevik ve Ertaş, 2020).

Bu çalışmanın amacı; CMP ile ilgili yapılan çalışmalar yardımıyla CMP'nin fonksiyonel özelliklerini, analiz yöntemlerini, elde edilme yöntemlerini ve süt teknolojisindeki önemini ve gıdalarda kullanım alanlarına değinmek ve kısaca bilgi sağlamaktır.

1. SÜT TEKNOLOJİSİNDE KAZEİNOMAKROPEPTİDLERİN ÖNEMİ

Süt kompleks bir yapıya sahiptir ve bileşiminde tüm ana besin unsurlarını ihtiva eder; ek olarak çeşitli metabolik olaylarda kullanılmak üzere gerekli olan vitaminler ve mineraller, proteinler ve enzimleri de bünyesinde bulundurmaktadır. Sütün içerisinde annedeki bağışıklık öğeleri de bulunduğu için yeni doğanı enfeksiyonlara karşı da korumaktadır. Sütün içeriğinde bulunan proteinlerin konsantrasyonu, sütün hangi hayvandan elde edildiğine göre değişiklik göstermektedir. Sütteki bu söz konusu proteinlerin parçalanmasıyla meydana gelen peptitlerin antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Ebringer ve ark., 2008). Süt ürünlerine uygulanan fermentasyon işlemi biyoaktif peptit miktarını arttırmaktadır. Bu fermente ürünlere örnek olarak peynir verilebilmektedir. Peynir üretiminde sütte bulunan temel protein kazein çöktürülür, çöktürmeden sonra ayrılan sıvı kısım da peynir altı suyu olarak adlandırılmaktadır. Ayrılan bu peynir altı suyu, sütün toplam kuru maddesinin %6-6.9 'luk kısmını yani yaklaşık yarısını içermektedir. Süt teknolojisinde özellikle peynir üretiminde oluşan bu atık kısım yani peynir altı suyu içerdiği proteinlerin besin değeri ve insan sağlığına olan olumlu etkisinden dolayı farklı birçok ürün için kullanılmaktadır. Çeşitli ürünler elde etmek için peynir altı suyundaki çözünebilir proteinler kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalarda süt serumu proteinleri olarak da bilinen peynir altı suyunun insan sağlığı üzerinde birçok olumlu

etkiye sahip olabildiği bildirilmiştir. Örnek olarak, süt serumu proteinleri olan peynir altı suyundan elde edilen peptitler, kandaki kolesterol seviyesinin düşmesini sağlar. Glikomakropeptidler ve laktoferrinler gibi çeşitli proteinlerin ajan görevi görerek antimikrobiyal aktivite sağladığı saptanmıştır (Yalçın, 2008).

Peynir altı suyu bileşiminde α -laktalbumin ve β -laktoglobulin makro düzeyde bulunurken, laktoferrin, transferrin, glikomakropeptidler ve fosfolipoproteinleri mikro düzeyde bulunmaktadır. Ayrıca peynir altı suyunda çok sayıda enzim ve biyoaktif bileşikler de bulunmaktadır (Dinçoğlu ve Ardıç, 2012; Karagözlü ve Bayarer, 2004). Süt kaynaklı olan biyoaktif peptitler kazein ve serum proteinleri olarak incelenmektedir. Kazein; β -, α s ve κ -kazeinden oluşmaktadır. α -laktalbumin ve β -laktoglobulin dışında serum kısım olan peynir altı suyunda en fazla kazeinomakropeptid protein fraksiyonu yer almaktadır. Kazeinomakropeptidler hem biyolojik hem de fonksiyonel özellikleri açısından oldukça önemli bir yere sahiptir (Thoma-Worringer ve ark., 2006).

Pıhtılaşmanın ilk fazı olan enzimatik proteoliz aşamasında, kimozin ya da farklı bir enzim ile κ -kazein Phe₁₀₅-Met₁₀₆ bağından hidrolize edilerek para- κ -kazein ve glikomakropeptide dönüşmektedir. Kazein misellerinin koloidal kararlılığı hidrofilik özellikteki glikomakropeptidin ayrılması ile bozulmaktadır. Süt teknolojisinde yapılan yüksek basınç çalışmalarında enzimatik hidroliz aşamasında glikomakropeptidlerin serbest kalma derecesinin etkilenmediği belirlenmiştir. Serum proteinleri ise; serum albümini, β -laktoglobulin (β -Lg), α -laktalbumin (α -La), lizozim, laktoperoksidaz, immunoglobulin ve laktoferrinden kapsamaktadır (Haque ve Chand, 2006). Biyoaktif peptit olarak geçen bu bileşenler çok fonksiyonludur ve 2-20 aminoasitten oluşmaktadır. Kazeinomakropeptid (CMP) 64 aminoasit içerir ve istisnadır. Biyoaktif peptitler, çeşidine ve dizilişine bağlı olarak değişen biyolojik aktiviteye sahiptirler (Beermann ve Hartung, 2012). Bu peptitler ya gıdalar yoluyla alınır ya da sindirim sisteminde üretilirler. Ortaya çıktıktan sonra ilk olarak bağırsaklarda hedef bölgelerde etkileşime girerler ve son olarak da emilimi sağlanarak organlara ulaşırlar (Kitts ve Weiler, 2003; Meisel, 2005). Kazeinomakropeptidlerin biyoaktif özelliklere sahip olduğu ve özellikle de bifidobakteri grubu dahil olmak üzere çeşitli bakterilerin gelişimini teşvik edebildiği bilinmektedir (Thoma-Worringer ve ark., 2006).

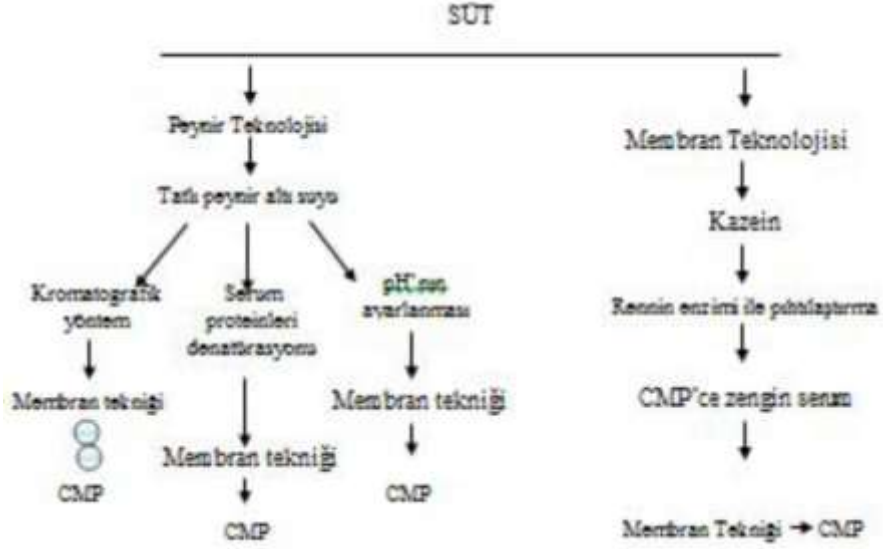
Glikomakropeptidin biyoaktivitesi bazı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Bunlar şöyle özetlenebilmektedir:

- Glikomakropeptidler kolera toksinlerinin hücre duvarlarındaki oligosakkarit reseptörlerine bağlanmasını engellemektedir ayrıca hücreleri influenza virüsünün neden olduğu enfeksiyonlardan korumaktadır (Artan, 2017).
- Glikomakropeptid *Streptococcus mutans*, *S.sobrinus* ve *S. Sanguis* gibi bakterilerin ağız boşluğuna yapışmasını engelleyerek ağız boşluğu bileşimini de modüle etmektedir (Artan, 2017).
- Stan ve Chernikov (1979), çalışmalarında glikomakropeptidin köpeklerde mide kasılmalarını yavaşlatarak mide salgılarını da inhibe ettiğini göstermiştir. Yine yaptıkları diğer bir çalışmada mide inhibisyonu için kana girmenin glikomakropeptid için gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

Kazeinomakropeptid ayrıca geniş pH aralığında çözünürlüğü, jelleşme, emülsifiye etme, köpürme, biyolojik ve besleyici özellikleri ile beslenme ve gıda endüstrisindeki uygulamalarla umut verici çeşitli yapısal fonksiyonel özelliklere de sahiptir. Sağlığa yararlı olmasının yanında, kazeinomakropeptidin fonksiyonel özellikleri onu yeni gıdaların geliştirilmesi için kullanımında ilginç bir bileşen haline getirmektedir (Artan, 2017).

2. GLİKOMAKROPEPTİDİN ELDE EDİLME YÖNTEMLERİ

Kazeinomakropeptid veya glikomakropeptidlerin üretilmesi için birçok farklı yöntem vardır. Yöntemlerden özellikle izolasyon teknikleri arasında membran teknikleri ve kromatografik yöntemler daha ön plana çıkmaktadır. Hammadde olarak ya yağsız süt ya da rennin enzimi aracılığıyla elde edilmiş kazein kullanılmakta, akış şeması şekil 1'de yer almaktadır (Yetişemiyen ve Yıldız, 2008).



Şekil 1: Kazeinomakropeptidlerin Sütten Elde Edilmesi Proses Akışı (Yetişemiyen ve Yıldız, 2008)

İyon değişim kromatografi yöntemi, peynir altı suyundan kazeinomakropeptid eldesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde $pH < 4$ gibi düşük pH aralığında çalışılmaktadır. Serum proteinleri pozitif yüklü, kazeinomakropeptid de negatif yüklü olduğu için katyon değiştiriciye serum proteinlerinin anyon değiştiriciye kazeinomakropeptidin adsorpsiyonu olmaktadır. Düşük pH değerindeki peynir altı suyu bir katyon değiştiriciden geçirilirse, diğer peynir altı suyu proteinleri emilirken CMP katyon materyali tarafından emilmez. Bu koşullarda peynir altı suyu bir anyon değiştiriciden geçirilirse absorbans tersine çevrilir. CMP'nin bu yöntemlerle geri kazanımı, eşanjör tipine, peynir altı suyu verimine, ön arıtmaya ve kullanılan çevre koşullarına bağlı olarak değişir. CMP aromatik aminoasit Phe'den yoksundur, bu nedenle Phe içeriği genellikle CMP ürünlerinin saflığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Bu yöntemde pH ayarlama işleminin kapasiteyi sınırlaması ve uygulamanın yüksek maliyete sebep olması gibi dezavantajlarından dolayı kazeinomakropeptidin saflaştırılmasında ve izolasyonunda en çok tercih edilen yöntem iyon değişim kromatografisi olarak belirtilmektedir. Bunun yanında jel kromatografisi ve hidrofobik interaksiyon kromatografisi de tercih edilebilmektedir.

Farklı bir yöntem olarak peynir altı suyuna 90°C sıcaklıkta 1 saatlik bir ısı işlem uygulanarak serum proteinlerinin denatüre olması sağlanmakta ve ardından mikrofiltrasyon işlemi sayesinde kazein partikülleri ve denatüre serum proteinleri retentatta, kazeinomakropeptid olarak içerikçe zengin olan kısmı permeatta toplanmaktadır. Diğer yöntem olan pH ayarlamada; peynir altı suyunun pH'sı hidroklorik asit ile 3,5'a ayarlanarak, 90°C sıcaklıkta 1 saat süreyle ısı işlem uygulanmakta ve daha sonra serum proteinlerinin uzaklaştırılması için ultrafiltrasyon ya da santrifügasyon işlemleri kullanılmaktadır. Elde edilen kazeinomakropeptid solüsyonunun pH'sının 7 olması sağlanarak tekrar ikinci kez bir ultrafiltrasyon işlemi uygulanmaktadır ve konsantre kazeinomakropeptid elde edilmektedir. Membran teknikleriyle kazeinomakropeptid elde edilme işleminde yağsız süte mikrofiltrasyon uygulaması ile serum proteinleri ve kazeine ayrılmaktadır. Rennin enzimi yardımıyla kazeinin pıhtılaşması sağlanır ve oluşan pıhtı uzaklaştırılmaktadır. Kazeinomakropeptidi fazla şekilde içeren seruma, diafiltrasyon/mikrofiltrasyon işlemi uygulanarak saflaştırılır ve saflaştırma sonrasında ultrafiltrasyon işlemi uygulanarak da konsantre kazeinomakropeptidlerin elde edilmesi sağlanmaktadır. Membran teknolojisi farklı yöntemler ile kıyaslanınca, süt proteinlerinin doğal özellikleri bozulmamaktadır ve pH ayarlamasına gerek kalmamaktadır. Membran teknikleri ayrıca yüksek kapasitede sürekli çalışma imkanı sunmaktadır.

3. GLİKOMAKROPEPTİDİN SAĞLIĞA FAYDALARI VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

Bir glikofosfopeptit olan kazeinomakropeptid ya da glikomakropeptid olarak isimlendirilen bu peptit %10-20 oranında peynir altı suyu proteinlerinden oluşmaktadır. Glikomakropeptid, dallanmış aminoasitlerce zengindir. Tirozin, sistein, triptofan ve fenilalanin gibi aromatik olmayan amino asitleri içermemektedir.

Süt proteinlerinin en önemli fonksiyonel özellikleri arasında köpürtme ve emülsifiye etme özellikleri vardır. Peynir altı suyu protein konsantrisinde (WPC) bulunan glikomakropeptid de (GMP) emülsifikasyona katkıda bulunmaktadır. Sharma ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada GMP'nin emülsifiye edici aktivite indeksinin önemli fark ile WPC'den daha düşük olduğunu ancak GMP'nin pH yönünden WPC'ye göre daha kararlı emülsifiye edici aktivite indeksine sahip olduğunu buna bağlı olarak GMP'nin işleme sırasında pH değişimi yüksek olan fermente süt ürünlerinde emülgatör olarak olası kullanımı olabileceği sonucuna varmışlardır.

Emülsifikasyon ve köpürme yeteneği glikosilasyona bağlıdır (Sharma ve ark., 2013). Glikomakropeptid köpürme sırasında yüksek gaz içeriği sağlayarak, yüzey gerilimini verimli bir şekilde azaltmaktadır ancak peynir altı suyu proteini izolatu (WPI) ile yapılan köpüklerle kıyaslanınca kararsız köpükler ürettiği için iyi bir köpük yapıcı peptit olarak tanımlanmaktadır (Thoma-Worringer ve ark., 2007).

Glikomakropeptid fenilalanin içermediği için fenilketonüri (metabolik hastalık) hastaları için oldukça güvenli bir protein kaynağı olarak bilinmektedir. Fenilketonüri kalıtsal bir protein metabolik bozukluğudur, ki bu hastalık fenilalanin bileşiminde bulunan fenilalanin hidrosilaz enziminin kodlanmasında görevli gende görülen mutasyonun nedeni sonucunda oluşmaktadır. Bu enzim, fenilalanini tirozine dönüştürme aşamasında gereklidir. Bu enzimin eksikliğinde, fenilalanin ile oluşan fenilasetik asit gibi metabolitleri hastanın idrar, kan ve beyinde birikerek ciddi derecede hasara neden olmaktadır. Fenilalenden eksik olan gıdalarla beslenmek zorunda olan bu hastalar için glikomakropeptid kullanılarak üretilen çeşitli gıdalar vardır. Bu hastalığa sahip olan bireylerin etrafa uyumları, metabolik yönden sorun yaşamamaları ve yaşam kalitelerini arttırmak amacıyla düşük fenilalanin içeren diyetler uygulamaları ve diyetlerinde bu özellikte ürünlere yer vermelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Fenilketonüri hastalığına sahip bireyler için yapılan bir çalışmayla kazeinomakropeptid ve kurutulmuş mavi yemiş (*Vaccinium corybosum L.*) bileşenlerini içeren toz formda bir puding karışımı formülü geliştirilmiştir. Bu şekilde üretilen kazeinomakropeptidler fenilalanin içermediği için peynir altı suyunun izole edilmesiyle elde edilmiş protein kaynağı kullanımı sağlanmıştır (Ergül ve Karakaya, 2013; Çevik ve Ertaş, 2020).

Peynir altı suyundan üretilen içeceklerde laktoferrin varlığı sayesinde fonksiyonel olarak istenen gıdalarda, demir emilimini artırmak veya patojenlerin tutulmasını sağlayarak intestinal duvar/lara bağlanmadan da kullanılabilir. Bu laktoferrin içeren içecekler kalsiyum emiliminin arttırılmasına katkıda bulunarak özellikle osteoporoz hastalığı bulunan yaşlıların beslenmesinde çok önemlidir (Yerlikaya ve ark., 2010). Peynir altı suyunda bulunan laktoferrin ile laktoperoksidaz sayesinde kemik gelişimi ve korunması desteklenerek, osteoporoz oluşumu ve kilo kontrolü ile vücut yapısı da korunarak obezite kontrolünün sağlanabildiğine dair bulgular bulunmaktadır (Marshall, 2004). Bakteri, virüs ve mantarlar gibi patojenlere

karşı, gıdalar ile tüketilen laktoferrinin etkili olduğu yapılan çalışmalarla bildirilmiştir.

Peptide bağlı karbonhidratlar (glikozidik yapılar), glikomakropeptidin biyoaktivitesinde önemli rol oynamaktadır. Glikomakropeptidde yer alan glikozidik yapı(lar), *E. coli* ve *Vibrio cholerae* mikroorganizmaları yoluyla salgılanan enterotoksinlere bağlanıp bir kompleks meydana getirirler, ardından da bağırsak sisteminin dışına atılırlar. Bunun yanı sıra glikomakropeptidlerin influenza virüslerini hemaglutine etmesi sonucu inhibe edebilme yeteneğine de sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, glikomakropeptid probiyotik bakterilerden bifidobakterilerin gelişimini teşvik ederek probiyotik olarak da rol oynamaktadır. Ayrıca peptitlerin invitro ve invivo koşullarda gerçekleştirilen bazı araştırmalarında kardiyovasküler, sindirim, , immün sistem, endokrin sistem ve sinir sistemini olumlu etkileyen aktivitelere sahip olduğu da belirtilmektedir (Altın ve Sarıcı, 2017).

Peptitlerin yararlanımlarının bakteri suşuna göre değiştiği belirtilmekte birlikte, örneğin laktik asit bakterilerinin fermente süt ürünlerinde meydana getirdiği biyoaktif peptitlerin, anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) gibi biyolojik işlevler gösterdiği de saptanmıştır. ACE inhibisyonu, antidiyabetik, mineral bağlaması, immüno-modüle edici, antimikrobiyal veya antioksidan aktivite etkisi göstermektedir. Anjiyotensin dönüştürücü enzimi inhibe etme kabiliyetine sahip olan bu bileşiklerin, hipertansiyon durumu tedavisinde tıbbi bir ilaç olarak kullanılabilirdiği bilinmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar incelendiğinde genel olarak süt ve ürünlerinde kullanılan türler de dahil olmak üzere başta Laktik asit bakterileri ve farklı starter kültürler ile ACE inhibe edici peptit üretilebilmesi amaçlanmıştır (Tomar, 2017; Atalay, 2019).

CMP'nin fonksiyonel özellikleri sağlığa faydalı olan yeni gıdaların geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Proteinler gıda yapılandırma ajanları olduğu için gıda matrislerine dahil edilmeleri ile gıda reolojisini etkilemektedir. Yenilikçi ürünlerin üretimi için CMP'nin biyoaktif ve teknolojik işlevleri aynı anda kullanılabilir. Bununla birlikte, CMP'nin teknolojik işlevsel özellikleri ve gıda matrislerine dahil edilmesi hakkında çok az bilgi mevcuttur.

CMP değişken karbonhidrat ve fosfor içeriğinde heterojen bir peptit grubudur. CMP hidrofildir ve suda çözünür bir moleküldür ve düşük pH değerlerinde bile net negatif yüke sahiptir. CMP'nin çözünürlüğü pH 1 ila 5

arasında minimumluk göstermekte olup ve ısıl işlemlerden etkilenmemektedir. CMP'nin, 80°C'de ısıl işlem uygulandıktan sonra bile neredeyse %100 çözünür kaldığı bildirilmiştir.

Kazeinomakropeptidler, yüksek emülsifikasyon yeteneğine sahiptir. Bu özelliği sayesinde alkali pH'da maksimum iken 4.5-5.5 pH değerinde minimumdur. Kazeinomakropeptid ilavesiyle elastikiyet artmakta, faz ayrılması azalmaktadır. Serum proteini ile kazeinomakropeptid karşılaştırıldığında herhangi bir ürüne kazeinomakropeptid ilavesi ile diğerine nazaran daha homojen ve yapısı daha düzgün ve iyi kıvamda bir jelin oluştuğu tespit edilmiştir. Ek olarak kazeinomakropeptidlerin yüksek oranda köpük oluşturma yeteneğinden dolayı da daha fazla bir hacim artışı sağladığı da belirlenmiştir (Kocaman, 2016).

Kazeinomakropeptidler tüm pH değerlerinde jel oluşturabilme yeteneğine sahiptir. pH 4.5'te en sert jeli ve pH 6.7'de en zayıf jeli oluşturduğu ortaya konmuştur. Yapılan çeşitli çalışmalarda pH değerinin düşürülmesiyle jelleşmenin daha düşük sıcaklıklarda başlayabildiği de bildirilmiştir. Kazeinomakropeptidlerin jelleşmesini transglutaminaz enziminin jelleşme, pH, enzim aktivitesi ve sıcaklığına bağlı olarak etkilediği saptanmıştır (Kocaman., 2016). Transglutaminaz enzimi, birçok gıdanın yapısında yer alan proteinlerdeki G-L bağlarının meydana gelme reaksiyonunu katalizler; böylelikle meydana gelen çapraz bağlanma sayesinde proteinlerin çeşitli fonksiyonel özelliklerini değiştirir ve geliştirir. Böylelikle gıda endüstrisinde düşük viskoziteye sahip protein çözelti ve/veya dispersiyonlarından jel yapı oluşumuna imkan tanır, mekanik dayanımı artırır, yapıya eksikliği durumunda ihtiyaç duyulan amino asit katılımını sağlar, tekstürel deformasyonu önler ve gıda katkı maddeleri kullanımını sınırlandırabilme gibi önemli işlemlere imkan tanımaktadır (Özcan ve Delikanlı, 2011; Eren Karahan, 2016).

Biyolojik görev olarak glikomakropeptid ya da glikomakropeptitten elde edilen peptitlerin işlevleri, bağırsaktaki hücrelerden bağımsız hale bürünen enerji ve gıda alımından sorumlu hormonun uyarılması, trombositteki artış eğilimini engellemesi ve bağırsaktaki yararlı kabul edilen bakterilerin (örneğin: *Bifidobacteria*) sayısının artmasına yönelik yaptığı etkilerdir. Yapılan çalışmalarda in vitro ortamda dış yüzeyindeki kariyogenik bakterilerin dış yüzeyine yapışmaları engellenmekte ve bu da GMP'nin dış sağlığı açısından pozitif yönde özelliklere sahip olabileceğini göstermektedir.

Martin-Diana ve diğerleri (2003), fermente keçi sütüne glikomakropeptid ilave ederek peynir altı suyu konsantresi ilavesine göre daha düzenli bir şekilde jel oluşumunu desteklemişlerdir. Benzer şekilde Martin-Diana ve ark. (2005), inek, koyun ve keçi peynirlerinin peynir altı suyunun glikomakropeptidini inceleyerek glimakropeptidin peynir altı suyu protein konsantresine göre pH değişimine karşı daha kararlı bir emülsifiye edici aktiviteye sahip olduğu sonucuna varmışlardır.

4. ANALİZ YÖNTEMLERİ

Biyoaktif bileşenler içerisinde yer alan biyoaktif peptit(ler), vücuttaki çeşitli fonksiyonları ve sağlık üzerinde olumlu etki gösteren proteinlerin spesifik parçalanma ürünleri şeklinde tanımlanabilmektedir (Korhonen, 2009). Biyoaktif peptitler, proteinlerin doğal yapılarındaki aminoasit zincirleri içerisinde kodlanmaktadır. Bunlar her molekülde yaklaşık olarak 3 ile 20 aminoasit kalıntısı bulunduran kısa peptitler halindedir. Ancak daha önceden de belirtildiği gibi kazeinomakropeptitler (CMP) içerdiği 64 aminoasit ile istisnadır. CMP, aromatik amino asitlerin yokluğu ile karakterize edilir. Bu nedenle 280 nm'de absorpsiyon göstermez ve yalnızca 205-217 nm'de tespit edilebilir. 210/280 nm'de UV absorpsiyonundaki farklılıklar sıklıkla CMP'yi karakterize etmek için kullanılır. CMP ayrıca bazik, asidik ve hidroksi amino asitlerde düşüktür. CMP'deki heterojenite, temel olarak peptit zincirine bağlı karbonhidrat kısımları ve fosfat gruplarındaki farklılıklardan kaynaklanır. Kolostrum ve normal inek sütünden elde edilen CMP'nin karbonhidrat kısımlarında yerleşik bir fark vardır. İlki, normal süte kıyasla daha karmaşık ve değişken bir karbonhidrat ile karakterize edilir.

Süte rennet enzimi eklendikten sonra kesilebilir pıhtı oluşmasına kadar geçen sürede proteoliz, agregasyon ve jelleşme aşamaları gerçekleşmektedir. Proteoliz aşamasında, rennetteki kimozi ve pepsin κ -kazeini 105-106 (Phe-Met) bağından glikomakropeptid ve para- κ -kazeine parçalamaktadır. Para- κ -kazeinler hidrofobik yapıdadırlar dolayısıyla miseller üzerinde tutunabilirler, tersine glikomakropeptid molekülleri hidrofilik karakterde olup miseller yüzeyinde tutunma yeteneğine sahip değildirler. Glikomakropeptid molekülleri kazein misel yüzeylerinden ayrıldıktan sonra κ -kazeinin stabilize edici etkisi de azalma göstermektedir. κ -kazein molekülünde yer alan glikomakropeptidlerin %90 gibi bir oranının böyle ayrılma göstermesiyle enzimatik proteolizin tamamlandığı söylenebilmektedir (Özdemir ve Özcan, 2019). Glikomakropeptid misellerden ayrılıp seruma geçebilme yeteneğine sahiptir. Kazein misellerinin stabilitesini κ -kazeinin

yüzeyinde sahip olduğu 10-20 mV'luk bir zeta potansiyeli üreten negatif yüklerle ilişkilidir. Yüzeydeki yükün taşınmasında κ -kazeinin glikomakropeptitlerin parçası büyük bir rol oynamaktadır. Bu yüzden glikomakropeptidlerin kan serumuna geçmesi, zeta potansiyelini (yaklaşık %40) düşürdüğü gibi, hidrofobik alana sahip misellerin yüzeyindeki bu alanların artışına sebep olur. Bu sayede agregasyon, miseller arasındaki elektrostatik ve sterik itme güzü azalması ile gerçekleşmektedir (Gökalp ve ark., 2000).

CMP, kazeindeki neredeyse tüm sialik asitleri (N-asetilnöraminik asitler) içermektedir. Bu nedenle, Trikloroasetik Asit (TCA) süzütüsünde sialik asitlerin belirlenmesi CMP'nin bir ölçüsü olarak alınabilir. Numune önce sialik asitleri serbest bırakmak için asitle hidrolize edilir ve bunlar daha sonra tiobarbitürik asit reaksiyonu ile belirlenir. CMP değişken miktarlarda karbonhidrat içerdiğinden, sialik asidin belirlenmesi CMP'nin yalnızca yaklaşık bir ölçüsünü verebilir ve bu nedenle karşılaştırmalı çalışmalarda esas olarak CMP için bir ölçü olarak kullanılabilir.

Doğrudan yöntemler CMP'nin çözeltide bulunan diğer proteinlerden kromatografik olarak ayrılmasına dayanır. CMP, 205-217 nm'de güçlü bir absorpsiyon gösterir, ancak 280 nm'de göstermez. Bu nedenle, yıkanan fraksiyonda CMP'nin varlığı, 205-217 nm'deki absorbans verilerinden tahmin edilmektedir.

5. GIDALARDA KULLANIM ALANLARI

Sütün peynire işlenmesi sırasında kalan sıvı peynir altı suyu olarak tanımlanmaktadır. Süt teknolojisi için peynir altı suyu önemli bir yan üründür. Asit ilavesi yapılarak veya enzim ile pıhtılaştırılarak peynir altı suyu iki farklı şekilde üretilir. Peynir üretiminde kullanılan sütün kalitesi ve peynir üretim teknolojisi, peynir altı suyunun özelliklerini ve bileşimini belirlemektedir. Peynir altı suyunun kuru maddesinin yaklaşık %70'i laktozdan oluşmaktadır. Peynir altı suyunda bulunan proteinler üç çeşittir. Bunlar; peynir altı suyu protein konsantresi (WPC), peynir altı suyu protein izolatu (WPI) ve peynir altı suyu protein tozu'dur. Foegeding ve ark., (2011)'nin yapmış olduğu çalışmada, glikomakropeptidin içeriğinde bulunan peynir altı suyundaki protein çeşidinin %15-21'inin WPC ve %2-20'sinin de WPI olduğu belirlenmiştir. Glikomakropeptid ve diğer içerdiği biyolojik bileşenleri bağışıklığı güçlendirici özelliğindedir. Glikomakropeptid içeren gıdalar arasında sayılabilecek olan meyveli puding, aromalı sütler ve salata sosları yüksek

protein içerikli olması, sentetik aminoasitli gıdalara göre daha lezzetli olması ayrıca düşük fenilalanin içeriğinden dolayı tercih edilmektedir.

Glikomakropeptid içeren ürünleri kullanan kişilerin sentetik amino asit içeren ürünleri kullanan kişilerden daha iyi durumda olduğu bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada 10 hafta takip edilen çocuğun glikomakropeptidli diyet tüketmesiyle kandaki fenilalanin seviyesinde %14'lük istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş kaydedilmiştir (Ülker ve Şanlier, 2018)

Gıda sektöründe peynir altı suyu farklı şekillerde değerlendirilmektedir. İçeceklerde ve pastacılık ürünlerinde ve maya üretiminde sıvı peynir altı suyu kullanılabilir. WPI gıda katkı maddelerinde kullanılırken WPC süt, et ürünleri ve unlu mamullerde kullanılabilir. Peynir altı suyunun toz formu özellikle insanlar ve hayvanların beslenmesinde, demineralize edilen peynir altı suyu formu da bebeklerin beslenmesi amacıyla kullanılabilir. İçecek sektöründe kullanılan peynir altı suyu daha çok enzim ile üretilen peynir altı suyu olmaktadır. Yapılan araştırmalarda ürünlerin içine çeşitli meyve suları, pulpları ve konsantreleri gibi ilaveler yapılmasıyla içilebilir hale getirildiği gözlenmiştir. Bu amaçla en çok turunçgiller tercih edilmiş, sonrasında bu sırayı mango, muz, papaya vb. çeşitli tropik meyveler ile vişne, elma, kayısı, kavun vb. meyveler ile üzümgillerden meyveler takip etmiştir (Güzeler ve ark., 2017). Ürünlerin asit miktarını düzenlemek amacıyla en sık sitrik asit kullanılmaktadır. Araştırmacıların bazıları ürünlerin tatlandırılması amacıyla enzimatik hidrolizle laktoz ve fruktoz kullanırken, bazıları ise yapay tatlandırıcı kullanımını tercih etmişlerdir (Esmek, 2014).

CMP toplam proteinlerin %15-20'sini oluşturan peynir altı suyunda 1.2-1.5 g/L konsantrasyonunda bulunmaktadır (Karimidastjerd, 2020). Peynir altı suyundan CMP'nin geri kazanımı, özel kullanımlar için yeni bir ürün olarak ve peynir altı suyu protein konsantrelerinin (WPC) fonksiyonel özelliklerini değiştirmenin bir yolu olarak büyük ilgi görmektedir.

Bonnaillie ve ark., (2014), tarafından yapılan bir çalışmada süper kritik karbondioksitin (SCO₂) zenginleştirilmiş α -laktalbumin ve β -laktoglobulin fraksiyonlarını elde etmek için peynir altı suyu protein konsantrelerini (WPC) ve izolatlarını (WPI) etkili bir şekilde fraksiyonlara ayırdığını böylece tek tek bileşen proteinlerinin özelliklerinden yararlanan yeni peynir altı suyu bileşenleri yarattığını göstermişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda 70°C'de α -laktalbumin ve β -laktoglobulin çöktürülerek geriye

ultrafiltrasyondan sonra %94'e varan saflıkta glikomakropeptidce zengin bir çözelti kalmıŐtır. SCO₂ ile üretilen farklı protein fraksiyonlarının belli beslenme ihtiyaçlarını hedefleyen yeni yiyecek ve içeceklerin tasarımında kullanılacağı düşünölmektedir.

6. SONUÇ

Biyoaktif bir peptid olan kazeinomakropeptid veya glikomakropeptid olarak isimlendirilen ve peynir üretimi sırasında oluşan peynir altı suyundan elde edilen bu ürünün çeşitli gıdalarda kullanımı giderek yaygınlaŐmaktadır. Glikomakropeptid aromatik amino asit içermemesi, kendi kendine birleŐme ve glikosilasyon gibi çeşitli kimyasal özelliklere sahiptir. Bunların yanında köpürme, jel oluşturma ve emölsifiye etme gibi benzersiz fonksiyonel özellikleriyle de her geçen gün önemi artan bir biyoaktif peptid haline gelmektedir. Yüksek miktarda esansiyel amino asit ihtiva etmesinden dolayı minerallerin emilimini teşvik ettiği bilinmektedir. Kazeinomakropeptidleri elde etmek için en çok tercih edilen yöntemin iyon değişim kromatografisi olduğu bilinmekle birlikte membran teknolojisi kullanılarak üretilen kazeinomakropeptidin konsantr formda elde edildiği bilinmekte ve bu yöntemde süt proteinlerinin doğal özellikleri bozulmadığı bildirilmektedir. Kazeinomakropeptid ile ilgili birçok çalışma in vitro ve hayvanlar üzerinde denenmiŐ olup insan denemeleri ve yapılan çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Ancak sütteki konsantrasyonunun düşük olması ve saflaştırma yöntemlerinin maliyetli olmasından dolayı köpük oluşturma, emölsüfiye etme ve jel oluşturma yeteneği gibi özelliklerinin sağladığı fonksiyonel özellikleri ve sağlık faydalarının test edilmesi için günümüzde gıdalarda henüz kullanım alanı bulamamıŐtır. Konuyla ilgili daha fazla araştırma geliştirme çalıŐması yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abou-Dobara, M. I., Ismail, M. M., & Refaat, N. M. (2016). Chemical composition, sensory evaluation and starter activity in cow, soy, peanut and rice milk. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 5(3), 1-8.
- Altun, D., & Sarıcı, S. (2017). Keçi sütü: bebek beslenmesinde ilk tercih mi olmalı. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 60, 22-33.
- Anonim, (2004). Türk Gıda Kodeksi Etiketleme Yönetmeliği, Fonksiyonel Gıdalarla İlgili Yasal Düzenlemeler, 5996 Yetki Kanunu.
- Artan G., (2017). Transglutaminaz Enziminin Kazeinomakropeptidin Emülsiyon Özelliklerine Etkisi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Atalay, M. (2019). Yardımcı kültür ilave edilerek üretilen kefirlerde biyoaktif peptit oluşturma özelliklerinin ve antimikrobiyal etki spektrumlarının araştırılması (Master's thesis, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ay C. ve Şanlı T., (2018). Süt Ürünlerinde Biyoaktif Peptitlerin Oluşumu ve Fonksiyonel Özellikleri. *Adü Ziraat Dergisi* 15(1):115-120.
- Beermann C., Hartung J., (2012). Physiological properties of milk ingredients released by fermentation. *Food & Function*.
- Bilal T., Altıner, A. (2017). Peynir altı suyunun insan ve hayvanlarda metabolizma üzerindeki etkileri. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 6(1), 29-42.
- Bonnaillie M. L., Qi P., Wickham E. and Tomasula M. P., (2014). Enrichment and Purification of Casein Glycomacropeptide from Whey Protein Isolate Using Supercritical Carbon Dioxide Processing and Membrane Ultrafiltration. *Foods* 3:94-109.
- Bulca S., Güvenç B., (2020). Bioactive Peptides in Milk and Milk products, Antimicrobial Properties and Effects on Human Health. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(1): 158-164.
- Chalupa-Krebsdak, S., C. J. Long, and B. M. Bohrer. (2018). Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *Int. Dairy J.* 87:84–92. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.07.018>
- Çevik, A., Ertaş, N. (2020). Fenolketonüri hastalığı ve hastalığa uygun gıda üretimi, Phenylketonuria Disease and Appropriate Food Production for Patients. *Bozok Tıp Dergisi*, 10(1), 256-263.

- Davalos-Cordova E. L., Jimenez M. and Salinas E., 2019. Glycomacropeptide Bioactivity and Health: A Review Highlighting Action Mechanisms and Signaling Pathways.
- De Noni I, Cattaneo S. (2010) Occurrence of β -casomorphins 5 and 7 in commercial dairy products and in their digests following in vitro simulated gastro-intestinal digestion. Food Chem. 119: 560–566.
- Dinçoğlu H. A. ve Ardiç M., (2012). Peyniraltı Suyunun Beslenmemizdeki Önem ve Kullanım Olanakları. Harran Üniv. Vet. Fak. Derg.; 1(1): 54-60.
- Durmuş, N., Akyılmaz, M. K., & Özçelik, B. Süt Proteinlerinden Biyoaktif Peptid Eldesi. Gıda, Metabolizma & Sağlık: Biyoaktif Bileşenler Ve Doğal Katkılar Kongresi, 211.
- Ebringer L, Ferenčík M, Krajčovič J (2008). Beneficial Health Effects of Milk and Fermented Dairy Bodaçta. Folia Microbiologica, 53(5): 378-394.
- El-Salam A, El-Shibiny S, and Buchheim W. (1996). Characteristics and potential uses of the casein macropeptide. International Dairy Journal, 6(4): 327– 341.
- Eren Karahan, L. (2016). Farklı oran ve üretim aşamalarında mikrobiyal transglutaminaz ilavesinin yarım yağlı beyaz peynirin özellikleri üzerine etkileri/The effects of addition of micobial transglutaminase in different ratios on properties of white brined cheese at production stages (Doctoral dissertation).
- Ergül N. ve Karakaya S., (2013). Fenilketonüri Hastaları için Maviyemiş (*Vaccinium corybosum* L.) İçeren Toz Puding Karışımı Üretimi. Akademik Gıda 11(2):28-36.
- Esmek E. M., (2014). Kefir Kültürü Kullanılarak Üretilen Peynir Altı Sulu İçeceğin Bazı Özellikleri ve Depolama Süresinin Etkisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. Yüksek Lisans Tezi. Adana.
- Etzel M R. (2004) Manufacture and use of dairy protein fractions. J Nutr; 134: 996S-1002S.
- Foegeding, E. A., Luck, P., Vardhanabhuti, B., (2011). Encylopediaof Dariy Science, 2nd ed, Elsevier. Whey Protein Products.
- Fox PF, Flynn A. (1992) Biological properties of milk proteins. In: Fox PF, ed. Advanced Dairy Chemistry. Vol. 1. London, Elsevier: 255-284.
- Gür F., Güzel M., Öncül N., Yıldırım Z., Yıldırım M., (2010). Süt Serum Proteinleri ve Türevlerinin Biyolojik ve Fizyolojik Aktiviteler. Akademik Gıda 8: 23-31.

- Güzeler N., Esmek E. M. ve Kalender M., (2017). Peyniraltı Suyu ve Peyniraltı Suyunun İçecek Sektöründe Değerlendirilme Olanakları. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 32 (2), 27-36.
- Haque E., Chan R., (2006). Milk protein derived bioactive peptides. <https://www.dairyscience.info/index.php/exploitation-of-anti-microbial-proteins/111-milk-protein-derived-bioactive-peptides.html>. (Erişim 11 Aralık 2022).
- Hartmann R, Meisel H., (2007). Food-derived peptides with biological activity: from research to food applications. *Current Opinion in Biotechnology*.
- Jensen R G. (1995) *Handbook of Milk Composition*. San Diego, CA, Academic Press:.
- Karagözlü C., Bayarer M., (2004). Peyniraltı suyu proteinlerinin fonksiyonel özellikleri ve sağlık üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2).
- Karimidastjerd A., (2020). Production of a caseinomacropetide concentrate from sweet whey and usage in a milk-like drink. *Istanbul Technical University, Food Engineering Programme*.
- Kitts DD., Weiler K., (2003). Bioactive proteins and peptides from food sources. Applications of bioprocesses used in isolation and recovery. *Current Pharmaceutical Design*.
- Kocaman E., (2016). Kazeinomakropeptidin Jelleşmesinde pH ve Transglutaminaz Enziminin Etkisi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Korhonen H., (2009). Milk-derived bioactive peptides: From science to applications. *Journal of Functional Foods*.
- Marshall K. (2004) Therapeutic applications of whey protein. *Altern Med Review*; 9:136-156.
- Meisel H., (2005). Biochemical properties of peptides encrypted in bovine milk proteins. *Current Medicinal Chemistry*.
- Öğünç, A. V., & Yalçın, A. (2011). Süt serumu proteinlerinin in vitro koşullardaki antioksidan etkileri. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 15(1), 18-24.
- Özcan, T., Delikanlı B. (2011). Gıdaların tekstürel özelliklerinin geliştirilmesinde peynir altı suyu protein katkılarının fonksiyonel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 77-88.

- Özdemir T. Ve Özcan T., (2019). Süt Ürünlerinin Mikro Yapısının Oluşumunda Süt Proteinlerinin Önemi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 33(2):355-374.
- Pal, S., Radavelli-Bagatini, S. (2013). The effects of whey protein on cardiometabolic risk factors. *Obesity Rev.* 14: 324-343.
- Sharma R. and Sharma N., (2011). Glycomacropeptide-Biological Properties and its Applications.
- Sharma R., Neelima, Rajput S. Y. ve Mann B., (2013). Chemical and functional properties of glycomacropeptide (GMP) and its role in the detection of cheese whey adulteration in milk: a review. *Dairy Sci. & Technol* 93:21-43.
- Shu GW, Huang J, Chen L, Lei N, Chen H. (2018) Characterization of Goat Milk Hydrolyzed by Cell Envelope Proteinases from *Lactobacillus plantarum* LP69: Proteolytic System Optimization, Bioactivity, and Storage Stability Evaluation. *Molecules*, 23(6): 1317.
- Sousa, G. T., Lira, F. S., Rosa, J. C., de Oliveira, E. P., Oyama, L. M., Santos, R. V., Pimentel, GD (2012). Dietary whey protein lessens several risk factors for metabolic diseases: a review. *Lipids Health Dis.* 11: 67.
- Stan E. ve Chernikov M. P., (1999). Physiological activity of kappa-casein glycomacropeptide. *Voprosy meditsinskoi khimii*, 25(3):348.
- Thomae-Worringer C., Siegert N. ve Kulozik U., (2007). Foaming properties of caseinomacropeptide.-1. Impact of concentration and interactions with whey protein. *Milchwissenschaft* 62:249-252.
- Thomae-Worringer C., Sorensen J. ve Lopez-Fandino R., (2006). Health effects and technological features of caseinomacropeptide. *International Dairy Journal* 16:1324-1333.
- Tomar, O., Çağlar, A., Akarca, G. (2017). Kefir and Its Importance For Health. *AKUJ. Sci. Eng.* 17, 834–53.
- Tranberg, B., Hellgren, L. I., Lykkesfeldt, J., Sejrsen, K., Jeamet, A., Rune, I., Ellekilde, M., Nielsen, D. S., Hansen, A. K. (2013). Whey protein reduces early life weight gain in mice fed a high-fat diet. *PLoS One.* 6: e71439.
- Ülker İ. ve Şanlıer N., (2018). Fenilketonürde Beslenme ve Yeni Tedavi Yaklaşımları. *JCP* 16(2):187-198.
- Ünal, R. N., Besler, H. T., (2006). Beslenmede sütün önemi. Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü. Ankara.
- Yalçın AS. Emerging therapeutic potential of whey proteins and peptides. *Curr Pharm Des* (2006); 12: 1637- 1643.

- Yalçın S. A., Türkoğlu M., (2008). Süt Serumu Proteinlerinden Elde Edilen Biyoaktif Fraksiyonların Lipozomlanması. *Marmara Medical Journal* 2010;23(1);22-29.
- Yerlikaya O., Kınık Ö. ve Akbulut N., (2010). Peynir altı suyunun fonksiyonel özellikleri ve peynir altı suyu kullanılarak üretilen yeni nesil süt ürünleri. *Gıda* 35(4): 289-296.
- Yetişemiyen A., Yıldız F., (2008). Süt Teknolojisinde Kazeinomakropeptidlerin Önemi ve Elde Edilmesi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*; Erzurum.
- Pallin, A., Agback, P., Jonsson, H., Roos, S. (2016). Evaluation of growth, metabolism and production of potentially bioactive components during fermentation of barley with *Lactobacillus reuteri*. *Food Microbiol*, 57: 159-171.
- Yalçın, E., Yalçın, S. K., & Karademir, E. Tahıl Ve Bakliyat Esaslı Gıdalarda Fermantasyon İşleminin Besinsel Özellikler Ve Biyoaktif Bileşenler Üzerine Etkisi. *Gıda*, 43(1), 163-173.

