

GIDA BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE ARAŞTIRMALAR I

EDİTÖR
Doç. Dr. Yasemin ÇELEBİ



İKSAD
Publishing House

GIDA BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE ARAŞTIRMALAR I

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Yasemin ÇELEBİ

YAZARLAR

Doç. Dr. Melek ZOR

Dr. Öğr. Üyesi Şeyda Merve KARATAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŞİMŞEK

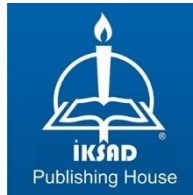
Dr. Songül ŞAHİN ERCAN

Öğr. Gör. Mustafa ATALAN

Öğr. Gör. Zeynep Nur KARAKUŞ

İbrahim CANBEY

İlayda BALIKCI



Copyright © 2025 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 Pubicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-431-7

Cover Design: İbrahim KAYA

December / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

FERMENTE ET ÜRÜNLERİNDE GÖRÜLEN KİMYASAL TEHLİKELER: OLUŞUM MEKANİZMALARI VE KONTROL YAKLAŞIMLARI

Dr. Songül ŞAHİN ERCAN.....3

BÖLÜM 2

GELENEKSEL TATLILARIMIZDAN MUHALLEBİNİN DUYUSAL KALİTE ÖZELLİKLERİNİN ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŞİMŞEK
İlayda BALIKCI.....31

BÖLÜM 3

GIDA AMBALAJLARINDA BESLENME BİLDİRİMİNİN ÖNEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŞİMŞEK.....65

BÖLÜM 4

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAĞI OLARAK ALGLERİN KULLANIMI

Doç. Dr. Melek ZOR.....75

BÖLÜM 5

DİYET ÖRÜNTÜLERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Öğr. Gör. Zeynep Nur KARAKUŞ.....89

BÖLÜM 6

ŞİRİNCİK ASİT

Öğr. Gör. Mustafa ATALAN.....115

BÖLÜM 7

MODERN GIDA MİKROBİYOLOJİSİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR: LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN ANALİZ VE TANIMLAMA YÖNTEMLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Şeyda Merve KARATAŞ.....123

BÖLÜM 8	
PROPOLİSİN KİMYASAL KOMPOZİSYONU, ÖZELLİKLERİ	
ve GIDA ENDÜSTRİSİ AÇISINDAN ÖNEMİ	
İbrahim CANBEY.....	141

Ön Söz

Gıda bilimi ve teknolojisi, sağlıklı, güvenli ve sürdürülebilir beslenmenin temellerini oluşturan, her geçen gün daha da önem kazanan stratejik bir bilim alanıdır. Küresel ölçekte artan nüfus, gıda güvenliği kaygıları, sürdürülebilir üretim ihtiyacı ve değişen tüketici alışkanlıkları, bu disiplinin hem akademik hem de endüstriyel açıdan yönlendirici rolünü pekiştirmektedir. *Gıda Bilimi ve Teknolojisinde Güncel Yaklaşımlar ve Araştırmalar I* kitabı, bu değişen ihtiyaçlara bilimsel bir perspektiften yaklaşarak, alanın çağdaş konularına ışık tutan kapsamlı bir çalışma niteliği taşımaktadır.

Sürdürülebilirlik odaklı araştırmalar kitabın ana çerçevesini oluşturmaktadır. Bu bağlamda, alternatif protein kaynaklarının araştırılması özellikle önem taşımaktadır. Alglere yönelik ilginin artması, hem çevresel etkileri düşük üretim imkanları hem de yüksek besin değeri sayesinde geleceğin gıdaları arasında güçlü bir yer edindiklerini göstermektedir. Benzer şekilde, propolisin kimyasal kompozisyonu ve fonksiyonel özellikleri, doğal antioksidan ve antimikrobiyal potansiyeliyle gıda endüstrisi açısından dikkate değer fırsatlar sunmaktadır. Bu eser, propolisin çok yönlü kullanımına ilişkin güncel bilimsel bulguları okuyucuya sistematik bir şekilde aktarmaktadır.

Kitapta ele alınan bir diğer güncel yaklaşım ise diyet örüntülerinin çevresel etkileridir. Beslenme tercihleri, yalnızca bireysel sağlık üzerinde değil, aynı zamanda su tüketimi, karbon ayak izi ve arazi kullanımı gibi çevresel göstergeler üzerinde de belirleyici rol oynamaktadır. Bitkisel ağırlıklı diyetlerin sürdürülebilirlik açısından avantajları, çevresel yükü azaltma potansiyeli ve beslenme politikalarına yansımaları bu kapsamda bilimsel bir bakış açısıyla değerlendirilmektedir. Bu konu, gıda bilimi ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki etkileşimi güçlendiren önemli bir katkı sunmaktadır.

Geleneksel gıdalarımızın bilimsel açıdan değerlendirilmesi de kitabın önemli temalarındandır. Türk mutfak kültürünün köklü tatlarından biri olan muhallebinin duyuşal özelliklerinin analiz edilmesi, geleneksel lezzetlerin standardizasyonu ve kalite iyileştirme çalışmalarına katkı sağlayacak niteliktedir. Aynı şekilde, gıda ambalajları üzerinde yer alan beslenme bildirimi, tüketici sağlığının korunması ve bilinçli gıda tercihlerinin desteklenmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu bölüm, etiketleme uygulamalarının bilimsel ve hukuki temellerini güncel bir bakış açısıyla ele almaktadır.

Modern gıda mikrobiyolojisi, gelişen analitik teknolojilerle birlikte hızlı bir değişim sürecindedir. Laktik asit bakterilerinin tanımlanmasına yönelik moleküler yöntemler, hem güvenli fermantasyon süreçlerinin yönetilmesinde hem de probiyotik potansiyeli yüksek türlerin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Kitapta yer alan ilgili bölüm, bu mikroorganizmaların modern analiz yaklaşımlarını ayrıntılarıyla ortaya koymaktadır. Öte yandan, fermente et ürünlerinde karşılaşılan kimyasal tehlikeler, gıda güvenliği açısından dikkatle incelenmesi gereken alanların başında bulunmaktadır. Bu tehlikelerin oluşum mekanizmaları ve kontrol yöntemlerinin açıklanması, endüstriyel uygulamalara bilimsel bir rehber niteliğindedir.

Son olarak, şirincik asidi gibi geleneksel ve modern literatürde farklı bağlamlarda incelenen bileşenlerin değerlendirilmesi, gıda bileşenleri üzerine yapılan çalışmaların çeşitliliğini ve derinliğini ortaya koymaktadır. Bu kitabın, gıda bilimi ve teknolojisinin geniş yelpazesini bütüncül bir bakış açısıyla ele alarak araştırmacılar, öğrenciler ve sektör temsilçileri için değerli bir kaynak olacağına inanıyorum. Bilime katkı sunan tüm yazarlarımıza ve sürece emek veren herkese içten teşekkür ederim.

Doç. Dr. Yasemin ÇELEBİ

BÖLÜM 1

FERMENTE ET ÜRÜNLERİNDE GÖRÜLEN KİMYASAL TEHLİKELER: OLUŞUM MEKANİZMALARI VE KONTROL YAKLAŞIMLARI

Dr. Songül ŞAHİN ERCAN¹

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17895702>

¹ Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Bölümü Gaziantep, Türkiye.
sosahin@gantep.edu.tr Orcid ID: 0000-0003-1630-7552

GİRİŞ

Et, dengeli beslenmenin temel öğelerinden biridir. Taze et, raf ömrünü uzatmak ve tüketim çeşitliliğini artırmak amacıyla çeşitli formülasyonlar ve teknolojiler kullanılarak işlenmektedir. Fermantasyon, gıda maddelerinin besin ve duysal özelliklerini geliştiren ve dünya çapında gıda sistemlerinde önemli bir rol oynayan temel bir biyolojik dönüşüm sürecidir. Tarihi olarak fermantasyon, gıdaların organoleptik özelliklerini, besin değerini ve raf ömrünü artırmak için kullanılmıştır. Bu sayede çeşitli kültürlerle sayısız temel gıda maddesi geliştirilmiştir. Bu fermente gıdalar, benzersiz duysal özellikleri ve fizyolojik faydalarıyla karakterize edilirler (De Vuyst ve Leroy, 2020; Xu ve ark., 2022).

Fermente et ürünlerinin değerlendirilmesinde iki temel boyut bulunmaktadır. Bu kapsamda, ürünlerin tüketiminin yararları ve zararları yaklaşımı, söz konusudur. Fermente et ürünlerinin hem fonksiyonel özellikleriyle sağlığa katkı sağlayan yönlerini hem de üretim koşulları, mikrobiyal güvenlik ve kimyasal riskler bakımından potansiyel tehditler barındıran yanları bulunmaktadır. Fermente ürünlerinin sağlık açısından olumlu etkisi, bu ürünlerde bulunan fonksiyonel mikroorganizmaların varlığından kaynaklanmaktadır. Fermente ürünlerdeki yararlı mikroorganizmalar çeşitli ürünlerde doğal olarak bulunabilir (*Lactobacillus*, *Lactocaseibacillus*, *Levilactobacillus*) veya bu ürünlere dışarıdan eklenebilirler (*Bifidobacterium*). Fermente ürünlerde bulunan mikroorganizmaların faydalı etkisi çok yönlü olabilir. Bu gıdaların tüketiminin bağırsak fonksiyon bozuklukları üzerinde olumlu rol oynayabilmesi nedeniyle, bahsedilen mikroorganizmaların bağırsak hastalıklarında kullanım potansiyelini belirlemeye yönelik araştırmalar yürütülmektedir (Niyigaba ve ark., 2025).

Fermente gıdalarda patojen mikroorganizmaların çoğalma kapasitesi ürünün bileşimi, işleme koşulları ve çevresel etmenler tarafından şekillendirilmektedir. Özellikle düşük kaliteli hammaddelerin kullanılması, başlangıçta yüksek düzeyde bakteri, küf veya bunların ürettiği toksinleri içeren ürünlerin elde edilme riskini artırmaktadır. Fermente gıdaların olumsuz yönleri arasında biyojen aminler, nitrozaminler ve mikotoksinler başlıca kimyasal tehlikeler olarak öne çıkmaktadır (Şekil 1). Biyojen aminler, serbest amino asit ile belirli mikroorganizmaların dekarboksilaz aktivitelerinin bir sonucunda oluşurken; nitrozaminler, özellikle nitrit varlığında amin bileşiklerinin

reaksiyonu ile meydana gelir. Mikotoksinler ise uygun olmayan depolama koşullarında gelişen toksik küfler tarafından sentezlenmektedir. Bu bileşiklerin oluşumu, ürün güvenliğini ve tüketici sağlığını doğrudan etkileyen temel risk unsurlarını oluşturmaktadır (Skowron ve ark., 2022).

Yukarıda açıklanan bu üç temel risk faktörü, fermente et ürünlerinin güvenlik profilini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu faktörlerin her biri, ürünün nihai kalite ve güvenilirliğinin anlaşılabilmesi için ayrı başlıklar altında ayrıntılı biçimde bu bölümde incelenmiştir.



Biyojenik aminler

Nitrozaminler

Mikotoksinler

Şekil 1. Fermente et ürünlerinde başlıca kimyasal tehlikeler

1. BİYOJEN AMİNLER

1.1. Biyojen aminler ve oluşumu

Biyojen aminler (BA'lar), biyolojik aktiviteye sahip düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerdir. Bu bileşiklerin oluşumu iki temel metabolik süreçle gerçekleşir. İlk süreç olan dekarboksilasyon, bir moleküldeki karboksil grubunun uzaklaştırılması ve bunun sonucunda başka bir molekülde karboksil grubunun oluşmasıyla gerçekleşir. İkinci süreç olan aminasyon ve transaminasyon ise bir molekülün karbonunun başka bir molekülle karbon-karbon bağı aracılığıyla bağlanması şeklinde gerçekleşir. Bu metabolik yollar, biyojen aminlerin biyokimyasal oluşumunda temel mekanizmaları oluşturur (Feddem ve ark., 2019).

Bitki, hayvan ve insanlarda doğal olarak bulunabilen BA, nörotransmisyon, büyüme ve kan basıncının düzenlenmesi ile bağırsak bağışıklık sistemindeki çeşitli önemli roller gibi temel fizyolojik işlevler

gösterirler. Ancak, kontamine gıda ve/veya içeceklerin tüketimiyle yüksek miktarlarda alındıklarında sinir, solunum ve kardiyovasküler sistemlerde olumsuz etkilere ve alerjik reaksiyonlara neden olabilirler. Bu durum özellikle mono- ve diamin oksidaz eksikliği bulunan bireylerde veya bu enzimleri inhibe eden ilaçları kullanan kişilerde daha belirgindir.

Biyojen aminler aynı zamanda gıda bozulmasının bir göstergesi olarak kabul edilir; çünkü ürünün hijyenik kalitesinin düşmesiyle yüksek konsantrasyonlarda bulunabilirler. Gıdaların bozulması sırasında en sık karşılaşılan biyojen aminler kadaverin (CAD), putresin (PUT), spermidin (SPD), spermin (SPM), β -feniletilamin (PHE), tiramin (TYR) ve histamindir (HIS). Ancak SPD ve SPM taze ette doğal olarak bulunan biyojen aminlerdir (Vasconcelos, ve ark., 2021).

Ham maddeye ilişkin pH ve kimyasal bileşim gibi çeşitli faktörlerin yanı sıra fermentasyon, olgunlaşma veya işlem sonrası kontaminasyon gibi bazı işleme ve üretim uygulamaları BA oluşumunu etkileyebilir. Depolama sıcaklığı ve süresi de BA oluşumunu etkileyen diğer faktörlerdendir (Dabadé ve ark., 2021).

Dekarboksilaz pozitif mikroorganizmalar, hammadde de doğal olarak bulunabileceği gibi işleme öncesi, sırasında veya sonrasında kontaminasyon yoluyla da ürüne geçebilir. *Enterobacteriaceae* familyasına ait *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Shigella* ve *Salmonella* gibi birçok cinsin yanı sıra, *Micrococcaceae* familyasından *Staphylococcus* ve *Micrococcus* cinsleri de BA üretiminde rol oynayabilir. Ayrıca, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Carnobacterium*, *Pediococcus*, *Lactococcus* ve *Leuconostoc* cinslerine ait bazı laktik asit bakterisi (LAB) suşları da amino asitleri dekarboksile edebilme yeteneğine sahiptir (Papageorgiou ve ark., 2018).

Yüksek miktarda BA oluşumu serbest amino asitlerin miktarı, dekarboksilaz pozitif mikroorganizmaların varlığı, hammaddenin pH'ı ve bileşimi ile işleme ve depolama koşullarının mikroorganizma gelişimini desteklemesi gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu değişkenler, BA oluşumunda rol alan enzim ve substratların üretimini ve gıdada oluşan BA türlerini doğrudan etkilemektedir. BA sentezi, bakterilerin stres ve asidik koşullara karşı geliştirdiği bir adaptasyon mekanizması olup pH düzenlenmesine ve ek enerji teminine katkı sağlar (Ruiz-Capillas ve Herrero, 2019).

Fermente ürünlerde yoğun mikrobiyal çoğalma, özellikle starter kültür içermeyen doğal fermentasyonlarda, yüksek BA birikimine yol açabilmektedir. BA'lar hem gram pozitif hem gram negatif bakteriler tarafından üretilbilmekle birlikte, fermente gıdalarda laktik asit bakterileri başlıca üretici mikroorganizmalar olarak görülmektedir. Isıya dayanıklı yapıları nedeniyle BA'lar pastörizasyon ve pişirme ile yok edilemez. Bu nedenle, BA birikimini azaltmak için BA üretmeyen starter kültürlerin seçilmesi, yüksek kaliteli hammadde kullanılması ve sıcaklık, katkı maddeleri ve mikrobiyal kontrol gibi işleme parametrelerinin dikkatle optimize edilmesi gerekmektedir (Gardini ve ark., 2016; Capozzi ve ark., 2017).

Ham madde kalitesinin düşük olduğu durumlarda et ürünlerinde aşırı BA oluşumu bildirilmektedir; dondurma-çözündürme koşulları ve dekarboksilaz pozitif bakterilerin varlığı bu süreci hızlandırmaktadır. Sucuk üretiminde yapılan bir çalışma, düşük BA içeren ve hijyenik olarak uygun hammaddelerin kullanılmasının BA düzeylerini ve BA indeksini belirgin şekilde azalttığını göstermiştir. Buna karşın, amino-biyojenik kapasitenin suşa özgü olması, BA birikiminin tamamen engellenmesini güçleştirmektedir (Turna ve ark., 2024).

Tablo 1. Gıdalarda bulunan BA'lar için bildirilen eşik değerleri

Biyojen amin	Gıdadaki önerilen doz (mg/kg)	Sağlıklı bireylerde öğün başına toksik doz (mg)	Hassas ve sağlık durumu zayıflamış bireylerde öğün başına toksik doz (mg)
Histamin	100	>50	5 to 10
Tiramin	100-800	>600	>6
β -feniletilamin	30	Belirlenmemiş	Belirlenmemiş
Putresin Kadaverin Spermidin Triptamin Spermin	Belirlenmemiş	Belirlenmemiş	Belirlenmemiş

1.2. Biyojen aminlerin sağlık etkileri

BA'lar, sinir hücreleri arası iletim, kan basıncı, vücut ısısının düzenlenmesi, mide asidi salgısı, alerjik yanıtlar ve hücresel büyüme gibi birçok biyolojik süreçte kritik roller üstlenir. Ancak yüksek BA alımı, mide-bağırsak rahatsızlıkları, baş ağrısı, çarpıntı, kızarıklık, terleme, solunum

sıkıntısı ve hipertansiyon gibi çeşitli olumsuz sağlık etkilerine yol açabilir. Toksisite eşiği kişiden kişiye değişmekte olup alkol tüketimi, bireysel duyarlılık ve monoamin oksidaz inhibitörü ilaç kullanımı gibi faktörler bu farkı oluşturan belirleyici faktörlerdir. Amin metabolizmasında görevli enzimlerin kapasitesi aşıldığında veya inhibitörlerle baskılandığında histamin, tiramin ve feniletilamin gibi vasoaktif aminler gıda kaynaklı zehirlenmeye neden olabilir (Mah ve ark., 2019).

BA maruziyetinin değerlendirilmesinde yalnızca tek bir amin düzeyi değil, tüketilen gıda miktarı, gıdadaki diğer aminlerin varlığı, diğer kaynaklardan alınan BA'lar, alkol ve ilaç tüketimi birlikte dikkate alınmalıdır. BA'lar arasında histamin ve tiramin, en ciddi toksikolojik etkileri nedeniyle en önemli risk grubunu oluşturur. Histamin, özellikle yüksek histidin içeren balıkların uygunsuz sıcaklıklarda depolanması sonucu oluşur ve skombroid zehirlenmesine yol açar. Belirtiler birkaç saat içinde ortaya çıkar ve alerjik reaksiyonları taklit eder. Sağlıklı bireylerde 25–50 mg/öğün histamin genellikle tolere edilirken, histamin intoleransı olan kişilerde 5–10 mg bile ciddi reaksiyonlara neden olabilir. Alkol, histamin detoksifikasyonunu baskılayarak toksisiteyi artırabilir (Russo ve ark., 2016; Wojcik, ve ark., 2021).

Tiramin zehirlenmesi “peynir etkisi” olarak bilinir ve migren, taşikardi, hipertansiyon gibi belirtilerle seyreder. Monoamin Oksidaz İnhibitör (MAOI) ilaçları kullanan bireylerde tiramin-toksisite riski çok daha yüksektir; güvenli alım düzeyi klasik MAOI kullanıcılarında yalnızca 6 mg/öğündür. Feniletilamin ise migreni tetikleyebilir ve hassas bireylerde 3 mg gibi düşük bir dozda bile etkili olabilir. Gıdalarda BA'lar için bildirilen eşik değerleri Tablo 1’ de ifade edilmiştir (Barbieri ve ark., 2019; Durak-Dados ve ark., 2020).

Putresin ve kadaverin için kesin toksisite eşikleri belirlenememiştir (EFSA, 2011). Bu aminler tek başlarına ciddi toksisite göstermese de histamin ve tiraminin toksik etkilerini artırabilir. Avusturya’da yapılan bir çalışma, fermente gıdalar için putresin için 140–510 mg/kg, kadaverin için 430–1540 mg/kg tolerans aralığı önermiştir; ancak bu değerler sınırlı verilere dayanması nedeniyle belirsizlik taşımaktadır. Putresin ve kadaverin ayrıca gıda bozulmalarının önemli göstergeleridir ve özellikle et ve deniz ürünlerinde hoş olmayan tat ve koku oluşturarak tüketimi olumsuz etkiler (Rauscher-Gabernig ve ark., 2012; Leelasree ve ark., 2022).

1.3. Biyojen amin oluşumunu azaltma yolları

BA'lar toksik etkileri nedeniyle, gıdalardaki oluşumlarını kontrol etmek önemli bir zorluluktur. BA oluşumunu sınırlamak için seçilmiş starter kültürlerin kullanımı, uygun ambalajlama yöntemleri, yüksek hidrostatik basınç (HHP), ozonlama, ışınlama, sıcaklık kontrolü ve gıdalarda uçucu yağlar, fitobiyotikler veya organik asitlerin uygulanması gibi yöntemler kullanılmaktadır (Jairath ve ark., 2015; Nuñez ve ark., 2016).

BA seviyesini azaltmak ve dekarboksilasyon yeteneğine sahip mikroorganizmaları ortadan kaldırmak için, bu kapasiteye sahip olmayan starter kültürler ve probiyotik suşlar kullanılır. Bu suşlar özellikle fermente ve uzun olgunlaşan ürünlerde tercih edilir. Hem tekli suşlar hem de birkaç suşun sinerjistik etkisi kullanılabilir. Bunlar genellikle laktik asit bakterileridir: *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus* ve *Lactobacillus plantarum*. Ayrıca, BA'ları aldehit veya amonyağa oksitleme kapasitesine sahip suşlar da kullanılmaktadır; bunlar arasında *Micrococcus varians*, *Natrinema gari*, *Brevibacterium linens*, *Lactobacillus sakei* ve *Lactobacillus curvatus* yer alır. Ancak bazen aynı aileye ait bazı suşlar da dekarboksilasyon kapasitesi gösterebilir; bu durum BA seviyelerinin azaltılmasını etkilemez. Starter kültür için saf suş seçimi önemlidir. Ayrıca, starter kültür suşunun et üzerinde bulunan “vahşi” suşu kontrol edememesi de mümkündür; bu vahşi suş, aminoasitleri dekarboksile edebilme yeteneğine sahiptir (Jairath ve ark. 2015; Sarkadi, 2018).

Biyojenik aminlerin (BA'lar) oluşumunu sınırlamak ve ürün raf ömrünü uzatmak için et ürünlerinde farklı işleme ve koruma yöntemleri kullanılmaktadır. Ambalajlama yöntemleri, özellikle modifiye atmosfer ambalajlama (MAP), vakum ve aktif ambalajlama, oksijensiz ortam sağlayarak BA birikimini azaltır. MAP'da farklı gaz karışımları (CO₂, N₂, CO, Ar) kullanımı, özellikle hindi eti ve diğer kümes hayvanı ürünlerinde BA seviyelerini düşürmüştür. Yüksek hidrostatik basınç (HHP), mikroorganizma popülasyonunu azaltarak BA birikimini sınırlar ve ürünün duyuşal özelliklerini etkilemez. Yapılan bir çalışmada, 600 MPa basınç ve 960 saniye HHP uygulamasıyla tavuk ürünlerinde sınırlı BA seviyeleri sağlanmıştır (Borges ve ark., 2020). Ozonlama hem mikroorganizma inaktivasyonunu hem de pH, renk ve su tutma kapasitesi gibi fizikokimyasal özelliklerin iyileştirilmesini sağlayabilen bir metottur (Mercoglian, 2014; Ayranci ve ark., 2019). Işınlama ise özellikle UV ve gama ışını kullanılarak yüzey dekontaminasyonu sağlar ve

BA oluşumunu sınırlar. Doğru seçilmiş doz uygulandığında etin yapısı ve pH değerleri korunur (Min ve ark. 2007; Lázaro ve ark., 2014). Ayrıca, organik asitlerin (asetik, sitrik, laktik asit) BA oluşumunu engellerken etin yapısını değiştirmedeği bildirilmiştir (Fraqueza ve ark., 2012; Rodriguez ve ark., 2015).

Phytobiotikler ve uçucu yağlar da BA seviyelerini azaltmada etkilidir. Örneğin, aktif ambalajlama ile %4 biberiye yağı uygulanması, tavuk etinde putresin, kadaverin, feniletilamin ve histamin seviyelerini düşürmüştür. Diğer baharat ve bitkisel ekstraktlar (kurkumin, timol, piperin, sarımsak, kırmızı biber, tarçın, anason, rezene) fermente sosislerde BA seviyelerini azaltmada etkili olduğu ifade edilmiştir. Yayılan çalışmalar, özellikle cassia ve rezene ekstraktlarının bu konuda oldukça etkili olduğunu göstermiştir. (Sirocchi ve ark., 2013; Jia ve ark., 2020).

Bu çalışmalar, ambalajlama, basınç uygulamaları, ışınlama, ozonlama, organik asitler ve phytobiotiklerin kombinasyonunun, et ürünlerinde BA oluşumunu etkin şekilde kontrol edebileceğini göstermektedir.

2. NİTROZAMİNLER

Günlük hayatta birçok kaynaktan nitrozaminlere maruz kalabiliriz. Gıda kaynaklı nitrozaminler ise bunların en başında gelmektedir. Nitrit ve nitrat gıda proseslerinde çeşitli sebepler ile ihtiyaç duyulan katkı maddeleridirler. Bu ihtiyaç sebepleri ise özetle; gıda ürününün aroması, hijyeni, rengi, tekstürü ve lezzetidir. Bu önemli etkilerine rağmen insan sağlığı açısından taşıdığı riskler ise önemini korumaktadır. Bu durum nitrite ve nitratın gıda kattı maddesi olarak, özellikle et ve et ürünlerinde, daha az ve/veya hiç kullanılması veya alternatiflerinin bulunması konusunda çalışmalara sebep olmuştur (Ozbay ve ark., 2019).

Sodyum nitrit, birçok patojen bakterinin büyümesini etkili bir şekilde engelleyen bir inhibitördür. Et ürünlerinin korunmasında karakteristik renk ve lezzet kazandırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Nitritin, *Salmonella enterica serovar Typhimurium*, *Listeria* cinsleri ve *Clostridium botulinum* dâhil olmak üzere patojen bakterilere karşı bakteriyostatik ve bakterisidal etkileri bulunmaktadır. Türk Gıda Kodeksi'ne (2019) göre işlenmiş et ürünleri nitrit ve nitrat tuzları içerebilirler. Bunlar potasyum nitrat, potasyum nitrit, sodyum nitrat ve sodyum nitrittir. İşlenmiş et ürünlerinde nitrit tuzları en fazla 150 mg/kg düzeyinde ve nitrat tuzları ise 150–300 mg/kg aralığında

kullanılabilir. Türkiye’de işlenmiş et ürünlerinde kalıntı nitrit ve nitrat miktarlarını inceleyen bir çalışmada, sodyum nitrat miktarı en yüksek sucukta (116.9 mg/kg) bulunmuş, bunu sosis (88.1 mg/kg) ve salam (84.8 mg/kg) takip etmiştir. Bu ürünler arasında kalıntı sodyum nitrit miktarı ise en yüksek salamda (37.4 mg/kg), ardından sosis (35.3 mg/kg) ve sucukta (13.5 mg/kg) tespit edilmiştir (Kuyumcu ve Yurttagül, 2000) (Deveci ve Tek, 2023).

Gıdalarda bulunan başlıca nitrozaminler ise; NDMA (N-nitrozodimetilamin), NDEA (N-nitrozodietilamin), NDBA (N-nitrozodibütilamin), NPIP (N-nitrozopiperidin), NPYR (N-nitrozopirrolidin), NMOR (N-nitrozomorfolin), NDPhA (N-nitrozodifenilamin), NPRO (N-nitrozoprolin) ve NSAR (N-nitrozosarkosin)’ dir. Uluslararası kanser araştırmaları ajansı (IARC) tarafından yapılan kanserojenik sınıflandırmada NDMA ve NDEA Grup 2A (insanlar için muhtemelen kanserojen), NMEA, NDBA, NPIP, NPYR, NMOR ve NSAR ise Grup 2B (insanlar için olası kanserojen) olarak değerlendirilmiştir (Park ve ark., 2015).

2.1. Oluşumu azaltma yolları

Nitrit parçalandığında nitro asit oluşur ve bu asit ikinci tür aminlerle reaksiyona girerek nitrozaminleri meydana getirir. Oluşan nitrozaminler daha sonra hidroalkil bileşiklerine dönüşebilir. Bu bileşiklerden türeyen hidroksialkil karbonyum iyonları alkilasyona ve DNA mutasyonuna neden olabilir ve sonuç olarak karsinojene yol açabilir. Et ürünlerinde nitrozamin oluşumu; pişirme yöntemi, pişirme sıcaklığı ve süresi, kalıntı ve ilave nitrit miktarları, öncül maddelerin, katalizörlerin ve inhibitörlerin varlığı, ön işleme uygulamaları, tütsüleme işlemi ve depolama koşulları gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir (Gilani ve ark., 2023).

Yapılan bir çalışmada, nitritin pirinç nişastasıyla birlikte uygulanması, glisin, L-alanin, L-valin ve L-prolin gibi amino asitlerden nitrozamin oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir. Bu model sistemde nitrozamin miktarlarının artışı, oluşan bileşiklerin 100–170 °C arasında uçmasını engelleyen nişasta gibi koruyucu kolloidlerin varlığına bağlı olduğu ifade edilmiştir (Xie ve ark., 2023).

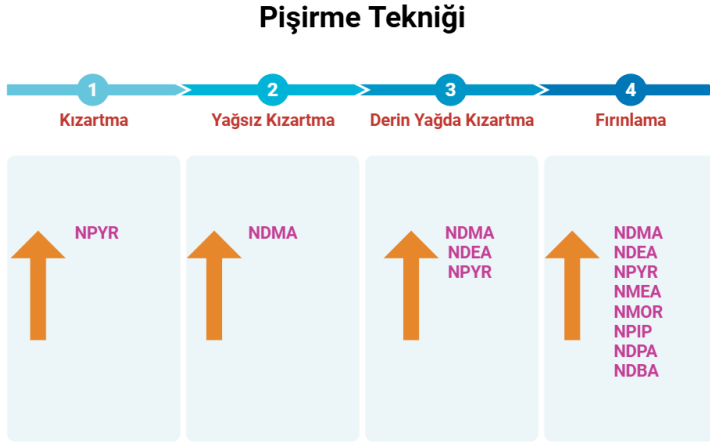
Kürleme tuzları, baharatlar, otlar ve bazı sebzeler de önemli nitrozamin ajanı kaynaklarıdır. Nitrit içermeyen, “temiz etiketli” et ürünlerinde dahi, nitrat açısından zengin bitki tozlarının kullanılması nitrozamin oluşumu için ek bir

kaynak oluşturmaktadır (Sindelar ve Milkowski, 2012). Ayrıca diğer katkı maddelerinin eklenmesi de et ürünlerinde nitrozamin oluşumunu teşvik edebilmektedir. Örneğin, emülgatör olarak kullanılan lesitin, nitrozamin oluşumuna yol açabilmektedir (Scotter and Castle, 2004).

Nitrozamin oluşumu; pişirme tekniği, ilave/kalıntı nitrit düzeyleri, öncül bileşik miktarları, dilim kalınlığı, askorbat veya α -tokoferol varlığı, ön işleme koşulları, nem içeriği ile nitrozasyon katalizörleri ve inhibitörleri gibi çok sayıda faktörden etkilenmektedir (Xie ve ark., 2023). Gıda ışınlaması, çeşitli model ve gerçek et ürünlerinde kalıntı nitrit ve uçucu nitrozamin düzeylerini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Bu etkinin paketleme koşullarına ve uygulanan doza bağlı olduğu ifade edilmiştir (Ahn ve ark., 2002). Askorbik asit/sodyum askorbat gibi antioksidanlar, nitrozamin oluşumunu engelleyen etkili inhibitörler olarak rapor edilmiştir. Birçok çalışmada sodyum askorbat ilavesi ile nitrozamin düzeylerinde azalmaya neden olduğu bulunmuştur (Özbay ve Şireli, 2002).

Pişirme sıcaklığı, süresi ve pişirme metodu nitrozamin oluşumunu etkileyen önemli faktörlerdendir (Şekil 2). Yüksek sıcaklıkta pişirme veya ızgara gibi kuru ısı işlemler nitrozamin oluşumunu sağlayan reaksiyonları hızlandırmaktadır. Pişirme yöntemi açısından özellikle kızartma (pan veya derin yağ) nitrozamin ve diğer uçucu nitrozaminlerin oluşumunu artırmaktadır. Buna karşın haşlama ve mikrodalga işlemlerinin etkisi genelde daha zayıf veya ihmal edilebilir (Li ve ark., 2012). Genel olarak işlem sıcaklığının etkisi, işlem süresine göre daha belirgin görünmektedir; yüksek sıcaklıklar (özellikle 60–100°C aralığında artışlar ve bazı çalışmalar için >130°C eşik etkileri raporları) nitrozamin oluşumunu hızlandırmaktadır. Ayrıca yağ içeriğinin yüksek olduğu derin yağda kızartma işlemleri, nitrozamin oluşumu açısından yüksek risk taşımaktadır. (Xie ve ark., 2023).

Depolama da nitrozamin oluşumuna etkili bir parametredir. Depolama süresi, sıcaklığı, paket malzemesi içeriği, paket atmosferi kompozisyonu nitrozamin oluşumunda kritik depolama parametreleridir. Uzun süreli depolama, uygun olmayan sıcaklık ve paket malzemesiyle bir araya geldiğinde nitritin daha kolay parçalanmasına neden olduğu için, nitrozamin oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Bunun yanı sıra ortamdaki oksijen miktarı ve ışık gibi anahtar parametrelerde nitrozamin oluşum reaksiyonunu pozitif yönde etkileyebilmektedir (Deveci ve Tek, 2023).

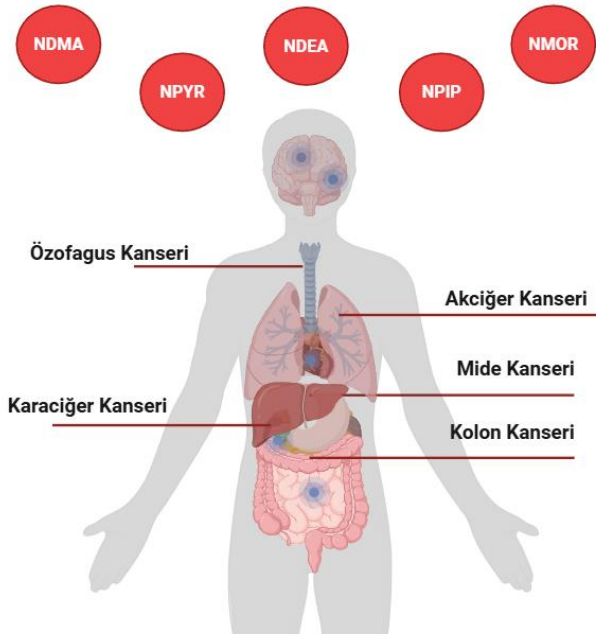


Şekil 2. Farklı piştirme tekniklerinin nitrozamin oluşumu üzerindeki etkileri

2.2. Nitrozaminin sağlık etkileri

Potasyum veya sodyum nitratin yaklaşık olarak 8-15 g tüketimi yetişkinlerde halsizlik, şiddetli karın ağrısı, gaita ve idrarda kan semptomları ile kendini göstermektedir. Nitritin ise nitrata kıyasla daha düşük dozlarda toksik etki gösterdiği belirlenmiştir. Nitrit ve nitratin katkı maddesi olarak kullanılmasından ziyade doğal olarak doğada bulunmaktadır. Bunlar toprak, su ve sebze yoluyla insan vücuduna taşınabilmektedir. Bu yollar ile alınan toksik maddelerin vücutta yaratabileceği zararlar, günlük yeterli miktarda C vitamini ile önlenabilmektedir. Yeterli C vitamini intragastrik nitrozamin prosesini inhibe edebilme özelliğine sahiptir (Ozbay ve ark., 2019).

Nitrozaminler güçlü tümör yapılarının oluşumunda risk faktörü olarak görülmektedir (Şekil 3). Yapılan hayvan deneyi çalışmaları, karsinojenik açıdan nitrozaminlerin yüksek risk taşıdığı ve hatta plasenta/anne sütü yoluyla bebeklerde tümör oluşumuna neden olduğunu göstermiştir. Birçok çalışma sonucu araştırmacılar kırmızı ve işlenmiş et tüketimi ve belirli kanser türleri arasında bir ilişki olduğunu ifade etmişlerdir. Bunlar özellikle; özellikle kolorektal kanseri, mide kanseri ve pankreas kanseridir. Ayrıca nitrozaminler kardiyovasküler hastalıklar ve diğer ölüm nedenleriyle de ilişkilendirilmektedir. Bunun yanı sıra, kırmızı et tüketiminin işlenmiş kırmızı et tüketimine kıyasla daha sağlıklı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2. Nitrozaminler ve ilişkili kanserler

Nitrozaminler prokarsinojen olarak da adlandırılmaktadır. Prokarsinojen, doğrudan kanser yapıcı (karsinojen) olmayan ancak vücutta metabolik aktivasyon geçirerek karsinojenik forma dönüşen kimyasal maddeleri ifade eder. Bu aktivasyon işlemi sitokrom P450 enzimleri yardımı ile olur. Nitröz grubuna komşu olan (α) karbonun hidroksillenmesi bu süreçte önemli bir basamaktır. Hidroksilasyon işleminden sonra N-nitrozopiperidin (NPIP), oksonyum, diazonyum ve diazohidroksit olmak üzere üç iyon oluşturur. Bunlar ise oldukça kararsız formlardır. Karsinojenik gruplar arasında nitrozaminler oldukça basit yapıdadırlar. Buna rağmen vücutta birçok organ üzerine olumsuz etki edebilmektedirler. Nitrozaminler DNA ile reaksiyona girerek genetik toksiteye neden olurlar. Bu süreçte DNA'nın normal replikasyon periyodunu olumsuz etkilerler. Dolayısıyla DNA da hasara neden olurlar. DNA hasarı ise zamanında onarılmaz ise, hasarlı DNA replikasyon sırasında çoğalır ve tümör veya kanser oluşumu ile neticelenir. Literatürde yaklaşık olarak 300'den fazla bilinen nitrozamin bileşiği üzerine çalışma yapılmış bulunmaktadır. Bu çalışmaların 90%'ından fazlasının nitrozaminlerin yüksek karsinojenik etki gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca,

NMEA, NDEA ve NDMA'nın diğer nitrozaminlerle kıyaslandığında çok daha yüksek oranda karsinogenik etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir.

3. MİKOTOKSİNLER

Mikotoksinler hayvanlar ve insanlar üzerinde önemli toksik ve farmakolojik etkilere sahip heterojenik gruplardır. Mikotoksinler küfler tarafından üretilirler. Bunlar ikincil metabolitler olarak adlandırılıp, insan sağlığı üzerine toksik etkileri bulunmaktadır. Mikotoksinlerin başlıcaları; kanserojenik, nörotoksisite, teratojenik, immünotoksite, nefrotoksisite, üreme ve gelişim toksisitesi, hepatotoksisite ile gastrointestinal sorunlara neden olmaktadır. Mikotoksin varlığı et ürünlerinde önemli bir sorun olarak görülmektedir. Mikotoksinler, işlenmiş etlerde özellikle olgunlaşma sürecinde toksik küflerin üremesi sonucu oluşmaktadır. Mikotoksin kaynağı olarak her ne kadar et olgunlaşma prosesi ile oluşan küfler görülse de ete eklenen baharatlar ve ette bulunan kalıntılarda birer kontaminasyon kaynağı olarak görülmektedirler. Mikotoksinler, olgunlaşma prosesi ile üretilen et ve et ürünleri için önemli bir kalite parametresidir (Andrade ve ark., 2025).

Etin fermentasyon prosesi mikotoksin üretebilen mikroorganizmaların gelişimine elverişli bir ortamdır. Fermente et ürünlerindeki tuz oranı (%3–9), proses sırasında uygulanan sıcaklıklar (12–25°C) ve düşük su aktivitesi (0.80–0.95) gibi faktörler küf gelişimini engelleyebilir. Fermente et ürünlerinin yüzeyinde küf tespiti mikotoksin varlığının kesin kanıtı değildir. Bir küfün mikotoksin üretebilmesi için uygun koşulların bulunması gerekmektedir. Bunlardan başlıcaları: olgunlaşma sırasında uygulanan sıcaklık, biyosentez için gerekli ve yeterli bileşiklerin bulunması ve ürünün yüzey kısmındaki su aktivitesi oranıdır (Zadravec ve ark., 2020; Pleadin ve ark., 2021).

Aspergillus, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Claviceps*, *Phoma*, *Pithomyces*, *Stachybotrys* ve *Diplodia* mikotoksin üretebilen küf cinsleridir. Bunlardan öne çıkanlar ise *Penicillium*, *Aspergillus* ve *Fusarium*'dır. Fermente et ürünlerinde yüzeyde mikotoksin üretebilen en yaygın küf çeşitleri ve bunların oluşum mekanizması sırasındaki optimum koşulları aşağıdaki Tablo 2'de ayrıntıları ile ifade edilmiştir.

Et ürünlerinde bulunan başlıca mikotoksinler: okratoksin A (OTA), aflatoksin B₁ (AFB₁), siklopiazonik asit (CPA) ve sitrinin (CIT)' dir. Bunlardan okratoksin A (OTA) kürlenmiş et ürünlerinde başlıca bulunan mikotoksin

çeşitlidir. Siklopiazonik asit (CPA), sitrinin (CIT) ve aflatoksin B₁ (AFB₁ ise okratoksin A (OTA)’ ya kıyasla daha seyrek ve daha düşük konsantrasyonlarda tespit edilmektedir (Pleadin ve ark., 2015; Zadavec ve ark., 2020).

Tablo 2. Fermente Etlerde Mikotoksin Oluşum Koşulları (Pleadin ve ark., 2021)

Küf türleri	Mikotoksinler	Su aktivitesi aralığı	Sıcaklık (C°)
<i>Aspergillus flavus</i>	AFB ₁	≥ 0.84 ; ≥ 0.80	12–35
<i>Aspergillus parasiticus</i>	AFB ₁	≥ 0.84	12–35
<i>Aspergillus ochraceus</i>	OTA	≥ 0.87	12–35
<i>Penicillium verrucosum</i>	OTA	≥ 0.85	2-34
<i>Penicillium nordicum</i>	OTA		15–30
<i>Penicillium commune</i>	CPA	≥ 0.90	12–30

3.1. Mikotoksinlerin oluşumu ve azaltılması

Fermente et ürünlerinin proses aşamaları mikotoksin oluşumuna uygun bir ortamdır. Bu ürünlerdeki mikotoksin varlığı özellikle *Penicillium* ve *Aspergillus* türleri ile ilişkilendirilmektedir. Mikotoksin oluşumunu üretim sırasındaki sıcaklık, ürün için kullanılan hammaddeler, üretimin hijyen koşulları, nem ve depolama sıcaklığı etkilemektedir. Fermente et ürünlerinde en çok tespit edilen mikotoksinler OTA ve AFB₁’dir. Bunlardan OTA fermente et ürünleri için büyük bir risk kaynağı olarak görülmektedir. Bunun nedeni ise OTA üretiminden sorumlu olan mikroorganizmalardan *Penicillium nordicum* ve *Penicillium verrucosum*’un düşük su aktivitesine rağmen ürün yüzeyinde üreyebilme kabiliyetidir (Sánchez-Montero ve ark., 2019). Fermente et ürünlerinin olgunlaşması sırasında düşük su aktivesi ve düşük pH küf oluşumunu engelleyebilmektedir. Ancak, depolama da uygulanan nem ve sıcaklıklar kontamine olmuş yüzeylerde küf oluşumunu destekler (Pleadin ve ark., 2021).

OTA fermente et ürünlerinde en sık tespit edilen mikotoksindir. Hırvatistan’da kuru fermente et ürünlerinde tespit edilen OTA oranı %6.7–64.4 iken bu oran İtalya’da %10–100 olarak belirlenmiştir. Farklı ülkelerde farklı fermente et ürünlerinde tespit edilen OTA değerleri ise çok farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar üretim koşulları, bölgesel iklim farkları ve farklı küf türlerinden kaynaklanmaktadır. CIT, AFB₁, CPA ve STC gibi mikotoksinler OTA’ ya oranla daha az tespit edilmiştir (Ostry ve ark., 2018).

AFB1 oldukça toksik bir mikotoksin çeşididir ve karaciğer kanseriyle ilişkilendirilmiştir. STC ise AFB1 gibi toksik bir mikotoksin çeşididir. CIT ise karaciğer ve böbrek toksisitesi bilinse de düşük seviyelerde bulunması nedeniyle önemli bir risk oluşturmadığı düşünülmektedir (IARC, 2016). Mikotoksinler her ne kadar fermente et ürünlerinin yüzeyinde oluşsa da ürün içine geçebilir. Küf tabakasının ürünün yüzeyinden uzaklaştırılması veya ürünün yüzey kısmının ince bir tabaka olarak ayrılması kesin bir çözüm önerisi olarak görülmemelidir (Cebiran ve ark., 2022).

Fermente et ürünlerindeki mikotoksin kontaminasyonunda baharatlar ve et temel kaynaklardır. Baharatlar genellikle tropik bölgelerden ithal edilirler. Bu bölgelerdeki iklim koşulları (yüksek sıcaklık ve nem) ise küf oluşumuna oldukça elverişlidir. Baharatlarda en yaygın olarak tespit edilen küfler *Penicillium* ve *Aspergillus* türleridir (Mandeel, 2005; Farghaly, 2006; Bokhari, 2007; Kocic-Tanackov ve ark., 2007; Hashem ve Alamri, 2010). Yem ve tahıllarda mikotoksin kaynağı olarak bilinmektedir. Küf ile kontamine olmuş yem ile beslenen hayvanların vücuduna mikotoksinler geçmektedir (Völkel ve ark., 2011). Literatürde yapılan araştırmalar, mikotoksin içeren yemlerle beslenen hayvanlardan elde edilen etlerle üretilen fermente ürünlerin de mikotoksin içerebileceğini göstermiştir (Pleadin ve ark., 2013; Perši ve ark., 2014). Bu olay ise literatürde ‘carry over’ olarak ifade edilmektedir. Carry over insan sağlığı açısından tehlikeli maddelerin yemden hayvanlara ve hayvanlardan ise hayvansal gıda ürünlerine geçişidir.

Mikotoksinlerin fermente et ürünlerinde oluşumunun kontrolü ve tespiti kadar, bu toksinlerin oluşumunu önlemek de büyük önem taşımaktadır. Fermente et ürünleri üretim sürecindeki her aşamanın kontrollü ve standartlara uygun olarak yürütülmesi, olası mikotoksin oluşumunu önleyici veya azaltıcı bir etki göstermektedir. Bunun yanı sıra, bir diğer kritik unsur, hammadde kaynaklı ve mikotoksin üretebilen küflerin etkin bir şekilde kontrolüdür (Toldrá, 1998; Ockerman ve ark., 2000).

Fermente et ürünlerinde, yüzey altındaki tabakanın su aktivite değeri de mikotoksin oluşumunu etkilemektedir. Su aktivitesi değerinin kontrolü, kurutma ve olgunlaştırma sırasında uygulanan sıcaklık ile depolama sıcaklığının doğru ve kontrollü bir şekilde ayarlanması, mikotoksin oluşumunun önlenmesinde kritik öneme sahiptir. Yapılan çalışmalarda 0.99, 0.97 ve 0.95 su aktivitesi koşullarında tespit edilen mikotoksin düzeylerinin

birbirinden farklı olduğu ve en yüksek mikotoksin miktarının 0.99 su aktivitesi koşulunda belirlendiği rapor edilmiştir (Asefa ve ark., 2011). Bu sonuçlar ise su aktivite değerinin mikotoksin oluşumuna ne kadar etki ettiğinin kanıtıdır.

Fermente et üretiminde fırçalama veya yıkama yüzeyde oluşan küflerin uzaklaştırılması için uygulanan yöntemlerdir. Üreticiler genellikle yüzeyde oluşan küfü yıkayarak uzaklaştırırlar. Yapılan çalışmalarda, fırçalama ve yıkama yöntemleri ile yüzeydeki küflerin uzaklaştırıldığı ürünlerde ölçülen OTA miktarının, kullanılan analitik yöntemin tespit limitinin altında olduğu saptanmıştır (Iacumin ve ark., 2009).

Fermente et üretiminde kurutma ve olgunlaştırma proseslerinde uygulanan hava akışının yeterli ve ürünler arasında dengeli olması da küf oluşumunu etkileyen önemli bir kriterdir. Ürünler arasındaki mesafe dengeli hava akışını sağlayacak şekilde olmalıdır. Ayrıca, olgunlaştırma odalarında kullanılan hava filtrelerinin de düzenli olarak standartlara uygun şekilde temizlenmesi gerekmektedir. Olgunlaşma ve depolama odalarında kullanılan yüzey ve kaplamalarda fungisidal malzemelerin kullanılması mikotoksin oluşumunu engelleyemek için kullanılan yöntemlerden biridir (Kovacevic, 2014).

3.2. Mikotoksinlerin sağlık üzerine etkileri

Fermente etlerle vücuda alınan mikotoksinler çeşitlilik göstermektedir. Bunlardan en çok bilinenler aflatoksinler ve okratoksinlerdir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından mikotoksinlerden bazıları insan sağlığı açısından karsinojenik olarak açıklanmıştır. Bunun yanı sıra bilinen mikotoksinler toksik aktivitelere göre üç gruba ayrılırlar: (1) muatjenik, (2) karsinojenik ve (3) teratojeniktir. Ayrıca, doğal olarak oluşan aflatoksinler insan karsinojeni (Grup 1) olarak sınıflandırılırken; okratoksinler ve fumonisinler olası insan karsinojeni (Grup 2B) olarak, trikotesenler ve zearalenon ise insan karsinojeni olarak tanınmamaktadır (Grup 3) (Omotayo ve ark., 2019).

Bazı mikotoksinlerin ise bağışıklık sistemini baskılayıcı etkisi bulunmaktadır. Mikotoksinlerin insan sağlığı üzerindeki etkisi cinsiyet, beslenme durumu, yaş, enfeksiyonlara maruziyet, kilo, maruz kalınan toksin miktarı ve diğer mikotoksinler veya farmakolojik olarak aktif maddelerin varlığı gibi faktörlerden etkilenebilir. Örneğin, insanlarda mikotoksin maruziyetinin hızı, bir bebekte veya genç bir bireyde yetişkine göre daha kritik

sonuçlara sebep olabilir. Ayrıca tüketilen mikotoksin miktarı, toksisitenin şiddetini belirleyen önemli bir faktördür. Bununla birlikte, alkol kullanımı, düşük kalorili beslenme, vitamin eksikliği veya eşlik eden farklı hastalıklar mikotoksin zehirlenmesinin etkilerini artırabilir (Zain, 2011).

Son 30 yılda yapılan çalışmalar, mikotoksinlerin hem insanlar hem de hayvanlarda sağlık sorunlarına neden olduğunu göstermektedir. Geçen binyılda Avrupa’da yaşanan ergotizm salgınının yüz binlerce insanın ölümüne neden olduğu bilinmektedir. Mikotoksinlerin neden olduğu alimentary toxic aleukia salgını ise 1942–1948 yılları arasında yaklaşık yüz bin Rus’un ölümüne neden olmuştur (John ve Miller, 2017). Bu toksinlerin diğer etkileri ise: karın ağrısı, ishal, kusma, baş ağrısı ve bazı gastrointestinal rahatsızlıklardır (Wen ve ark., 2014; John ve Miller, 2017).

4. SONUÇ

Fermente et ürünleri, et kategorisinde sıkça tüketilen gıda maddeleridir. Beslenmede önemli bir yeri olan bu ürünlerin güvenliği de oldukça hassas bir konudur. Ancak, bu ürünlerin üretimi ve fermentasyon sırasında oluşabilen ve insan sağlığını tehdit edebilen kimyasal tehlikelerin varlığı da üreticiler, tüketiciler ve bu konuda araştırma yapan bilim insanları tarafından bilinmekte ve araştırılmaktadır. Bunların başlıcaları bu bölümde ayrıntılarıyla incelenmiştir.

Nitrozaminler, biyogen aminler ve mikotoksiler bu konuda önde gelen kimyasal tehlikelerdir. Bunların oluşumu kullanılan starter kültür türü, üretim ve depolama koşulları, ekipman hijyeni, üretim teknikleri, ham madde özellikleri, ambalaj içi atmosferik kompozisyon ve depolama sıcaklığı gibi çok sayıda faktörün etkileşimine bağlı olarak değişmektedir. Bu parametrelerin kontrolü veya kontrolsüzlüğü, bu maddelerin oluşum hızını ve miktarını etkileyen faktörlerdir.

Bu konu ile ilgili literatürde bulunan çalışmalar, kontamine hammadde kaynaklı oluşumların oradan kaldırılmasının mümkün olmadığını belirtmektedir. Ancak bu oluşumlar hedefe yönelik kontrol stratejileri ve süreç optimizasyonu ile güvenli seviyelerde tutulabilir. Gelişen teknolojinin katkısı ve yeni uygulamalar ile (yüksek basınç, ısınlama, UV uygulamaları, modifiye atmosfer paketlenme, organik asitler, rekabetçi mikrofloraya dayalı kültür kullanımı, antioksidanlar) fermente et ürünlerinde oluşabilecek kimyasal

tehlikeler azaltılabilmekte veya kontrol altında tutulabilmektedir. Bu uygulamalar ile istenilen hedefe ulaşılabilirken duysal ve mikrobiyolojik kalite de kontrol altında tutulmaktadır.

Dolayısıyla, fermente et ürünlerinde söz konusu olan bu üç tehlikeli kimyasal oluşumun etkili bir şekilde kontrolü için üretici ve işletmecilerin risk yönetimi konusunda sistematik biçimde eğitilmesi, proseslerin bilimsel temelli standardizasyonunun sağlanması, analitik izleme ve doğrulama sıklığının artırılarak daha hassas ve kapsamlı bir gözetim mekanizmasının oluşturulması ve mevcut düzenleyici çerçevenin güncel araştırma bulgularına uyumlu bir biçimde sistematik olarak revize edilmesi gerekmektedir. Kanıta dayalı ve bütüncül yaklaşım, gıda güvenliği yönetim mekanizmasının etkinliğini artırmasının yanı sıra, halk sağlığının uzun vadede sürdürülebilir şekilde korunmasına stratejik düzeyde katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Ahn, H.-J., Jo, C., Kim, J.-H., Chung, Y.-J., Lee, C.-H., & Byun, M.-W. (2002). Monitoring of nitrite and N-nitrosamine levels in irradiated pork sausage. *Journal of Food Protection*, 65(9), 1493–1497. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-65.9.1493>.
- Andrade, M. J., Peromingo, B., Delgado, J., Rodríguez, M., Núñez, F., & Córdoba, J. J. (2025). *Mycotoxins in meat products*. *Meat Science*, 227, 109850. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2025.109850>.
- Asefa, D. T., Kure, C. F., Gjerde, R. O., Langsrud, S., Omer, M. K., Nesbakken, T., & Skaar, I. (2011). A HACCP plan for mycotoxigenic hazards associated with dry-cured meat production processes. *Food Control*, 22(5), 831–837. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.12.020>.
- Ayranci, U. G., Ozunlu, O., Ergezer, H., & Karaca, H. (2019). Effects of ozone treatment on microbiological quality and physicochemical properties of turkey breast meat. *Ozone: Science & Engineering*, 42, 95–103. <https://doi.org/10.1080/01919512.2019.1653168>.
- Bailly, J. D., Tabuc, C., & Querin, a, & Guerre, P. (2005). Production and stability of patulin, ochratoxin A, citrinin, and cyclopiazonic acid on dry cured ham. *Journal of Food Protection*, 68(7), 1516–1520.
- Barbieri, F., Montanari, C., Gardini, F., & Tabanelli, G. (2019). Biogenic amine production by lactic acid bacteria: A review. *Foods*, 8(1), 17. <https://doi.org/10.3390/foods8010017>.
- Bokhari, F. M. (2007). Spices mycobiota and mycotoxins available in Saudi Arabia and their abilities to inhibit growth of some toxigenic fungi. *Mycopathologia Journal*, 35, 47–53.
- Borges, A. F., Cózar, A., Patarata, L., Gama, L. T., Alfaia, C. M., Fernandes, M. J., Pérez, H. V., & Fraqueza, M. J. (2020). Effect of high hydrostatic pressure challenge on biogenic amines, microbiota, and sensory profile in traditional poultry- and pork-based semidried fermented sausage. *Journal of Food Science*, 85, 1256–1264. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15101>.
- Capozzi, V., Fragasso, M., Romaniello, R., Berbegal, C., Russo, P., & Spano, G. (2017). Spontaneous food fermentations and potential risks for human

- health. *Fermentation*, 3(4), 49.
<https://doi.org/10.3390/fermentation3040049>
- Cebzan, E., Núñez, F., Alvarez, M., Roncero, E., & Rodríguez, M. (2022). Biocontrol of ochratoxigenic *Penicillium nordicum* in dry-cured fermented sausages by *Debaryomyces hansenii* and *Staphylococcus xylosus*. *International Journal of Food Microbiology*, 375, 109744. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109744>.
- Dabadé, D. S., Jacxsens, L., Miclotte, L., Abatih, E., Devlieghere, F., & De Meulenaer, B. (2021). Survey of multiple biogenic amines and correlation to microbiological quality and free amino acids in foods. *Food Control*, 120, 107497.
- De Vuyst, L., & Leroy, F. (2020). Functional role of yeasts, lactic acid bacteria and acetic acid bacteria in cocoa fermentation processes. *FEMS Microbiology Reviews*, 44(3), 432–453. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuaa014>.
- Deveci, G., & Acar Tek, N. (2024). N-Nitrosamines: A potential hazard in processed meat products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104, 2551–2560. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13102>.
- Durak-Dados, A., Michalski, M., & Osek, J. (2020). Histamine and other biogenic amines in food. *Journal of Veterinary Research*, 64(2), 281–288. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2020-0029>
- EFSA. (2011). Scientific opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. *EFSA Journal*, 9(10), 2393. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2393>.
- Erdağ, D., Merhan, O., & Yıldız, B. (2019). Biochemical and pharmacological properties of biogenic amines. In C. Proestos (Ed.), *Biogenic amines* (pp. 1–14). IntechOpen.
- Feddem, V., Mazzuco, H., Fonseca, F. N., & de Lima, G. J. M. M. (2019). A review on biogenic amines in food and feed: Toxicological aspects, impact on health and control measures. *Animal Production Science*, 59(4), 608–618.
- Farghaly, R. M. (2006). Occurrence and significance of moulds and their mycotoxins in spices as meat additives. *Benha Veterinary Medical Journal*, 17, 35–46.

- Fraqueza, M. J., Alfaia, C. M., & Barreto, A. S. (2012). *Biogenic amine formation in turkey meat under modified atmosphere packaging with extended shelf life: Index of freshness*. *Poultry Science*, 91, 1465–1472. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01577>.
- Gardini, F., Özogul, Y., Suzzi, G., Tabanelli, G., & Özogul, F. (2016). *Technological factors affecting biogenic amine content in foods: A review*. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1218. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01218>.
- Hashem, M., & Alamri, S. (2010). Contamination of common spices in Saudi Arabia markets with potential mycotoxin-producing fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 17(2), 167–175. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.02.011>.
- Iacumin, L., Chiesa, L., Boscolo, D., Manzano, M., Cantoni, C., Orlić, S., & Comi, G. (2009). Moulds and ochratoxin A on surfaces of artisanal and industrial dry sausages. *Food Microbiology*, 26(1), 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2008.08.003>.
- Jairath, G., Singh, P. K., Dabur, R. S., Rani, M., & Chaudhari, M. (2015). Biogenic amines in meat and meat products and its public health significance: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 6835–6846. DOI 10.1007/s13197-015-1860-x.
- Jia, W., Zhang, R., Shi, L., Zhang, F., Chang, J., & Chu, X. (2020). Effects of spices on the formation of biogenic amines during the fermentation of dry fermented mutton sausage. *Food Chemistry*, 321, 126723. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126723>.
- John, I. P., & Miller, J. D. (2017). A concise history of mycotoxin research. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(30), 7021–7033. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02864>.
- Kocić-Tanackov, S. D., Dimić, G. R., & Karalić, D. (2007). Contamination of spices with moulds potential producers of sterigmatocystine. *Acta Periodica Technologica*, 38, 29–35. <https://doi.org/10.2298/APT0738029K>.
- Kovacevic, D. (2014). Tehnologija kulena i drugih fermentiranih kobasica. Osijek, Hrvatska: Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.

- Kuyumcu, A., & Yurttagül, M. (2000). Ankara piyasasında satılan salam, sucuk ve sosislerin nem, yağ, tuz, kül ve kalıntı nitrat, nitrit miktarlarının tayini üzerine bir araştırma. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 29, 14–24.
- Lázaro, C. A., Conte-Junior, C., Monteiro, M. L. G., Canto, A. C. V. S., Costa-Lima, B. R. C., Mano, S. B., & Franco, R. M. (2014). Effects of ultraviolet light on biogenic amines and other quality indicators of chicken meat during refrigerated storage. *Poultry Science*, 93, 2304–2313. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03642>.
- Leelasree, T., & Aggarwal, H. (2022). MOF sensors for food safety: Ultralow detection of putrescine and cadaverine in protein-rich foods. *Journal of Materials Chemistry C*, 10(6), 2121–2127. <https://doi.org/10.1039/D1TC05422H>
- Li, L., Wang, P., Xu, X., & Zhou, G. (2012). Influence of various cooking methods on the concentrations of volatile N-nitrosamines and biogenic amines in dry-cured sausages. *Journal of Food Science*, 77(5), C560–C565. doi: 10.1111/j.1750-3841.2012.02667.x.
- Mah, J.-H., Park, Y., Jin, Y., Lee, J.-H., & Hwang, H.-J. (2019). Bacterial production and control of biogenic amines in Asian fermented soybean foods. *Foods*, 8(2), 85. <https://doi.org/10.3390/foods8020085>
- Mandeel, Q. A. (2005). Fungal contamination of some imported spices. *Mycopathologia*, 159(2), 291–298. <https://doi.org/10.1007/s11046-004-2222-6>.
- Mercogliano, R. (2014). Ozone decontamination of poultry meat and biogenic amines as quality index. *Journal of Food Processing & Technology*, 5, 1–5.
- Min, J. S., Lee, S. O., Jang, A., Jo, C., & Lee, M. (2007). Control of microorganisms and reduction of biogenic amines in chicken breast and thigh by irradiation and organic acids. *Poultry Science*, 86, 2034–2041. <https://doi.org/10.1093/ps/86.9.2034>.
- Niyigaba, T., Küçükgoz, K., Kołozyn-Krajewska, D., Królikowski, T., & Trzaskowska, M. (2025). Advances in fermentation technology: A focus on health and safety. *Applied Sciences*, 15(6), 3001. <https://doi.org/10.3390/app15063001>.
- Núñez, F., Lara, M. S., Peromingo, B., Delgado, J., S´anchez-Montero, L., & Andrade, M. J. (2015). Selection and evaluation of *Debaryomyces*

- hansenii isolates as potential bioprotective agents against toxigenic penicillia in dry-fermented sausages. *Food Microbiology*, 46, 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.07.019>.
- Núñez, M., del Olmo, A., & Calzada, J. (2016). Biogenic amines. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 416–423). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00070-2>.
- Ockerman, H. W., Céspedes Sánchez, F. J., & León Crespo, F. (2000). Influence of molds on flavor quality of Spanish ham. *Journal of Muscle Foods*, 11(3), 247–259. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2000.tb00248.x>.
- Omotayo, O. P., Omotayo, A. O., Mwanza, M., & Babalola, O. O. (2019). Prevalence of mycotoxins and their consequences on human health. *Toxicological Research*, 35(1), 1–7. <https://doi.org/10.5487/TR.2019.35.1.001>.
- Ostry, V., Toman, J., Grosse, Y., & Malir, F. (2018). Cyclopiazonic acid: 50 th anniversary of its discovery. *World Mycotoxin Journal*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.3920/WMJ2017.2243>.
- ICAR, (International Agency for Research on Cancer). (2016). Agents Classified by the IARC Monographs.
- Ozbay, S., Sireli, U. T., & Filazi, A. (2019). Nitrosamines, their chemistries and effects on health. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(4), Article 13. <https://doi.org/10.7176/JSTR/5-4-13>.
- Papageorgiou, M., Lambropoulou, D., Morrison, C., Kłodzińska, E., Namieśnik, J., & Płotka-Wasyłka, J. (2018). Literature update of analytical methods for biogenic amines determination in food and beverages. *Trends in Analytical Chemistry*, 98, 128–142.
- Park, J., Seo, J., Lee, J., & Kwon, H. (2015). Distribution of seven N-nitrosamines in food. *Toxicological Research*, 31(3), 279–288. <http://dx.doi.org/10.5487/TR.2015.31.3.279>.
- Perši, N., Pleadin, J., Kovačević, D., Scortichini, G., & Milone, S. (2014). Ochratoxin A in raw materials and cooked meat products made from OTA-treated pigs. *Meat Science*, 96(1), 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.020>.

- Pleadin, J., Perši, N., Kovačević, D., Vahčić, N., Scortichini, G., & Milone, S. (2013). Ochratoxin A in traditional dry-cured meat products produced from subchronic-exposed pigs. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30(10), 1827–1836. <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.829248>.
- Pleadin, J., Staver, M. M., Vahcic, N., Kovacevic, D., Milone, S., Saftic, L., & Scortichini, G. (2015). Survey of aflatoxin B 1 and ochratoxin A occurrence in traditional meat products coming from Croatian households and markets. *Food Control*, 52, 71–77. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.12.027>
- Pleadin, J., Lesic, T., Milicevic, D., Markov, K., Sarkanj, B., Vahci' c, N., Kmetec, I., & Zadavec, M. (2021). Pathways of mycotoxin occurrence in meat products: A review. *Processes*, 9(12), 2122. <https://doi.org/10.3390/pr9122122>.
- Rauscher-Gabernig, E., Gabernig, R., Brueller, W., Grossgut, R., Bauer, F., & Paulsen, P. (2012). Dietary exposure assessment of putrescine and cadaverine and derivation of tolerable levels in selected foods consumed in Austria. *European Food Research and Technology*, 235(2), 209–220. <https://doi.org/10.1007/s00217-012-1748-1>.
- Rodriguez, M., Conte-Junior, C., Carneiro, C., Lázaro, C., Mano, S., & Conte-Junior, C. (2015). Biogenic amines as a quality index in shredded cooked chicken breast fillet stored under refrigeration and modified atmosphere. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 2043–2048. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12447>.
- Ruiz-Capillas, C., & Herrero, A. (2019). Impact of biogenic amines on food quality and safety. *Foods*, 8(2), 62. <https://doi.org/10.3390/foods8020062>
- Russo, P., Capozzi, V., Spano, G., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., & Bevilacqua, A. (2016). Metabolites of microbial origin with an impact on health: Ochratoxin A and biogenic amines. *Frontiers in Microbiology*, 7, 482. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00482>
- Sánchez-Montero, L., Córdoba, J. J., Peromingo, B., Álvarez, M., & Núñez, F. (2019). Effects of environmental conditions and substrate on growth and ochratoxin A production by *Penicillium verrucosum* and *Penicillium nordicum*: Relative risk assessment of OTA in dry-cured meat products.

- Food Research International*, 119, 498–504.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.025>.
- Sarkadi, L. S. (2018). Amino acids and biogenic amines as food quality factors. *Pure and Applied Chemistry*, 90(9), 289–300.
<https://doi.org/10.1515/pac-2018-0709>.
- Scotter, M. J., & Castle, L. (2004). Chemical interactions between additives in foodstuffs: A review. *Food Additives and Contaminants*, 21(2), 93–124.
- Shavali Gilani, P., Fesahat, M., & Shariatifar, N. (2023). Nitrosamine in meat and meat products: A review. *Journal of Food Safety and Hygiene*, 9(4), 217–226.
- Sindelar, J. J., & Milkowski, A. L. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric Oxide: Biology and Chemistry*, 26(4), 259–266.
- Sirocchi, V., Caprioli, G., Cecchini, C., Coman, M. M., Cresci, A., Maggi, F., Papa, F., Ricciutelli, M., Vittori, S., & Sagratini, G. (2013). Biogenic amines as freshness index of meat wrapped in a new active packaging system formulated with essential oils of *Rosmarinus officinalis*. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64, 921–928.
<https://doi.org/10.3109/09637486.2013.809706>.
- Skowron, K., Budzyńska, A., Grudlewska-Buda, K., Wiktorczyk-Kapischke, N., Andrzejewska, M., Wałęcka-Zacharska, E., & Gospodarek-Komkowska, E. (2022). Two faces of fermented foods—The benefits and threats of its consumption. *Frontiers in Food Microbiology*, 13, 845166. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.845166>.
- Tofalo, R., Perpetuini, G., Schirone, M., & Suzzi, G. (2016). Biogenic amines: Toxicology and health effect. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 424–429). Elsevier.
- Toldrá, F. (1998). Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry cured meat products. *Meat Science*, 49(S1), 101–110.
[https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00099-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00099-3).
- Turna, N. S., Chung, R., & McIntyre, L. (2024). A review of biogenic amines in fermented foods: Occurrence and health effects. *Heliyon*, 10(2), e24501. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24501>
- TürkGıdaKodeksi, (2019). Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği. Wen, J., Kong, W., Hu, Y., Wang, J., & Yang, M. (2014). Multi-

- mycotoxins analysis in ginger and related products by UHPLC-FLR detection and LC-MS/MS confirmation. *Food Control*, 43, 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.02.020>.
- Wojcik, W., Łukasiewicz, M., & Puppel, K. (2021). Biogenic amines: Formation, action and toxicity – A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(7), 2634–2640. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10928>
- Xie, Y., Hu, X., Geng, Y., Ma, L., & Yao, J. (2023). N-nitrosamines in processed meats: Exposure, formation and mitigation strategies. *Journal of Agriculture and Food Research*, 13, 100645. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100645>.
- Xu, M., Su, S., Zhang, Z., Jiang, S., Zhang, J., Xu, Y., & Hu, X. (2022). Two sides of the same coin: Meta-analysis uncovered the potential benefits and risks of traditional fermented foods at a large geographical scale. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1045096. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1045096>.
- Vasconcelos, H., de Almeida, J. M. M. M., Matias, A., Saraiva, C., Jorge, P. A. S., & Coelho, L. C. C. (2021). Detection of biogenic amines in several foods with different sample treatments: An overview. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 86–96.
- Völkel, I., Schröer-Merker, E., & Czerny, C. P. (2011). The carry-over of mycotoxins in products of animal origin with special regard to its implications for the European food safety legislation. *Food and Nutrition Sciences*, 2(8), 852–867. <https://doi.org/10.4236/fns.2011.28117>.
- Zadravec, M., Vahcic, N., Brnic, D., Markov, K., Frece, J., Beck, R., Lesic, T., & Pleadin, J. (2020). A study of surface moulds and mycotoxins in Croatian traditional dry-cured meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 317, 108459. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108459>.
- Zain, M. E. (2011). Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of the Saudi Chemical Society*, 15(2), 129–144. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2011.05.001>.

BÖLÜM 2

GELENEKSEL TATLILARIMIZDAN MUHALLEBİNİN DUYUSAL KALİTE ÖZELLİKLERİNİN ANALİZİ

Dr. Öğretim Üyesi Zeynep ŞİMŞEK ¹
İlayda BALIKCI ²

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17895756>

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

² Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı, Kütahya/TÜRKİYE; ilayda.balikci@ogr.dpu.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-4161-6135>

GİRİŞ

Geleneksel mutfaklar, bir toplumun tarihsel, kültürel ve coğrafi birikimini yansıtan önemli bir miras olarak, gıda biliminde ve gastronomi araştırmalarında merkezi bir konuma sahiptir (Yang & Lee, 2019). Bu mutfaklar, sadece beslenme ihtiyacını karşılamakla kalmaz, aynı zamanda toplumsal kimliğin ve aidiyet duygusunun bir ifadesi olarak kuşaktan kuşağa aktarılır (Solmaz & Altınır, 2018). Türk mutfağı, zengin çeşitliliği ve özgün tatlarıyla bu geleneksel mutfaklar arasında öne çıkar. Osmanlı'dan günümüze uzanan geniş bir yelpazede hem yerel hem de bölgesel etkilerle şekillenmiş olan Türk mutfağı, çorbalar, et yemekleri, sebze yemekleri ve tatlılar gibi çok çeşitli kategorilerde eşsiz lezzetler sunar (Bakan & Çekal, 2024). Özellikle Türk mutfağında tatlılar, yemek kültürünün ayrılmaz bir parçası olup, özel günlerde, davetlerde ve günlük yaşamda önemli bir yere sahiptir (Bakan R. , 2021). Şerbetli tatlılardan sütlü tatlılara kadar geniş bir yelpazeye yayılan bu lezzetler, Türk mutfağının estetik ve duysal zenginliğini yansıtır (Solmaz & Altınır, 2018). Geleneksel Türk tatlıları arasında muhallebi, sadeliği, hafif yapısı ve yaygın tüketimiyle dikkat çeker. Süt, şeker ve nişasta gibi temel bileşenlerle hazırlanan bu tatlı, Türk mutfağının en köklü ve sevilen lezzetlerinden biri olarak hem evlerde hem de endüstriyel üretimde kendine yer bulur (Bakan & Çekal, 2024); (Cumhur, 2017). Muhallebinin duysal kalite özellikleri, tüketicilerin bu tatlıyı tercih etme nedenlerinde belirleyici bir rol oynar. Kremsi dokusu, pürüzsüz kıvamı, hafif tatlılığı ve hoş kokusu, muhallebiyi diğer tatlılardan ayıran temel özelliklerdir (Cayot, 2007); (Ruiz-Capillas & Herrero, 2021). Ancak, bu özellikler kültürel yönden farklılık gösterebilir. Örneğin, Türk tüketiciler muhallebide daha yoğun bir süt aroması ve hafif bir tatlılık ararken, farklı kültürel geçmişlere sahip tüketiciler bu özellikleri farklı şekilde değerlendirebilir (Jeong & Lee, 2021).

Gıda ürünlerinin duysal analizi, tat, aroma, tekstür, renk ve genel kabul edilebilirlik gibi özelliklerin sistematik bir şekilde değerlendirilmesini sağlayarak, ürün kalitesinin belirlenmesinde ve tüketici beklentilerinin karşılanmasında kritik bir araçtır (Yang & Lee, 2019); (Ruiz-Capillas & Herrero, 2021). Muhallebi gibi geleneksel gıdaların duysal analizleri, bu ürünlerin orijinal karakterini korurken modern üretim tekniklerine uyarlanmasını mümkün kılar (Cumhur, 2017). Muhallebinin duysal kalite özelliklerinin belirlenmesi, yalnızca tüketicilerin tercihlerini anlamakla

kalmaz, aynı zamanda bu tatlının endüstriyel üretimde standardizasyonunu ve coğrafi işaretli bir ürün olarak tanınmasını destekler (Uçuk & Perçin, 2022). Bu analizler, muhallebinin geleneksel reçetelerinin korunmasına katkı sağlarken, modern tüketici alışkanlıklarına uygun yeni versiyonlarının geliştirilmesine olanak tanır (Cumhur, 2017). Türk mutfağının bu özgün tatlısının duyuşal özelliklerinin sistematik bir şekilde incelenmesi, kültürel mirasın korunması ve gastronomi turizmi açısından da önemli fırsatlar sunar (Solmaz & Altınır, 2018); (Uçuk & Perçin, 2022).

Çalışmada, geleneksel Türk tatlılarından muhallebinin duyuşal kalite özelliklerinin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında, farklı muhallebi tariflerinin tat, koku, kıvam, renk ve genel beğenilirlik gibi duyuşal parametreleri detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, tüketicilerin muhallebi ile ilgili algıları, tercihleri ve beklentileri de araştırılarak, bu tatlının duyuşal profiline dair bütüncül bir veri seti oluşturulması amaçlanmıştır. Bu analizler, muhallebinin geleneksel özelliklerini muhafaza ederken, modern tüketici alışkanlıklarına ve sağlıklı beslenme trendlerine nasıl uyarlanabileceği konusunda yol gösterici bilgiler sunmayı hedeflemektedir. Böylece, Türk mutfağının bu simgesel tatlısının hem yerel hem de küresel ölçekte daha geniş bir kitleye tanıtılması ve gastronomi dünyasında hak ettiği yeri alması için bilimsel bir temel oluşturulması planlanmaktadır.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Geleneksel Tatlılar ve Kültürel Kimlik: Muhallebinin Yeri

1.1.1. Geleneksel Tatlıların Gastronomideki Yeri

Tatlılar, insanlık tarihinin en eski mutfak unsurlarından biri olarak kültürel kimliğin, sosyal ritüellerin ve toplumsal belleğin bir taşıyıcısı olmuştur (Kronld, 2011). Her toplum, geleneksel tatlılarını kendi özgün üretim teknikleri, malzemeleri ve sunum biçimleriyle biçimlendirmiştir. Tatlıların dini törenlerden bayramlara, kutlamalardan gündelik hayata kadar pek çok alanda yer alması, onların yalnızca lezzet değil, aynı zamanda anlam ve değer taşıyan gastronomik öğeler olduğunu göstermektedir (Tebben, 2015); (Mason, 2018). Fransız gastronomisinde tatlılar, özellikle görsel estetiğin ön plana çıkarılmasıyla dikkat çekmiş ve sunumda sanatla iç içe bir noktaya ulaşmıştır (Tebben, 2015). Avrupa genelinde tatlılar, yerel malzemelerle evrensel tariflerin

birleştiği bir “mutfak dili” oluşturarak kültürel alışverişin bir aracı olmuştur (Mason, 2018). Böylece tatlılar hem yerel kimliğin korunmasına hem de küresel mutfak kültürünün zenginleşmesine katkıda bulunmuştur. Geleneksel tatlıların kültürel anlamı, sadece içerik ve tariflerle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda tüketim pratikleri, sembolik anlamlar ve toplumsal statü göstergeleri üzerinden de şekillenmektedir. Küreselleşme sürecinde Batılı tatlılar, farklı kültürlerde çeşitli adaptasyon süreçlerinden geçmektedir. Örneğin Asya toplumlarında Batı tatlılarının kültürel uyarlanması, tüketim pratikleri ve tat algıları üzerinde önemli etkiler oluşturmaktadır (Sujarittanonta, Fan, & Khimesra, 2025). Gastronomik mirasın korunması, sürdürülebilir üretim yöntemleri ve geleneksel tariflerin modern gastronomiye entegrasyonu hem akademik hem de sektörel düzeyde önem kazanmaktadır (Dias, 2025). Geleneksel tatlılar, gastronomide yalnızca bir besin kategorisi değildir. Kültürel kimliğin, tarihsel mirasın ve duyuşsal estetiğin taşıyıcısı olarak öne çıkmaktadır (Worrell, 2012). Her coğrafya ve kültür, kendi tatlıları üzerinden gastronomiye katkı sağlamakta ve bu katkılar küresel mutfak kültürünün zenginliğini ortaya koymaktadır (Kronl, 2011); (Mason, 2018).

1.1.2. Tatlının Toplumsal İşlevi ve Kültürel Aktarımı

Tatlılar, tarih boyunca yalnızca besin unsuru olarak değil; kültürel kimliğin, toplumsal hafızanın ve ritüellerin taşıyıcısı olarak işlev görmüştür (Kronl, 2011). Toplumların kolektif değerlerini, kutlama biçimlerini ve inanç sistemlerini yansıtan tatlılar, özellikle dini törenler, bayramlar ve aile buluşmaları gibi özel zamanlarda anlam kazanmıştır (Long, 2016). Tatlıların paylaşılması, toplumsal dayanışmanın ve aidiyet duygusunun pekişmesine hizmet etmiş; bu yönüyle tatlılar, yemek kültürü içinde hem maddi hem de sembolik bir konum edinmiştir (Arumugam, 2021). Kültürel aktarımda tatlıların rolü, özellikle nesiller arası bilgi ve deneyim paylaşımı üzerinden belirginleşmektedir. Geleneksel tariflerin anneden kıza, büyükanne ve dededen torunlara aktarılması, yalnızca bir yemek tarifinin değildir. Aynı zamanda bir yaşam pratiğinin, aile bağlarının ve kültürel kimliğin sürdürülmesini sağlamaktadır (Josion-Portail, 2021). Tatlılar, aynı zamanda kültürel hafızanın ve ortak geçmişin somut bir temsilidir. Portekiz mutfağında geleneksel tatlıların hazırlanışında kullanılan seramik İspanya’da tatlılar, tarihsel süreçte güç, zenginlik ve toplumsal statü göstergesi olarak işlev görmüştür. Kraliyet

sofralarından halk mutfağına yayılarak farklı sosyal tabakalarda farklı anlamlar kazanmıştır (Rafaty, 2024). Tatlıların toplumsal işlevi, sadece aile ve yerel bağlamlarla sınırlı kalmamıştır. Festivaller, törenler ve kamusal kutlamalarda da kültürel birleştirici rol üstlenmiştir. Tatlıların festival sofralarında merkezi bir yere sahip olması, ortak kimlik duygusunun ve toplumsal birlikteliğin inşasında etkili olmuştur (Long, 2016). Bengal mutfağında “chhana” bazlı tatlılar hem kültürel bir miras hem de kimlik göstergesi olarak öne çıkmaktadır. Gastronomi turizminde bölgesel çekim unsuru olarak değerlendirilerek kültürel ve ekonomik işlevi bir arada sunmaktadır (Chattopadhyay, 2025).

1.1.3. Türk Mutfağında Tatlı Kültürü

Türk mutfağı, tarih boyunca kültürel etkileşimler, göçler ve coğrafi çeşitlilik sayesinde zengin bir yemek repertuarı geliştirmiştir. Bu mutfağın en önemli öğelerinden biri de tatlılardır. Tatlılar, sadece beslenme işlevi gören ürünler değildir. Aynı zamanda kutlamaların, ritüellerin ve misafirperverlik anlayışının temel parçalarından biridir (Dilmeç & Koç, 2023); (Karaman, 2023). Geleneksel Türk tatlıları, genellikle hamur tatlıları, sütlu tatlılar, meyve bazlı tatlılar ve tahıl tatlıları olarak sınıflandırılmaktadır (Çelik, 2023); (Baygül, 2023); (Akdemir, 2023). Baklava, kadayıf, şekerpare gibi şerbetli tatlılar; aşure, zerde gibi tahıl/meyve esaslı tatlılar ve muhallebi, sütlaç, keşkül gibi sütlu tatlılar bu kategorilerin önde gelen örneklerindendir. Türk mutfağında tatlıların yeri yalnızca damak zevkiyle sınırlı kalmamıştır. Aynı zamanda sosyal statü, ev içi ikram kültürü ve mutfak teknolojisinin evrimiyle de bağlantılı olmuştur (Çekiç, 2023). Özellikle Osmanlı döneminde tatlıların mutfakta ayrılmış bir uzmanlık alanı haline geldiği ve sarayda görevli “helvacıbaşı” ve “tatlıcıbaşı” gibi unvanlarla profesyonelleştiği bilinmektedir (Kasar, 2021).

Geleneksel Türk tatlıları, hem yerli halkın gündelik beslenme alışkanlıklarında hem de gastronomi turizmi aracılığıyla uluslararası düzeyde tanıtılan kültürel unsurlar arasında yer almaktadır (Güney, 2023). Bugün bu tatlıların yeniden yorumlanması, doğal içerikler ve sağlık odaklı yaklaşımlarla modernize edilmesi, Türk mutfağının sürdürülebilirliği açısından stratejik bir rol oynamaktadır (Okur, 2023).

Türk mutfağı, tarih boyunca birçok kültürel etkileşim, göç hareketi ve imparatorluk geleneğiyle şekillenmiştir. Bu süreçte gelişen sütlu tatlılar, beslenme kültürünün yanı sıra törensel ve simgesel anlamlar da taşımıştır

(Dilmeç & Koç, 2023); (Karaman, 2023). Bu tatlılar arasında öne çıkan muhallebi, kökeni Orta Doğu'ya dayanan, ancak Türk mutfağında hem teknik hem de kültürel olarak özgünleşen geleneksel bir sütlü tatlıdır (Çelik, 2023). Muhallebinin Osmanlı saray mutfağından günümüz ev mutfağına uzanan serüveni, bu tatlının sadece bir gıda ürünü değil, aynı zamanda bir kültürel hafıza taşıyıcısı olduğunu ortaya koymaktadır (Cicik, 2024); (Badem, 2024).

İlk yazılı Osmanlı yemek kitaplarından biri olan Melceü't-Tabbahin'de muhallebi tarifine yer verilmiş olması, bu tatlının en azından 19. yüzyılın ortalarından itibaren Türk mutfağında yaygınlaştığını göstermektedir (Badem, 2024). Dönemin mutfak yazınında muhallebi, süt, pirinç unu ya da nişasta ve şeker gibi temel malzemelerle hazırlanan sade bir tatlı olarak tarif edilmiştir. Bu sade yapısı, zamanla sakız, gül suyu, kakao, badem, fıstık gibi aroma ve içerik katkılarıyla zenginleştirilmiştir. Yöresel yorumlarla farklı varyasyonlara ulaşmıştır (Okur, 2023); (Yılmaz, 2023). Saray mutfağında sunulan muhallebi, yalnızca bir tatlı değil aynı zamanda estetik bir sunumla ikram edilen bir zarafet simgesiydi. Bu bağlamda sütlü tatlılar sınıfında yer alan muhallebi, soylu sofralardan halk mutfağına geçerek demokratikleşmiş ve toplumun geniş kesimleri tarafından benimsenmiştir (Çekiç, 2023); (Bakan R. , 2021).

Günümüzde muhallebi, yalnızca geleneksel mutfaklarda değildir. Restoran menülerinde, endüstriyel tatlı üretiminde ve gastronomi turizmi temalı etkinliklerde de sıkça yer almaktadır (Güney, 2023). Yalnızca bir tatlıdan ibaret olmayan muhallebi; Türk mutfağının tarihsel derinliğini, kültürel çeşitliliğini ve çağdaş dönüşümünü yansıtan çok katmanlı bir simgedir. Bu bağlamda hem geleneksel reçetelerin korunması hem de inovatif yaklaşımlarla yeniden yorumlanması, muhallebinin kültürel sürekliliğini güçlendirmekte ve bu tatlıyı Türk mutfak mirasının önemli bir temsilcisi hâline getirmektedir (Dilmeç & Koç, 2023); (Kasar, 2021).

1.2. Süt Kaynağının Duyusal Kaliteye Etkisi: İnek ve Manda Sütü

1.2.1. Süt Seçiminde Tüketici Algısı

Tüketicilerin süt tercihleri, sadece besin içeriğiyle değildir. Ürünün üretim yöntemi, sürdürülebilirlik algısı, etiket bilgileri, ambalajlama biçimi ve duyu özellikleri gibi çok boyutlu etmenlerle şekillenmektedir. Sürdürülebilir üretim, özellikle Avrupa ülkelerinde tüketiciler için önemli bir tercih kriteri

haline gelmiştir. İsveç ve İtalya’da yapılan bir çalışmada, tüketicilerin süt seçiminde çevresel etki, ambalaj ve etiket bilgilerinin satın alma kararlarını doğrudan etkilediği ortaya konmuştur (Vaikma, Kern, Harwood, & Almlı, 2025). Benzer şekilde, Almanya’da yapılan başka bir araştırmada, hayvan refahı, şeffaf fiyatlandırma ve üretim süreçlerine dair bilgilerin tüketici segmentlerinde farklılık gösteren tercihlere neden olduğu gözlemlenmiştir (Meyerding & Seidemann, 2024). Tüketici algısını etkileyen bir diğer önemli unsur ise teknolojik üretim yöntemlerine yönelik tutumlardır. Örneğin, ileri düzey ıslah yöntemleriyle elde edilen süt ürünleri konusunda tüketicilerin bir kısmı olumlu yaklaşırken, önemli bir kesim bu tür ürünleri etik dışı veya doğallıktan uzak bulmaktadır (Lund, Sandøe, Secher, & Gamborg, 2023). Çin’de yapılan bir başka çalışmada ise tüketicilerin ultra yüksek sıcaklıkta (UHT) işlenmiş sütleri, özellikle hijyen ve raf ömrü açısından güvenilir bulduğu ancak organoleptik özelliklerdeki değişimler nedeniyle bazı endişeler taşıdığı belirlenmiştir (Li, Lopez, Zhu, & Liu, 2023). Bulgular, tüketicilerin süt tercihinde sadece ekonomik değil aynı zamanda etik, duyuşsal ve çevresel kriterleri de dikkate aldıklarını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, süt üreticileri ve pazarlama stratejileri geliştiricileri için tüketici algısının bütüncül bir şekilde ele alınması büyük önem taşımaktadır.

1.2.2. Süt Kaynağı ve Duyusal Kalite İlişkisi

Süt ürünlerinin duyuşsal kalitesi, tat, koku, doku ve renk gibi duyuşsal nitelikler temelinde değerlendirilir ve bu özellikler tüketici memnuniyeti açısından belirleyici olmaktadır. Süt tipi (inek, manda, keçi, deve vb.) bu duyuşsal niteliklerde önemli farklılıklar sunar. Özellikle manda sütü, yüksek yağ ve protein içeriği sayesinde daha yoğun bir kıvama, daha belirgin bir aroma ve daha zengin bir tat profiline sahiptir (Bittante, ve diğerleri, 2022). Ayrıca, fermentasyon, pastörizasyon ve katkı maddeleri kullanımı gibi işleme yöntemleri de duyuşsal özellikler üzerinde doğrudan etkilidir. Örneğin, *Lactobacillus helveticus* ile fermente edilen sütlerde kullanılan prebiyotiklerin, ürünün reolojik özelliklerini ve lezzet profilini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir (Chi, ve diğerleri, 2024). Aynı şekilde, aromalandırılmış sütlerde yapılan çalışmalar da tat ve koku algısının tüketici tercihlerinde büyük rol oynadığını göstermektedir (Zhi, Zhao, & Shi, 2016). Duyusal kalite üzerinde etkili bir diğer faktör ise kullanılan süt proteinleridir. Özellikle fonksiyonel gıda

tasarımında süt proteinlerinin lezzet taşıyıcılığı ve ağız hissiyatına katkısı önemli bir farklılaştırıcı unsur olarak öne çıkmaktadır (Balivo, d'Errico, & Genovese, 2024). Bu doğrultuda yapılan çalışmalar, süt tipi farklılıklarının duyu kalitede hem kimyasal bileşim yoluyla hem de işleme sırasında gösterdiği reolojik tepkimeler üzerinden ortaya çıktığını göstermektedir.

1.2.3. İnek Sütü ve Manda Sütü: Besin Değerleri ve Kompozisyonu

İnek sütü ile manda sütü, içerik yönünden birbirine benzer görünse de önemli besin farklılıkları taşımaktadır. Manda sütü, inek sütüne kıyasla daha yüksek yağ, protein ve mineral içeriğine sahiptir. Özellikle kalsiyum ve fosfor gibi temel mineraller açısından oldukça zengindir (Fedosov, Nexo, & Heegaard, 2019). İnek sütü ise daha düşük yağ içeriği ve dengeli laktoz seviyesiyle yaygın olarak tüketilen bir süt türüdür. Sindirilebilirliği yüksek olan inek sütü, hafif yapılı ürünlerin üretiminde tercih edilmektedir (Bittante, ve diğerleri, 2022). Buna karşın manda sütü, daha yoğun kıvamlı ürünlerin üretimine olanak sağlayan yüksek kuru madde içeriğine sahiptir. Bu durum özellikle sütlü tatlılar gibi tekstürel bütünlüğün önemli olduğu ürünlerde belirleyici rol oynamaktadır. Yağ asidi profili bakımından değerlendirildiğinde ise, manda sütü doymamış yağ asitleri ve konjuge linoleik asit (CLA) açısından daha zengin bir içeriğe sahiptir. Ancak bu profil, mevsimsel farklılıklar ve hayvanların beslenme rejimine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Chen, ve diğerleri, 2025). Vitamin kompozisyonu açısından da benzer bir durum söz konusudur. Manda sütünde B12 vitamini daha yüksek oranda bulunmakta ve bu vitaminin bağlanma kapasitesi de daha güçlüdür (Fedosov, Nexo, & Heegaard, 2019). Bu kompozisyonel farklılıklar yalnızca besin değeri açısından değil, aynı zamanda teknolojik işlenebilirlik ve raf ömrü gibi üretim parametreleri açısından da önem taşımaktadır. Örneğin, manda sütü yüksek kuru madde ve yağ içeriği sayesinde özellikle peynir üretimi için daha uygun bir hammadde olarak değerlendirilirken, inek sütü daha hafif ürünler için tercih edilmektedir (Bittante, ve diğerleri, 2022). Hem duyu kalitesi hem de besinsel açıdan değerlendirildiğinde, manda sütü daha zengin bir profile sahiptir. Ancak inek sütü, maliyetinin daha düşük olması, daha kolay temin edilebilmesi ve endüstride yaygın olarak kullanılması nedeniyle üreticiler ve tüketiciler tarafından daha sık tercih edilmektedir.

1.3. Muhallebi Çeşitlerinde Aromatik Zenginleştirme

Muhallebi, süt, nişasta ve şekerin temel bileşenlerini taşıyan geleneksel bir sütlü tatlı olarak, aromatik çeşitlendirme açısından oldukça esnek bir yapıya sahiptir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, muhallebinin duyu kalitesini artırmak ve fonksiyonel değer kazandırmak amacıyla çeşitli doğal aroma kaynaklarıyla zenginleştirilmesine odaklanmıştır. Bitkisel özler, tahin, bal, inülin, meyve ve baharat katkıları gibi pek çok içerik hem lezzet hem de besin değeri açısından bu tatlıya yenilikçi boyutlar katmaktadır. Örneğin, farklı tahin türleriyle zenginleştirilen sütlü nişasta bazlı tatlılarda, tatlılık algısı ile yoğun aromatik notalar oluşturularak tüketici beğenisi artırılmıştır (Dzhivoderova-Zarcheva, Nikovska, Ivanova, & Dimitrova, 2024). Bal ve doğal meyve özleriyle yapılan zenginleştirme ise hem duyu tatmin hem de doğal antioksidan kapasitesini artırmak amacıyla tercih edilmiştir (Chechitko & Adamchuk, 2024); (Sruthi, Asha, Yannam, & Naidu, 2024). Ayrıca, yüksek antioksidan içeriğine sahip kayısı çekirdeği ve karabuğday gibi bileşenlerin puding ve muhallebi türü tatlılarda kullanılmasıyla hem lezzet profili hem de sağlık yararı açısından önemli gelişmeler kaydedilmiştir (Li, Zhang, Jiang, & He, 2022); (Matseychik, Korpacheva, Lomovsky, & Serasutdinova, 2021). Meyve, baharat ve bitki ekstraktları gibi uçucu aroma bileşenleri, duyu özelliklerinde aromanın ağızda yayılımı ve kalıcılığı açısından önemlidir. Lethuaut ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalar, sütlü tatlılarda tekstür ajanları ile aroma salınımının tat algısını nasıl etkilediğini ortaya koymuştur (Lethuaut, Weel, Boelrijk, & Brossard, 2004). Bu bulgular, muhallebi gibi yarı katı ürünlerde aroma maddelerinin yapı ile etkileşimine dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir.

1.3.1. Tüketici Algısı ve Aromatik Beğeni Eğilimleri

Tüketici algısı, bir gıda ürününün başarısında kritik rol oynar. Muhallebi gibi geleneksel sütlü tatlılarda, aromatik yeniliklerin kabulü tüketicinin geçmiş deneyimlerine, kültürel beklentilerine ve yeniliğe açıklık düzeyine bağlıdır. Araştırmalar, özellikle genç tüketicilerin fonksiyonel içerikli, düşük kalorili ama tat olarak zengin alternatiflere daha açık olduklarını göstermektedir (Salgado-Beltrán, Beltrán-Morales, Velarde-Mendivil, & Robles-Baldenegro, 2018). Ayrıca, tüketiciler tarafından düşük kalorili ve doğal içerikli ürünler daha olumlu algılanmaktadır. İnulin, meyve özleri, bitkisel ekstraktlar gibi bileşenlerle zenginleştirilen ürünlerin kabulü artmaktadır (Hosseini, 2019).

Ghanbarzadeh, & Mofid, 2024). Tatlılık algısı ve aroma salınımı, tüketici beğenisinin temel belirleyicileri arasındadır. Örneğin, vanilya, çikolata veya meyve aromalarının yoğunluğu ile tatlılık seviyesinin etkileşimi üzerine yapılan araştırmalar, bu dengeye duyarlı tüketici tercihlerine dikkat çekmektedir (Martinez-Levy, ve diğerleri, 2021). Bu doğrultuda, muhallebilerde aromatik denge sağlamak kadar hedef tüketici kitlesine göre strateji geliştirmek de önem kazanmaktadır.

1.3.2. Gelenekselden Günümüze: Muhallebide Bölgesel Aromatik Adaptasyonlar

Geleneksel muhallebiler, sade yapısıyla pek çok kültürel coğrafyada yer bulmuştur. Ancak modern tüketim alışkanlıklarının değişmesiyle birlikte, bu sade formun bölgesel aromalarla yeniden yorumlanması yaygınlaşmaktadır. (Okur, 2023). Yapılan güncel çalışmalar, geleneksel muhallebilerin mevsimsel ve yerel hammaddelerle yeniden formüle edilerek işlevsel tatlılar haline getirildiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, balkabağı ve elma bazlı çok bileşenli tatlılar ya da karabuğday ve tahin gibi malzemelerle zenginleştirilmiş muhallebiler hem yöresel kimliği koruyup hem de modern fonksiyonel gıda trendlerine uyum sağlamaktadır (Ryadinskaya, ve diğerleri, 2021); (Matseychik, Korpacheva, Lomovsky, & Serasutdinova, 2021).

1.3.3. Duyusal Analiz ile Muhallebi Örneklerinin Değerlendirilmesi

Muhallebi gibi süt bazlı geleneksel tatlılarda ürün başarısı, yalnızca içerik ve besin değeri değil, aynı zamanda duysal performansla da doğrudan ilişkilidir. Aroma, tatlılık, kıvam, renk ve genel beğeni gibi duysal parametrelerin sistematik olarak ölçülmesidir. Ürün geliştirme sürecinde hem tüketici beklentilerini anlamak hem de formülasyonları optimize etmek için kritik bir rol oynar.

Duyusal değerlendirme yöntemleri genel olarak iki ana grupta ele alınabilir: Analitik testler (niteliksel ve niceliksel profesyonel paneller) ve hedonik testler (tüketici beğeni testleri). Özellikle yeni aromatik katkı maddeleriyle zenginleştirilen muhallebi çeşitlerinde, bu iki test türü birlikte kullanılmaktadır. Analitik duysal testler, ürünlerin renk, aroma, tat ve doku gibi niteliksel özelliklerinin objektif olarak değerlendirilmesini sağlar. Bu yöntemlerde eğitimli panelistler, örnekleri belirli protokollere göre analiz eder.

Örneğin, tahin katkılı nişasta bazlı sütlü tatlıların duyuşal profillemesi üzerine yapılan bir çalışmada, tahin türü ve konsantrasyonunun aroma yoğunluğu, ağızda kalıcılık ve tatlılık algısı üzerinde belirgin etkileri olduğu gösterilmiştir (Dzhivoderova-Zarcheva, Nikovska, Ivanova, & Dimitrova, 2024). Benzer şekilde, düşük kalorili ve fonksiyonel içerikli sütlü tatlılarda aroma-tatlılık etkileşimi üzerine yapılan araştırmalarda, optimum denge yakalanmadığında tüketici beğenisinin belirgin biçimde azaldığı bulunmuştur (Martinez-Levy, ve diğeri, 2021).

Modern duyuşal test yaklaşımları, artık yalnızca beğeni ölçümüne odaklanmamakta; aynı zamanda tüketici davranışlarını anlamaya yönelik fizyolojik ve bilişsel verileri de değerlendirmektedir. Bu bağlamda, duyuşal analizlerin nörosensör değerlendirmelerle desteklenmesi, gıda algısının bütüncül analizini mümkün kılmaktadır (Martinez-Levy, ve diğeri, 2021).

Fonksiyonel bileşenlerin aroma ile etkileşimi ve tekstürel ajanların rolü de duyuşal testlerde dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir. Lethuaut ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmalar, sütlü tatlılarda kıvam vericilerin aroma salınımını ve tatlılık algısını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir (Lethuaut, Weel, Boelrijk, & Brossard, 2004). Bu nedenle, duyuşal analizlerde sadece aromanın varlığı değil, ürün matrisine etkisi de değerlendirilmektedir.

Muhallebi çeşitlerinin aromatik olarak zenginleştirilmesinde kullanılan duyuşal test yöntemleri, yalnızca kalite kontrol aracı değil, aynı zamanda ürün inovasyonu için stratejik bir rehberdir. Eğitimli panelistlerle yapılan duyuşal profillemeye testleri, formülasyon düzeyinde hangi aromaların hangi dozlarda başarılı olduğunu belirlemeye yardımcı olurken geniş çaplı tüketici testleri, bu aromaların pazarda kabul görüp görmeyeceğini öngörmeye kullanılmaktadır.

1.4. Duyusal Analiz Yöntemleri ve Parametreler

1.4.1. Duyusal Analiz

Duyuşal analiz, bir ürünün insan duyuları aracılığıyla algılanabilir özelliklerinin (tat, aroma, tekstür, renk ve görünüm gibi) sistematik, kontrollü ve bilimsel yollarla değerlendirilmesini amaçlayan bir disiplindir. Gıda bilimi başta olmak üzere birçok endüstride ürün geliştirme, kalite kontrol ve tüketici memnuniyetinin ölçülmesi süreçlerinde vazgeçilmez bir araç olarak kullanılır (Civille, Carr, & Osdoba, 2024); (Drake, Watson, & Liu, 2023). Duyusal analiz,

yalnızca ürün özelliklerinin değerlendirilmesiyle sınırlı kalmamaktadır. Aynı zamanda bu özelliklerin duysal algı üzerinde nasıl bir izlenim bıraktığını ve tüketici davranışlarını nasıl etkilediğini de ortaya koyar (Ruiz-Capillas & Herrero, 2021).

Duysal analizler genellikle iki ana kategoriye ayrılır: analitik yöntemler ve afektif yöntemler. Analitik yöntemler, eğitimli panelistler aracılığıyla ürünlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini duysal olarak tanımlarken; afektif yöntemler, tüketicilerin ürünlere karşı duysal tepkilerini ve beğenilerini anlamaya yöneliktir (Drake, Watson, & Liu, 2023). Son yıllarda duysal analiz yaklaşımlarında teknolojik gelişmelerin de etkisiyle çok boyutlu ve zaman-temelli değerlendirme yöntemleri ön plana çıkmıştır. Özellikle çok özellikli zamansal tanımlayıcı yöntemler, duysal deneyimin zaman içerisindeki değişimini analiz etme konusunda güçlü araçlar sunmaktadır (Visalli & Galmarini, 2024). Bu yöntemlerin kullanımı, geleneksel değerlendirmelere göre daha detaylı ve dinamik veri sağlamaktadır. Özellikle kompleks aromatik yapıya sahip gıdaların analizinde önemli avantajlar sunmaktadır.

1.4.2. Duysal Değerlendirme Teknikleri

Duysal analiz süreçlerinde kullanılan değerlendirme teknikleri, analiz türüne ve araştırma amacına göre çeşitlilik göstermektedir. Değerlendirme teknikleri, duysal analiz sürecinin temel yapı taşlarını oluşturur ve analizden elde edilecek verilerin güvenilirliğini doğrudan etkiler. Tekniklerin seçiminde, ürün tipi, hedef kitle (tüketici ya da panelist), araştırma ortamı ve elde edilmek istenen bilginin niteliği gibi birçok faktör belirleyicidir (Drake, Watson, & Liu, 2023). Değerlendirme teknikleri genel anlamda duysal (hedonik) ve tanımlayıcı yaklaşımlar olarak iki grupta incelenebilir. Tanımlayıcı teknikler, ürün özelliklerinin niteliksel ve niceliksel olarak ölçülmesini hedeflerken; duysal değerlendirme, tüketicilerin ürün hakkındaki beğeni düzeylerini belirlemeye yöneliktir (Ruiz-Capillas & Herrero, 2021). Tanımlayıcı analizlerde eğitimli panelistlerin kullanılması esastır ve bu panelistlerin seçimi, eğitimi ve kalibrasyonu sürecin bilimsel geçerliliği açısından büyük önem taşır (Ligas & Kotseridis, 2024); (Sipos, Nyitrai, Hitka, Friedrich, & Kókai, 2021). Bu bağlamda, hedonik ölçekler gibi doğrudan tüketici beğenisi odaklı teknikler ayrı bir başlık altında detaylandırılmalıdır.

Hedonik değerlendirme, özellikle tüketici odaklı duysal analizlerde en sık başvuru yöntemlerinden biridir. Tüketicilerin ürünleri ne derece beğendiklerini ortaya koymayı amaçlayan bu teknik, sıklıkla 9 noktalı hedonik skala üzerinden yürütülmektedir. Bu skala, “hiç beğenmedim” ile “çok beğendim” arasında derecelendirme sunar ve tüketici tepkilerini ölçmede oldukça pratik bir araçtır (Lim, 2011). Hedonik skalalar bazı durumlarda tüketicilerin skalanın ortasında yer alan nötr seçenekleri tercih etmesini ve verilerin dağılımını etkileyebilir (Wichchukit & O'Mahony, 2015). Bu nedenle, hedonik skalanın yanı sıra tercih testleri, ikili karşılaştırmalar, sıralama testleri ve Check-All-That-Apply (CATA) gibi alternatif değerlendirme tekniklerinin de uygulanması, daha kapsamlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar (Drake, Watson, & Liu, 2023); (Ruiz-Capillas & Herrero, 2021). Günümüzde bazı araştırmalarda bu yöntemler zaman-temelli analizlerle birleştirilerek tüketici tepkilerinin değişimi daha ayrıntılı biçimde incelenmektedir (Visalli & Galmarini, 2024).

1.4.3. Temel Duyusal Parametreler

Duyusal analizde değerlendirilen temel parametreler, ürünün duysal karakterinin bütüncül biçimde ortaya konmasını sağlar. Bu parametreler genellikle tat, aroma, renk, tekstür ve genel kabul edilebilirlik gibi temel algı alanlarını kapsar (Roumia, Kókai, Mihály-Langó, Csobod, & Benedek, 2023). Bu faktörlerin her biri, tüketicinin ürünle kurduğu ilk temas noktasından itibaren algılamalarını şekillendirir.

Tat ve aroma, kimyasal bileşiklerin reseptörler aracılığıyla algılanması sonucu oluşan duysal deneyimi tanımlar. Özellikle aroma, volatil bileşenlerin retronazal algılamayla birleşerek kompleks bir duysal profil oluşturmaya olanak tanır (Gyawali, Feng, Chen, Lorenzo, & Ibrahim, 2022).

Renk, ürüne yönelik ilk görsel izlenimi belirleyerek tüketicinin ürün hakkında beklenti oluşturmaya neden olur. Bu nedenle renk, yalnızca estetik bir unsur değil, aynı zamanda kalite göstergesi olarak da değerlendirilir.

Tekstürel özellikler, ürünün ağızda hissettirdiği mekanik ve geometrik özellikleri kapsar. Tekstürel parametreler, özellikle sütü tatlılar, unlu mamuller, et ve süt ürünleri gibi ürün gruplarında tüketici beğenisini doğrudan etkileyen kritik faktörlerden biridir (Guiné, 2022); (Abdeldaiem, Ali, Mousa, Elkot, & Simal-Gandara, 2023). Tekstür değerlendirmesi, subjektif olarak panelistler

tarafından yapılabileceği gibi, objektif araçlarla (ör; penetrometre, texture analyzer) desteklenerek daha hassas veriler elde edilebilir (Esteves & Aníbal, 2021).

Genel kabul edilebilirlik ise tüm bu duyuşsal özelliklerin bir arada değerlendirilmesiyle oluşan nihai tüketici algısını yansıtır ve özellikle ürün formülasyonları arasındaki tercihleri belirlemede kullanılır (Carvalho, 2021).

Duyusal parametrelerin bütüncül değerlendirilmesi, ürün geliştirme süreçlerinde sadece teknik değil, aynı zamanda pazarlama açısından da stratejik bir avantaj sunar.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada, temel bileşenler olarak inek sütü, manda sütü, nişasta, vanilya, şeker ve tereyağı kullanılarak birisi inek sütü muhallebi diğeri ise manda sütü olmak üzere iki farklı muhallebi çeşidi hazırlanmıştır. Muhallebiler, kullanılan süt çeşidine göre inek sütü ve manda sütü olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Her bir süt grubundan fıstıklı, sakızlı, kakaolu ve orman meyveli olmak üzere toplam sekiz farklı muhallebi çeşidi geliştirilmiştir.

Formülasyonlar hazırlanırken, geleneksel Türk mutfağında yer alan muhallebi tarifleri temel alınmıştır. Bu doğrultuda Tuğrul Şavkay'ın (2000) "Tatlı Kitap – Türk ve Dünya Tatlıları", Nevin Halıcı'nın (2009) "Türk Mutfak" ve Marianna Yerasimos'un (2015) "500 Years of Ottoman Cuisine" adlı eserlerinden yararlanılmıştır (Halıcı, 2009); (Şavkay, T, 2000); (Yerasimos, 2015). Söz konusu kaynaklardaki geleneksel tarifler incelenerek içerik ve hazırlama teknikleri değerlendirilmiş, bu bilgiler doğrultusunda çalışmaya uygun özgün reçeteler geliştirilmiştir. Uygulanan tariflerde temel bileşen oranları sabit tutulmuş, yalnızca aroma bileşenleri farklılaştırılarak çeşitlendirme sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan sekiz farklı muhallebi örneği, duyuşsal analiz sürecinde ayırt edilebilirlik ve tarafsızlık sağlamak amacıyla random numaralandırılmıştır. Duyusal analizlerde 9 skaladan oluşan puanlama testi uygulanmıştır (Altuğ Onur & Elmacı, 2015).

Testler, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi'nde eğitim gören Gıdalarda Duyusal Analiz dersi alan eğitimli Gastronomi ve Mutfak Sanatları bölümü 4. sınıf öğrencilerinden oluşan 13 panelist ile gerçekleştirilmiştir. Panelistlere, her bir çeşitten birer örnek olmak üzere toplam 8 numune sunulmuş ve

değerlendirme yapılmıştır. Duyusal testler, panelistlerin duyusal algılarının en uygun olduğu zaman aralığı göz önünde bulundurularak 15:30 ile 16:30 saatleri arasında uygulanmıştır.

2.1. Muhallebi Formülasyonları

Çalışmada sekiz farklı muhallebi örneği hazırlanmıştır. Bu örnekler; sakızlı, kakaolu, fıstıklı ve orman meyveli olmak üzere dört ana çeşitten oluşmakta ve her biri hem manda sütü hem de inek sütü kullanılarak iki ayrı grupta üretilmiştir. Böylece her çeşidin iki süt türüne göre hazırlanmış toplam sekiz farklı formülasyonu elde edilmiştir. Tüm muhallebi çeşitlerinin temel bileşenleri süt, nişasta, şeker, vanilya ve tereyağıdır. Her bir çeşide özgü olarak sakızlı muhallebide damla sakızı, kakaolu muhallebide kakao, fıstıklı muhallebide Antep fıstığı, orman meyveli muhallebide ise orman meyvesi püresi kullanılmıştır. Muhallebi reçeteleri, geleneksel mutfakta yer alan klasik muhallebi tarifleri ile modern yorumların bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Özellikle konserve ananasla hazırlanan meyveli muhallebi ve unla hazırlanan geleneksel muhallebi tariflerinden esinlenilmiş, ancak bu tarifler doğrudan uygulanmamıştır (Şavkay, 2000). Bu tariflerden ilham alınarak özgün bir muhallebi formülasyonu geliştirilmiştir. Geliştirilen tarifte nişasta bazlı kıvam artırıcı tercih edilmiş, meyve ve aroma çeşitliliği artırılarak duyusal zenginlik hedeflenmiştir.

Hazırlık sürecinde süt ve şeker tencereye alınarak kısa bir süre kaynatılmış, ardından nişasta az miktarda soğuk suyla çözülerek karışıma eklenmiştir. Karışım kıvam alana kadar karıştırılarak pişirilmiş ve çeşidine göre önceden hazırlanan tat verici bileşenlerle birleştirilmiştir. Örneğin, orman meyveli muhallebide meyve püresi, fıstıklı muhallebide dövülmüş Antep fıstığı, sakızlı muhallebide ezilmiş damla sakızı eklenmiştir. Pişirme işlemi tamamlandıktan sonra muhallebiler porsiyonluk kaplara alınmış, oda sıcaklığına geldikten sonra soğutulmuş ve duyusal değerlendirmeye sunulmuştur. Bu süreçte kullanılan ölçülerde belirli sabit dönüşümler esas alınmıştır: 250 gram bir su bardağına, 10 gram bir yemek kaşığına, 5 gram bir tatlı kaşığına ve 1 gram bir çay kaşığına karşılık gelmektedir. Tüm örnekler aynı ortamda, hijyenik koşullarda ve aynı teknikle hazırlanarak karşılaştırılabilir duyusal analiz sonuçları elde edilmesi hedeflenmiştir.

Tablo 1. Muhallebi Çeşitlerinin İçerik Formülasyonları

Bileşenler	Sakızlı Muhallebi	Kakaolu Muhallebi	Fıstıklı Muhallebi	Orman Meyveli Muhallebi
Süt	500 ml	500 ml	500 ml	500 ml
Nişasta	40 gr	40 gr	40 gr	40 gr
Şeker	70 gr	70 gr	70 gr	70 gr
Vanilya	1 gr	1 gr	1 gr	1 gr
Tereyağı	10 gr	10 gr	10 gr	10 gr
Damla Sakızı	2 gr	-	-	-
Kakao	-	20 gr	-	-
Fıstık	-	-	10 gr	-
Orman meyvesi püresi	-	-	-	30 gr

2.2. Muhallebi Duyusal Kalite Özelliklerinin Analizi

Çalışmada üretilen toplam sekiz muhallebi örneğinin duyusal kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla duyusal analiz gerçekleştirilmiştir. Duyusal analiz hem tüketici beğenisini ölçmek hem de süt türü ve aroma farklılıklarının algısal etkilerini değerlendirmek üzere gerçekleştirilmiştir. Testler 13 panelist ile gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde panelistlere, her biri farklı aromatik bileşene ve süt türüne sahip sekiz farklı muhallebi numunesi random kodlanarak sunulmuştur.

Tablo 2. Duyusal Değerlendirme Sırasında Kullanılan Kodlar

	Sakızlı Muhallebi	Fıstıklı Muhallebi	Kakaolu Muhallebi
İnek Sütü	153	145	256
Manda Sütü	478	168	247

Her bir örnek, 9 puanlık skala ile görünüm, lezzet, tat, aroma, tekstür ve genel beğeni olmak üzere beş temel kriter üzerinden değerlendirilmiştir. Duyusal test öncesinde panelistlere test süreci hakkında bilgi verilmiş, değerlendirme sırasında örnekler rastgele sırayla ve benzer sıcaklıkta sunulmuştur. Ayrıca tatlar arası geçişin etkisini azaltmak için her örnek arasında su içmeleri sağlanmıştır. Test sonucunda elde edilen veriler, SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) yazılım programı kullanılarak betimsel istatistiksel analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. Her bir muhallebi çeşidi için

ortalama değerler ve standart sapmalar hesaplanarak tablo halinde sunulmuştur. Elde edilen bulgular, süt türü ve aroma bileşenlerinin muhallebinin duyu kalitesi üzerindeki etkisini ortaya koymaya yardımcı olmaktadır.

3. BULGULAR

İnek sütü ve manda sütü olmak üzere iki farklı süt türü kullanılarak hazırlanan sekiz muhallebi örneği, duyu analiz amacıyla panelistlere sunulmuştur. Her iki süt grubundan elde edilen sakızlı, fıstıklı, kakaolu ve orman meyveli muhallebi çeşitleri, özgün reçetelerle formüle edilmiş ve duyu değerlendirme sürecinde panelistlerin tarafsız değerlendirme yapmalarını sağlamak amacıyla random kodlanarak numaralandırılmıştır.

Toplam 13 panelistten oluşan değerlendirme grubundan, her bir muhallebi örneğini görünüm, lezzet, aroma, tekstür ve genel beğeni açısından analiz etmeleri istenmiştir. Ayrıca panelistlere örnekler arasında duyu olarak fark hissedip hissetmedikleri de sorulmuş ve tüm katılımcıların sekiz örnek arasında belirgin farklar bulunduğunu ifade ettikleri saptanmıştır.

Elde edilen veriler SPSS istatistik programı aracılığıyla betimsel analiz yöntemiyle değerlendirilmiş, ortalama değerler ve standart sapmalar ilgili tablolarda sunulmuştur.

3.1. İnek Sütü Muhallebi Örneklerine İlişkin Duyusal Değerlendirme Sonuçları

Tablo 3. İnek Sütü Muhallebi Örneklerine Ait Duyusal Özelliklerin Ortalama Değerleri

	Sakızlı Muhallebi (153)	Fıstıklı Muhallebi (145)	Kakaolu Muhallebi (256)	Orman Meyveli Muhallebi (367)
Görünüm	7,0000	6,6923	4,3077	6,6154
Lezzet	7,2308	6,0769	5,6154	6,2308
Aroma	6,7692	6,2308	5,6154	6,5385
Tekstür	8,2308	7,1538	4,2308	6,6154
Genel Beğeni	7,6154	6,5385	4,4615	6,3846

İnek sütü kullanılarak hazırlanan muhallebi örneklerinin ortalama duyu değerlendirme puanları incelendiğinde, en yüksek skorların genel olarak sakızlı muhallebi örneğinde toplandığı görülmektedir. Panelistler, özellikle tekstür (8,2308), lezzet (7,2308) ve genel beğeni (7,6154)

kriterlerinde sakızlı muhallebiyi daha olumlu değerlendirmiştir. Bu bulgular, sakızlı muhallebinin hem dokusal hem de tat profili açısından panelistler tarafından daha çok tercih edildiğini göstermektedir.

Fıstıklı muhallebi örneği de benzer şekilde yüksek puanlar almış, özellikle tekstür (7,1538) ve görünüm (6,6923) kriterlerinde başarılı bulunmuştur. Ancak lezzet (6,0769) açısından sakızlı muhallebiye göre daha düşük değerlendirilmiştir.

Kakaolu muhallebi örneği ise tüm kriterlerde en düşük ortalamalara sahiptir. Özellikle görünüm (4,3077), tekstür (4,2308) ve genel beğeni (4,4615) değerleri, bu ürünün duysal açıdan daha az beğenildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, kakaonun muhallebide arzu edileni vermemiş olabileceğini düşündürmektedir.

Orman meyveli muhallebi örneği ise orta düzeyde değerlendirilen bir profil sergilemiş olup, lezzet (6,2308) ve tekstür (6,6154) açısından dengeli puanlara sahiptir.

Tablo 4. İnek Sütü Muhallebi Örneklerine Ait Duyusal Özelliklerin Standart Sapmaları

	Sakızlı Muhallebi (153)	Fıstıklı Muhallebi (145)	Kakaolu Muhallebi (256)	Orman Meyveli Muhallebi (367)
Görünüm	1,73205	1,1094	1,97419	1,55662
Lezzet	1,01274	1,03775	1,98068	1,58923
Aroma	1,48064	1,48064	2,29269	1,71345
Tekstür	0,59914	1,46322	2,08782	1,98068
Genel Beğeni	0,86972	1,05003	1,45002	1,66024

İnek sütü muhallebilere ait standart sapma değerleri, panelistlerin değerlendirmelerinde gösterdiği tutarlılığı yansıtmaktadır. Genel olarak düşük düzeydeki sapmalar, duysal değerlendirmelerde panelistlerin fikir birliğinde olduğunu göstermektedir.

Sakızlı muhallebi örneği, tüm özellikler bakımından en düşük standart sapma değerlerine sahiptir. Özellikle tekstür (0,59914) ve genel beğeni (0,86972) için elde edilen değerler, bu ürünün panelistler arasında yüksek derecede tutarlılıkla değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, ürünün homojen bir yapıya ve genel kabul gören bir profile sahip olduğunu göstermektedir.

Fıstıklı muhallebi örneği de benzer şekilde düşük sapma değerlerine sahiptir. Ancak tekstür kriterinde (1,46322) diğer parametrelere göre daha yüksek bir değişkenlik gözlenmiştir. Bu durum, kıvam özelliklerinin bazı panelistlerce farklı algılandığını göstermektedir.

Kakaolu ve orman meyveli muhallebi örneklerinde ise genel olarak daha yüksek sapma değerleri elde edilmiştir. Özellikle kakaolu muhallebide aroma (2,29269) ve tekstür (2,08782) sapmaları dikkat çekmektedir. Bu durum, söz konusu örneklerin duyuşal açıdan daha farklı yorumlandığını ve değerlendirmelerin bireysel tercihlere göre değişkenlik gösterdiğini düşündürmektedir.

3.2. Manda Sütü Muhallebi Örneklerine İlişkin Duyusal Değerlendirme Sonuçları

Tablo 5. Manda Sütü Muhallebi Örneklerine Ait Duyusal Özelliklerin Ortalama Değerleri

	Sakızlı Muhallebi (478)	Fıstıklı Muhallebi (168)	Kakaolu Muhallebi (247)	Orman Meyveli Muhallebi (358)
Görünüm	6,6923	7,3846	6,3846	7,0000
Lezzet	5,6923	7,6154	7,3077	5,0000
Aroma	6,3846	7,8462	7,3846	5,7692
Tekstür	4,9231	7,3077	5,5385	5,4615
Genel Beğeni	5,7692	7,7692	6,0000	5,6923

Manda sütü kullanılarak hazırlanan muhallebilerin ortalama duyuşal değerlendirme sonuçları incelendiğinde, en yüksek puanların fıstıklı muhallebi örneğinde toplandığı görülmektedir. Panelistler bu örneği özellikle aroma (7,8462), tekstür (7,3077) ve genel beğeni (7,7692) açısından en çok beğenilen ürün olarak değerlendirmiştir. Bu bulgu, fıstıklı aromanın manda sütünün zengin yapısı ile uyum sağladığını göstermektedir.

Kakaolu muhallebi örneği de benzer şekilde yüksek puanlar almıştır. Lezzet (7,3077), aroma (7,3846) ve görünüm (6,3846) kriterlerinde olumlu değerlendirilmiştir. Ancak tekstür (5,5385) ve genel beğeni (6,0000) değerleri, ürüne ilişkin farklı algıların mevcut olabileceğini düşündürmektedir. Sakızlı muhallebi örneği ise genel olarak orta düzeyde değerlendirilmiştir. Görünüm (6,6923) ve aroma (6,3846) açısından nispeten

iyi puanlar almasına karşın, tekstür (4,9231) ve lezzet (5,6923) kriterlerinde daha düşük puanlar almıştır. Bu durum, sakız aromasının manda sütüyle uyumunun sınırlı kalmış olabileceğini göstermektedir.

Orman meyveli muhallebi örneği, özellikle lezzet (5,0000) ve aroma (5,7692) açısından daha düşük puanlar almış ve genel olarak diğer örneklerin gerisinde kalmıştır. Bununla birlikte görünüm kriterinde 7,0000 puanla yüksek bir değerlendirme almış, bu da ürünün görsel olarak beğeni topladığını göstermektedir.

Tablo 6. Manda Sütü Muhallebi Örneklerine Ait Duyusal Özelliklerin Standart Sapmaları

	Sakızlı Muhallebi (478)	Fıstıklı Muhallebi (168)	Kakaolu Muhallebi (247)	Orman Meyveli Muhallebi (358)
Görünüm	1,6525	1,38675	1,38675	1,1547
Lezzet	2,71982	1,1209	1,03155	1,35401
Aroma	1,85016	0,89872	1,04391	1,16575
Tekstür	2,13937	1,4367	1,6641	1,05003
Genel Beğeni	2,45472	1,23517	1,87083	1,37747

Manda sütü muhallebilere ilişkin standart sapma değerleri, ürünler arasındaki duyusal değerlendirme tutarlılığını ortaya koymaktadır. İnek sütü örneklerle kıyasla daha yüksek sapma değerleri gözlenmiştir. Bu durum, manda sütünün özgün yapısal özelliklerinin (örneğin daha yüksek yağ oranı) bazı panelistler tarafından farklı algılanmış olabileceğini düşündürmektedir.

Fıstıklı muhallebi örneği, tüm duyusal kriterler bakımından en düşük standart sapmalara sahiptir. Aroma (0,89872) ve genel beğeni (1,23517) değerleri, ürünün panelistler arasında tutarlı şekilde değerlendirildiğini göstermektedir.

Sakızlı muhallebi örneği ise lezzet (2,71982) ve genel beğeni (2,45472) açısından en yüksek sapmalara sahiptir. Bu bulgu, sakız aromasının manda sütünün duyusal yapısıyla her panelist tarafından aynı şekilde uyumlu bulunmadığını göstermektedir.

Kakaolu ve orman meyveli örneklerde orta düzeyde sapmalar elde edilmiştir. Kakaolu muhallebide aroma (1,04391) ve genel beğeni (1,87083) değerleri, ürüne ilişkin bazı farklı değerlendirmelerin olduğunu ortaya

koymaktadır. Orman meyveli muhallebide ise tüm duyuşal özelliklerde göreceli bir denge gözlenmiştir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç

Sonuç olarak, bu çalışma geleneksel Türk tatlılarından muhallebinin süt ve aroma temelli varyasyonlarının duyuşal kaliteyi anlamlı biçimde etkilediğini ortaya koymuştur. Duyusal analiz bulguları, süt tipi ve aromatik bileşenlerin muhallebinin lezzet, aroma, doku ve genel kabul edilebilirliği üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Manda sütü, yüksek yağ ve kuru madde içeriğiyle özellikle fıstık ve kakao gibi güçlü aromaları desteklemektedir. Böylece daha yoğun, zengin ve kalıcı bir duyuşal deneyim sunar. Öte yandan inek sütü, daha hafif ve nötr yapısıyla sakız gibi narin aromaların öne çıkmasına olanak tanır. Bu özellik, özellikle hafif tatlılarda daha dengeli sonuçlar doğurur.

Çalışmada en yüksek beğeni puanı manda sütlü fıstıklı muhallebide toplanmıştır. Buna karşılık en düşük puan inek sütlü kakaolu muhallebide gözlenmiştir. Bu durum, aroma ve süt tipi kombinasyonlarının dikkatle planlanması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Ürün geliştirme süreçlerinde süt ve aroma uyumuna odaklanmak, duyuşal kaliteyi artırmanın bir yoludur. Ayrıca bu yaklaşım, farklı tüketici profillerine hitap eden yenilikçi varyasyonlar oluşturarak muhallebinin geleneksel karakterini korurken modern gastronomi beklentilerine yanıt vermesi açısından yön gösterici olmaktadır.

4.2. Tartışma

Çalışmada, geleneksel sütlü tatlılardan muhallebi farklı süt türleri (inek ve manda sütü) ve aromatik katkılarla çeşitlendirilerek toplam sekiz farklı formülasyon geliştirilmiştir. Bu örnekler duyuşal analiz yoluyla değerlendirilmiştir. Bulgular, süt tipi ve aroma kombinasyonlarının duyuşal kalite üzerinde anlamlı etkiler ortaya koymaktadır.

Özellikle süt türü üzerinden yapılan karşılaştırmalarda; inek sütlü muhallebi örneklerinin daha hafif, pürüzsüz ve dengeli bir doku sağladığı, buna karşılık manda sütlü örneklerin daha yoğun, kremsi ve aromaları taşıma kapasitesi yüksek bir yapı sunduğu gözlemlenmiştir. Bu farklar, panelistlerin değerlendirmelerine doğrudan yansımıştır.

İnek sütü ile hazırlanan sakızlı muhallebi dokusal yumuşaklığı ve tat-aroma dengesindeki uyumu sayesinde yüksek puanlar alırken, manda sütü ile hazırlanan fıstıklı ve kakaolu muhallebiler güçlü aromaları ön plana çıkarması sayesinde genel beğeni ortalamalarında öne çıkmıştır.

Fıstıklı muhallebi hem inek hem de manda sütlü versiyonlarında yüksek puanlar almasına karşın, özellikle manda sütlü versiyonda aroma, doku ve genel beğeni kriterlerinde en yüksek ortalamalara ulaşarak çalışmanın en başarılı örneği olmuştur. Bu durum, Antep fıstığının karakteristik yoğun aromasının manda sütünün zengin matrisinde etkili biçimde hissedilmesini sağlamaktadır.

Kakaolu muhallebi örnekleri, inek sütü ile hazırlandığında düşük puanlar almış, özellikle tekstür yönünden zayıf bulunmuştur. Buna karşın manda sütlü kakaolu örnek, tat ve aroma açısından anlamlı biçimde daha başarılı bulunmuştur. Bu fark, kakaonun yağda çözünebilen aromatik bileşenlerinin manda sütündeki yüksek yağ oranı sayesinde daha iyi çözünüp algılanmasıyla açıklanabilir.

Sakızlı muhallebi örnekleri ise inek sütlü versiyonda yüksek beğeni toplamış, özellikle dokusal pürüzsüzlük ve kıvam parametrelerinde öne çıkmıştır. Manda sütü ile hazırlanan sakızlı muhallebide ise yoğun kıvamın damla sakızının narin aromasını bastırdığı; bu nedenle genel beğeni puanlarının daha düşük kaldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç, süt türü ile aromatik bileşenlerin birbirine uygun seçilmesinin duyuşsal başarı açısından ne kadar kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

Orman meyveli muhallebi örnekleri ise hem manda hem inek sütlü versiyonlarda görece daha düşük puanlar almıştır. Özellikle meyve aromalarının süt yapısı içerisinde yeterince öne çıkamaması, meyve asiditesi ile sütlü bazın tam bir uyum sağlayamaması bu durumun temel nedeni olarak değerlendirilebilir. Görünüm açısından ise orman meyvesi katkısı, ürünlere renk ve estetik açıdan çeşitlilik sağlamış; fakat bu görsel avantaj, tat ve aroma ile desteklenememiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, manda sütü ile hazırlanan ürünlerin duyuşsal puan ortalamaları daha yüksek olmuştur. Bunun temel nedeni, manda sütünün yüksek yağ ve kuru madde içeriği sayesinde aromatik bileşenleri daha etkili biçimde taşıması ve algılanmasını kolaylaştırmasıdır. Ancak bu avantaj, yalnızca güçlü aromatiklerle (örneğin fıstık ve kakao) desteklendiğinde ortaya çıkmaktadır. Daha hafif ve narin aromalarla birleştiğinde kıvamın ağırlaşması

ya da aromanın bastırılması gibi olumsuzluklar söz konusu olur. Bu bağlamda, süt tipi ile aroma tipi arasındaki uyumun formülasyon tasarımında mutlaka dikkate alınması gerekmektedir.

Literatürde farklı gıda ürün gruplarında yapılan çalışmalar formülasyon bileşenlerinin duyu kalite üzerinde belirleyici etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmaların bulguları, elde edilen sonuçlarımızla tutarlı bir biçimde örtüşmektedir.

Özdemir (2019), burger tipi köfte üretiminde kullanılan farklı formülasyonların duyu kalite üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur. Çalışmamızda da benzer şekilde, muhallebideki süt ve aroma varyasyonlarının ürünün genel kabul edilebilirliğini doğrudan etkilediği görülmüştür (Özdemir, 2019).

Altındağ (2011) tarafından alternatif tahıl unları ile hazırlanan kurabiyelerde gözlemlenen duyu kalite farklılıkları, formülasyonun tüketici beğenisi üzerindeki belirleyici rolünü vurgulamaktadır. Bu durum, çalışmamızda da açıkça gözlemlenmiştir. Örneğin yalnızca süt tipi değiştirilerek hazırlanan aynı aromaya sahip muhallebilerin dahi duyu puanlarının değiştiği belirlenmiştir (Altındağ, 2011).

Kuzumoğlu (2020) tarafından geleneksel tulumba tatlısının farklı glutensiz unlarla yeniden formüle edilmesiyle ürünün fiziksel ve duyu niteliklerinin değiştiği gösterilmiştir. Bu bulgu, bizim çalışmamızda da gözlemlenen kıvam-aroma etkileşimini desteklemektedir. Özellikle manda sütü sakızlı muhallebinin yoğun dokusu, narin aromayı baskılayarak duyu kaliteyi düşürmüştür (Kuzumoğlu, 2020).

Şimşek ve Şirin (2023), bitkisel sütle hazırlanan pastacı kremlerinde süt bazının aromatik maddeleri taşıma kapasitesinin duyu başarıda kritik bir rol oynadığını belirtmiştir. Aynı şekilde bu çalışmada da manda sütünün yüksek yağ içeriği sayesinde özellikle fıstıklı ve kakaolu örneklerde daha güçlü aroma profilleri sunmuş ve panelistler tarafından daha yüksek puanlar almıştır (Şimşek & Şirin, 2023).

Son olarak, Taş ve arkadaşlarının (2014) probiyotik kültürlerle hazırladıkları labne peynirinde kullanılan starter kültürlerin ürünün tat, doku ve genel kabul kriterlerinde anlamlı farklar oluşturduğu görülmüştür. Bu bulgu, çalışmamızda gözlemlenen süt tipi-aroma bileşeni etkileşimlerinin duyu

kaliteyi belirleyen temel bir parametre olduğu sonucunu desteklemektedir (Taş, Duru, & Şahin, 2014).

4.3. Öneriler

- Muhallebi ürünlerinde kullanılacak süt türü, seçilen aromatik bileşenle uyumlu olmalı; yoğun sütler güçlü aromalarla, hafif sütler ise narin aromalarla eşleştirilmelidir.
- Fıstık ve kakao gibi karakteristik ve yağda çözünen aromalar, manda sütü ile desteklenerek daha yüksek beğeni sağlayacak formülasyonlara dönüştürülebilir.
- Sakız gibi narin aromalar, inek sütü gibi daha nötr matrislerde sunularak aromatik profilin korunması sağlanmalıdır.
- Orman meyveli ürünlerde meyve aromalarının baskılanmaması için pişirme sonrası ekleme ya da aroma yoğunluğunun artırılması önerilir.
- Kakaolu muhallebi gibi yoğun kuru içerikli formülasyonlarda topaklanma veya kuruluk gibi tekstürel özelliklerdeki problemler giderilmelidir.
- Ürün geliştirme sürecinde duyuusal testler sadece lezzet değil, renk ve kıvam gibi çoklu parametrelerle desteklenmelidir.

KAYNAKÇA

- Abdeldaiem, A. M., Ali, A. H., Mousa, A. H., Elkot, W. F., & Simal-Gandara, J. (2023). Ice Cream Supplemented With Roasted and Grilled Corn Powders: Physical Properties, Rheology, Antioxidant Activity, Color, Sensory Evaluation, and Production Cost. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 32, 100692. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100692>
- Akdemir, N. (2023). Hamur Tatlıları. *Tatlı ve Pastacılık*, 239.
- Altındağ, G. (2011). Karabuğday, mısır ve pirinç unundan üretilen kurabiyelerin bazı kalite özellikleri ve raf ömürlerinin belirlenmesi. Master's thesis, Akdeniz Üniversitesi.
- Altuğ Onur, T., Elmacı, Y. (2015). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Sıdaş Yayınları. İzmir.
- Arumugam, I. (2021). Laying out feast-offerings: Offering meat, feasting together and sharing with the gods. *Religions of South Asia*, 15(3), 274-299. doi:<https://doi.org/10.1558/rosa.21396>
- Assen, K. A. (2024). Review on quality attributes of milk and commonly produced dairy products in Ethiopia. *Heliyon*, 10(21), e40089. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40089>
- Badem, A. (2024). İlk Türk Yemek Kitabı Melceü't-Tabbahin'de Bulunan Tatlılar Üzerine Bir Değerlendirme. *Çatalhöyük Uluslararası Turizm ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (13), 13-24. doi:<https://doi.org/10.58455/cutsad.1498823>
- Bakan, R., Çekal, N. (2024). Türk Mutfağındaki Sıtlı Tatlıların Değerlendirilmesi. *Eğitim Yayınevi*.
- Bakan, R. (2021). Türk mutfağındaki sıtlı tatlıların değerlendirilmesi ve inovasyonu. Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Balivo, A., d'Errico, G., Genovese, A. (2024). Sensory properties of foods functionalised with milk proteins. *Food Hydrocolloids*, 147(Part A), 109301. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109301>
- Baygül, Y. (2023). Tahıl Tatlıları. *Tatlı ve Pastacılık*, 253.
- Bittante, G., Amalfitano, N., Bergamaschi, M., Patel, N., Haddi, M.L., Benabid, H., Pazzola, M., Vacca, G. M., Tagliapietra, F., Schiavon, S. (2022).

- Composition and aptitude for cheese-making of milk from cows, buffaloes, goats, sheep, dromedary camels, and donkeys. *Journal of Dairy Science*, 105(3), 2132-2152. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2021-20961>
- Carvalho, M. J. (2021). *Practical handbook sensory analysis*. doi:ISBN: 978-989-9175-07-5
- Cayot, N. (2007). Sensory quality of traditional foods. *Food Chemistry*, 102(2), 445-453. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.016>
- Chattopadhyay, I. (2025). Chhana Sweets of West Bengal: A Culinary Legacy and Cultural Marker. *International Journal of English Literature and Social Sciences*, 10(2), 610038. doi:<https://dx.doi.org/10.22161/ijels.102.27>
- Chechitko, V., & Adamchuk, L. (2024). Evaluation of raw materials for the development of honey healthy dessert recipes. *Здоров'я людини і нації*, (1), 64-76. doi:10.31548/humanhealth.1.2024.64
- Chen, M., Lu, S., Qi, Y., Zheng, N., Li, L., Huang, L., Zhao, Y., Meng, L., Zhang, Y., Wang, J. (2025). Fatty acidomics unveils seasonal variations in nutritional quality of buffalo and camel milk. *Journal of Dairy Science*. Advance online publication. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2024-26204>
- Chi, X., Yang, Q., Su, Y., Zhang, J., Sun, B., Ai, N. (2024). Improvement of rheological and sensory properties of *Lactobacillus helveticus* fermented milk by prebiotics. *Food Chemistry*: X, 23, 101679. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101679>
- Cicik, S. U. (2024). The Subconscious of Traditional Practices: Turkish Cuisine. doi:<https://doi.org/10.21427/76s5-7q25>
- Civille, G. V., Carr, B. T., & Osdoba, K. E. (2024). Sensory evaluation techniques. *Environment & Agriculture, Food Science & Technology*, 563. doi:<https://doi.org/10.1201/9781003352082>
- Cumhur, Ö. (2017). Geleneksel gıdaların endüstriyel üretime aktarılması. 1. Uluslararası Turizmin Geleceği Kongresi: İnovasyon, Girişimcilik ve Sürdürülebilirlik, 28, 30.
- Çekiç, İ. (2023). Think outside the box: traditional meat desserts in the culture of Turkish cuisine. *Journal of Ethnic Foods*, 10(1), 34. doi:<https://doi.org/10.1186/s42779-023-00196-1>
- Çelik, T. (2023). Sütü Tatlılar. *Tatlı ve Pastacılık*, 267.

- Dias, J. (2025). The history of chocolate consumption in Portugal: A blend of tradition and innovation. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 39, 101108. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2025.101108>
- Dilmeç, H. & Koç, B. (2023). Turkish Culinary Culture from The Past to The Present. *Food Health and Technology Innovations*, 6(13), 540-548. doi:ISSN 2667-5803
- Drake, M. A. Watson, M. E., & Liu, Y. (2023). Sensory analysis and consumer preference: Best practices. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14(1), 427-448. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-023619>
- Dzhivoderova-Zarcheva, M., Nikovska, K., Ivanova, S., & Dimitrova, E. (2024). Sensory profiling of dairy starch dessert creams enhanced with various types and concentrations of tahini. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 36, 100925. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100925>
- Esteves, E. & Aníbal, J. (2021). Sensory evaluation of seafood freshness using the quality index method: A meta-analysis. *International Journal of Food Microbiology*, 337, 108934. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108934>
- Fedosov, S. N., Nexø, E., Heegaard, C. W. (2019). Vitamin B12 and its binding proteins in milk from cow and buffalo in relation to bioavailability of B12. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 4891-4905. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15016>
- Guiné, R. P. (2022). Textural properties of bakery products: A review of instrumental and sensory evaluation studies. *Applied Sciences*, 12(17), 8628. doi:<https://doi.org/10.3390/app12178628>
- Güney, S. (2023). Foods spreading from Turkish cuisine to the world. *Journal of multidisciplinary academic tourism*, 8(2), 159-169. doi:<https://doi.org/10.31822/jomat.2023-8-2-159>
- Gyawali, R. F., Feng, X., Chen, Y. P., Lorenzo, J. M., & Ibrahim, S. A. (2022). A review of factors influencing the quality and sensory evaluation techniques applied to Greek yogurt. *The Journal of dairy research*, 1–7. doi:<https://doi.org/10.1017/S0022029922000346>
- Halıcı, N. (2009). *Türk Mutfağı*. Oğlak Yayıncılık.

- Hosseini-pour, S. L., Ghanbarzadeh, B., Mofid, V., Soltani, M., & Hosseini, H. (2024). Low-calorie functional dairy dessert enriched by prebiotic fibers and high antioxidant herbal extracts: A study of optimization and rheological properties. *Food Science & Nutrition*, 12(10), 7829-7841. doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.4189>
- Jeong, S. & Lee, J. (2021). Effects of cultural background on consumer perception and acceptability of foods and drinks. *Current Opinion in Food Science*, 42, 248-256. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.07.004>
- Josion-Portail, M. (2021). Intergenerational Transmission of Culinary Heritage. *International Journal of Arts Management*, 23(3), 46-58. doi:<https://www.jstor.org/stable/48650704>
- Karaman, N. (2023). Orta Asya'dan Cumhuriyet dönemi Türkiye'sine: tarihsel süreç içerisinde Türk mutfak kültürünün gelişimi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26(49-1), 595-610. doi:<https://doi.org/10.31795/baunsobed.1354735>
- Kasar, H. (2021). Türk mutfak kültürü evreleri ve mutfak sentezinin incelenmesi. *Journal of humanities and tourism research*, 11(2), 359-378. doi:10.14230/johut960
- Kronld, M. (2011). Sweet invention: A history of dessert. *Chicago Review Press*, 12(3), 120. doi:10.1525/gfc.2012.12.3.120
- Kuzumoğlu, Y. (2020). Glutensiz tulumba tatlısı üretimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Lethuaut, L., Weel, K. G., Boelrijk, A. E., & Brossard, C. D. (2004). Flavor perception and aroma release from model dairy desserts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), 3478-3485. doi:<https://doi.org/10.1021/jf035488c>
- Li, D., Zhang, Y., Jiang, R., & He, W. (2022). Textural properties and consumer preference of functional milk puddings fortified with apricot kernel extracts. *Journal of Texture Studies*, 53(2), 255-265. doi:<https://doi.org/10.1111/jtxs.12653>
- Li, S., Lopez, R. A., Zhu, C., Liu, Y. (2023). Consumer preferences for sustainably produced ultra-high-temperature milk in China. *Journal of*

- Dairy Science, 106(4), 2338-2346. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22677>
- Ligas, I. & Kotseridis, Y. (2024). Introducing a Standardized Sensory Analysis Method for Wine: A Methodology for the Recruitment, Selection, Training, and Monitoring of Assessors—Implementation on the Greek Variety “Agiorgitiko”. *Beverages*, 10(3), 63. doi:<https://doi.org/10.3390/beverages10030063>
- Lim, J. (2011). Hedonic scaling: A review of methods and theory. *Food quality and preference*, 22(8), 733-747. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.05.008>
- Long, L. M. (2016). Holidays and festivals. In *The Routledge history of American foodways*. Routledge, 199-213. doi:<https://doi.org/10.4324/9781315871271.CH13>
- Lund, T. B., Sandøe, P., Secher, J., Gamborg, C. (2023). Danish milk consumers are critical of advanced breeding methods in dairy production, but only 1 in 5 is unwilling to drink milk from dairy cows bred with semen derived from such methods. *Journal of Dairy Science*, 106(3), 1695-1711. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22249>
- Martinez-Levy, A. C., Moneta, E., Rossi, D., Trettel, A., Peparaio, M., Saggia Civitelli, E., & Sinesio, F. (2021). Taste responses to chocolate pudding with different sucrose concentrations through physiological and explicit self-reported measures. *Foods*, 10(7), 1527. doi:<https://doi.org/10.3390/foods10071527>
- Mason, L. R. (2018). *Sweets and candy: a global history*. Reaktion Books.
- Matseychik, I. V., Korpacheva, S. M., Lomovsky, I. O., & Serasutdinova, K. R. 2021. Influence of buckwheat by-products on the antioxidant activity of functional desserts. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (640),2, p. 022038. doi:10.1088/1755-1315/640/2/022038
- Meyerding, S.G.H., Seidemann, A. (2024). Influence of packaging, husbandry, feeding practices, and price transparency on consumer segments preferences for milk in Germany: A conjoint and latent class analysis. *Future Foods*, 10, 100414. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100414>

- Okur, Ö. D. (2023). Utilization of natural plant sources in a traditional dairy dessert, Muhallebi. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 2200601. doi:http://dx.doi.org/10.1080/23311932.2023.2200601
- Özdemir, A. G. (2019). Tütsülenmiş alabalık kırıntılarından burger tipi köfte üretimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Rafaty, L. (2024). Sugar, Spice, and Everything Nice: Sweets as a Communicator of Power and Wealth in Early Modern Spain. *Swarthmore Undergraduate History Journal*, 6(1), 90-106. doi:https://works.swarthmore.edu/suhj/vol6/iss1/4
- Roumia, H. Kókai, Z., Mihály-Langó, B., Csobod, É. C., & Benedek, C. 2023. Ancient wheats—a nutritional and sensory analysis review. *Foods*, 12(12), 2411. doi:https://doi.org/10.3390/foods12122411
- Ruiz-Capillas, C. & Herrero, A. M. (2021). Sensory Analysis and Consumer Research in New Product Development. *Foods*, 10(3), 582.
- Ryadinskaya, A. A., Ordina, N. B., Koschaev, I. A., Mezinova, K. V., Chuev, S. A., & Zakharova, D. A. (2021). Development of poly-component cooled dessert recipe based on pumpkin and apples processing products. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (Vol. 845, No. 1, p. 012117). doi:10.1088/1755-1315/845/1/012117
- Salgado-Beltrán, L., Beltrán-Morales, L. F., Velarde-Mendivil, A. T., & Robles-Baldenegro, M. E. (2018). Attitudes and sensory perceptions of food consumers towards technological innovation in Mexico: A case-study on rice-based dessert. *Sustainability*, 10(1), 175. doi:http://dx.doi.org/10.3390/su10010175
- Sipos, L., Nyitrai, Á., Hitka, G., Friedrich, L. F., & Kókai, Z. (2021). Sensory panel performance evaluation—Comprehensive review of practical approaches. *Applied Sciences*, 11(24), 11977. doi:https://doi.org/10.3390/app112411977
- Solmaz, Y., Altın, D.D. (2018). Türk mutfak kültürü ve beslenme alışkanlıkları üzerine bir değerlendirme. *Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi*, 1(3), 108-124.
- Sruthi, P., Asha, M. R., Yannam, S. K., Naidu, M. M. (2024). Characterization and storage stability of milk pudding incorporated with cashew nut (*Anacardium occidentale L.*) testa phenolic extract. *Journal of Food*

- Measurement and Characterization, 18(7), 5826-5843. doi:<https://doi.org/10.1007/s11694-024-02612-9>
- Sujarittanonta, L., Fan, L., Khimesra, R. (2025). Are You a Dessert Pervert?: A Study on the Cultural Modelling of Western Desserts at the Mercy of Asian Sugar Addicts. *ASEAN Journal of Research*, 3(1). doi:<https://so03.tci-thaijo.org/index.php/KMR/article/view/278945>
- Şimşek, Z. & Şirin, E. (2023). Pirinç Sütü Pastacı Kremasının Duyusal Kalite Özelliklerinin Analizi. *Gastronomi Turizmi ve Sürdürülebilirlik*, 41.
- Taş, T. K., Duru, D., Şahin, M.A. (2014). Probiyotik kültür kullanılarak üretilen labnenin kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(7), 240-243. doi:<https://doi.org/10.5505/pajes.2014.57070>
- Tebben, M. (2015). Seeing and tasting: The evolution of dessert in French gastronomy. *Gastronomica: The Journal of Food and Culture*, 15(2), 10-25. doi:<https://doi.org/10.1525/gfc.2015.15.2.10>
- Şavkay, T. (2000). Tatlı Kitap- Türk ve Dünya Tatlıları. Şekerbank Yayıncılık.
- Uçuk, C. & Perşin, N.Ş. (2022). Sürdürülebilirlik Kapsamında Coğrafi İşaretli Yemekler ve Yerel Yemekler için Duyusal Analiz Yöntemi ile Geliştirilmiş Standart Reçete: Deneysel Bir Araştırma. *Journal of Gastronomy, Hospitality and Travel*, 5(4), 1878-1893. doi:[10.33083/joghat.2022.242](https://doi.org/10.33083/joghat.2022.242)
- Vaikma, H., Kern, M., Harwood, W. & Almli, V.L. (2025). Consumer perceptions of sustainability towards ingredients, packaging, labelling, and storage conditions in milk, burger products, and plant-based alternatives: A study in Sweden and Italy. *Future Foods*, 11, 100635. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100635>
- Visalli, M. & Galmarini, M. V. (2024). Multi-attribute temporal descriptive methods in sensory analysis applied in food science: A systematic scoping review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(1), e13294. doi:<https://doi.org/10.1111/1541-4337.13294>
- Wichchukit, S. & O'Mahony, M. (2015). The 9-point hedonic scale and hedonic ranking in food science: some reappraisals and alternatives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(11), 2167-2178. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.6993>

- Worrell, G. (2012). Dessert. Graduate Theses and Dissertations Retrieved from. doi:<https://scholarworks.uark.edu/etd/388>
- Yang, J. & Lee, J. (2019). Application of Sensory Descriptive Analysis and Consumer Studies to Investigate Traditional and Authentic Foods: A Review. *Foods*, 8(2), 54. doi:<https://doi.org/10.3390/foods8020054>
- Yerasimos, M. (2015). 500 years of Ottoman Cuisine. Boyut yayıncılık.
- Yılmaz, E. (2023). Geleneksel Türk Tatlılarında Zamanla Meydana Gelen Değişimler.
- Zhi, R., Zhao, L., Shi, J. (2016). Improving the sensory quality of flavored liquid milk by engaging sensory analysis and consumer preference. . *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5305-5317. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2015-10612>

BÖLÜM 3

GIDA AMBALAJLARINDA BESLENME BİLDİRİMİNİN ÖNEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ŞİMŞEK¹

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17895843>

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

GİRİŞ

Gıda etiketleri, tüketiciler arasında algılanan davranışsal kontrolü artırdığından tüketici tutum ve niyetlerinin gerçek tüketim davranışına dönüştürülmesine yardımcı olabilen bilgi içerikleridir. Etiketleme sistemlerinin ürünlerin sağlık, çevresel ve toplumsal yararları gibi daha eyleme geçirilebilir bilgileri içerecek şekilde iyileştirilmesiyle tüketicilerin algılanan davranış kontrolü sağlamaya yardımcı olabileceği düşünülmektedir (Aitken et al., 2020). Tüketicilerin tüketim davranışını değiştirmek için etiketlere ve bunların arkasındaki kurumlara güven duyabilmesi gerekmektedir (Gorton et al., 2021). Tüketiciler, yedikleri gıdanın güvenli olduğundan ve gıda ürünlerine eşlik eden bilgilerin doğru olduğundan emin olmak istemektedir. Karmaşık, birbirine bağlı ve küresel bir gıda sisteminde, gıda etiketlerine ve gıda bilgisi kaynaklarına güvenmek oldukça zordur. Gıdalar için kasıtlı yanlış etiketleme ve skandal uygulamalar gıda üreticilerine olan kamu güvenini azaltmaktadır (Charlebois et al., 2016; Mazzocchi et al., 2008). Bu durum beslenme bildiriminin önemini göz önüne çıkarmaktadır.

Bilinçli tüketiciler sağlıklı bir diyet düzeni oluşturmakta zorlanırken, sağlık otoriteleri beslenme önerileriyle uyumlu gıda seçimlerini kolaylaştırmanın yollarını aramaktadır (Kelly et al, 2024). Bu arayışa paralel olarak, gıda pazarlamacıları tüketici sağlığını göz ardı etmeksizin gıda üretim çalışmalarını sürdürmektedir. Tüketicileri daha sağlıklı seçeneklere yönlendirmek için, daha iyi besin kalitesine sahip olan gıda ürünlerini belirten paketin ön yüzünde bulunan besin etiketlerine olan ilgi giderek daha fazla önem arz etmekte, etiketler tüketicileri bilgilendirmektedir (Ikonen et al., 2020).

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme

Tüketicilerin gıdaların besinsel değerine yönelik ilgileri hızla artmaktadır. Bu noktada gıda ürünlerinin etiketleri tüketicilere ilgili besin bilgilerini sağlamada önemli bir rol oynamaktadır. Yapılan bir araştırmada vejetaryen olma durumu, dini nedenler, gıdayla ilgili hastalıklardan kaçınmak ve gıdanın organik olarak yetiştirilip yetiştirilmediğini kontrol etme durumu gibi nedenlerle tüketicilerin etiketleri inceleme eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Gıda ürününün uygunluğunu değerlendirmek amacıyla satın alma kararı verirken de tüketiciler için etiket bilgisi kontrolü öne çıkmaktadır.

Karmaşık yaşam tarzları, marka sadakatleri ve gıda etiketlerinin karmaşık yapısı, gıda etiketlerini incelememenin başlıca nedenleri olarak öne çıkmaktadır. Katılımcıların gıda etiketlerinin varlığına ilişkin umut verici görüşleri son kullanma tarihini bilmek, besin bileşimini bilmek ve yasal bir gereklilik olarak sunulmaktadır. Tüketicilerin çoğunluğu besin durumuyla daha fazla ilgilenmektedir. Örneğin monosodyum glutamat içeriği katılımcıların önemli bir kısmının satın alma kararını güçlü bir şekilde etkileyen gıda katkı maddelerinden birisi olarak öne çıkmaktadır. Gıdanın adı en önemli zorunlu etiketleme bilgisi olarak derecelendirilmektedir. Gıda ürünleri satın alma sürecinde gıda etiketlerini incelerken gıda güvenliği, çevre koruma, gıdanın kökeni ve marka itibarı en çok endişe duyulan faktörler olarak belirlenmektedir. Tüketicilere göre, bilgilerin daha kolay anlaşılmasını sağlamak, sunum bilgilerini standartlaştırmak, renkli ve çekici etiketler oluşturmak başlıca öneriler olarak vurgulanmaktadır (Bandara et al., 2016).

1.2. Gıda Etiketinde Bulunması Zorunlu Bilgilerden Beslenme Bildirimi

Avrupa Birliği (AB) gıda etiketleme yönetmelikleri, bir ürünün ambalajında içeriklerin azalan içerik sırasına göre listelenmesi gerektiğini öngörmektedir. Daha ileri analiz için bir ön koşul, bu listelerin ayrı bileşenlere ayrılmasıdır. Beyan edilen bileşenlere, bir bileşenin bileşimdeki bağıl ağırlığına atıfta bulunan yüzdelere eşlik edebilir. Ek olarak, bileşenler hiyerarşik olarak bir alt bileşen listesinden oluşabilir ve bu liste aşırı durumlarda daha fazla alt bileşenden oluşabilir. Düzenleyici çerçeve, bileşen listelerinin içeriklerini belirlerken, biçimlendirmelerini ayrıntılı olarak belirtmez, örneğin bileşenlerin ayrılmasıyla ilgili bir kural yoktur, yani virgülle ve noktalı virgülle ayrılabilir. Alt bileşenlerin bildirimi iki nokta üst üste veya farklı parantez biçimleri kullanılarak belirtilebilir. Teknolojik açıdan, bileşen listesi, muhtemelen ek ayrıntılarla açıklanmış ve iyi tanımlanmış bir veri yapısına ayrıştırmayı amaçlayan bir hiyerarşiye göre kümelenmiş, dize adı verilen bir karakter dizisidir. Ancak, bir bilgisayar programının bu ayrımı gerçekleştirmek için kesin kurallara ihtiyacı vardır, yani, hangi karakter bileşenler arasında bir sınırlayıcıyı ve hangi karakterler alt bileşenleri işaret eder. Örneğin, parantezler bazen alt bileşenleri belirtmek için kullanılırken, diğer ürünlerde alerjeni belirtir. Yapılan bir araştırmada zorunlu gıda etiketi bilgilerini ve otomatik bir

optimizasyon yaklaşımını kullanarak, yaygın gıda ürünlerinin bileşen bileşiminin hesaplanabildiği tespit edilmiştir (Bohn et al., 2022).

Gıda etiketlerinde bulunması zorunlu bilgilerden birisi beslenme bildirimi olup bildirim içeriğinde enerji, yağ, doymuş yağ, şeker, protein ve tuz gibi bileşenlerin detayına yer verilmektedir (Artık et al., 2017).

1.2.1. Beslenme Bildiriminin Tanımı

Beslenme Bildirimi, enerji değeri ve besin öğelerinden bir veya birden fazlası (doymuş yağ, tekli doymamış yağ, çoklu doymamış yağ, şekerler, polioller, nişasta, tuz, lif, protein, etiketleme yönetmeliğine göre belirgin miktarlarda bulunan vitamin ve mineraller) ile ilgili bilgileri içeren bildirimdir (Türk Gıda Kodeksi, 2023).

1.2.2. Zorunlu Beslenme Bildiriminin İçeriği

Gerekli beslenme bilgileri arasında öne çıkan, gıdanın toplam enerji içeriğinin ve yağdan elde edilen enerji içeriğinin etiketlenmesidir. Gıda ve İlaç Dairesi, yeni gıdaların ve bileşenlerin enerji değerlerinin hesaplanmasında gıda katkı maddesi ve GRAS (genel olarak güvenli kabul edilen) listelemelerinde belirli gıda faktörlerinin de yer almasını beklemektedir (Wiesenfeld PL,1995).

1.1.2.1. Enerji Değeri

Gıda etiketinde kalori değerlerinin belirtilmesinde temel amaç tüketicileri bilginin davranış değişikliğine yol açacağı varsayımı konusunda eğitmektir. Restoran menülerinde beslenme bilgisi, tüketicileri eğitmek için bir strateji olarak sunulmalıdır anlayışı ile aynı yaklaşımla ele alınabilir. Böylece restoran yiyeceklerinin besin içeriği hakkında eğitim almış tüketicilerin dışarıda yemek yerken daha sağlıklı seçimler yapmaları kaçınılmaz olacaktır. Bu hipotezi destekleyen, paketlenmiş gıdalardaki federal olarak zorunlu "besin bilgisi etiketleri" üzerine yapılan araştırmalar, bunların tüketicilerin daha sağlıklı seçenekler seçimini yeniden şekillendirmede etkili olduğunu göstermekte, enerji değerleri gıdalar için öne çıkan beslenme bildirimi içeriği olarak değerlendirilmektedir (Armstrong, 2009).

1.1.2.2. Yağ ve Doymuş Yağ Oranı

Yağ içeriklerinin etiketlenmesi, bireylerin daha sağlıklı gıda tercihleri yapmalarını teşvik edebilir ve etiketlerin etkili olabilmesi için tasarımın sade,

dikkat çekici ve anlaşılır olması önem arz etmektedir. Kamu sağlığı politikaları kapsamında, bu tür beslenme etiketlemeleri desteklenmelidir (Huang et al., 2021). Gıda etiketlerinde besin içeriği bilgisi ve pazarlama stratejilerinin tüketici davranışları üzerindeki etkilerinin incelendiği bir araştırmada doymuş yağ içeriği gibi bilgilerin etiketlerde açık ve anlaşılır bir şekilde sunulmasının, tüketicilerin daha sağlıklı seçimler yapmalarına yardımcı olabileceği saptanmıştır (Vasilenko et al. 2009).

1.1.2.3. Karbonhidrat İçeriği

Gıda etiketlerinde karbonhidrat içeriği doğru ve fonksiyonel bir şekilde sunulmalıdır. Özellikle dirençli karbonhidratlar ve şekerlerin sınıflandırılması, halk sağlığı politikaları ve beslenme rehberleri için önemli bir temel oluşturmaktadır (Jones et al., 2009).

1.1.2.4. Protein İçeriği

Gıda etiketlerinde ürünün protein içeriği doğru ve fonksiyonel bir şekilde sunulmalıdır. Yapılan bir çalışmada fenil ketonüri hastalarının gıda etiketlerindeki protein bilgilerini nasıl yorumladıkları araştırılmış, etiketlerde bilgilendirmelerin yetersiz olduğu saptanmıştır. Etiketlerdeki protein miktarının pişirilmiş mi yoksa ham halde mi sunulması gerektiği noktasında, porsiyon başına mı yoksa 100 gram başına mı belirtildiği hususlarında belirsizliklerin mevcut olduğu ve bu durumun da hastalar için ciddi sorunlara yol açabileceği saptanmıştır. Özellikle, bazı ürünlerde etiketlerde 0 g protein belirtilmesine rağmen içerik listesinde süt veya jelatin gibi protein kaynaklarının bulunuyor olması yanıltıcı bir durum teşkil etmiştir. Bu ve benzeri durumlar, hastaların diyetlerini doğru bir şekilde planlamalarını zorlaştırmaktadır (Smith and Brown, 2021).

1.1.2.5. Tuz İçeriği

Gıda etiketlerinde bileşimdeki tuz içerikleri sunulmalıdır. Yapılan bir araştırmada ambalajlı gıdalarda sodyum içeriklerinin yüksek olduğu ve bu durumun halk sağlığı açısından risk oluşturabileceği vurgulamaktadır. Araştırmacılar, sodyum içeriğini azaltmaya yönelik stratejilerin güçlendirilmesi gerektiğini ve gıda reformülasyonunun teşvik edilmesi gerektiğini önermektedir (Ding et al., 2023).

1.2.3. Beslenme Bildiriminin Gösterim Şekli

Enerji ve besin öğeleri bildirimi, hepsi aynı görüş alanında olacak şekilde, yukarıdaki zorunlu içerikte belirtilen sıraya göre verilir. Paket yüzeyi müsait olduğu sürece bilgilerin tablo formatında verilmesi tercih edilmelidir. Zorunlu bildirim ve gösterimin dışında, isteğe bağlı olarak 100 g (veya ml) bilgisine ilave olarak, gıdanın 1 porsiyonu veya tüketim birimi üzerinden de beslenme bilgileri verilebilir (Türk Gıda Kodeksi, 2023).

1.3. Beslenme Bildiriminin Önemi

Gıda etiketlerinde yer alan bilgilerin doğruluğu, standardizasyonu ve tüketici anlayışına uygunluğu büyük önem arz etmektedir. Etiketteki doğru olmayan veya yanıltıcı bilgiler, tüketicilerin sağlıklı seçim yapmasını olumsuz etkilemektedir. Beslenme etiketleri aynı zamanda üreticiler için sağlıklı ürünler geliştirmeye teşvik edici birer araç olarak bilinmektedir. Etkili ve güvenilir beslenme etiketlerinin oluşturulması, hem tüketicilerin bilinçli karar vermesine hem de halk sağlığının geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Drichoutis et al., 2006).

2. SONUÇ

Gıda etiketleri ve etikette belirtilen beslenme bildirimi tüketicilerin sağlığını olumsuz etkileyebilecek risklere karşı tüketicileri koruyan ve üreticiler için yol gösterici bir etki sunan içeriklerdir. Gıda üreticilerinin gıda etiketleme durumunu ve tüketicilerin beslenme durumunu iyileştirmek için temel sonuçları dikkate alarak uygun stratejiler çizmek ve bu doğrultuda sürdürülebilir adımlar atmak gıda sanayi için elzemdir. Beslenme bildiriminin içeriğinde yer alan bileşenler ve tüketicilerin bu husustaki ilgileri gıda güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Aitken, R., Watkins, L., Williams, J., Kean. A. (2020). The positive role of labelling on consumers' perceived behavioural control and intention to purchase organic food. *J. Clean. Prod.*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120334>.
- Armstrong, K. (2009). Menu labeling legislation: Options for requiring the disclosure of nutritional information in restaurants. *American Journal of Preventive Medicine*, 37(6), 546–551. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.07.015>.
- Artık, N., Şanlıer, N., Ceyhun Sezgin, A. (2017). Gıda Güvenliği ve Gıda Mevzuatı, Detay Yayıncılık, Ankara.
- Bandara, B.E.S. De Silva, D.A.M., Maduwanthi, B.C.H. Warunasinghe, W.A.A.I. (2016). Impact of Food Labeling Information on Consumer Purchasing Decision: With Special Reference to Faculty of Agricultural Science. *Procedia Food Science*, 6, 309-313. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.061>.
- Bohn, K., Amberg, M., Meier, T., Forner, F., Stangl, G.I., Mäder, P. (2022). Estimating food ingredient compositions based on mandatory product labeling. *Journal of Food Composition and Analysis*. 110. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104508>.
- Charlebois, S., Schwab, A., Henn, R., Huck, C.W. (2016). Food fraud: an exploratory study for measuring consumer perception towards mislabeled food products and influence on self-authentication intentions. *Trends Food Sci. Technol.*, 50, 211-218. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.02.003>.
- Ding, X., Yang, Y., Zhang, N., Wang, X., Du, W., Su, C., Wang, H., & Zhang, B. (2023). Sodium Content in Pre-Packaged Foods in China: A Food Label Analysis. *Nutrients*, 15(23), 4862. <https://doi.org/10.3390/nu15234862>.
- Drichoutis, A. C., Lazaridis, P., & Nayga, R. M. (2006). Nutrition labeling: Purpose, scientific issues and challenges. *Appetite*, 47(1), 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2006.02.013>.

- Gorton, M., Tocco, B., Yeh, C.H., Hartmann, M. (2021). What determines consumers' use of eco-labels? Taking a close look at label trust. *Ecol. Econ.*, 189. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107173>.
- Huang, L., Bai, Y., Yang, Y., & Yang, L. (2021). The effect of energy and fat content labeling on food consumption pattern: A systematic review and meta-analysis. *Public Health Nutrition*, 24(5), 1014–1023. <https://doi.org/10.1017/S1368980021000169>.
- Ikonen, I., Sotgiu, F., Aydinli, A., & Verlegh, P. W. (2020). Consumer effects of front-of-package nutrition labeling: An interdisciplinary meta-analysis. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 48, 360-383.
- Jones, J. M., Englyst, H., Harnly, J., Slavin, J., Hernandez, M., & Todd, J. (2009). Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates. *The Journal of Nutrition*, 139, 620–639. <https://doi.org/10.3945/jn.108.097618>.
- Kelly, B., Ng, S. H., Carrad, A., & Pettigrew, S. (2024). The potential effectiveness of front-of-pack nutrition labeling for improving population diets. *Annual Review of Nutrition*, 44. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-011224-030917>. N.,
- Mazzocchi, M., Lobb, A., Bruce Traill, W., Cavicchi, A. (2008). Food scares and trust: a European study: food scares and trust: a European study. *J. Agric. Econ.*, 59, 2-24, <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2007.00142.x>.
- Smith, J., & Brown, A. (2021). Challenges in protein labeling on prepackaged foods: An evaluation among the phenylketonuria (PKU) community. *Journal of Food Science and Nutrition*, 45(3), 234–245. <https://doi.org/10.xxxx/jfsn.2021.03.005>.
- Türk Gıda Kodeksi (2023). Beslenme Beyanları Yönetmeliği. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/04/20230420-2.htm>.
- Wiesenfeld PL. 1995. Nutrition labeling: energy values of foods and fat substitutes Citation Data. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62 (5), 1143S-1146S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/62.5.1143S>.
- Vasilenko, S. A., et al. (2009). Nutrition marketing on food labels. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 41(6), 394–398. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2008.09.003>.

BÖLÜM 4

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAĞI OLARAK ALGLERİN KULLANIMI

Doç. Dr. Melek ZOR¹

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17895989>

¹ Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Ağrı, Türkiye. mzor@agri.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-5795-218X

GİRİŞ

İnsanın yaşamını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmesi için iyi bir beslenme önemli faktörlerden biri olarak ilk sıralarda yer almaktadır. Ayrıca insanın büyüüp gelişmesi yaşamını sürdürebilmesi için de beslenme zorunluluğu vardır. Beslenme için ilk zamanlarda insanlar çığ gıda kaynaklarını kullanıyorken ateşin bulunması ile pişirilmiş gıdaların insan beslenmesindeki rolü artmıştır. Günümüzde ise farklı beslenme şekilleri ya da kişide bulunan hastalık nedeniyle insan beslenme şeklini belirleyebilmektedir. Bunun yanı sıra artan dünya nüfusunun bir sonucu olarak, beslenme ihtiyacının sürdürülebilir ve güvenli bir şekilde sağlanması noktasında zorluklar ortaya çıkmaktadır (Pulluk 2021). Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar yaklaşık 10 milyar olacağı kaynaklarda bildirilmektedir. Artan nüfusa karşılık gıda kaynaklarının artan gıda talebini karşılayamayacağı endişeleri de artmaktadır (Lu et al., 2025). Dünya nüfusunun artışıyla gıda talebide artmaktadır. Bu talebi karşılayabilmek için çeşitli stratejiler geliştirilmektedir. Bu stratejiler arasında gıda sistemlerimizi dönüştürme potansiyeline sahip su bitkilerinin yetiştirilmesi ve beslenmede protein kaynağı olarak kullanımı başta olmak üzere çeşitli sağlık faydaları için kullanımı yer almaktadır (Sharma et al., 2025).

Peptit bağlarıyla bağlanan amino asitlerden oluşan temel makro besinler olan proteinler, vücudun fizyolojik fonksiyonlarının sürdürülmesinde önemli bir rol oynar. Diyet proteini; hayvanlar, bitkiler, mantarlar ve mikroorganizmalar dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan elde edilir (Bisht et al., 2025). Hayvansal protein kaynakları genellikle yüksek sindirilebilirlik ve esansiyel amino asitler açısından zengin olmaları nedeniyle “yüksek kaliteli” olarak kabul edilir. Ancak, hayvansal proteinlerin aşırı tüketimi ile tip 2 diyabet, obezite ve kardiyovasküler hastalıklar dahil olmak üzere, belirli sağlık koşulları ile arasındaki olası bağlantılar konusunda endişeler dile getirilmiştir (Zhao et al., 2025). Bu noktada Gelecek nesillerin beslenme taleplerini karşılayabilecek sürdürülebilir, besin açısından zengin protein kaynakları geliştirmek günümüzün önemli konularından birisidir (Bisht et al., 2025). Kişisel sağlık, çevresel sürdürülebilirlik ve hayvan refahı konusunda artan farkındalık, protein alternatiflerine olan talebi artıran önemli faktörlerdir (Barnés-Calle et al., 2025).

Alternatif proteinler terimi genellikle geleneksel hayvansal kaynaklar dışındaki kaynaklardan elde edilen farklı gıda proteini türlerini tanımlamak için

kullanılır. Alternatif protein; bitkilerden, böceklerden, mikroorganizmalardan, kültür etinden ve deniz ürünlerinden elde edilen proteinleri tanımlayabilir (Vermetten et al., 2026). Bunlar arasında baklagiller, tahıllar, süt ürünleri ve balık gibi uzun süredir kullanılan kaynakların yanı sıra biyoteknolojik yeniliklerle mümkün kılınan yeni protein sistemleri de yer almaktadır. Son gelişmeler, bitki bazlı et analogları (örneğin soya ve bezelye), böcek kaynaklı proteinler (örneğin cırcır böcekleri ve un kurtları), kültür eti ve alg kaynaklı proteinler (örneğin Spirulina ve Chlorella) gibi yeni protein kategorilerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Kültür eti, kontrollü biyoreaktör ortamlarında hayvan kas hücrelerinin kültürlenmesiyle üretilirken, böcek bazlı gıdalar çeşitli ürün formatlarında bütün veya işlenmiş böcek biyokütlesini kullanır. Ek olarak, yeni nesil bitki bazlı proteinler, hayvan etlerinin tadını, dokusunu ve görünümünü taklit etmek için, deniz yosunu ve baklagil izolatu gibi bileşenleri de içermektedir (Bisht et al., 2025; Motoki et al., 2025). Rekombinant protein üretimi için kullanılan mikroorganizmalar arasında *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* ve *Streptomyces* türleri gibi bakteriler, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Neurospora* ve *Penicillium* türleri dahil olmak üzere filamentli mantarlar ve *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces lactis*, *Komagataella phaffii* (eskiden *Pichia pastoris* olarak bilinirdi) ve *Y. Lipolytica* gibi çeşitli mayalar bulunur (Lu et al., 2025). Mantarlar, mayalar, algler ve bakteriler tarafından üretilen biyokütleden oluşan tek hücreli proteinler, geleneksel protein kaynaklarına umut verici alternatifi ortaya koymaktadırlar (Marotta et al., 2025).

1. ALGLER

Algler, prokaryotik veya ökaryotik olarak sınıflandırılan fotosentetik, ototrofik su canlılarıdır. Işık, karbondioksit ve su kullanarak çevresel azot ve fosforu organik bileşiklere dönüştürürler. Boyutlarına göre algler, mikro algler ve makro algler olarak ikiye ayrılır. Mikro algler yüksek protein içeriği sunarken, hücresel bileşenlerin (proteinler, lipitler ve karbonhidratlar) oranı türlere ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak önemli ölçüde değişir. Protein içeriği kuru ağırlığın %6-70'i arasında değişir ve çoğu mikro alg yaklaşık %50 protein içerir. Bu yüksek protein içeriği, olağanüstü besin değerlerine katkıda bulunur ve bunları özellikle gelişmekte olan ülkeler için umut verici bir diyet proteini kaynağı haline getirir. Ek olarak, mikro alg proteinleri sağlıklı

gıdalarda ve hatta fonksiyonel gıdalarda bileşen olarak kullanılabilir (Dai et al., 2025). Şu anda, *Chlorella vulgaris* (yıllık yaklaşık 2000 ton, kuru ağırlık) ve *Spirulina platensis* (*Arthrospira* spp., yıllık yaklaşık 5000 ton, kuru ağırlık) en yaygın olarak yetiştirilen türlerdir. Her ikisi de Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration, FDA)’ne göre Genel Olarak Güvenli (GRAS) olarak sınıflandırılmış ve Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) tarafından “süper gıdalar” olarak tanımlanmıştır (Marotta et al., 2025). Dünyadaki mikro alg biyokütlesinin %30’undan fazlası, yaklaşık %60 protein içeriğine sahip olan spirulinadan (*Arthrospira plantensis* ve *Arthrospira maxima*) gelir. En çok kullanılan *Chlorella* türleri, kuru bazda %51 ila %58 arasında bir protein içeriğine sahip olan *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella sorokideniana*, *Chondrus crispus*, *Scenedesmus acutus* ve *Chlorella vulgaris*’tir. Bu yüksek protein içeriği, onları değerli bir besin kaynağı yapar ve gıdaların besin kalitesini zenginleştirmek için çekici bir alternatif olarak konumlandırır (Pastrana-Pastrana et al., 2025). Mikro algler, karbonhidratlar (örneğin oligosakkaritler) ve fenolik bileşikler de dahil olmak üzere biyoaktif bileşikler açısından zengindir ve bunlar potansiyel bir prebiyotik etkiye sahip olabilir. Sindirilemeyen karbonhidratların prebiyotik etkisi iyi bilinmesine rağmen, diyet fenolik bileşiklerinin bağırsak mikrobiyotasının modülasyonunda ve konak sağlığı için önemli olan metabolitlerin üretiminde rol oynadığı bilinmektedir. Ancak bileşiklerin miktarı ve türü türe göre değişir. Bazı alg türleri, insan sağlığını destekleyebilecek proteinler ve fenolik bileşiklerle birlikte önemli ölçüde yüksek seviyelerde diyet lifi (%76’ya kadar kuru madde) içermektedir. Prebiyotik aktiviteleri nedeniyle, kahverengi deniz yosunları en çok incelenenlerdir. Örnek olarak kahverengi deniz yosununun (*Himanthalia elongata*), *Bacteroides* türleri gibi bağırsak mikrobiyotasının belirli üyelerinin büyümesini seçici olarak artıran bir prebiyotik aktivite gösterdiği rapor edilmiştir (Marotta et al., 2025).

Makro algler veya deniz yosunları pigmentasyonlarına göre kırmızı (*Porphyra* spp, *Rhodomenia* spp, *Aeodes orbitosa*, *Notogenia stiriata*), kahverengi (*Fucus*, *Laminaria*, *Zonaria*, *Ascophyllum*, *Macrocystis*) ve yeşil (*Ulva*, *Enteromorpha*, *Monostroma* spp) olarak sınıflandırılabilir (Pastrana-Pastrana et al., 2025; Dewan et al., 2025). Ağırlıklı olarak deniz ortamlarında bulunan makro algler önemli miktarda protein ve esansiyel aminoasitler içerirler. Genel olarak, makro alglerde ki protein içeriği yaklaşık %5-47’dir

(kahverengi algler: %5-15, kırmızı algler: %10-30, yeşil algler: %3-47) (Dai et al., 2025). Örneğin, *Porphyra tenera* %47'ye kadar protein içerebilir. Tablo 1'de bazı alglerin protein içerikleri kuru ağırlık üzerinden verilmiştir (Muslu ve Gökçay 2020). Kırmızı algler, yüksek seviyelerde lizin, histidin ve fenilalanin dahil olmak üzere iyi dengelenmiş amino asit profilleriyle dikkat çeker ve bu da onları fonksiyonel gıdalar ve besin takviyeleri için oldukça uygun hale getirir (Sharma et al., 2025).

Tablo 1. Bazı alg türlerine ait protein içerikleri

Alg türü	Protein miktarı (%)
<i>Anabaena cylindrica</i>	43-56
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	62
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58
<i>Dunaliella salina</i>	57
<i>Euglena gracilis</i>	39-61
<i>Porphyridium cruentum</i>	28-39
<i>Porphyra tenera</i>	47
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-56
<i>Spirogyra</i> sp.	6-20
<i>Arthrospira maxima</i>	60-71
<i>Spirulina platensis</i>	46-63
<i>Synechococcus</i> sp.	63

Ek olarak, makro algler mineraller (örneğin kalsiyum, demir, çinko ve selenyum), vitaminler (özellikle A, C, E vitaminleri ve B vitamin kompleksi), doymamış yağ asitleri (özellikle omega-3 ve omega-6), biyoaktif peptitler ve fenolik bileşikler (örneğin flavonoidler) açısından da zengindir. Bu bileşenler dengeli bir orandadır. Bu nedenle, makro algler insan beslenmesinin bir kaynağı olarak önemli ölçüde ilgi görmektedir (Dai et al., 2025). Ayrıca dünya genelinde, deniz yosunu tüketimi aromaları nedeniyle önemli ölçüde artmıştır (Pastrana-Pastrana et al., 2025). Tüm bu olumlu özelliklerin yanında algler de yüksek tuz içeriği, ağır metal, ve alerjen maddeler içermesi gibi olumsuz etkenleri de ortaya çıkabilmektedir (Muslu ve Gökçay 2020).

Eski zamanlardan beri deniz yosunları insan diyetlerinin bir bileşeni olmuştur. Doğu Asya'da, özellikle Çin ve Japonya'da, genellikle çiğ, kurutulmuş, fırınlanmış, turşu yapılmış veya çorba, güveç, ekmek, salata ve atıştırılabilir yapmak için diğer yiyeceklerle birlikte yenir. Çok sayıda kullanım alanları, zengin besin içerikleri ve işlevsel nitelikleri, onları vejetaryen diyet tercihlerini destekleyen ve değişen gıda endüstrisinin taleplerini karşılayan fonksiyonel gıdaların üretiminde paha biçilmez bir araç haline getirir (Sharma et al., 2025). Ayrıca deniz yosunlarından elde edilen özler kilo kontrol ajanı ve antioksidan olarak kullanılır ve mikrobiyolojik amaçlar için agar yapımında ve teknolojik özellikleri nedeniyle gıda bileşenlerinde kullanılır. Makro alg proteinleri ise et köftesi ve hamburgerlere alternatif ürünlerin üretiminde ve mayonez ve yumurta gibi yumurta ikame ürünlerinde de kullanılmaktadır (O'Brien et al., 2022). Son yıllarda, *Caulerpa* sp., *Ulva* sp., *Coelastrella* sp., *Scenedesmus* sp. ve *Spirulina* sp. dahil olmak üzere çeşitli alg türleri, yüksek protein içeriği ve farklı büyüme koşullarına uyum sağlayabilmeleri nedeniyle kümes hayvanı yem bileşenlerinde alternatif protein kaynakları için potansiyel adaylar haline gelmiştir (Pootthachaya et al., 2023).

Alg tüketiminin anti-inflamatuvar, antioksidan etkiler ve immünomodülatör etkileri ve kanser önleme ve yönetimine katkı sağladığı dahil olmak üzere insan sağlığı için önemli faydalar sağladığını ve kardiyovasküler ve nörolojik hastalık riskini azalttığı bildirilmiştir (Dai et al., 2025). Alglerde bulunan en güçlü antioksidanlar karotenoidler (astaksantin, lutein ve β -karoten), polifenoller, fikobiliproteinler ve alglerde bulunan vitaminlerdir. Bu nedenle algler, hücreleri ışık, kirlilik veya diğer faktörler tarafından oluşturulan reaktif oksijen türlerine karşı korumak için önemli bir antioksidan bileşik kaynağı olarak kabul edilir. Makro alglerin diyetlerde yaygın kullanılmasının nedeni insan sindirim sisteminde sindirilmesi gerçekleşmeyen zengin oranda agar, karragenan, ulvan, fukoidan gibi bileşenleri içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Topal, 2025).

2. ALTERNATİF PROTEİN KAYNAĞI OLARAK ALG PROTEİNLERİ

Dünya alg pazarı artan gıda talebine paralel olarak hızla genişlemektedir. 2021 yılından 2031 yılına kadar 20,16 milyar ABD doları değerinde olan alg pazarının 55,67 milyar ABD dolarına ulaşması öngörülmektedir. Benzer

şekilde, karragenan, aljinatlar ve alg proteini de dahil olmak üzere alg bazlı bileşen pazarının, 2023'te 4,01 milyar ABD dolarından 2031 yılına kadar 6,88 milyar ABD dolarına çıkacağı düşünülmektedir (Yu and Yoshikuni, 2025).

Alg biyokütlesi yüksek protein içeriğine ve kalitesine, düşük su tüketimine (deniz suyundaki büyüme dahil), ekilebilir arazi için rekabete sahip olmamasına ve karbon nötr emisyonlara sahiptir ve küresel gıda güvenliği sorunlarına bir alternatif haline gelmiştir. Makro alg ve mikro alg türleri, süt, yumurta ve süt ürünleri gibi protein kaynaklarına benzer miktarda proteine sahiptir (Pastrana-Pastrana et al., 2025). Bunlara ilave olarak geleneksel yüksek proteinli ürünlerle karşılaştırıldığında, deniz yosunu verimlilik, besin içeriği ve birim alan başına elde edilen protein miktarı açısından daha çok fayda sağlamaktadır. Deniz yosunu ayrıca daha az tatlı su, ekilebilir arazi ve kimyasal gübre gerektirir (Sharma et al., 2025). Kısacası mikro alg yetiştiriciliği karasal bitkilerle kıyasla çevresel faktörlere daha az bağımlıdır (Jareonsin et al., 2024).

Çeşitli diyet uygulamalarında kullanılmak üzere su bitkilerinden protein çıkarmak ve saflaştırmak için birçok yeni işleme tekniği geliştirilmektedir. Su bitkileri, sürdürülebilir proteinlerin üretimi konusunda yeni bir bakış açısı sunmakta ve geleneksel protein kaynaklarıyla ilişkili kaynak ve çevre sorunlarını ele alabilmektedir. Bu alandaki sürekli araştırma ve geliştirme sonucunda daha sağlam ve sürdürülebilir bir gıda sistemi oluşturulabileceği düşünülmektedir (Sharma et al., 2025).

Mikroalgler için üç temel yetiştirme yöntemi vardır: ototrofik, miksotrofik ve heterotrofik. Ototrofik mikroalgler fotosentez yoluyla büyürken, heterotrofik mikroalgler ışık olmadan, karbon ve enerji için organik bileşikleri kullanarak gelişir. Miksotrofik yetiştirme, mikroalglerin hem organik karbon hem de ışık enerjisini kullanmasını sağlar. Birçok tek hücreli mikroalg türü çeşitli habitatlara uyum sağlayabilir ve çeşitli yöntemler kullanılarak yetiştirilebilir (Jareonsin et al., 2024).

Mikroalglerin büyümesinde kapalı fotobiyoreaktörler ve açık yarış havuzları dahil olmak üzere çeşitli teknikler kullanılır. Fotobiyoreaktörler daha fazla biyokütle üretir ve maliyet etkinlikleriyle bilinirler. Açık havuz sistemleri için flokülasyon ve sedimantasyon tercih edilen yöntemlerdir; ancak fotobiyoreaktörler genellikle filtreleme ve santrifüjleme kullanır (Sharma et al., 2025). Fotobiyoreaktörler, verimlilikleri, düşük su gereksinimleri ve azaltılmış kontaminasyon riskleriyle öne çıkmaktadır. Ancak, en büyük zorluklardan biri,

hem aydınlatmanın hem de alg büyümesi için olmazsa olmaz olan karbondioksitin yüksek maliyetidir (Greim et al., 2025).

Alg proteinleri serbest veya polifenol veya pigmentlerle kompleks halinde bulunur. Fikobiliproteinler olarak adlandırılan pigmentle bağlı protein, sistein kalıntılarına tiyo-eter bağlantısı yoluyla apo-proteinlerle kovalent olarak bağlanan kromoforlardan (fikobilinler) oluşur ve supramoleküler durumda meydana gelen toplam hücre proteinlerinin daha büyük bir oranını oluşturur. Bağlayıcı peptitlerin varlığı, protein-pigment komplekslerinin stabilitesine katkıda bulunur. Bazı türlerde fikobiliproteinler toplam hücre proteinlerinin %50'sini oluşturur (Dewan et al., 2025). Deniz yosunu proteininden biyoaktif peptitlerin salınımı, deniz yosunu türüne bağlı olarak değişebilen hücre duvarındaki polisakkaritlerin parçalanmasına bağlıdır. Kırmızı deniz yosunlarında bulunan birincil polisakkarit karragenan iken, fukoidan çoğu kahverengi deniz yosununda ve ulvanlar ise yeşil deniz yosunlarında bulunur (O'Brien et al., 2022).

Alg proteinleri, darbeli elektrik alanı (PEF), ultrason, derin ötektik çözücülerle (DES) ekstraksiyon, enzim ve mikrodalga destekli ekstraksiyon ve kimyasal ekstraksiyon ve enzimatik hidroliz gibi geleneksel teknikler dahil olmak üzere çeşitli teknikler kullanılarak çıkarılabilir (Sharma et al., 2025; Pérez-Roa et al., 2025).

Mikro algler Avrupa pazarının merkezinde yer almakta ve genetik modifikasyon ve ekstraksiyon teknolojilerindeki gelişmeleri yönlendirmektedir (Jareonsin et al., 2024). Bu noktada deniz yosunu proteinlerinin çıkarılması ve kullanımı, mekanik veya çözücü bazlı çıkarma gibi geleneksel yöntemlerin hücre duvarlarını yeterince parçalayamaması ve düşük protein verimine yol açması nedeniyle benzersiz zorluklar sunar (Pérez-Roa et al., 2025). Ayrıca, yüksek çözücü ve enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel ve ekonomik endişeler, özellikle ölçeklendirildiğinde geleneksel yöntemleri daha az sürdürülebilir ve potansiyel olarak maliyetli hale getirir (Pérez-Roa et al., 2025).

Mikro alglerin protein alternatifi olarak gelişimini sınırlayan başlıca faktörler pigmentasyon, hasat zorluğu ve üretilmesidir. Mikro alglerin pigmentasyonu ve balıksı kokusu, ürünün olumsuz görünmesine neden olur ve kolayca bertaraf edilemez. Bu, mikro alglerin gıda bileşeni olarak kullanılmasının önündeki en güçlü engellerden biridir. Ayrıca, mikroalg

proteini et proteinine kıyasla daha az metiyonin, sistein, lizin ve triptofan içerir ve sindirimi zordur. Bununla birlikte, mikro alg proteini et alternatifleri için faydalı bir katkı maddesi olmaya devam etmektedir ve geliştirilme potansiyeli yüksektir (Pastrana-Pastrana et al., 2025).

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Algler artan gıda talebini karşılamak için iyi bir protein ve besin ögesi kaynağıdır. Alg tüketiminin anti-inflamatuar, antioksidan etkiler, immünomodülatör, kanser önleme ve tedavisinde katkı sağlaması kardiyovasküler ve nörolojik hastalık riskini azaltması gibi insan sağlığı için önemli faydalar sağladığı ortaya konmuştur. Alglerin yüksek protein kaynağı olması onları alternatif protein kaynağı olarak sunmaktadır. Alglerin toprak kullanımına ihtiyaç duymadan okyanus ve deniz suları kullanılarak yetiştirilebilmesi alternatif protein kaynağı olarak kullanılması noktasında büyük avantaj olarak düşünülmektedir. Bu noktada alglerde bulunan proteinin çıkarılması büyük önem arz etmektedir. Geleneksel ekstraksiyon metodlarının yanı sıra bu ekstraksiyon metodlarının olumsuzluklarını ortadan kaldıracak verimli, etkili, sürdürülebilir ve daha seçici olan ekstraksiyon yöntemleri geliştirilmelidir. Alglerden en yüksek verimin alınabilmesi için özellikle ekstraksiyon ve alternatif protein kaynağı olarak alglerden elde edilen proteinlerle ürün geliştirme gibi konularda bilimsel çalışmaların artırılması, risk analizlerinin yapılması, ilgili mevzuatların oluşturulması ve küresel ölçekte etkili politikaların geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Barnés-Calle, C., Bermúdez, A., Lazo, O., Guerrero, L., Claret, A., & Fulladosa, E. (2025). Impact of implicit biases on consumer behavioural intention towards meat alternative proteins. *Food Research International*, 117372.
- Bisht, A., Murugan, G., Hussain, M., & Abdi, G. (2025). Current Advancements in Alternative Protein Sources: Plant-Based, Cultured Meat, and Insect Proteins for a Sustainable Future. *Food Bioscience*, 107708.
- Dai, Z., Zhao, Y., Ke, Y., Huang, J., Zhu, J., Wu, H., ... & Xia, Z. (2025). Alternative protein sources and healthy skeletal muscle aging: A narrative review. *Journal of Functional Foods*, 133, 106990.
- Dewan, A., Sridhar, K., Yadav, M., Bishnoi, S., Ambawat, S., Nagaraja, S. K., & Sharma, M. (2025). Recent trends in edible algae functional proteins: Production, bio-functional properties, and sustainable food packaging applications. *Food Chemistry*, 463, 141483.
- Greim, J., Stange, M., Rueda, A. L., Brinitzer, G., Wöstmann, R., Wagstyl, D., & Ihlenfeldt, S. (2025). Renewable Energy-Driven Integration of Algae Photobioreactors in Wineries for Cost-Efficient Protein Production. *Procedia CIRP*, 135, 362-367.
- Jareonsin, S., Pumas, C., Jaitiang, D., & Uttarotai, T. (2024). Green fusion proteins: An approach to sustainable nutrition blending plant and algae-based proteins for a circular food system. *Future Foods*, 10, 100415.
- Lu, M., Hapeta, P., & Ledesma-Amaro, R. (2025). Alternative protein and microbial food production with *Yarrowia lipolytica*: precision, biomass and traditional fermentation strategies. *Trends in Food Science & Technology*, 105407.
- Marotta, R., Pontonio, E., Ferrocino, I., & De Filippis, F. (2025). Alternative proteins and gut health: balancing sustainability and uncertainty. *Current Opinion in Food Science*, 101355.
- Motoki, K., Park, J., & Ishikawa, S. I. (2025). Feminine plants, masculine insects: branding alternative proteins with gendered cues. *Food Quality and Preference*, 105686.

- Muslu, M., & Gökçay, G. F. (2020). Sağlığın desteklenmesi ve sürdürülebilir beslenme için alternatif bir kaynak: Alg (yosunlar). *Bandırma Onyedil Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 221-237.
- O'Brien, R., Hayes, M., Sheldrake, G., Tiwari, B., & Walsh, P. (2022). Macroalgal proteins: a review. *Foods*, 11(4), 571.
- Pastrana-Pastrana, Á. J., Rodríguez-Herrera, R., Solanilla-Duque, J. F., & Flores-Gallegos, A. C. (2025). Plant proteins, insects, edible mushrooms and algae: More sustainable alternatives to conventional animal protein. *Journal of Future Foods*, 5(3), 248-256.
- Pérez-Roa, M. E., Gonzaga, L. J., Lavecchia, R., & Zuurro, A. (2025). Seaweed-type-based protein extraction: A comparative review of green, red, and brown algae. *Algal Research*, 104221.
- Poothachaya, P., Puangsap, W., Bunchalee, P., Plangklang, P., Reungsang, A., Yuangsoi, B., ... & Wongtangtintharn, S. (2023). Investigation of nutritional profile, protein solubility and in vitro digestibility of various algae species as an alternative protein source for poultry feed. *Algal Research*, 72, 103147.
- Pulluk, E. (2021). Beslenmede Alternatif Protein Kaynakları. *GASTRONOMİ ARAŞTIRMALARI*, 92.
- Sharma, A., Virman, T., Kumar, G., Singh, H., Mishra, A.K., Bhunia, A., Mohanto, S., Faiyazuddin, Md., Gugulothu, D. (2025). Exploring sustainable aquatic proteins from algae, seaweed, water lentils for biological characteristics, and commercialization. *Applied Food Research*, 5(2); 101413.
- Topal, A. (2025). Alglerin Tıpta Kullanım Alanları. Sağlık Bilimleri Alanında Uluslararası Akademik Çalışmalar ve Teorik Bilgiler-X, EDİTÖRLER: Bayramoğlu Akkoyun, M., Yaman, T., Akkoyun, H.T., İksad Yayınevi, ISBN: 978-625-378-217-7
- Vermetten, J. W., Urlings, M. J. E., Van Den Heuvel, E., Domínguez, L., Fernández-Ruiz, V., Cámara, M., & De Boer, A. (2025). Food neophobia affects willingness to try novel alternative proteins in young adults in Spain and the Netherlands. *Food Quality and Preference*, 105749.

- Yu, S., & Yoshikuni, Y. (2025). Biotechnological advances in algae-based foods: applications in nutrition and microbiome health. *Current Opinion in Biotechnology*, 94, 103335.
- Zhao, T., Echegaray, N., Lorenzo, J. M., Köroğlu, D. G., Capanoglu, E., Ziora, Z. M., & Esatbeyoglu, T. (2025). Exploring Meat Analogs: A Review of Alternative Proteins with a Focus on Food Safety and Regulatory Challenges. *Food Control*, 111777.

BÖLÜM 5

DİYET ÖRÜNTÜLERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Öğr. Gör. Zeynep Nur KARAKUŞ¹

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17896054>

¹ Uşak Üniversitesi, Eşme Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, Uşak, Türkiye, <https://orcid.org/0000-0002-0319-6454>, zeynep.karakus@usak.edu.tr

GİRİŞ

Tarım sektörü; biyolojik çeşitliliğin azalması, su kaynaklarının değişmesi ve artan sera gazı emisyonları gibi bazı çevresel zararlardan sorumludur (Perrings & Halkos, 2015; Poore & Nemecek, 2018). Bu sektör ile balıkçılık, hem karasal hem de deniz ekosistemleri üzerinde büyük etkilere sahiptir. İklim değişikliği, kimyasal kirlilik ve sürdürülemez hasat gibi bazı faktörler biyolojik çeşitliliği önemli ölçüde azaltmaktadır (Myers vd., 2017). Artan nüfus ve yükselen gelir düzeyleri nedeniyle, küresel gıda üretiminin 2050 yılına kadar %70 oranında artması beklenmektedir (Dorgbetor vd., 2022). Nüfus artışı ve demografik değişimler, özellikle et, süt ürünleri ve bitkisel ürünler gibi hayvansal kaynaklı gıda gereksinimini artırmıştır (Scarborough vd., 2014). Gıda üretimi, küresel sera gazı emisyonlarının (KSGE) yaklaşık %33'ünden ve tatlı su kullanımının %66'sından sorumlu olan çevresel değişikliklerin başlıca belirleyicisidir (Sahu & Arya, 2024). Modern tarım sistemleri çevre üzerinde önemli etkilere sahiptir. Arazi, su ve fosil yakıtlar gibi doğal kaynakların kullanılması, büyükbaş ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliği ile bitkisel üretimde çevresel zararları artırmaktadır (Chai vd., 2019). Bu nedenle, iklim değişikliğinin zararlı etkilerini ve gıda sistemlerinin çevresel etkilerini azaltmak için çözümler geliştirmek gereklidir. Hem bütünsel hem de bireysel düzeyde diyet örüntülerinin sağlık ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi önemlidir (Grosso vd., 2020); çünkü bu örüntüler yalnızca çevreyi etkilemekle kalmayıp aynı zamanda insan sağlığı üzerinde de belirleyici rol oynamaktadır (Kourlaba & Panagiotakos, 2009; Tapsell vd., 2016). Dolayısıyla, diyet örüntülerinin etkileri sadece çevre ile sınırlı değildir, sağlığı da kapsamaktadır. Bu nedenle her iki boyutun da dikkate alınması zorunludur.

Şekil 1'de bibliyometrik ağ haritası, “dietary patterns” (diyet örüntüleri) alanındaki bilimsel yayınların kavramsal yapısını ve disiplinler arası etkileşimlerini görselleştirmektedir. Haritada yer alan anahtar terimlerin büyüklüğü, literatürdeki kullanım sıklığını; renkli kümeler ise farklı araştırma temalarını temsil etmektedir. Şekilde özellikle *medicine*, *internal medicine*, *nutrition* ve *environmental health* kavramlarının merkezde yer aldığı görülmekte, bu da diyet örüntülerinin hem sağlık sonuçları hem de çevresel etkiler bağlamında yoğun biçimde incelendiğini ortaya koymaktadır. Yeşil ve sarı tonlarla gösterilen kümeler, beslenme modellerinin kardiyometabolik sağlık, obezite, endokrin fonksiyonlar ve kronik hastalıklarla ilişkisini ele alan

Birçok diyet örüntüsü bulunmaktadır; omnivor, vegan ve lakto-ovo vejetaryen (LOV) diyetleri bunların başlıcalarıdır (Kaiser vd., 2000) Omnivor diyet, hem bitkisel hem de hayvansal kaynaklı besinleri içermektedir (Chai vd., 2019) Bu diyet hem çevreyi hem de sağlığı etkilemektedir. Bulgular, hayvancılık faaliyetlerinin tarım arazilerinin %70'ini ve ekilebilir alanların %33'ünü kullandığını göstermektedir . Diğer çalışmalara göre, omnivor diyet karbon, su ve ekolojik ayak izlerini artırmaktadır (Rosi vd., 2017; Turner-McGrievy vd., 2016). Ayrıca omnivor bir diyetin, LOV diyetine kıyasla yağsız vücut kütlesi ve iskelet kas kütlesinde daha fazla artış sağladığı bildirilmektedir (Campbell vd., 1999)

Vegan diyetler daha yüksek lif, magnezyum, folik asit, C ve E vitaminleri, demir ve fitokimyasal içerirken; daha düşük kalori, doymuş yağ, kolesterol, uzun zincirli n-3 (omega-3) yağ asitleri, D vitamini, kalsiyum, çinko ve B12 vitamini içermektedir (Soeters, 2020). Vegan diyetlerin daha sürdürülebilir olduğu ve hem sağlık hem de çevre için iyi bir seçenek olabileceği rapor edilmiştir (Castañe & Antón, 2017). Bununla birlikte, vegan diyetler çevreyi ve insan sağlığını olumlu etkileyebilse de vücudun tüm gereksinimlerini karşılayacak şekilde optimize edilebilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Fresán & Sabaté, 2019). Diyetlerin etkinliği toplumlar ve ülkeler arasında değişiklik gösterebilmektedir (Hargreaves vd., 2021).

LOV diyeti; süt ürünleri, yumurta, sebzeler ve tahılların farklı porsiyonlarını içeren bir örüntüdür (Garousi vd., 2023). Diğer bir ifadeyle vejetaryenler temel olarak bitkisel besinlerle beslenir ve et ile hayvansal gıdalardan kaçınırken, LOV bireyleri süt ürünleri ve yumurta tüketmektedir. LOV diyetlerinin yalnızca çevresel etkileri azaltmakla kalmayıp aynı zamanda insan sağlığını da iyileştirdiği bildirilmiştir (Baroni vd., 2014).

Bitkisel ve LOV diyetlerinin hem insan sağlığı hem de çevre üzerinde olumlu etkileri olabileceğine dair kanıtlar bulunmasına rağmen, bitkisel bazlı diyetlerde –özellikle LOV diyetlerinde– bazı besin öğelerinin eksikliği, bu diyetlerin sağlık açısından gerçekten üstün olup olmadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Ayrıca bu diyetlerin omnivor diyetlere kıyasla ne kadar başarılı olduğu da tartışılmalıdır.

Hayvansal ve bitkisel bazlı diyetleri sağlık açısından karşılaştıran çalışmalar ile bitkisel bazlı diyetler ve standart diyetleri çevresel risk açısından

inceleyen derlemeler bulunmaktadır (Carey vd., 2023; Reinhardt vd., 2020). Ancak LOV, vegan ve omnivor diyetleri hem çevresel etkileri hem de sağlık sonuçları açısından karşılaştıran çalışmalar bulunmamaktadır. Bu nedenle, mevcut derleme çalışması; diyet örüntülerini sera gazı emisyonları (SGE), su ayak izi (SAİ), biyolojik çeşitlilik kaybı ve arazi kullanımı açısından değerlendirerek çevresel ve sağlık etkileri bakımından incelemeyi ve literatürdeki boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Bir gıda ürününün su ayak izi, üretimi boyunca kullanılan ve kirletilen toplam su miktarıyla belirlenmektedir. Bu gösterge, farklı gıda türlerinin ve beslenme alışkanlıklarının göreceli etkilerini karşılaştırmada yaygın olarak kullanılmaktadır (Petersson vd., 2021).

1. DİYET ÖRÜNTÜLERİNİN ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

1.1. Hayvancılık Üretimi ve Etçil (Omnivor) Diyetin Çevresel Etkisi

Hayvansal ürünlerin ve hizmetlerin insan yaşamındaki önemi küçümsenemez. Hayvancılık, dünya topraklarının yaklaşık dörtte birini kaplamakta ve tarım arazilerinin neredeyse üçte biri hayvan yemi üretimine ayrılmış durumdadır . Dünya çapında tarım sektöründen elde edilen toplam değer neredeyse beşte ikisi hayvancılık üretiminden gelmektedir. Küresel proteinin %33'ü ve toplam kalorisinin %17'si hayvansal kaynaklardan sağlanmaktadır (Rojas-Downing vd., 2017; Thornton, 2010). Son 50 yılda, hayvansal gıdalara artan talep, tarım arazilerinin kullanımındaki değişimlerin yaklaşık %65'inden sorumludur (Tuti vd., 2022). Ayrıca hayvancılık, gıda arzı, beslenme durumu, istihdam ve düşük gelirli bölgelerde hane gelirleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Tuti vd., 2022).

Hayvansal üretim, hem doğrudan emisyonlar hem de yem üretimi ve arazi yönetimi yoluyla dolaylı olarak, metan ve azot oksit başta olmak üzere sera gazlarının önemli bir kaynağıdır (Cheng vd., 2022). Bu nedenle önümüzdeki zorluk, üretkenlik, hane gıda güvenliği ve çevresel koruma arasında bir denge sağlamaktır (Wright vd., 2012). Metanın küresel ısınmaya etkisi, esas olarak enterik fermentasyon ve gübre depolamadan kaynaklanmakta olup, karbon dioksitin etkisinden 28 kat daha fazladır (Grossi vd., 2019). ABD Tarım Örgütü'nün bir raporuna göre, hayvancılık dünya topraklarının %30'unu

ve tarım arazilerinin %70'ini kullanmaktadır. Ayrıca iklim değişikliği, tatlı su kirliliği ve kışkırtıcı ile biyolojik çeşitlilik kaybı gibi çevresel sorunlarda önemli rol oynamaktadır (Grossi vd., 2019).

Küresel sera gazı emisyonları (KSGE) hayvancılıktan ciddi şekilde etkilenmekte olup, tahmini emisyon miktarı yılda 8,1 gigaton CO₂ eşdeğeri ile toplam insan kaynaklı emisyonların %14,5'ini oluşturmaktadır (Raihan vd., 2021). Ayrıca yem üretimi, yumurta, tavuk ve domuz etinden kaynaklanan emisyonların %60–80'inden sorumludur; süt ve sığır eti sektörleri ise %35–45'ini oluşturmaktadır (Grossi vd., 2019). Hayvancılık üretiminin doğal çevre üzerindeki etkileri doğrudan ve dolaylı olarak görülmektedir. Doğrudan etkiler, hayvanların lif sindirimi, gübre ve idrar salımı yoluyla oluşan emisyonları içerir. Başlıca dolaylı etkiler ise yem bitkisi yetiştiriciliği, gübre kullanımı, gübre üretimi ve soğuk zincirle taşınan hayvansal ürünlerin işlenmesi ve nakliyesinden kaynaklanan emisyonlardır (Raihan vd., 2021).

Tarım verimliliğinin artırılması, yem dönüşümünün iyileştirilmesi ve gıda zinciri boyunca gıda israfının azaltılması, küresel ölçekte çevresel baskıyı düşürebilir (Raihan vd., 2021). Karbon ayak izi açısından, kırmızı et üretimi genellikle tarımla ilişkili sera gazı emisyonlarının %23'ünü oluşturur (Esteve-Llorens vd., 2019). Ayrıca tarımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının büyük kısmı arazi kullanım değişikliklerinden, özellikle ormansızlaşmadan kaynaklanmaktadır (Reijnders & Soret, 2003). Gıda tedarik zincirinin nihai tüketim öncesinde de kapsamlı emisyonlar ürettiği bilinmektedir (Chai vd., 2019).

Tahminlere göre, hayvancılık toplam küresel metan emisyonlarının yaklaşık %44'ünden sorumludur ve sığır eti üretimi bu katkının en büyük bölümünü oluşturur. Ortalama olarak her kilogram sığır eti üretimi 43 kg sera gazı eşdeğeri salınımına neden olmakta ve bunun yaklaşık 22 kg'ı metandan kaynaklanmaktadır. Bu değer, sığır karkasından kaynaklanan emisyonları kapsamamaktadır (Cleveland & Gee, 2017).

Gönüllü diyetlerle yapılan araştırmalar, eti baklagiller ve diğer bitkisel tam gıdalarla değiştirmek ve düşük sera gazı emisyonlu ürünleri seçmek suretiyle diyet kaynaklı emisyonların minimize edilebileceğini göstermektedir (Rose vd., 2019). Bilgisayar modelleriyle yapılan bir çalışmada, et tüketiminin azaltılmasının biyolojik çeşitlilik zararını önemli ölçüde düşürebileceği saptanmıştır (Martin & Brandão, 2017).

1.2. Vegan ve LOV Diyetlerinin Çevresel Etkisi

Vegan diyetler, hiçbir hayvansal ürün içermez. Araştırmalar, vejetaryen ve vegan diyetlerin çevre üzerindeki etkilerini karşılaştırmış ve mevcut diyetten vegan diyete geçişin, ovolaktovejetaryen diyete geçişe göre çevresel açıdan daha faydalı olduğunu göstermiştir (Springmann vd., 2016, 2018). Bitki bazlı gıdaların tüketiminin artırılması—omnivor diyetten vejetaryen ve ardından vegan diyete geçiş—çevresel göstergelerde genel iyileşmelere yol açmaktadır (Kesse-Guyot vd., 2022).

Birçok modelleme çalışmasına göre, et içermeyen diyetler (vejetaryen ve vegan) omnivor diyetlere kıyasla daha düşük sera gazı emisyonları (SGE) üretmektedir. İsviçre’de Chen ve arkadaşlarının yaptığı modelleme çalışmasında, vegan, vejetaryen ve pesketaryen diyet senaryolarının mevcut İsviçre diyetine kıyasla sırasıyla %83, %63 ve %64 sera gazı emisyonları azalmasına yol açtığı hesaplanmıştır (Chen vd., 2019). Bu bulgular, iki global modelleme çalışmasının sonuçlarıyla da paralellik göstermektedir (Springmann vd., 2018). IPCC, mevcut diyetlerden vejetaryen, özellikle vegan diyetlere geçişin sera gazı emisyonlarını etkili şekilde yarı yarıya azaltabileceğini önermektedir (AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014 — IPCC, t.y.).

En yüksek su tüketimi potansiyeli hayvansal içerikli yemeklerde gözlemlenmiştir; bunu vejetaryen ve vegan yemekler takip etmektedir. Tüm öğünler arasında, tamamen bitki bazlı tam gıdalardan yapılan öğünler su kullanımı açısından en düşük etkiye sahiptir; et içeren öğünler ise vegan tam gıda öğünlerine kıyasla 34 kat, vejetaryen öğünler ise 6 kat daha fazla su kullanmaktadır (Takacs vd., 2022). Ancak bir diyetin çevresel faydaları, nihayetinde içindeki spesifik gıdalara bağlıdır. Örneğin bazı raporlar, kalori eşdeğerini elde etmek için gereken su miktarının bazı kuruyemiş, meyve ve sebzelerde bazı hayvansal gıdalardan daha yüksek olabileceğini göstermektedir (Meier & Christen, 2012). Mevcut tüketim, özellikle vegan ve vejetaryen diyete kaydırılırsa su tüketimi önemli ölçüde azalabilir (Tom vd., 2015).

Hayvansal ürünleri içermeyen bir diyet, çevreye daha az zarar verir ve daha az kaynak gerektirir (Goldstein vd., 2016). ABD’de yapılan bir modelleme çalışmasına göre, vejetaryen veya vegan diyete geçiş, omnivor diyete kıyasla sırasıyla %70 ve %79 arazi kullanım azalması sağlamaktadır (Laroche vd., 2020). Kuzey Amerika’da yapılan bir kohort çalışması, vegan diyetlerin en fazla tarım arazisi talebine sahip olduğunu, ancak toplam arazi

kullanımının (mera dahil) en az olduğunu göstermiştir; buna karşılık ortalama Amerikan diyeti toplamda en fazla araziyi kullanmaktadır .

1.3. Farklı Diyet Örüntülerinin Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması

Tessari ve arkadaşları, vegan, LOV (laktovejetaryen + omnivor) ve omnivor diyetlerin çevresel etkilerini, Akdeniz diyeti yönergeleri ve temel amino asit gereksinimlerine göre karşılaştırmış ve arazi kullanımı, su ayak izi ile sera gazı emisyonlarının farklı menü tiplerinde birbirine yakın olduğunu bildirmiştir. Vegan menüler, çoğunlukla ilk iki çeyreğe giren düşük çevresel etkilere sahipken, diğer diyetlerde daha fazla çeşitlilik gözlenmiştir(Tessari vd., 2022) . Tablo 1, farklı diyetlerin çevresel etkilerini karşılaştırmaktadır.

Farklı ülkelerde yapılan bu çalışmalar, diyetlerin çevre üzerindeki geniş etkilerini incelemiş ve sera gazı emisyonları, su kullanımı ve arazi kullanımı gibi faktörleri değerlendirmiştir. Bulgular, bitki bazlı diyetlerin hayvansal diyetlere göre çevresel etkisinin daha düşük olduğunu göstermektedir. Örneğin, vegan diyetler, omnivor ve et ağırlıklı diyetlere kıyasla daha az sera gazı emisyonu üretmiş ve daha az arazi ve su kullanımı gerektirmiştir (Benvenuti vd., 2022; O'Malley vd., 2023).

Bazı ülkelerde, örneğin İtalya ve ABD’de, vegan diyetler karbon ayak izi ve arazi kullanımında anlamlı şekilde daha düşük değerlere sahip bulunmuştur. Buna karşın kırmızı et ve süt ürünleri ağırlıklı diyetler çok daha yüksek çevresel maliyetlere yol açmaktadır (Hendrie vd., 2014; Werner vd., 2014).

Ayrıca, İskandinav ülkeleri ve İran gibi bazı bölgelerde, diyet desenlerinin yerel gıda kaynakları, tarım uygulamaları ve kültürel alışkanlıklardan büyük ölçüde etkilendiği gözlenmiştir. Örneğin, Trolle ve arkadaşları, İskandinav diyetlerinin sürdürülebilirlik açısından yetersiz olduğunu, ancak daha fazla bitki bazlı besine geçişin hem çevresel hem de sağlık açısından iyileşme sağlayabileceğini raporlamıştır. Benzer şekilde, Kassem ve arkadaşları İran’da hayvansal gıdaların bitkisel gıdalardan çok daha fazla sera gazı emisyonuna yol açtığını belirtmiştir (Kassem vd., 2022).

Görünüşe göre sosyo-ekonomik durum ile diyetler arasında güçlü bir ilişki vardır. Bitki bazlı diyetlere geçiş, sera gazı emisyonları, su kullanımı ve arazi kullanımı gibi çevresel yükleri önemli ölçüde azaltabilir. Bununla birlikte,

daha zengin ülkelerde, ABD örneğinde olduğu gibi, yüksek çevresel etkiye sahip diyetler (omnivor veya et ağırlıklı) daha yaygındır ve kültürel alışkanlıklar ile gıda erişimi, bitki bazlı diyetlere geçişte engel oluşturabilir. Ancak bu ülkelerde, sürdürülebilir diyetlere geçişi destekleyen altyapı ve alternatif ürünler mevcuttur (O'Malley vd., 2023; Tessari vd., 2022).

Öte yandan, İran gibi daha düşük gelirli ülkelerde farklı zorluklar söz konusudur. Kassem ve arkadaşları, hayvansal gıdaların çevresel etkisinin daha yüksek olduğunu ve ekonomik sınırlamaların sağlıklı bitki bazlı gıdaların maliyeti veya uygunluğu üzerinde engel oluşturduğunu belirtmiştir (Kassem vd., 2022). Bu durum, diyetlerin çevresel hedeflerle paralel olmamasının farkındalık eksikliğinden değil, sınırlı kaynak ve sosyo-ekonomik engellerden kaynaklandığını göstermektedir. Gelir düzeyi, diyet desenleri ve çevresel etkilerin şekillenmesinde önemli bir faktördür. Daha zengin ülkelerde, bitki bazlı diyetlere geçişle çevresel etkiler azaltılabilir; ancak bu kültürel ve sosyal engellerin aşılmasını gerektirir. Düşük gelirli ülkelerde, çevresel sürdürülebilirlik genellikle ekonomik hayatta kalmanın önüne geçememektedir; bu nedenle sürdürülebilir gıda seçimleri öncelikli olamamaktadır. Düşük gelirli ülkelerle ilgili literatür sınırlıdır ve bu ülkelerde daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Tablo 1. Farklı Diyet Örüntülerinin Çevre Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Yazarlar	Ülke	Yöntem	Temel Bulgular
Tessari vd., 2022	İtalya	Arazi kullanımı, su ayak izi, sera gazı emisyonları (SGE), çevresel ve beslenme skoru	Tüm menü tiplerinde çevresel etki benzerdir. Vegan menüler en düşük çevresel etkiyi göstermiştir.
O'Malley vd., 2023	ABD	2005–2010 NHANES 24 saatlik hatırlatma verileri, 6 diyet tipi için KSGE (kg CO ₂ -eq/1000 kcal)	Vegan (0.69), vejetaryen (1.16), pesketaryen (1.66) ve omnivor (2.23). Vegan ve vejetaryen diyetler daha çevre dostudur.
Benvenuti vd., 2022	İtalya	Farklı diyetlerin karbon ayak izi, yemek seçimi ve et azaltımına odaklı	Doğru yemek seçimi karbon emisyonlarını azaltılabilir. Vegan menüler en düşük

			karbon ayak izine sahiptir.
Frank vd., 2024	ABD	NHANES yaşam döngüsü verileri, çeşitli diyet skorları için KSGE	Yüksek diyet kalitesi daha düşük KSGE ile ilişkilidir. Kırmızı ve işlenmiş et en büyük katkıyı sağlar.
Werner vd., 2014	Danimarka	Danimarka Ulusal Beslenme Anketi temelli diyet senaryoları, KSGE ve besin analizi	Yüksek süt ürünü tüketimi KSGE'nu artırır. Süt ürünlerini çıkarmak tek başına iklim değişikliğini hafifletmeyebilir.
Vieux vd., 2013	Fransa	Bireysel diyetler için SGE tahmini, gıda tüketim anketi	Yüksek beslenme kalitesine sahip diyetler daha fazla bitkisel gıda içerse de KSGE daha yüksektir.
(Nguyen vd., 2023)	Vietnam	Diyet örüntülerinin temel bileşen analizi, SGE ve Mavi Su Kullanımı / 2000 kcal	Omnivor diyet en yüksek GHGE (6.14) ve mavi su kullanımı (0.15) değerlerine sahiptir. Geleneksel diyet en düşük SGE (4.18), pesketaryen en düşük mavi su kullanımı (0.12).
Khalil, 2020	Lübnan	Ulusal gıda tüketim anketi (2008–2009), su/enerji/sera gazı emisyon analizi	Lübnan diyeti yüksek çevresel ayak izine sahiptir. EAT-Lancet diyeti daha düşüktür. Akdeniz diyeti yüksek ayak izine sahiptir.
Trolle vd., 2024	Nordik Ülkeler	Nordik-Baltık araştırmalarının sürdürülebilirlik ve diyetlerin çevresel etkisi incelemesi	Bitki bazlı diyetlere kayma sürdürülebilirliği artırır. Nordik FBDG'ler bunu teşvik eder.
Hendrie vd., 2014	Avustralya	Çevresel girdi-çıkıtkı modeli ile KSGE tahmini, 1995	Ortalama günlük KSGE 14.5 kg CO ₂ 'dir. Yeni

		Ulusal Anketi	Beslenme dönemi	beslenme rehberleri KSGE’nu %25 azaltır.
Alves vd., 2024	Avrupa ülkeleri	2010–18 kesitsel kayıtları; KSGE ve Arazi Kullanımı değerleri; çok değişkenli doğrusal regresyon modelleri	dönemi beslenme KSGE ve Arazi Kullanımı çok doğrusal regresyon modelleri	Ortalama diyet GHGE ve LU, İspanya’da 4.0 kgCO ₂ /gün ile Fransa’da 6.5 kgCO ₂ /gün arasında değişmiştir. KSGE ve arazi kullanımı kadınlarda, yaşlılarda ve vejetaryenlerde daha düşüktür. Ortaöğrenim düzeyindekiler ve omnivor diyet uygulayanlarda daha yüksektir.
Kassem vd., 2022	İran	2010–2019 arasında İran’daki 11 diyet kategorisi için gıda üretimi, tüketimi ve sera gazı emisyonu (CO ₂ -e) analizi	2010–2019 arasında İran’daki 11 diyet kategorisi için gıda üretimi, tüketimi ve sera gazı emisyonu (CO ₂ -e) analizi	On yıllık süreçte sebze tüketimi azalmış, hayvansal protein tüketimi sabit kalmıştır. Hayvansal gıdalar, bitkisel gıdalara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek KSGE üretmektedir. Tarım sektörü, iklim değişikliği ve tarımsal uygulamalarla güçlü biçimde ilişkilidir.

1.4. Farklı Diyet Örüntülerinin Sağlık Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Tessari ve arkadaşları, vegan, LOV (laktovejetaryen + omnivor) ve omnivor diyetleri, Akdeniz diyeti standartları ve temel amino asit gereksinimleri ile karşılaştırmış ve yapılan analizlerde, kalori alımı, toplam protein miktarı, gıda ağırlığı ve genel beslenme–çevre puanlarının farklı menü tiplerinde birbirine oldukça yakın olduğunu bildirmiştir. Ancak çalışmada dikkat çeken bir nokta, LOV menülerinin VEG ve OMN menülere göre

yaklaşık %140 daha fazla sodyum ve %60 daha fazla doymuş yağ içermesidir (Tessari vd., 2022). Bu durum, özellikle kalp-damar hastalıkları açısından dikkat edilmesi gereken bir fark olarak yorumlanabilir.

Tablo 2’deki sonuçlar, vegan ve LOV gibi bitki bazlı diyetlerin, omnivor diyetlerle karşılaştırıldığında, özellikle kolesterol seviyelerini düşürme, kan basıncını kontrol etme ve bazı metabolik belirteçleri iyileştirme açısından önemli sağlık faydaları sağladığını ortaya koymaktadır. Örneğin, İspanya’daki popülasyon çalışmalarında bitki bazlı diyetler, daha düşük sistolik ve diyastolik kan basıncı ile ilişkili bulunmuş ve LDL kolesterol düzeylerinin düşmesine katkıda bulunmuştur (García-Maldonado vd., 2023). Almanya’da yapılan benzer bir çalışmada ise vegan ve LOV diyetleri, omnivor diyetlere kıyasla daha yüksek lif ve kompleks karbonhidrat alımı sağlamış, bu durum da metabolik sağlık açısından olumlu bir etki olarak değerlendirilmiştir (Nebl vd., 2019).

Buna karşın, bazı çalışmalar, bitki bazlı diyetleri uygulayan bireylerin özellikle protein, kalsiyum ve demir gibi bazı temel besin öğelerinde eksiklik riski taşıyabileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, bitki bazlı bir diyet uygulayan kişilerin besin alımını dikkatle planlamaları, gerekirse takviye ürünler kullanmaları, özellikle büyüme çağındaki bireyler, sporcular veya özel sağlık koşulları olanlar için kritik önem taşımaktadır. Sporcular açısından bakıldığında, bitki bazlı diyetler genellikle yeterli besin sağlayabilmektedir, ancak enerji ihtiyacı ve mikro besin gereksinimleri daha yüksek olduğundan, planlama ve takip gerekmektedir (Tessari vd., 2022).

Bunun yanında, genç yetişkinlerde yapılan çalışmalarda, vegan ve LOV diyetlerinin kemik sağlığı üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir (Rådjursöga vd., 2018) . Bu bulgu, bitki bazlı diyetlerin doğru şekilde planlandığında kemik mineral yoğunluğunu olumsuz etkilemediğini göstermektedir.

Genel olarak, literatür bulguları, bitki bazlı diyetlerin sağlık açısından olumlu etkiler sağladığını, özellikle metabolik risk faktörlerini iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, özellikle yüksek fiziksel aktiviteye sahip bireyler, sporcular ve belirli sağlık koşulları olanlar için, tüm besin öğelerinin yeterli alımını sağlamak adına diyetin dikkatle planlanması ve gerekirse takviye ürünleri ile desteklenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, bitki bazlı diyetlerin hem

sağlık hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından faydalı olabilmesi, biyolojik ihtiyaçlar ve beslenme yeterliliği dengesi gözetilerek uygulanmasına bağlıdır.

Tablo 2. Farklı Diyetlerin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Yazarlar	Ülke	Yöntemler	Temel Bulgular
Tessari vd., 2022	İtalya	Sodyum, doymuş yağ, kalori, protein içeriği, gıda ağırlığı, Beslenme ve Çevresel Skor (EAA-NES)	LOV diyetlerde sodyum ve doymuş yağ alımı omnivorlara göre anlamlı derecede daha düşüktü. Ancak genel beslenme kalitesi diyetler arasında benzerdi; hiçbir diyet üstün bulunmadı.
Masino vd., 2023	Avrupa ülkeleri	Beslenme yeterliliği, sağlık yararları, maliyet, kültürel kabul edilebilirlik	Beslenme için optimize edilen diyetler daha iyi besin alımı sağladı. Vegan diyetleri çevre açısından en iyi olanlardı ancak en uygun maliyetli değillerdi. Tüm optimize edilmiş diyetler tipik Alman diyetinden daha sağlıklıydı.
Rådjursöga vd., 2018	İsveç	Metabolomik analiz ile öğün sonrası metabolik değişikliklerin değerlendirilmesi	Omnivor kahvaltılar betain, kolin ve kreatin seviyelerini artırdı. LOV öğünleri 3-hidroksibütirat ve çeşitli amino asitlerde artış gösterdi. Vegan öğünleri belirli serbest yağ asitlerinde artış sağladı.
García-Maldonado vd., 2023	İspanya	207 katılımcı ile kesitsel çalışma; LOV, vegan ve omnivor gruplar.	Bitkisel bazlı diyetler omnivorlara göre daha düşük sistolik kan basıncı

		Diyet alımı, antropometri, vücut kompozisyonu, hematoloji ve metabolik belirteçler değerlendirildi.	ve LDL kolesterol ile ilişkiliydi. Ancak glikoz, insülin ve insülin direncinde fark yoktu. Diyetler kardiyometabolik hastalıklara karşı benzer koruma sağladı.
Nebl vd., 2019	Almanya	Omnivor, LOV ve vegan koşucularda besin alımının karşılaştırılması, D-A-CH yönergelerine göre değerlendirme	Tüm gruplarda enerji alımı yetersizdi, ancak karbonhidrat alımı LOV ve VEG grubunda daha yüksekti. VEG grubu yağ alımı önerilerini tek karşılayan grup oldu. Vitamin D ve B12 takviyesi gerekiyordu.
Donovan & Gibson, 1996	Kanada	Lacto-ovo, yarı ve omnivor genç kadınlarda 3 günlük tartılı besin kayıtları	LOV grubu daha fazla nişasta olmayan polisakkarit ve bazı minerallerde daha iyi alım gösterdi. OMN grubunun yaklaşık %33'ünde demir ve çinko yetersizdi. LOV grubu daha düşük enerji alımına sahipti.
Garousi vd., 2023	İran	Alkole bağlı olmayan karaciğer yağlanması (NAFLD) hastalarında 75 yetişkin ile 3 aylık randomize klinik çalışma (Lakto-ovo vejeteryan diyeti(LOV-D) vs standart zayıflama diyeti SZD))	LOV-D diyeti SZD-D'ye göre karaciğer enzimleri, vücut ağırlığı, bel çevresi, BMi, glikoz, lipitler ve NAFLD skorlarında daha büyük iyileşme sağladı.

2. GELECEK PERSPEKTİFLERİ, SINIRLAMALAR VE ÖNERİLER

Bu derlemenin bulguları, bitki bazlı diyetlerin çevresel açıdan önemli faydalar sağladığını göstermektedir. Ancak, mevcut çalışmalar ve literatürde hâlâ bazı boşluklar ve sınırlamalar mevcuttur. Bu çalışmanın önemli sınırlamalarından biri, çoğu araştırmanın yüksek gelirli ülkelerde gerçekleştirilmiş olmasıdır; düşük gelirli bölgelerdeki veriler oldukça sınırlıdır ve bu bölgelerde bitki bazlı diyetlere erişim, kültürel tercihler nedeniyle kısıtlı olabilir.

Gelecekteki araştırmaların, özellikle düşük gelirli ülkelerde diyetlerin çevresel etkilerini anlamaya odaklanması gerekmektedir. Bu ülkelerde sosyo-ekonomik faktörler, sürdürülebilir diyetlerin benimsenmesini sınırlayabilir. Araştırmalar ve politika yapıcılar, bitki bazlı diyetleri bu bölgelerde daha erişilebilir ve uygun maliyetli hâle getirecek stratejiler geliştirmelidir.

Ayrıca, kültürel engelleri aşmak ve sürdürülebilir beslenme alışkanlıklarını global ölçekte teşvik etmek için daha fazla çaba gösterilmelidir. Bu faktörlerin değerlendirilmesi, sağlık, çevresel sürdürülebilirlik ve kültürel uyum arasında dengeli çözümler bulabilmek açısından kritik öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

- Alves, R., Perelman, J., Chang, K., & Millett, C. (2024). Environmental impact of dietary patterns in 10 European countries; a cross-sectional analysis of nationally representative dietary surveys. *European Journal of Public Health*, 34(5), 992-1000. <https://doi.org/10.1093/EURPUB/CKAE088>
- AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014 — IPCC. (t.y.). Geliş tarihi 28 Kasım 2025, gönderen <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Baroni, L., Berati, M., Candilera, M., & Tettamanti, M. (2014). Total Environmental Impact of Three Main Dietary Patterns in Relation to the Content of Animal and Plant Food. *Foods 2014, Vol. 3, Pages 443-460*, 3(3), 443-460. <https://doi.org/10.3390/FOODS3030443>
- Benvenuti, L., De Santis, A., Ferrari, M., Martone, D., & Rossi, L. (2022). The carbon footprint of Italian schools' meals: An optimal choice of dishes in vegan, vegetarian, and omnivorous menus. *Frontiers in Nutrition*, 9, 854049. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.854049/BIBTEX>
- Campbell, W. W., Barton, M. L., Cyr-Campbell, D., Davey, S. L., Beard, J. L., Parise, G., & Evans, W. J. (1999). Effects of an omnivorous diet compared with a lactoovovegetarian diet on resistance-training-induced changes in body composition and skeletal muscle in older men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(6), 1032-1039. <https://doi.org/10.1093/AJCN/70.6.1032>
- Carey, C. N., Paquette, M., Sahye-Pudaruth, S., Dadvar, A., Dinh, D., Khodabandehlou, K., Liang, F., Mishra, E., Sidhu, M., Brown, R., Tandon, S., Wanyan, J., Bazinet, R. P., Hanley, A. J., Malik, V., Sievenpiper, J. L., & Jenkins, D. J. (2023). The Environmental Sustainability of Plant-Based Dietary Patterns: A Scoping Review. *The Journal of Nutrition*, 153(3), 857-869. <https://doi.org/10.1016/J.TJNUT.2023.02.001>
- Castañé, S., & Antón, A. (2017). Assessment of the nutritional quality and environmental impact of two food diets: A Mediterranean and a vegan diet. *Journal of Cleaner Production*, 167, 929-937. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.04.121>
- Chai, B. C., van der Voort, J. R., Grofelnik, K., Eliasdottir, H. G., Klöss, I., & Perez-Cueto, F. J. A. (2019). Which diet has the least environmental

- impact on our planet? A systematic review of vegan, vegetarian and omnivorous diets. İçinde *Sustainability (Switzerland)* (C. 11, Sayı 15). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su11154110>
- Chen, C., Chaudhary, A., & Mathys, A. (2019). Dietary Change Scenarios and Implications for Environmental, Nutrition, Human Health and Economic Dimensions of Food Sustainability. *Nutrients* 2019, Vol. 11, Page 856, 11(4), 856. <https://doi.org/10.3390/NU11040856>
- Cheng, M., McCarl, B., & Fei, C. (2022). Climate Change and Livestock Production: A Literature Review. *Atmosphere* 2022, Vol. 13, Page 140, 13(1), 140. <https://doi.org/10.3390/ATMOS13010140>
- Cleveland, D. A., & Gee, Q. (2017). Plant-based diets for mitigating climate change. İçinde *Vegetarian and plant-based diets in health and disease prevention* (ss. 135-156). Elsevier.
- Donovan, U. M., & Gibson, R. S. (1996). Dietary Intakes of Adolescent Females Consuming Vegetarian, Semi-vegetarian, and Omnivorous Diets. *JOURNAL OF ADOLESCENT HEALTH*, 18, 292-300.
- Dorgbetor, I. K., Ondrasek, G., Kutnjak, H., & Mikuš, O. (2022). What If the World Went Vegan? A Review of the Impact on Natural Resources, Climate Change, and Economies. İçinde *Agriculture (Switzerland)* (C. 12, Sayı 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101518>
- Esteve-Llorens, X., Darriba, C., Moreira, M. T., Feijoo, G., & González-García, S. (2019). Towards an environmentally sustainable and healthy Atlantic dietary pattern: Life cycle carbon footprint and nutritional quality. *Science of The Total Environment*, 646, 704-715. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.07.264>
- Frank, S. M., Jaacks, L. M., Meyer, K., Rose, D., Adair, L. S., Avery, C. L., & Taillie, L. S. (2024). Dietary quality and dietary greenhouse gas emissions in the USA: a comparison of the planetary health diet index, healthy eating index-2015, and dietary approaches to stop hypertension. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2024 21:1, 21(1), 36-. <https://doi.org/10.1186/S12966-024-01581-Y>
- Fresán, U., & Sabaté, J. (2019). Vegetarian Diets: Planetary Health and Its Alignment with Human Health. *Advances in Nutrition*, 10, S380-S388. <https://doi.org/10.1093/ADVANCES/NMZ019>

- García-Maldonado, E., Zapatera, B., Alcorta, A., & Vaquero, M. P. (2023). Metabolic and nutritional biomarkers in adults consuming lacto-ovo vegetarian, vegan and omnivorous diets in Spain. A cross-sectional study. *Food & Function*, 14(3), 1608-1616.
- Garousi, N., Tamizifar, B., Pourmasoumi, M., Feizi, A., Askari, G., Clark, C. C. T., & Entezari, M. H. (2023). Effects of lacto-ovo-vegetarian diet vs. standard-weight-loss diet on obese and overweight adults with non-alcoholic fatty liver disease: a randomised clinical trial. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 129(4), 975-983. <https://doi.org/10.1080/13813455.2021.1890128>;SUBPAGE:STRING: FULL
- Goldstein, B., Hansen, S. F., Gjerris, M., Laurent, A., & Birkved, M. (2016). Ethical aspects of life cycle assessments of diets. *Food Policy*, 59, 139-151. <https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2016.01.006>
- Grossi, G., Goglio, P., Vitali, A., & Williams, A. G. (2019). Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. *Animal Frontiers*, 9(1), 69-76. <https://doi.org/10.1093/AF/VFY034>
- Grosso, G., Fresán, U., Bes-rastrullo, M., Marventano, S., & Galvano, F. (2020). Environmental Impact of Dietary Choices: Role of the Mediterranean and Other Dietary Patterns in an Italian Cohort. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, Vol. 17, Page 1468, 17(5), 1468. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17051468>
- Hargreaves, S. M., Raposo, A., Saraiva, A., & Zandonadi, R. P. (2021). Vegetarian Diet: An Overview through the Perspective of Quality of Life Domains. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021, Vol. 18, Page 4067, 18(8), 4067. <https://doi.org/10.3390/IJERPH18084067>
- Hendrie, G. A., Ridoutt, B. G., Wiedmann, T. O., & Noakes, M. (2014). Greenhouse Gas Emissions and the Australian Diet—Comparing Dietary Recommendations with Average Intakes. *Nutrients* 2014, Vol. 6, Pages 289-303, 6(1), 289-303. <https://doi.org/10.3390/NU6010289>
- Kaiser, M. J., Ramsay, K., Richardson, C. A., Spence, F. E., & Brand, A. R. (2000). Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure. *Journal of Animal Ecology*, 69(3), 494-503.

<https://doi.org/10.1046/J.1365->

2656.2000.00412.X;JOURNAL:JOURNAL:13652656;REQUESTEDJ
OURNAL:JOURNAL:13652656;WEBSITE:WEBSITE:BESJOURNA
LS;ISSUE:ISSUE:DOI

- Kassem, Y., Gökçekuş, H., & Kouzehgarani, J. K. (2022). Greenhouse gas emission of animal-based and plant-based products in Iran. *Future Energy, 1*(3), 13-18.
- Kesse-Guyot, E., Allès, B., Brunin, J., Fouillet, H., Dussiot, A., Mariotti, F., Langevin, B., Berthy, F., Touvier, M., Julia, C., Hercberg, S., Lairon, D., Barbier, C., Couturier, C., Pointereau, P., & Baudry, J. (2022). Nutritionally adequate and environmentally respectful diets are possible for different diet groups: an optimized study from the NutriNet-Santé cohort. *The American Journal of Clinical Nutrition, 116*(6), 1621-1633. <https://doi.org/10.1093/AJCN/NQAC253>
- Khalil, Z. M. (2020). *The Economic Cost and Environmental Impacts of Shifting to Healthier Dietary Patterns in Lebanon*. <http://hdl.handle.net/10938/21942>
- Kourlaba, G., & Panagiotakos, D. B. (2009). Dietary quality indices and human health: A review. *Maturitas, 62*(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/J.MATURITAS.2008.11.021>
- Laroche, P. C. S. J., Schulp, C. J. E., Kastner, T., & Verburg, P. H. (2020). Telecoupled environmental impacts of current and alternative Western diets. *Global Environmental Change, 62*, 102066. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2020.102066>
- Martin, M., & Brandão, M. (2017). Evaluating the Environmental Consequences of Swedish Food Consumption and Dietary Choices. *Sustainability 2017, Vol. 9, Page 2227, 9*(12), 2227. <https://doi.org/10.3390/SU9122227>
- Masino, T., Colombo, P. E., Reis, K., Tetens, I., & Parlesak, A. (2023). Climate-friendly, health-promoting, and culturally acceptable diets for German adult omnivores, pescatarians, vegetarians, and vegans—a linear programming approach. *Nutrition, 109*, 111977.
- Meier, T., & Christen, O. (2012). Environmental Impacts of Dietary Recommendations and Dietary Styles: Germany As an Example.

- Environmental Science and Technology*, 47(2), 877-888.
<https://doi.org/10.1021/ES302152V>
- Myers, S. S., Smith, M. R., Guth, S., Golden, C. D., Vaitla, B., Mueller, N. D., Dangour, A. D., & Huybers, P. (2017). Climate Change and Global Food Systems: Potential Impacts on Food Security and Undernutrition. *Annual Review of Public Health*, 38(Volume 38, 2017), 259-277.
<https://doi.org/10.1146/ANNUREV-PUBLHEALTH-031816-044356/CITE/REFWORKS>
- Nebl, J., Schuchardt, J. P., Wasserfurth, P., Haufe, S., Eigendorf, J., Tegtbur, U., & Hahn, A. (2019). Characterization, dietary habits and nutritional intake of omnivorous, lacto-ovo vegetarian and vegan runners – a pilot study. *BMC Nutrition* 2019 5:1, 5(1), 51-.
<https://doi.org/10.1186/S40795-019-0313-8>
- Nguyen, S. D., Biesbroek, S., Le, T. D., Feskens, E. J. M., Brouwer, I. D., & Talsma, E. F. (2023). Environmental impact and nutrient adequacy of derived dietary patterns in Vietnam. *Frontiers in Nutrition*, 10, 986241.
- O'Malley, K., Willits-Smith, A., & Rose, D. (2023). Popular diets as selected by adults in the United States show wide variation in carbon footprints and diet quality. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 117(4), 701-708. <https://doi.org/10.1016/J.AJCNUT.2023.01.009>
- Perrings, C., & Halkos, G. (2015). Agriculture and the threat to biodiversity in sub-saharan Africa. *Environmental Research Letters*, 10(9).
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/9/095015>
- Petersson, T., Secondi, L., Magnani, A., Antonelli, M., Dembska, K., Valentini, R., Varotto, A., & Castaldi, S. (2021). A multilevel carbon and water footprint dataset of food commodities. *Scientific Data* 2021 8:1, 8(1), 127-.
<https://doi.org/10.1038/s41597-021-00909-8>
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.
<https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAQ0216;PAGEGROUP:STRING:PUBLICATION>
- Rådjursöga, M., Lindqvist, H. M., Pedersen, A., Karlsson, B. G., Malmödin, D., Ellegård, L., & Winkvist, A. (2018). Nutritional Metabolomics: Postprandial Response of Meals Relating to Vegan, Lacto-Ovo

- Vegetarian, and Omnivore Diets. *Nutrients* 2018, Vol. 10, Page 1063, 10(8), 1063. <https://doi.org/10.3390/NU10081063>
- Raihan, F., Ondrasek, G., Islam, M. S., Maina, J. M., & Beaumont, L. J. (2021). Combined impacts of climate and land use changes on long-term streamflow in the upper halda basin, Bangladesh. *Sustainability (Switzerland)*, 13(21), 12067. <https://doi.org/10.3390/SU132112067/S1>
- Reijnders, L., & Soret, S. (2003). Quantification of the environmental impact of different dietary protein choices. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3), 664S-668S. <https://doi.org/10.1093/AJCN/78.3.664S>
- Reinhardt, S. L., Boehm, R., Blackstone, N. T., El-Abbadi, N. H., McNally Brandow, J. S., Taylor, S. F., & DeLonge, M. S. (2020). Systematic Review of Dietary Patterns and Sustainability in the United States. *Advances in Nutrition*, 11(4), 1016-1031. <https://doi.org/10.1093/ADVANCES/NMAA026>
- Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T., & Woznicki, S. A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145-163. <https://doi.org/10.1016/J.CRM.2017.02.001>
- Rose, D., Heller, M. C., Willits-Smith, A. M., & Meyer, R. J. (2019). Carbon footprint of self-selected US diets: nutritional, demographic, and behavioral correlates. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 109(3), 526-534. <https://doi.org/10.1093/AJCN/NQY327>
- Rosi, A., Mena, P., Pellegrini, N., Turroni, S., Neviani, E., Ferrocino, I., Di Cagno, R., Ruini, L., Ciati, R., Angelino, D., Maddock, J., Gobbetti, M., Brighenti, F., Del Rio, D., & Scazzina, F. (2017). Environmental impact of omnivorous, ovo-lacto-vegetarian, and vegan diet. *Scientific Reports* 2017 7:1, 7(1), 6105-. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06466-8>
- Sahu, S., & Arya, S. K. (2024). Mitigation of greenhouse gas emissions in agriculture and food processing through sustainable management practices for climate change. *Advances and Technology Development in Greenhouse Gases: Emission, Capture and Conversion: Greenhouse Gases Emissions and Climate Change*, 71-96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-19231-9.00010-7>
- Scarborough, P., Appleby, P. N., Mizdrak, A., Briggs, A. D. M., Travis, R. C., Bradbury, K. E., & Key, T. J. (2014). Dietary greenhouse gas emissions

- of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK. *Climatic Change*, 125(2), 179-192. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1169-1>
- Soeters, P. B. (2020). Editorial: Vegan diets: What is the benefit? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 23(2), 151-153. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000623>
- Springmann, M., Godfray, H. C. J., Rayner, M., & Scarborough, P. (2016). Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(15), 4146-4151. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1523119113;SUBPAGE:STRING:FULL>
- Springmann, M., Wiebe, K., Mason-D'Croz, D., Sulser, T. B., Rayner, M., & Scarborough, P. (2018). Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: a global modelling analysis with country-level detail. *The Lancet Planetary Health*, 2(10), e451-e461. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30206-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30206-7)
- Takacs, B., Stegemann, J. A., Kalea, A. Z., & Borrión, A. (2022). Comparison of environmental impacts of individual meals - Does it really make a difference to choose plant-based meals instead of meat-based ones? *Journal of Cleaner Production*, 379, 134782. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.134782>
- Tapsell, L. C., Neale, E. P., Satija, A., & Hu, F. B. (2016). Foods, Nutrients, and Dietary Patterns: Interconnections and Implications for Dietary Guidelines. *Advances in Nutrition*, 7(3), 445-454. <https://doi.org/10.3945/AN.115.011718>
- Tessari, P., Mosca, G., Bittante, G., & Lante, A. (2022). *The environmental footprint of in silico-designed vegan, lacto-ovo-vegetarian and omnivorous diets complying with Mediterranean diet standards and essential amino-acid requirements*. <https://doi.org/10.21203/RS.3.RS-2005120/V1>
- Thornton, P. K. (2010). Livestock production: Recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2853-2867. <https://doi.org/10.1098/RSTB.2010.0134;JOURNAL:JOURNAL:RST>

B1887;WEBSITE:WEBSITE:RSJ-
SITE;WGROU:STRING:PUBLICATION

- Tom, M. S., Fischbeck, P. S., & Hendrickson, C. T. (2015). Energy use, blue water footprint, and greenhouse gas emissions for current food consumption patterns and dietary recommendations in the US. *Environment Systems and Decisions* 2015 36:1, 36(1), 92-103. <https://doi.org/10.1007/S10669-015-9577-Y>
- Trolle, E., Meinilä, J., Eneroth, H., Meltzer, H. M., Þórsdóttir, I., Halldorsson, T., & Erkkola, M. (2024). Integrating environmental sustainability into food-based dietary guidelines in the Nordic countries. *Food & Nutrition Research*, 68. <https://doi.org/10.29219/FNR.V68.10792>
- Turner-McGrievy, G. M., Leach, A. M., Wilcox, S., & Frongillo, E. A. (2016). Differences in Environmental Impact and Food Expenditures of Four Different Plant-based Diets and an Omnivorous Diet: Results of a Randomized, Controlled Intervention. *Journal of Hunger and Environmental Nutrition*, 11(3), 382-395. <https://doi.org/10.1080/19320248.2015.1066734>;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER
- Tuti, M. D., Rapolu, M. K., Sreedevi, B., Bandumula, N., Kuchi, S., Bandeppa, S., Saha, S., Parmar, B., Rathod, S., Ondrasek, G., & Sundaram, R. M. (2022). Sustainable Intensification of a Rice–Maize System through Conservation Agriculture to Enhance System Productivity in Southern India. *Plants* 2022, Vol. 11, Page 1229, 11(9), 1229. <https://doi.org/10.3390/PLANTS11091229>
- Vieux, F., Soler, L. G., Touazi, D., & Darmon, N. (2013). High nutritional quality is not associated with low greenhouse gas emissions in self-selected diets of French adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 97(3), 569-583. <https://doi.org/10.3945/AJCN.112.035105>
- Werner, L. B., Flysjö, A., & Tholstrup, T. (2014). Greenhouse gas emissions of realistic dietary choices in Denmark: the carbon footprint and nutritional value of dairy products. *Food & Nutrition Research*, 58. <https://doi.org/10.3402/FNR.V58.20687>
- Wright, I. A., Tarawali, S., Blümmel, M., Gerard, B., Teufel, N., & Herrero, M. (2012). Integrating crops and livestock in subtropical agricultural

systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(5), 1010-1015. <https://doi.org/10.1002/JSFA.4556>;ISSUE:ISSUE:DOI

BÖLÜM 6

ŞİRİNCİK ASİT

Öğr. Gör. Mustafa ATALAN¹

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17895998>

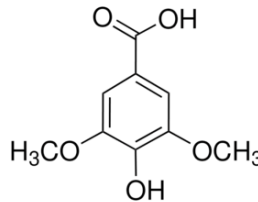
¹ Uşak Üniversitesi, Eşme Meslek Yüksekokulu, Eczane Hizmetleri Bölümü, Uşak, Türkiye. mustafa.atalan@usak.edu.tr. Orcid ID: 0000-0001-8543-6951

GİRİŞ

Günümüzde insanlar, sentetik ilaçların olası toksik etkileri nedeniyle, bunları kullanmak yerine doğada var olan ve toksik etkisi neredeyse çok az olan veya hiç olmayan terapötik etkiye sahip doğal ürünleri kullanmayı tercih etmektedirler. Doğal ürünlerde terapötik etkinin büyük oranda bu ürünlerin yapısında bulunan ve “*polifenol*” olarak adlandırılan bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Polifenoller, reaktif oksijen türlerini (ROS) etkili bir biçimde elimine ederek oksidatif stresi azaltırlar ve böylece bu türlerin hücre üzerine olumsuz etkide bulunmasını engellerler (Itoh ve ark., 2009). Benzoik veya sinnamik asit yapısında bulunan bu bileşiklerin radikal temizleme kapasitesi, aromatik halkaya bağlı hidroksil gruplarının sayısına göre belirlenmektedir. Güçlü antioksidan özelliklere sahip olan polifenoller benzer terapötik etkilere sahip çok fazla bileşikten oluşmaktadırlar. Polifenoller arasında yer alan fenolik asitler, bitki dünyasının temel bileşenleri olup, yapısal benzerlikler ile işlevsel gruplar açısından ortak özellikler taşımaktadırlar. Yaygın olarak bilinen fenolik asitler arasında; şirincik asit, ferulik asit, gentisik asit, gallik asit, vanilik asit, sinamik asit ve kafeik asit gibi birçok benzoik asit türevi bulunmaktadır (Dinç ve ark., 2021; Selimoğlu ve ark., 2021). Bu çalışmada bu asitlerden şirincik asit (syringic acid → SA) ayrıntılı bir biçimde ele alınmıştır.

1. ŞİRİNCİK ASİT GENEL YAPISI

IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) verisine göre adı 4-Hydroxy-3,5-dimethoxybenzoic acid olan şirincik asit (SA, $C_9H_{10}O_5$, Şekil 1), ilk olarak 1901 yılında Alman kimyager Alfred Einhorn tarafından keşfedilmiştir. Genellikle zeytin, hurma, baharatlar, kabak, üzüm ve bal gibi doğal kaynaklarda bulunan bu bileşik, bitkisel metabolizmanın önemli bir ara ürünü olan şikimik asit yoluyla sentezlenmektedir (Srinivasulu ve ark., 2018).



Şekil 1. Şirincik asidin kimyasal yapısı

Şirincik asit (SA), etanol, metanol ve etil eterde iyi çözünürken, suda düşük bir çözünürlüğe sahiptir. Bu madde oksijen, fotosensitif, enzimatik yollar, yüksek sıcaklık ve pH etkisiyle kolayca degradasyona uğramaktadır. Literatürde SA'nın birinci asitlik sabiti (pKa) 4,58, ikinci asitlik sabiti (pKa₂) ise 9,24 olarak rapor edilmiştir (Dinç ve ark., 2021).

Şirincik asit antioksidan özelliklerinin yanı sıra antimikrobiyal, anti-inflamatuar, antiendotoksik, nöroprotektif ve hepatoprotektif özellikler de sergilemektedir. Bu madde başta diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve serebral iskemi olmak üzere pek çok hastalığın önlenmesinde oldukça etkilidir. Klinik uygulamalarının yanı sıra, SA endüstriyel alanda da önemli bir kullanım alanı bulmuştur. Özellikle çürük önleyici etkisi nedeniyle diş çimentosu üretiminde ve kağıt endüstrisinde kağıt hamurunun hazırlanmasında da kullanılmaktadır (Srinivasulu ve ark., 2018).

SA diğer fenolik bileşiklerle birlikte, bitki hücre duvarının temel bileşeni olan ve doğada bol miktarda bulunan ligninin yapısal bütünlüğünün korunmasına da büyük ölçüde katkı sağlamaktadır.

2. ŞİRİNCİK ASİDİN HEPATİK FONKSİYONLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Polifenollerin çeşitli hastalıklara karşı koruyucu etkiye sahip oldukları bilinen bir gerçektir. SA ve vanilik asitle yapılan bir çalışmada, bu bileşiklerin fare karaciğerleri üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, her iki bileşiğin de karaciğer üzerinde koruyucu etkiye sahip olduğunu fakat SA'nın vanilik aside kıyasla DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) radikal süpürücü aktivite açısından daha güçlü olduğunu ortaya koymuştur (Itoh ve ark., 2009).

Yapılan başka bir çalışmada farelerde konkanavallin A (ConA) kaynaklı karaciğer hasarının etkilerini incelemek amacıyla sıcak su ekstraktı (LEM) bileşiğinin karaciğer hastalıkları üzerindeki koruyucu etkisi araştırılmıştır. LEM, yapısında şekerler, proteinler ve polifenolik bileşikler barındırmaktadır. Yapılan çalışmada, LEM'in 20 mg/kg vücut ağırlığında intraperitoneal uygulanmasının serum aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) enzim seviyelerinde azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir. LEM tedavisinin aynı zamanda karaciğerin lifli hücrelerinde bulunan ve fibroziste merkezi rol oynayan hepatik yıldız hücrelerinin aktivasyonunu baskılamış; aynı zamanda galaktozamin kullanılarak

oluşturulan akut karaciğer hasarında hepatositlerin korunmasını sağlamıştır. LEM'in ConA tedavisinden iki hafta önce oral yolla uygulanması, transaminazlardaki artışın anlamlı ölçüde inhibe edilmesini sağlamıştır. Elde edilen bulgular, LEM'in ConA kaynaklı karaciğer hasarına karşı belirgin bir koruyucu etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Itoh ve ark., 2009).

SA ve vanilik asidin karbon tetraklorür (CCl_4) kaynaklı karaciğer hasarına karşı koruyucu etkileri araştırılmıştır. Bulgular, her iki bileşiğin CCl_4 'ün neden olduğu karaciğer hasarı sürecinde fibrojenisi belirgin biçimde baskıladığını ortaya koymuştur. Farelere oral yolla verilen bu bileşiklerin 40 dakika içinde emilerek kan dolaşımına geçtiği belirlenmiştir. Tedavi sonrasında, karaciğer dokusunda ROS kaynaklı oksidatif stresin etkisiyle çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonu sonucu oluşan malondialdehit düzeylerinde artış gözlenmiştir. SA ve vanilik asit uygulamaları, deney hayvanlarında transaminaz ve malondialdehit seviyelerinin anlamlı ölçüde azalmasını sağlamıştır. Elde edilen sonuçlar, CCl_4 ile indüklenen karaciğer hasarının SA ve vanilik asitle önemli ölçüde azaltılabildiğini göstermektedir (Itoh ve ark., 2010).

3. ŞİRİNCİK ASİDİN İYİLEŞTİRİCİ POTANSİYELİ ÜZERİNE DEĞERLENDİRMELER

Yara iyileşmesi, biyokimyasal, immünolojik ve fizyolojik düzeylerde iletişimi içeren kompleks ve dinamik bir süreçtir. Bu süreç, inflamatuvar yanıt, hücrel göç, proliferasyon, matriks birikimi ve dokunun yeniden şekillenmesi gibi temel aşamalardan oluşmaktadır. Yara iyileşmesini modüle eden başlıca faktörler arasında sitokinler, büyüme faktörleri, matriks metalloproteinazlar (MMPs), hücrel reseptörler ve ekstraselüler matriks bileşenleri yer almaktadır.

Yara iyileşmesi bozukluğu, özellikle nötrofil infiltrasyonu, yoğun inflamasyon ve büyüme faktörleri arasındaki etkileşimlerde (insülin benzeri büyüme faktörleri ve vasküler endotelial büyüme faktörleri gibi) meydana gelen anormalliklerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum, diyabetik hastalarda zayıf re-epitelizasyon ve anjiyogenezle sonuçlanmaktadır ve bu durum hastalarda, kronik açık yaralara, kangrene, amputasyona ve hatta mortalite gibi ciddi klinik sonuçlarına neden olabilmektedir.

Diyabetik yara modelinde, hipergliseminin serbest radikal oluşumunu ve ileri glikasyon son ürünleri (AGEs) üretimini indüklediği, buna bağlı olarak ta süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GPX) gibi antioksidan enzimlerinin aktivitelerini azalttığı ortaya çıkmıştır. Tüm bu etkilerin yara iyileşme sürecini olumsuz etkileyerek bu süreci geciktirdiği rapor edilmiştir. (Ren ve ark., 2019).

4. ŞİRİNCİK ASİTİN ANTI-İNFLAMATUAR AKTİVİTESİ

Bakteriler, virüsler, parazitler gibi mikroorganizmaların saldırısı veya immünolojik etkenler sonucunda ortaya çıkan iltihaplanma, vücutta yaralanma veya doku hasarına karşı gelişen koruyucu bir mekanizmadır. Bu süreç, vasküler geçirgenlikte artış, proteinlerin denatürasyonu ve yaralı hücrelerin membran stabilitesinde değişiklikler gibi moleküler ve hücresel adaptasyonları içeren kompleks bir mekanizmadır. Bir doku hasara uğradığında, hasarlı dokunun çevresindeki dokular hasarlı bölgenin onarımına katkıda bulunmak üzere inflamatuvar yanıtı başlatırlar. Hücrelere zarar verebilecek veya hücre ölümüne yol açabilecek travma, termal etkiler, radyasyon, kimyasal maddeler (örn.; asitler) ve organik zehirler (örneğin paraquat) gibi faktörler inflamasyonun tetikleyici unsurlarındandır. Yaralanan bölgede prostaglandinler, histamin, serotonin, kininler ve sitokinler gibi medyatörlerin salınımı, inflamatuvar yanıtın indüklenmesinde kritik rol oynamaktadır.

İltihaplanma, durumun ciddiyetine bağlı olarak akut veya kronik olarak adlandırılmaktadır. Akut iltihaplanma, plazmanın ve beyaz kan hücrelerinin kandan yaralanma bölgesine sızmasıyla başlayan ve sürecin yalnızca erken evresini kapsayan bir reaksiyondur. İltihabın etiyolojik faktörlerinin etkin bir şekilde ortadan kaldırılmaması halinde, akut iltihaplanma kronik iltihaplanmaya dönüşebilmektedir. Protein denatürasyonu, iltihaplanmanın iyi bilinen nedenlerinden biridir. Yapılan bir çalışmada SA'nın protein denatürasyonu üzerindeki inhibisyon yeteneği incelenmiştir (Chanda ve Juvekar, 2019). Çalışma sonucunda, nötrofillerin, lizozomlarda lokalize bulunan serin proteinazlar gibi medyatörleri serbest bırakmak suretiyle inflamasyonun patogenezinde kritik bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Bu lökosit proteinazları, doku hasarının oluşumunda önemli rol oynamışlardır. Söz konusu proteinazların inhibisyonu, SA'nın anti-inflamatuvar etkisini

ortaya koymaktadır. Sonuçlar göstermiştir ki, SA, protein denatürasyonunu konsantrasyona bağlı olarak etkili bir biçimde inhibe etmiştir

5. SONUÇ

Literatür araştırmaları göstermiştir ki, yapısında özellikle polifenoller gibi terapötik etki gösteren bileşenleri bulunduran doğal gıda ürünlerine insanların ilgisi her geçen gün artarak devam etmektedir. Bu bileşiklere duyulan ilgi araştırmacıları söz konusu maddeleri araştırmak için zorlamıştır. Dünyada ölüm nedenleri arasında ilk sıralarda yer alan kanser ve kalp-damar hastalıkları gibi ciddi hastalıklarda koruyucu ve tedavi edici özellikleri ispatlanan bu maddelerin aynı zamanda antioksidan, antiinflamatuvar, antiendotoksik, nöroprotektif, vb. pek çok etkilerinin bulunduğu yapılmış olan çalışmalarla gözler önüne serilmiştir. Bu çalışmada fenolik asit ailesinin önemli bir üyesi olan şirincik asit ayrıntılı bir biçimde ele alınmış ve sağlık üzerindeki bir takım etkilerine vurgu yapılmıştır. Günlük diyetimizin önemli birer parçası haline gelen bazı gıda ürünlerinde yer alan bu maddenin karaciğerimiz üzerindeki olumlu etkilerine değinilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, SA'nın iltihaplanma üzerindeki etkileri de ayrıntılı bir biçimde değerlendirilmiştir. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda, SA'nın protein denatürasyonunu konsantrasyona bağlı olarak inhibe ettiği ve iltihaplanma süresi boyunca doku hasarının gelişimine katkı sağladığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, SA'nın hepatoprotektif, antiinflamatuvar ve antioksidan özelliklere sahip olduğunu desteklemektedir. Bu bölümün, bundan sonra yapılacak diğer çalışmalara temel oluşturması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Chanda, S. and Juvekar, A. (2019). In vitro anti-inflammatory activity of syringic acid *Int. J. Pharm. Pharm. Sci 11*(2), 71-73.
- Dinç, E., Selimoğlu, F., Ünal, N., and Ertekin, Z. C. (2021). Simultaneous determination of the acid dissociation constants of phenolics by multivariate analysis of pH and ultraviolet-visible spectrophotometric measurements. *Analytical Letters*, 54(16), 2624-2637.
- Itoh, A., Isoda, K., Kondoh, M., Kawase, M., Kobayashi, M., Tamesada, M., and Yagi, K. (2009). Hepatoprotective effect of syringic acid and vanillic acid on concanavalin a-induced liver injury. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 32(7), 1215-1219.
- Itoh, A., Isoda, K., Kondoh, M., Kawase, M., Watari, A., Kobayashi, M., ... & Yagi, K. (2010). Hepatoprotective effect of syringic acid and vanillic acid on CCl4-induced liver injury. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 33(6), 983-987.
- Ren, J., Yang, M., Xu, F., Chen, J., and Ma, S. (2019). Acceleration of wound healing activity with syringic acid in streptozotocin induced diabetic rats. *Life sciences*, 233, 116728.
- Selimoğlu, F., Ünal, N., Ertekin, Z. C., and Dinç, E. (2021). PARAFAC and MCR-ALS approaches to the pKa determination of benzoic acid and its derivatives. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 248, 119253.
- Srinivasulu, C., Ramgopal, M., Ramanjaneyulu, G., Anuradha, C. M., and Kumar, C. S. (2018). Syringic acid (SA)—a review of its occurrence, biosynthesis, pharmacological and industrial importance. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 108, 547-557.

BÖLÜM 7

MODERN GIDA MİKROBİYOLOJİSİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR: LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN ANALİZ VE TANIMLAMA YÖNTEMLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Şeyda Merve KARATAŞ¹

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17896213>

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Bölümü Gümüşhane, Türkiye.
seyda.merve@gmail.com, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-5221-1681>

GİRİŞ

Laktik asit bakterileri (LAB), gram-pozitif, katalaz negatif ve spor oluşturmayan, anaerobik ve aerotolerant mikroorganizmalardır (1). Gıdaların fermentasyonunda üstlendikleri temel roller, probiyotik nitelikleri ve biyoaktif metabolit üretme kapasitelerinden dolayı gıda, sağlık, biyoteknoloji ve farmasötik gibi pek çok alanda geniş bir uygulama alanına sahiptir (2). Asit toleransları, bakteriyosin üretimleri, aroma ve doku gelişimine katkıları gibi teknolojik özellikleri nedeniyle hem geleneksel hem de modern fermentasyon süreçlerinin vazgeçilmez bileşenleri hâline gelmişlerdir. Bununla birlikte, bu mikroorganizmaların tür düzeyinde doğru tanımlanması genomik, fenotipik ve metabolik özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde ortaya konması; güvenlik değerlendirmeleri, fonksiyonel potansiyelin doğrulanması ve endüstriyel ölçekte sürdürülebilir üretim stratejilerinin geliştirilmesi açısından kritik önem taşımaktadır. Sınıflandırılmanın doğru yapılması probiyotik olarak kullanılacak suşların klinik etkinliklerinin, stabilitelerinin ve sağlık üzerine etkilerinin bilimsel temellere oturtulmasını sağlayarak güvenilirlik açısından son derece önem taşımaktadır.

Koloni morfolojisi, gram boyama, katalaz testi, karbon kaynak kullanım profili gibi klasik yöntemler LAB tanımlamasında uzun yıllar temel yaklaşım olarak kullanılmıştır (2). Ancak bu yöntemler, benzer fenotipik özelliklere sahip suş /alt suşlar arasında ayırt edicilik açısından sınırlı kalmaktadır. Aynı zamanda bu yöntemler hem zaman hem de malzeme açısından ek yük oluşturmaktadır. Bu yöntemlerin kullanılması LAB sınıflandırılmasında sınırlı kaldığından daha güvenilir ve kapsamlı analiz tekniklerine ihtiyaç duyulmuştur. Son yıllarda, gelişmiş analiz ve tanımlama yöntemlerinin kullanıma girmesiyle LAB sınıflandırılmasında hız, doğruluk ve güvenilirlik açısından önemli ilerlemeler sağlanmıştır.

Bu yeni yaklaşımlar arasında moleküler (16S rRNA sekans analizi, tüm genom dizilemesi/*Whole Genome Sequencing*; WGS, ortalama nükleotid benzerliği/*Average Nucleotide Identity*; ANI), proteomik (matris destekli lazer desorpsiyon/ionizasyon /*Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization – Time of Flight Mass Spectrometry*; MALDI-TOF MS), metabolomik (sıvı kromatografisi kütle spektroskopisi/LC-MS/MS) gibi metabolomik; yapısal (dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi/*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*; FTIR, Diferansiyel Taramalı Kalorimetri/ *Differential Scanning*

Calorimetry; DSC, Taramalı Elektron Mikroskopu/ *Scanning Electron Microscopy*; SEM) ve biyoinformatik temelli yöntemler sık ve güncel kullanımlarıyla öne çıkmaktadır (3,4). Bu teknolojiler sayesinde LAB'ların yalnızca taksonomik sınıflandırması değil, aynı zamanda fonksiyonel özellikleri, güvenlik profilleri ve endüstriyel potansiyellerini de ayrıntılı olarak aydınlatılmaktadır (4). Gelişmiş analiz sistemleri, geleneksel mikrobiyolojik tanımlamayı tamamlayarak yüksek doğruluklu bir tanımlama yaklaşımı oluşturmuştur. Bu yaklaşım, gıda mikrobiyolojisini **veri** odaklı, cihaz destekli, yüksek çözünürlüklü bir araştırma alanına dönüştürmüştür.

Bu bölümde, LAB'ların tanımlanmasında kullanılan gelişmiş analiz yöntemleri biyokimyasal, moleküler, proteomik, yapısal ve dijital boyutlarıyla bütüncül bir çerçevede incelenecek; her bir tekniğin uygulama alanları, üstünlükleri, sınırlı yönleri ve gelecekteki potansiyelleri değerlendirilecektir.

1. GELENEKSEL TANIMLAMA YAKLAŞIMLARI

LAB'ların tanımlanmasına yönelik klasik yöntemler uzun yıllar boyunca temel tanımla yöntemi olarak kullanılmıştır. Bu yöntemler en basit sınıflandırma olarak hali hazırda kullanımı devam etse de modern yöntemlere kıyasla çok temel seviyede kalmaktadır.

1.1. Koloni Morfolojisi

Kolonilerin renk, kenar yapısı, yüzey özellikleri, parlaklık-matlık durumu gibi fenotipik özelliklerine ayırt edilmesidir (5). Ancak aynı tür içerisindeki suşlar bile farklı koloni morfolojisi gösterebildiğinden, bu yöntem tanımlama açısından çok sınırlı kalmakta ve güvenilirliği çok düşüktür (5).

1.2. Gram Boyama ve Mikroskopik İnceleme

LAB'ların gram-pozitif olması, çubuk veya kok formunda bulunması temel mikroskopik gözlemlerdir (5). Ancak güvenilirliği ve tanımlamada temel olarak kullanılması yeterli değildir.

1.3. Katalaz Testi

LAB genellikle katalaz negatiftir (1). Ancak bazı suşların bu teste doğru sonuç vermediği bilinmektedir. Tek başına LAB sınıflandırılmasında yetersizdir.

1.4. Karbon Kaynak Kullanım Profili

Karbonhidrat fermentasyonuna dayalı biyokimyasal testler uzun yıllar boyunca LAB tanımlamasında temel fenotipik yaklaşımlar arasında yer almıştır (5). Bu testler tür düzeyinde belirli bir ayırım gücü sağlamakla birlikte; suşlar arası fenotipik varyasyon, çevresel koşullara duyarlılık ve tekrarlanabilirliğin düşük olması gibi önemli sınırlılıklar göstermektedir (6). Bu nedenle fenotipik temelli yaklaşımlar tek başına güvenilir identifikasyon için yeterli değildir. Bu kapsamda geliştirilen ve standardize edilmiş metabolik profillere dayanan API 50 CHL gibi ticari tanımlama kitleri, özellikle çok sayıda suşun hızlı bir şekilde taranmasında kullanışlıdır (7). Ancak literatürde, API sistemlerinin yeni gelişen türleri, alt tür düzeyindeki varyasyonları ayırt etmede yetersiz kaldığı belirtilmektedir. Bu nedenle API testleri pratik ve yaygın olarak kullanılmakla birlikte, modern tanımlama yaklaşımlarıyla karşılaştırıldığında doğrulukları sınırlıdır ve kesin tür/suş/alt suş ayırımı için tamamlayıcı yöntemlerle desteklenmesi gerekmektedir.

2. MOLEKÜLER TANIMLAMA TEKNİKLERİ

Moleküler tanımlama yöntemleri, DNA ve RNA temelli karakterizasyon prensiplerine dayanmakta olup, özellikle suşların ve alt suşların ayrılmasında yüksek sağlayan metotlardır (7). Günümüzde moleküler teknikler, sadece bakterilerin sınıflandırılması amacıyla değil, probiyotik özellikleri, güvenlik parametreleri ve endüstriyel potansiyellerinin doğrulanması için de kullanılmaktadır. Bu bölümde 16S rRNA dizi analizi, tüm genom dizilemesi (WGS) ve ortalama nükleotid benzerliği (ANI) gibi modern moleküler tekniklerin prensipleri, uygulama alanları ve olumlu-olumsuz yönleri ele alınmaktadır.

2.1. 16S rRNA Gen Dizilemesi

16S ribozomal RNA geninin dizi analizi, LAB'ların sınıflandırılmasında yaygın kullanılan moleküler yöntemlerinden birisidir. Bu genin yüksek oranda korunan bölgeleri evrensel primerlerle amplifikasyona elverişli olup, değişken bölgeleri ise türler arası ayırıcı nitelik taşıdığından, 16S rRNA dizilemesi LAB tanımlamasında birincil metottur (8). Yöntemin, evrensel primer setleri sayesinde geniş bakteri gruplarına uygulanabilir olması, veri tabanlarının geniş ve ulaşılabilir olması ve düşük maliyetli olması gibi avantajları bulunmaktadır.

(8,9). Aynı zamanda *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* gibi gruplarda türler arasında %98–99’un üzerinde benzerlik gösterebilmesi ve yakın türlerde yanlış sınıflandırma olasılığı yüksek olması gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır (8,9). Sayılan bu nedenlerden ötürü, 16S rRNA analizi, modern taksonomide bir ilk doğrulama yaklaşımı olarak kullanılmakta ama olumsuzlukları nedeniyle yüksek doğruluk veren yöntemlerle desteklenmektedir.

2.2. Tüm Genom Dizilemesi (Whole Genome Sequencing; WGS)

Tüm genom dizilemesi, LAB sınıflandırılmasında son yıllarda en güvenilir ve en kapsamlı yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Bakterinin tüm genetik materyalini analiz ederek tür, suş, varyant ve hatta fonksiyonel gen profillerinin belirlenmesini sağlar (10). WGS, türlerin filogenetik ilişkilerini yeniden değerlendirme ve yeni tür keşiflerinin yapılmasına da imkân sağlayan doğruluğu ve güvenilirliği yüksek bir yöntemdir. WGS ile; G-C içeriği, metabolik metabolizma yolları (karbonhidrat metabolizması, EPS sentezi, amino asit metabolizması), virülans faktörleri, güvenlik genleri, antimikrobiyal direnç genleri, probiotik fonksiyon özellikleri (safra tuzu toleransı, aside dayanıklılık, yüzeye tutunma proteinleri vb.) gibi özellikleri belirlenebilmektedir (11).

WGS, LAB sınıflandırılmasının genetik temellerinin açıklanmasını mümkün kıldığı için modern mikrobiyolojinin en güçlü araçlarından biri hâline gelmiştir. Bu yöntem ile *Lactobacillus* cinsinin 25 farklı yeni cins olarak yeniden sınıflandırılmasında kritik bir rol oynamıştır (12).

2.3. Ortalama Nükleotid Benzerliği (ANI)

Ortalama nükleotid benzerliği (Average Nucleotide Identity; ANI), iki genom arasındaki ortalama dizi benzerliğini hesaplayan ve tür seviyesindeki sınıflandırma için altın standart kabul edilen bir yöntemdir (Tablo 1 (13)). Tür tanımında %95–96 ANI eşiğinin kullanılması yaygın hâle gelmiş olup, bu değer altındaki genomların farklı türlere ait olduğu kabul edilmektedir. ANI analizinin tür düzeyinde son derece güvenilir ayırım sağlaması, fenotipik benzerlik nedeniyle 16S rRNA ile ayıramayan LAB türlerini net şekilde sınıflandırabilmesi, yeni tür ve alt tür tanımlarında temel referans kriteri olması açısından avantajları sayılabilir (13). Aynı zamanda, genom kalitesi analiz

sonuçlarını doğrudan etkilemesi ve net değerlendirme için tüm genom dizilemesinin gerekmesi gibi dezavantajları da mevcuttur. ANI bu yönüyle, WGS verilerinin tür düzeyindeki sınıflandırmaya dönüştürülmesinde ana araç olarak kullanılmaktadır.

Moleküler yöntemler arasında doğruluk ve güvenilirlik açısından belirgin bir hiyerarşi bulunmaktadır. 16S rRNA dizilemesi geniş ölçekli tarama ve temel sınıflandırma için yeterliyken, kesin tanımlama için WGS ve ANI analizleri giderek daha fazla kabul görmektedir. Modern araştırmalarda, özellikle probiyotik suşların güvenlik ve fonksiyonel değerlendirmelerinde tüm genom analizine dayalı moleküler karakterizasyon artık bir ön şart hâline gelmiştir.

Tablo 1. Modern tanımla yöntemlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Çözünürlük	Kullanım Alanı	Avantajlar	Dezavantajlar
16S rRNA	Düşük	Tür tanımlaması	Ucuz, hızlı, geniş veri tabanı	Yakın türleri ayırmada yetersiz
WGS	Çok yüksek	Tür & suş düzeyi	Kapsamlı veri, fonksiyonel analiz	Maliyet, veri analizi gereksinimi
ANI	Yüksek	Tür düzeyi	Tür sınırı için en güvenilir kriter	WGS verisi gerektirir

3. PROTEOMİK TANIMLAMA TEKNİKLERİ

Proteomik, bir organizmanın genomu tarafından kodlanan tüm proteinlerin, yani proteomun; nitel, nicel ve fonksiyonel olarak incelenmesini sağlayan kapsamlı bir analiz tekniğidir. Genom sabit bir yapıya sahipken proteom, çevresel koşullar, besin kaynakları, stres yanıtları ve gelişimsel süreçler gibi birçok faktöre bağlı olarak sürekli değişim gösterir (14). Bu nedenle proteomik yaklaşım, metabolik olarak aktif ve çevresel uyum yeteneği yüksek olan LABların fonksiyonel karakterizasyonunda kullanılan modern bir analiz yöntemi haline gelmiştir.

Proteomik analizler, LAB'ların tür ve suş düzeyindeki ayrımının yapılması, bakteriyosin üreten suşların belirlenmesi, hücre yüzey proteinlerinin tanımlanması, stres yanıt mekanizmalarının aydınlatılması ve probiyotik fonksiyonlarla ilişkili proteinlerin tespit edilmesi gibi çeşitli uygulamalara olanak sağlamaktadır (15). Proteomik incelemeler moleküler tanımlama

verileriyle entegre edildiğinde LAB'ların kapsamlı şekilde anlaşılmasını mümkün kılar.

3.1. MALDI-TOF MS

Proteomik analizler içinde en hızlı ve en yaygın kullanılan yöntemlerden biri MALDI-TOF MS'dir (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization – Time of Flight Mass Spectrometry). Bu yöntem, LAB tür ve suşlarının ribozomal protein profillerine göre ayırt edilerek tanımlanmasını sağlamaktadır (16). Temel prensibi, koloniden alınan LAB biyokütlesinin üzerine matriks çözeltisi eklenerek lazer ışınları ile proteinlerin iyonize edilmesi ve iyonize olan bu proteinlerin kütle/yük oranlarına göre spesifik bir şekilde farklı spektrum vermesine dayanmaktadır (16). Yöntemin, dakikalar içinde tanımlama, düşük analiz maliyeti, koloniden doğrudan çalışma imkânı, LAB gibi yüksek çeşitlilik içeren türlerde hızlı tarama gibi avantajları bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, tanımlama doğruluğu referans veritabanının kalitesine bağlı olarak değişmekte ve yeni tür/alt türlerde spektrum benzerliklerinin sınırlayıcı olması gibi olumsuzlukları da bulunmaktadır (17).

4. METABOLOMİK TANIMLAMA TEKNİKLERİ

Metabolomik, bir hücrenin, dokunun veya mikroorganizmanın metabolik profillerini ortaya koymayı amaçlayan sistem biyolojisi temelli bir yaklaşımdır (18). Metabolik tanımlama teknikleri, LAB'ların karbonhidrat fermentasyon ürünleri, uçucu aromatik bileşikler, organik asitler, kısa zincirli yağ asitleri (SCFA), amino asit metabolitleri, ekzoselüler polisakkaritler (EPS), bakteriyosinler ve çok sayıda biyoaktif madde üretmelerinden dolayı önemli bir analiz tekniğidir (18).

Metabolomik, yalnızca metabolitlerin varlığını belirlemekle kalmaz; metabolik yolların işleyişi, çevresel faktörlere karşı verilen yanıtlar, probiyotik fonksiyonların biyokimyasal temelleri ve üretim ortamlarının metabolik etkileri hakkında da kapsamlı bilgi sağlar. Bu sayede, LAB'ların teknolojik fonksiyonlarının daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.

4.1. Liquid Chromatography–Mass Spectrometry (LC–MS/MS)

LC–MS/MS, en yaygın ve son zamanlarda popüler olan metabolomik yöntemlerdendir. Hem polar hem de non-polar metabolitlerin analizi için

uygundur ve çok düşük konsantrasyonlardaki metabolitleri bile tespit edebilmektedir (19). Yöntemin çok geniş metabolit yelpazesi, düşük tespit limiti, ısı kararsız metabolitleri de analiz edebilmesi gibi avantajları bulunmaktadır. Aynı zamanda, maliyetinin yüksek olması, uzmanlık gerektirmesi ve öz hazırlıkta yaşanabilecek bazı zorluklarından dolayı kullanımı sınırlıdır.

4.2. Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS)

GC–MS, uçucu ve yarı uçucu metabolitlerin karakterizasyonu için kullanılan bir sınıflandırma yöntemidir. LAB suşları özellikle fermantasyon sırasında çok sayıda uçucu aroma bileşiği üretebileceğinden LAB sınıflandırılmasında kullanılabilen metabolik tanımlama yöntemlerindendir. Uçucu bileşiklerde çok yüksek duyarlılık ve yüksek tekrarlanabilirlik gibi avantajları bulunsada sadece uçucu metabolitleri tespit edebildiği için tanımlama için çok sık kullanılan yöntemlerden değildir (20).

5. YAPISAL TANIMLAMA YÖNTEMLERİ

LAB’ların hücresel yapılarının, yüzey bileşenlerinin ve morfolojik özelliklerinin detaylı olarak incelenmesi, hem taksonomik sınıflandırma hem de fonksiyonel değerlendirme açısından önemli bir tekniktir (Tablo 2) (21). Yapısal analiz yöntemleri, özellikle hücre duvarı yapısı, yüzey proteinleri, exopolisakkarit (EPS) tabakası ve morfolojik değişkenlik gibi özelliklerin belirlenmesinde önemli bir adımdır. LAB’ın teknolojik performansı, probiyotik fonksiyonları, stres toleransı ve gıda matrisiyle etkileşimi büyük ölçüde hücresel yapılarıyla ilişkilidir. Bu nedenle FTIR, DSC ve SEM gibi modern yapısal analiz yöntemleri LAB sınıflandırılmasında kullanılan yöntemlerdendir.

5.1. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)

FTIR, mikroorganizmaların hücresel bileşenlerinin fonksiyonel gruplarını tanımlamak için kullanılan güçlü bir spektroskopi tekniğidir (22). LAB hücre duvarı peptidoglikan, teikoik asitler, lipitler, proteinler ve polisakkaritler gibi çok bileşenli bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla bu biyokimyasal yapılar FTIR ile karakterize edilerek LAB sınıflandırılmasında kullanılabilmektedir. Hızlı, basit bir ön hazırlık gerektiren hem hücre hem de hücre dışı ürünlerde kullanılabilmesi açısından avantajlı bir yöntemdir. Aynı

zamanda, hücre moleküllerinin tam yapısal çözümlemesini yapamadığı için, LAB sınıflandırılmasında sınırlayıcıdır.

5.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC)

DSC, bir numunenin ısı akışındaki değişimleri ölçerek termal özelliklerini belirleyen bir tekniktir (23). LAB hücrelerinin termal davranışı; hücre duvarı bütünlüğü, membran akışkanlığı, protein denatürasyonu ve metabolik aktivite ile ilişkilidir. Bu nedenle DSC, liyofilizasyon gibi kurutma süreç kinetiklerinde, depolama koşulları ve ısıl işlem dayanıklılığının çıkarılmasıyla LAB sınıflandırılmasında yaygın şekilde kullanılmaktadır (24). Yöntemin, ısı dayanıklılığı hakkında nicel veriler çıkarması, probiyotik suşların optimizasyonunda kullanılması gibi avantajları bulunurken tek başına sınıflandırmada yeterli olmaması gibi olumsuz özellikleri de mevcuttur.

5.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

SEM, LAB morfolojisinin, yüzey topografisinin ve EPS yapısının yüksek çözünürlükte görüntülenmesini sağlayan güçlü bir mikroskopik yöntemdir. LAB suşları, çevresel koşullara ve büyüme ortamına bağlı olarak değişen morfolojik özellikler gösterebilir. SEM bu farklılıkları net biçimde ortaya çıkararak sınıflandırmada kullanılabilir. Örneğin Son ve arkadaşları (25), EPS üreten LAB suşlarının yüzey topografisinin belirgin şekilde pürüzlü olduğunu, EPS üretmeyen suşların ise daha düzgün yüzey morfolojisine sahip olduğunu göstermiştir. Morfolojik karşılaştırmada ideal olmasının yanı sıra tek başına LAB tanımlanmasında kullanılması yeterli değildir. Yapısal analiz yöntemleri, LAB tanımlama sürecinde genomik ve proteomik verileri tamamlayan çok önemli bilgiler sunar.

Bu nedenle FTIR, DSC ve SEM gibi yöntemlerin birlikte kullanılması, LAB suşlarının hem taksonomik hem fonksiyonel düzeyde kapsamlı şekilde karakterize edilmesine olanak sağlar.

Tablo 2. Yapısal tanımlama yöntemleri

Teknik	İncelenen Özellik	Avantaj	Dezavantajlar
FTIR	Fonksiyonel gruplar	Hızlı, non-destrüktif	Sınırlı yapısal çözünürlük
DSC	Termal stabilite	Probiyotik formülasyon analizinde güçlü	Yorumlama uzmanlık ister
SEM	Morfoloji, yüzey yapısı	Yüksek çözünürlük	Artefakt riski

6. BİYOİNFORMATİK VE DİJİTAL ANALİZ YAKLAŞIMLARI İLE TANIMLAMA YÖNTEMLERİ

Son yıllarda biyoinformatik araçların hızla gelişmesi, LAB'ların tanımlanmasında genomik, proteomik ve metabolomik verilerin kapsamlı biçimde değerlendirilmesini mümkün kılmıştır. Tüm genom dizilemesi (WGS) çıktılarına dayanan karşılaştırmalı genomik analizler; tür ve suş düzeyinde tanımlamayı artırmakla beraber, virülans faktörleri, antimikrobiyal direnç genleri, bakteriyosin üretimi ve metabolik süreçlerin aydınlatılmasına olanak sağlamaktadır (26). SPAdes, Prokka, RAST, PGAP ve OrthoANI gibi cihazlar modern LAB sınıflandırmasının temelini oluşturan altyapıyı sağlamaktadır (27). Filogenetik analizlerde IQ-TREE, RAxML ve MEGA X gibi algoritmalar, dizisel benzerliklere dayanan yüksek çözünürlüklü filogenetik sınıflandırmaya katkıda bulunmaktadır. Ayrıca BAGEL4 ve antiSMASH, LAB suşlarının bakteriyosin ve sekonder metabolit üretim potansiyelinin genomik düzeyde belirlenmesini sağlayan önemli biyoinformatik platformlardır (27).

7. OMİK VERİLERİNİN ENTEGRASYONU: GENOM-PROTEOM-METABOLOM BAĞLANTISININ ORTAYA KONULMASI

Omik teknolojiler arasındaki entegrasyon, LAB biyolojisinin çok boyutlu olarak anlaşılmasını sağlayan güçlü bir sistem biyolojisidir. Genomik analizler suşun potansiyelini belirlerken, proteomik veriler bu potansiyelin hangi düzeyde ifade edildiğini ortaya koyamakta metabolomik veriler ise bu moleküler süreçlerin fenotipik karşılığını göstermektedir (28). Omik entegrasyonu, LAB suşlarının probiyotik etkinliklerinin çok daha doğru değerlendirilmesini ve tür/suş bazlı sınıflandırılmasında yüksek hassasiyet sağlamaktadır (29,30). Bu kapsamlı yaklaşım, klasik fenotipik testlerle

belirlenemeyen fonksiyonel farklılıkların anlaşılmasını mümkün kılmakta ve LAB araştırmalarında yeni bir standart oluşturmaktadır.

8. GÜNCEL TRENDLER VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ: YENİ NESİL LAB KARAKTERİZASYONUNUN BİLİMSEL YÖNELİMİ

Omik teknolojilerdeki hızlı ilerlemeler, LAB karakterizasyonunda geleneksel tanımlamanın çok ötesine geçen yeni bir dönemin başlangıcını işaret etmektedir. Güncel trendler arasında, yüksek çözünürlüklü genomik sınıflandırma, yapay zekâ tabanlı tür/suç tanımlaması, mikrobiyota-bağımlı fonksiyon tahmini, postbiyotiklerin metabolomik belirlenmesi ve gerçek zamanlı fermentasyon takibi öne çıkmaktadır. Özellikle yapay zekâ algoritmaları, koloni görüntülerinin otomatik analizi, MALDI-TOF MS spektrumlarının sınıflandırılması ve metabolit profillerinin suş tahmini için kullanılmaktadır (31). Ayrıca, “precision probiotics” yaklaşımı doğrultusunda LAB suşlarının birey temelli sağlık etkilerini öngören matematiksel modeller, sistem biyolojisi veri setleriyle bütünleştirilmektedir. Gelecek perspektifi açısından en dikkat çeken alanlardan biri, LAB suşlarının hücre dışı veziküllerinin (EV) ve postbiyotik bileşenlerinin güçlü sağlık etkilerinin çoklu omik yaklaşımlarla doğrulanmasıdır. Ayrıca, iklim değişikliğinin tarımsal hammaddeler üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, çevresel strese yüksek tolerans gösteren LAB suşlarının genomik olarak seçilmesi ve bu suşların endüstriyel fermentasyon süreçlerine uyarlanması gelecekte önemli bir araştırma alanı olacaktır (32). Bu trendler, LAB karakterizasyonunun genomik temelli, çok katmanlı, veri odaklı ve kişiselleştirilmiş teknolojilerle şekilleneceğini göstermektedir.

Bu bölümde sunulan LAB’ların sınıflandırılmasında kullanılan yöntemlerle, LAB’ların yalnızca gıda fermentasyonunun geleneksel aktörleri olmadığını; aksine modern biyoteknolojinin, sağlığa yönelik yenilikçi uygulamaların ve ileri analiz teknolojilerinin merkezinde yer alan dinamik ve çok boyutlu mikroorganizmalar olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Genomik, proteomik, metabolomik ve yapısal analiz tekniklerinin entegrasyonu sayesinde, LAB suşlarının moleküler çeşitliliği, fonksiyonel potansiyeli, güvenlik profili ve endüstriyel uyumuna kısaca değinilmiştir. Bu disiplinler arası perspektif, hem bilim insanlarının hem endüstri paydaşlarının

yeni nesil probiyotikler, gelişmiş starter kültürler, sürdürülebilir biyoproses tasarımları ve hedefe yönelik fonksiyonel gıdalar geliştirmesine imkân tanıyacak güçlü bir bilimsel temel sunmaktadır. LAB araştırmalarının geleceği, büyük veri analitiği, yapay zekâ destekli sınıflandırma, kişiselleştirilmiş mikrobiyom çözümleri ve biyokoruma stratejilerinin gelişmesiyle daha da zenginleşecek; böylece bu mikroorganizmalar hem insan sağlığını hem de gıda sistemlerini şekillendiren kritik biyolojik araçlar olmaya devam edecektir.

KAYNAKÇA

1. Sharma, A., Lee, S., & Park, Y.-S. (2020). *Molecular typing tools for identifying and characterizing lactic acid bacteria: A review*. *Food Science and Biotechnology*, 29(6), 755-772. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00802-x>
2. Ren, Y., et al. (2024). *Rapid and accurate identification of lactic acid bacteria (LAB) species using Raman spectroscopy combined with machine learning*. *Frontiers in Microbiology*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1361180>
3. Loo, J. S., Oslan, S. N. H., Mokshin, N. A. S., Othman, R., Amin, Z., Dejtisakdi, W., Prihanto, A. A., & Tan, J. S. (2025). Comprehensive Review of Strategies for Lactic Acid Bacteria Production and Metabolite Enhancement in Probiotic Cultures: Multifunctional Applications in Functional Foods. *Fermentation*, 11(5), 241. <https://doi.org/10.3390/fermentation11050241>
4. Sharma, A., Lee, S., & Park, Y. S. (2020). Molecular typing tools for identifying and characterizing lactic acid bacteria: a review. *Food science and biotechnology*, 29(10), 1301–1318. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00802-x>
5. Ren, Y., Zheng, Y., Wang, X., Qu, S., (2024). Rapid and accurate identification of lactic acid bacteria species using Raman spectroscopy combined with machine learning. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1-10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1361180>
6. Du-Min Jo, Seok-Chun Ko, Kyung Woo Kim, Dongwoo Yang, Ji-Yul Kim, Gun-Woo Oh, Grace Choi, Dae-Sung Lee, Nazia Tabassum, Young-Mog Kim, Fazlurrahman Khan. (2025). Artificial intelligence-driven strategies to enhance the application of lactic acid bacteria as functional probiotics: Health promotion and optimization for industrial applications, *Trends in Food Science & Technology*, 165, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105309>
7. Papadimitriou, K., Zoumpopoulou, G., Foligné, B., Alexandraki, V., Kazou, M., Pot, B., & Tsakalidou, E. (2015). Discovering probiotic microorganisms: in vitro, in vivo, genetic and omics

- approaches. *Frontiers in microbiology*, 6, 58.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00058>
8. Hao, Fan & Fu, Nan & Ndiaye, Hamadel & Woo, Wai & Jeantet, Romain & Chen, Xiao. (2021). Thermotolerance, Survival, and Stability of Lactic Acid Bacteria After Spray Drying as Affected by the Increase of Growth Temperature. *Food and Bioprocess Technology*. 14.
<https://doi.org/10.1007/s11947-020-02571-1>
 9. Salvetti, E., Torriani, S., & Felis, G. E. (2012). The Genus *Lactobacillus*: A Taxonomic Update. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 4(4), 217–226. <https://doi.org/10.1007/s12602-012-9117-8>
 10. Chun, J., Oren, A., Ventosa, A., Christensen, H., Arahal, D. R., da Costa, M. S., Rooney, A. P., Yi, H., Xu, X. W., De Meyer, S., & Trujillo, M. E. (2018). Proposed minimal standards for the use of genome data for the taxonomy of prokaryotes. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 68(1), 461–466.
<https://doi.org/10.1099/ijsem.0.002516>
 11. Stiles, M. E., & Holzapfel, W. H. (1997). Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. *International journal of food microbiology*, 36(1), 1–29. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(96\)01233-0](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(96)01233-0)
 12. Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M. A. P., Harris, H. M. B., Mattarelli, P., O'Toole, P. W., Pot, B., Vandamme, P., Walter, J., Watanabe, K., Wuyts, S., Felis, G. E., Gänzle, M. G., & Lebeer, S. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 70(4), 2782–2858.
<https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107>
 13. Cui, Y., Hu, T., Qu, X., Zhang, L., Ding, Z., & Dong, A. (2015). Plasmids from Food Lactic Acid Bacteria: Diversity, Similarity, and New Developments. *International journal of molecular sciences*, 16(6), 13172–13202. <https://doi.org/10.3390/ijms160613172>
 14. Chaichana, N., Boonsan, J., Dechathai, T., Suwannasin, S., Singkhamanan, K., Wonglapsuwan, M., Pomwised, R., & Surachat, K. (2025).

- Comparative genomic analysis of the *Pediococcus* genus reveals functional diversity for fermentation and probiotic applications. *Computational and structural biotechnology journal*, 27, 4597–4614. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2025.10.050>.
15. Douillard, F. P., & de Vos, W. M. (2014). Functional genomics of lactic acid bacteria: from food to health. *Microbial cell factories*, 13 Suppl 1(Suppl 1), S8. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-S1-S8>
 16. Singhal, N., Kumar, M., Kanaujia, P. K., & Virdi, J. S. (2015). MALDI-TOF mass spectrometry: An emerging technology for microbial identification and diagnosis. *Frontiers in Microbiology*, 6, 791. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00791>
 17. van de Guchte, M., Serror, P., Chervaux, C., Smokvina, T., Ehrlich, S. D., & Maguin, E. (2002). Stress responses in lactic acid bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 82(1-4), 187–216.
 18. Russo, P., De la Luz Mohedano, M., Capozzi, V., De Palencia, P. F., López, P., Spano, G., & Fiocco, D. (2012). Comparative proteomic analysis of *Lactobacillus plantarum* WCFS1 and Δ ctsR mutant strains under physiological and heat stress conditions. *International journal of molecular sciences*, 13(9), 10680–10696. <https://doi.org/10.3390/ijms130910680>
 19. Ayivi, R. D., Gyawali, R., Krastanov, A., Aljaloud, S. O., Worku, M., Tahergorabi, R., Silva, R. C. d., & Ibrahim, S. A. (2020). Lactic Acid Bacteria: Food Safety and Human Health Applications. *Dairy*, 1(3), 202-232. <https://doi.org/10.3390/dairy1030015>
 20. Pizzi, A., Parolin, C., Gottardi, D., Ricci, A., Parpinello, G. P., Lanciotti, R., Patrignani, F., & Vitali, B. (2025). A Novel GABA-Producing *Levilactobacillus brevis* Strain Isolated from Organic Tomato as a Promising Probiotic. *Biomolecules*, 15(7), 979. <https://doi.org/10.3390/biom15070979>
 21. Wang, X., Tian, J., Zhang, X., Tang, N., Rui, X., Zhang, Q., Dong, M., & Li, W. (2022). Characterization and Immunological Activity of Exopolysaccharide from *Lactocaseibacillus paracasei* GL1 Isolated from Tibetan Kefir Grains. *Foods*, 11(21), 3330. <https://doi.org/10.3390/foods11213330>

- 22.Kahraman Ilıkkın Ö. (2025). Lactobacillomics as a new notion in lactic acid bacteria research through omics integration. *World journal of microbiology & biotechnology*, 41(2), 68. <https://doi.org/10.1007/s11274-025-04285-y>
- 23.Prete, R., Alam, M. K., Perpetuini, G., Perla, C., Pittia, P., & Corsetti, A. (2021). Lactic Acid Bacteria Exopolysaccharides Producers: A Sustainable Tool for Functional Foods. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(7), 1653. <https://doi.org/10.3390/foods10071653>
- 24.Bober, J. R., Beisel, C. L., & Nair, N. U. (2018). Synthetic Biology Approaches to Engineer Probiotics and Members of the Human Microbiota for Biomedical Applications. *Annual review of biomedical engineering*, 20, 277–300. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-062117-121019>
- 25.Son, J., Jeong, K.J. (2020). Recent Advances in Synthetic Biology for the Engineering of Lactic Acid Bacteria. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 25, 962–973 . <https://doi.org/10.1007/s12257-020-0033-6>
- 26.Huang, Y., Wang, Y., Shang, N., & Li, P. (2023). Microbial Fermentation Processes of Lactic Acid: Challenges, Solutions, and Future Prospects. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(12), 2311. <https://doi.org/10.3390/foods12122311>
- 27.Lee, I., Ouk Kim, Y., Park, S. C., & Chun, J. (2016). OrthoANI: An improved algorithm and software for calculating average nucleotide identity. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 66(2), 1100–1103. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.000760>
- 28.Sarkar, A., Lehto, S. M., Harty, S., Dinan, T. G., Cryan, J. F., & Burnet, P. W. J. (2016). Psychobiotics and the Manipulation of Bacteria-Gut-Brain Signals. *Trends in neurosciences*, 39(11), 763–781. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2016.09.002>
- 29.Chiarini, E., Alessandria, V., Buzzanca, D., Giordano, M., Seif Zadeh, N., Mancuso, F., & Zeppa, G. (2024). Valorization of Fruit By-Products Through Lactic Acid Fermentation for Innovative Beverage Formulation: Microbiological and Physiochemical Effects. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(23), 3715. <https://doi.org/10.3390/foods13233715>

- 30.Chenoll, E., Macián, M. C., & Aznar, R. (2003). Identification of Carnobacterium, Lactobacillus, Leuconostoc and Pediococcus by rDNA-based techniques. *Systematic and applied microbiology*, 26(4), 546–556. <https://doi.org/10.1078/072320203770865855>
- 31.Stackebrandt, E., & Teuber, M. (1988). Molecular taxonomy and phylogenetic position of lactic acid bacteria. *Biochimie*, 70(3), 317–324. [https://doi.org/10.1016/0300-9084\(88\)90204-0](https://doi.org/10.1016/0300-9084(88)90204-0)
- 32.Samelis, J., Maurogenakis, F., & Metaxopoulos, J. (1994). Characterisation of lactic acid bacteria isolated from naturally fermented Greek dry salami. *International journal of food microbiology*, 23(2), 179–196. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(94\)90051-5](https://doi.org/10.1016/0168-1605(94)90051-5)

BÖLÜM 8

PROPOLİSİN KİMYASAL KOMPOZİSYONU, ÖZELLİKLERİ ve GIDA ENDÜSTRİSİ AÇISINDAN ÖNEMİ

İbrahim CANBEY¹

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17896340>

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye. ibrahim.canbey.gmuh@gmail.com, orcid id: 0000-0003-2568-0885

1. PROPOLİSİN TANIMI ve ÖZELLİKLERİ

Bal arısı; başta tarla bitkileri, sebzeler ve meyve ağaçları olmak üzere çok sayıda bitkinin önemli bir tozlayıcısıdır (polinatör/polen taşıyıcı). Bal arıları; bal, propolis, balmumu, arı sütü, polen ve arı zehri gibi çeşitli ürünler üretir. Günümüzde bu arı ürünleri, dünya genelinde hem beslenme hem de tıbbi amaçlarla yaygın biçimde kullanılmaktadır (Alam vd., 2024). Arı ürünleri, gıda ürünlerinin besinsel değerini artırmak amacıyla ilave edilmektedir (Abdelrazeg vd., 2020). Arı ürünleri arasında önemli bir yeri bulunan propolis, günümüze kadar en yaygın kullanılan doğal ürünlerden biri olarak öne çıkmaktadır (Maroof vd., 2023).

Propolis kelimesi, Yunancada "giriş" anlamına gelen "pro" ve "şehir" anlamına gelen "polis" kelimelerinden türetilmiştir (Zabaiou vd., 2017; Abdelrazeg vd., 2020). Yani, “şehrin girişinde” anlamı taşımaktadır (Przybylek ve Karpiński, 2019). Bu etimolojik yapı, propolisin koloni girişinde konumlanan koruyucu bir madde olma işlevine de gönderme yapmaktadır (Demir Özer, 2020). Propolis; arıların çiçek tomurcukları, ağaç kabukları ve yapraklar gibi çeşitli bitki kısımlarından elde ettikleri öz suları, reçineleri ve zambak benzeri salgıları; balmumuyla ve bazı arı kaynaklı enzimatik proteinlerle birleştirilerek oluşturdukları yapışkan nitelikte bir maddedir (Şekil 1) (Przybylek ve Karpiński, 2019; Coşkun ve İnci, 2020; Martinotti vd., 2025).



Şekil 1. Ham propolis örneği.

Propolisin başlıca kaynaklarını kavak, söğüt, huş, karaağaç, kızılağaç, kayın, iğne yapraklı türler ve at kestanesi ağaçları oluşturmaktadır (Martinotti ve Ranzato, 2015). Arıcılar tarafından propolis üretimini artırmaya yönelik çeşitli stratejiler geliştirilmiştir (Pelaiez-Acero vd., 2025). Bu bağlamda yapılan bir çalışmada; kovan iç yüzeyinin dokusal karmaşıklığının artırılması (plastik propolis tuzağı ekleme, testere olukları açma veya yüzeyi pürüzlendirme) ile propolis birikiminin anlamlı düzeyde arttığı belirlenmiştir. Üç yöntem arasında önemli bir fark gözlenmemekle birlikte, plastik tuzak ve pürüzlendirilmiş yüzeylerin daha tutarlı sonuçlar verdiği araştırmacılar tarafından saptanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, kovan iç yüzeyinin yapısal özelliklerinin iyileştirilmesiyle propolis birikiminin basit ve etkili biçimde artırılabilceği ifade edilmiştir (Hodges vd., 2018). Bir diğer araştırmada ise; ahşap, strafor ve plastik kovanların propolis üretimi ve fenolik içeriğe etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda; propolis, bal üretimi öncesi, sırası ve sonrasında toplanmış; verim, toplam fenolik madde, toplam tanen, antioksidan kapasite ve fenolik profili analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre en yüksek propolis üretiminin, ahşap kovanlarda görüldüğü; en yüksek toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerinin ise, plastik kovanlarda olduğu saptanmıştır. Elde edilen veriler neticesinde, propolis üretiminin ve kalitesinin kovan tipi ile toplama dönemine bağlı olarak değiştiği, araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Kiziltas ve Erkan, 2020).

Propolis, yüksek sıcaklıklarda yumuşak, şekil verilebilir ve son derece yapışkan bir karakter sergilerken; düşük sıcaklıklarda ise, özellikle donma noktası civarında veya altında sert ve kırılgan bir yapı kazanmaktadır (Zabaiou vd., 2017). Propolis, 60°C ila 70°C sıcaklık aralığında sıvı hale geçmekte; ancak bazı örneklerde erime noktası, 100°C'ye kadar yükselebilmektedir (Martinotti ve Ranzato, 2015).

Yapışkan yapıda olan propolis, “arı tutkalı” (bee glue) olarak da bilinmektedir (Sung vd., 2017; Zabaiou vd., 2017; Anjum vd., 2019; Alam vd., 2024; Martinotti vd., 2025). Balmumsu yapısı ve mekanik özellikleri sayesinde propolis, arılar tarafından kovandaki nem ve sıcaklığın yıl boyunca dengede tutulmasını sağlamak ve çatlaklar ile boşlukları kapatmak amacıyla bir tür yapıştırıcı malzeme olarak kullanılmaktadır (Şekil 2) (Zabaiou vd., 2017). Propolis sayesinde, kovan içi sıcaklığın yaklaşık 35°C civarında tutulması sağlanır (Anjum vd., 2019). Özellikle olumsuz hava koşulları sırasında

propolis, kovan giriş açıklıklarını daraltacak şekilde boşlukların kaplanması kullanılmaktadır (Abdelrazeg vd., 2020). Böylece, rüzgar ve yağmurdan korunma da sağlanmış olmaktadır (Martinotti ve Ranzato, 2015). Kısaca, propolis, arılar tarafından kovanda savunma amacıyla kullanılır (Przybylek ve Karpiński, 2019).



Şekil 2. Arı kovanlarına yapışık vaziyette bulunan propolis örneği.

Bal arıları, propolisi yalnızca kovanlarını korumak amacıyla çatlakları kapatmak, boşlukları doldurmak ve iç duvarları düzgünleştirmek için değil; aynı zamanda antimikrobiyal/antiseptik bir madde olarak da kullanılmaktadır (Anjum vd., 2019). Özellikle koloninin parazitlere, yırtıcılara ve hastalık etkeni mikroorganizmalara karşı korunması amacıyla kullanır (Martinotti vd., 2025). Örneğin; arı larvalarının, bal depolarının ve petek yapısının mikrobiyal patojenlere karşı korunmasında önemli bir rol oynamaktadır (Anjum vd., 2019). Buna ek olarak propolis, kovana yılan ve kertenkele gibi istilacı organizmaların girişine karşı bir korunma mekanizması olarak değerlendirilir (Martinotti ve Ranzato, 2015). Propolisin koruma işlevi; kovan duvarlarındaki boşlukların doldurulması, soğuk günlerde girişin daraltılması ve mumyalama faaliyetlerini kapsamaktadır. Bu tür işlevler, propolisin “arı tutkalı” olarak da anılmasının temel nedenini açıklamaktadır (Przybylek ve Karpiński, 2019). Mumyalama;

bal arılarının, kovan içerisindeki ölmüş yabancı organizmaların çürümelerini engellemek amacıyla propolisi kullanması ile gerçekleştirilir. Bunlara ilaveten propolis, peteklerin bir nesneye tutunduğu kovan bölgelerine de uygulanmakta ve böylece mikropsuz, pürüzsüz yüzeylerin oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Anjum vd., 2019).

Propolisin bileşimi, rengi ve aromatik özellikleri, coğrafi bölgelere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Martinotti ve Ranzato, 2015). Kaynağına ve depolama süresine bağlı olarak farklı bitkisel kokular sergileyebilen propolis; kahverengi, sarı, yeşil ve kırmızı gibi çeşitli renk tonlarında bulunabilmektedir (Martinotti vd., 2025). Propolisin kendine özgü bir kokusu vardır (Ćelan vd., 2022). Karakteristik kokusu üzerinde fenolik bileşikler (artepillin C gibi) ve terpen bileşenleri (terpineol, kamfor, geraniol, nerol, farnesol) ekili olmaktadır (Przybyłek ve Karpiński, 2019). Kendine özgü bir koku ve tada sahip olan propolisin doğrudan tüketimi, tüketiciler açısından her zaman hoş karşılanmamaktadır. Bu nedenle, propolisin uygun bal ve propolis karışımları gibi formlarda kullanıma sunulması ve bu yolla alımının kolaylaştırılması daha da önem kazanmaktadır (Ćelan vd., 2022).

Propolis, karmaşık bir yapıya sahip olan bir arı ürünü olup propolisin biyoaktif bileşiklerinin kullanımının kolaylaştırılması amacıyla ekstraksiyon tekniğine başvurulmaktadır. Geleneksel ekstraksiyon yöntemleri, uzun sürelerde yüksek sıcaklıklar uygulanmasından dolayı biyoaktif bileşiklerin bozulmasına yol açmakta ve ekstraksiyonda kullanılan çözücüler, çevre ile insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Buna karşın, mikrodalga, ultrason ve süperkritik akışkan destekli modern ekstraksiyon teknolojileri, çevre dostu ve sürdürülebilir bir şekilde biyoaktif bileşiklerin verimini ve kalitesini artırmaktadır (Pelaez-Acero vd., 2025). Genel olarak, propolisin hazırlanmasında en uygun çözücünün etanol olduğu kabul edilmekte; bununla birlikte, propolis bileşenlerinin ekstraksiyonu ve tanımlanmasında etil eter, su, metanol ve kloroform gibi diğer çözücüler de kullanılabilir (Martinotti ve Ranzato, 2015). Ayrıca, diklorometan ve aseton gibi farklı çözücülerden de faydalanılabilmektedir (Pelaez-Acero vd., 2025). Bunlara ilaveten, farmasötik ve kozmetik endüstrilerinde, propolis preparatlarının elde edilmesinde gliserin, propilen glikol ve benzeri çözeltiler de yaygın şekilde tercih edilmektedir (Martinotti ve Ranzato, 2015).

Propolis içerisinde fenolik bileşikler, aromatik asitler, uçucu yağlar, mumlar ve amino asitler gibi 300'den fazla biyoaktif bileşen tanımlanmıştır (Coşkun ve İnci, 2020). Fenolik asitler, flavonoidler ve terpenler gibi çeşitli biyoaktif bileşikler, propolisin biyolojik etkinliklerine katkıda bulunmaktadır. Özellikle antibakteriyel, antifungal, antiviral ve antienflamatuvar özellikleri sayesinde propolis, doğal bir tedavi edici ajan olarak biyolojik açıdan önemli hale gelmektedir (Alam vd., 2024). Günümüzde propolis; antibakteriyel, antienflamatuvar, antiviral, antioksidan, antiprotozoal, anestetik, antitümöral, antikanser, antifungal, antiseptik, antimutajenik ve antihepatotoksik özelliklerinin yanı sıra sitotoksik aktiviteleri için de tercih edilmektedir (Anjum vd., 2019). Antibakteriyel, antioksidan ve antiviral özellikleri sayesinde çeşitli hastalıklar üzerinde olumlu etkiler göstermektedir (Coşkun ve İnci, 2020). Bunun yanı sıra çeşitli farmasötik formlarda uygulanabilmekte olan propolis; antimikrobiyal, antienflamatuvar, antioksidan, antiparazitik, antiülser, antitümör ve immünmodülatör gibi çok sayıda biyolojik etkiye sahip olması sayesinde hayvan sağlığını ve verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir (Abu-Seida, 2023). Özellikle antibakteriyel ve antioksidan özellikleri sayesinde arılar tarafından kovanda kullanılmasının yanı sıra tıp, kozmetik, gıda endüstrisi ve apiterapi alanlarında çok yönlü bir doğal arı ürünü olarak değerlendirilmektedir (Coşkun ve İnci, 2020). Bu kapsamda, propolisin harici olarak kullanım alanları arasında; merhem, jel, ruj ve gargara gibi farmasötik, kozmetik ve ağız ürünleri bulunmaktadır (Sung vd., 2017).

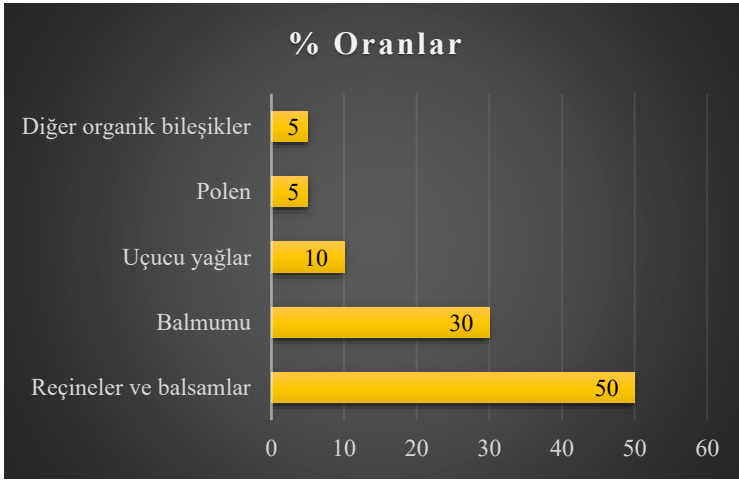
Kimyasal ilaçların yan etkileri ve toksisiteleri, propolis gibi doğal kaynaklı ürünlerin çeşitli tıbbi durumların tedavisinde giderek daha fazla ilgi görmesinin başlıca nedenlerinden biridir (Abdelrazeg vd., 2020). Propolis, tarihsel süreçte en eski dönemlerden bu yana kullanılan nadir doğal tedavi edici ürünlerden biri olarak kabul edilmektedir (Coşkun ve İnci, 2020) ve güçlü terapötik özellikleri sayesinde insanlar tarafından geleneksel tıpta (halk hekimliği) uzun süredir değerlendirilmektedir (Farnesi vd., 2009; Segueni vd., 2023; Alam vd., 2024). Propolis, MÖ 300 yılından bu yana, geleneksel tıpta tedavi edici bir ajan olarak kullanılmaktadır (Righi vd., 2013; Anjum vd., 2019; Ćelan vd., 2022). Bununla birlikte propolis, sığırlarda mastitis, nodüler deri hastalığı, şap hastalığı, üreme bozuklukları ve ishal gibi birçok hastalığın tedavisinde alternatif bir yaklaşım olarak değerlendirilebilmektedir (Abu-Seida, 2023).

Buna ilaveten sahip olduğu biyolojik özellikleri (antimikrobiyal, antioksidan vb.), propolisi fonksiyonel gıdalarda kullanılmaya elverişli bir bileşen haline getirmektedir (Pelaez-Acero vd., 2025). Özellikle propolisin sahip olduğu antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri, gıda koruyucularının temel nitelikleri arasında yer almaktadır (Segueni vd., 2023). Bununla birlikte ekstraksiyon ve enkapsülasyon teknolojilerindeki gelişmeler, propolisin biyoaktif bileşenlerinin stabilitesini ve biyoyararlanımını artırarak doğal bir gıda koruyucusu ve sağlık destekleyici bir bileşen olarak kullanımını mümkün kılmıştır (Pelaez-Acero vd., 2025).

2. PROPOLİSİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

Propolisin kimyasal bileşimi, esas olarak botanik (elde edildiği) kaynağına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Chan vd., 2013; Martinotti ve Ranzato, 2015; Alam vd., 2024). Daha geniş bir ifadeyle propopolisin kimyasal ve biyolojik bileşimde gözlenen çeşitlilik, propolisin türüne ve kaynağın bulunduğu coğrafi konumlarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Abdelrazeg vd., 2020). Ayrıca, bitki türlerindeki farklılıklar, propolisin kimyasal bileşiminin birbirinden farklı olmasına yol açmaktadır (Przybylek ve Karpiński, 2019). Yapılan bir çalışmada; beş farklı etanolik propolis özütü üzerinde yürütülen kapsamlı değerlendirmede, propolisin biyolojik ve fonksiyonel özelliklerinin arıların bulunduğu bölgedeki bitki çeşitliliğiyle yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, coğrafi faktörlerin ve arıların sınırlı nektar toplama alanının, propolisin kimyasal bileşimini doğrudan etkilediği vurgulanmıştır (Albanese vd., 2025). Bunlara ilaveten propolisin kimyasal bileşiminin içerik ve oranları mevsimsel koşullara bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Ćelan vd., 2022). Propolisin kimyasal profili, ayrıca arı türünden önemli ölçüde etkilenmektedir (Martinotti ve Ranzato, 2015; İbrahim vd., 2016). Bununla birlikte, propolisin kimyasal kompozisyonu üzerinde etkili olan bir diğer parametre, propolisin hasat edildiği zamandır (Abdelrazeg vd., 2020).

Propolisin temel bileşenleri arasında; reçine, balmumu, çiçek poleni, fenolik bileşikler, terpenler ve hidrokarbonlar yer almaktadır (Martinotti vd., 2025). Şekil 3'te, propolisin genel bileşimi, oransal olarak gösterilmektedir.



Şekil 3. Propolisin genel fitokimyasal kompozisyonu (Martinotti ve Ranzato, 2015; Przybyłek ve Karpiński, 2019; Farag vd., 2021; Çelan vd., 2022, Alam vd., 2024 ve El-Sakhawy vd., 2024 kaynaklarındaki bilgiler ışığında oluşturulmuştur).

Flavonoidler, terpenler ve fenolik asitler başta olmak üzere 300'ün üzerinde bileşen, bu doğal matriks içerisinde tanımlanmıştır (Martinotti ve Ranzato, 2015). Propolis; polifenoller, flavonoidler, kafeik asit ve esterler gibi çok çeşitli biyoaktif doğal ürünlerin eşsiz bir kaynağıdır (Taşdemir ve Gölge, 2024). Genel bileşimi itibarıyla fenolik asitler, flavonoidler, terpenler, aromatik aldehytlar ve alkoller, yağ asitleri, stilbenler, β -steroidler ile birlikte çok sayıda farklı kimyasal bileşeni kapsamaktadır (Sung vd., 2017). Bunlara ilaveten propolis; kinin, apigenin, akasetin, kuersetin, kamferit, kamferol-7,4-dimetil eter, ermanin, galangin, pinosembrin, pinobanksin, pinobanksin-3-kafeik asit, kafeik asit fenil ester, metil kafeik asit, diterpenoid klerodan ve uçucu bileşikler gibi değerli kimyasal maddeleri içermektedir. Ayrıca asetat, pinostrobin, pektolinarinenin, luteolin, izopentil ferulat, p-kumarik asit benzil ester, kafeik asit, prenil kafeik ve 3-metilbut-2-enil gibi bileşikler de propolisin kimyasal bileşimini oluşturmaktadır (Taşdemir ve Gölge, 2024).

Bunlara ilaveten, propolis; Mn, Fe, Si, Mg, Zn, Se, Ca, K, Na ve Cu gibi mineralleri içermektedir (Przybyłek ve Karpiński, 2019). Propolisin mineral içeriği; toplandığı bölge, mevsim ve toplama yöntemine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Pelaez-Acero vd., 2025). Propoliste ayrıca B₁, B₂, B₆, C ve E vitaminleri bulunmaktadır (Bellik ve Boukraâ, 2012; Alam vd., 2024). Bunun yanı sıra propolisin bünyesinde yer alan polen, proteinlerin ve aminoasitlerin

kaynağıdır. Ayrıca reçine ve balsamlar, bitki salgılarından köken alan flavonoidler ve fenolik asitleri içermektedir (Alam vd., 2024).

Propoliste reçineler ve balmumları dışında bulunan başlıca kimyasal bileşik grupları, polifenoller (fenolik asitler, flavonoidler) ve terpenoidlerdir (Przybyłek ve Karpiński, 2019). Propolis, özellikle flavonoidler ve fenolik asitler bakımından zengin polifenol içerir (Maroof vd., 2023). Daha geniş bir tanımlama ile propolis; polifenoller (flavonoidler, fenolik asitler ve esterler), fenolik aldehytlar, ketonlar ve bunların yanı sıra birçok farklı bileşiği kapsamaktadır (Ćelan vd., 2022). Propolis ayrıca apigenin, galangin, kamferol, krizsin (chrysin), kuersetin, pinosembren, pinostrobin ve tektokrizin gibi önemli flavonoidleri bünyesinde barındırmaktadır (Przybyłek ve Karpiński, 2019).

Yapılan bir çalışmada; Türkiye'nin farklı bölgelerinden (Bursa, Erzurum-Aşkale, Gümüşhane-Söğütağı ve Trabzon-Çağlayan) 1999 yılında toplanan propolis örneklerinin kimyasal bileşimi, GC-MS yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Trabzon ve Gümüşhane propolislerinin benzer kimyasal profile sahip olduğu ve başlıca bileşenlerin aromatik asitler, alifatik asitler, bunların esterleri ve keton türevleri olduğu belirlenmiştir. Erzurum örneğinin, yüksek amino asit içeriği ve aromatik asit esterleri ile farklı bir bileşim sergilediği tespit edilmiştir. Bursa örnekleri ise; flavanon, flavon, terpenoid ve aromatik asit türevlerince zengin bulunmuştur (Sorkun vd., 2014).

Başka bir çalışmada; Slovakya kökenli propolis örneklerinin etanol ekstraktlarında bulunan kumarinlerin ve diğer bileşiklerin ayrımı ile belirlenmesi hedeflenmiştir ve bu amaçla, HPLC cihazı kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre incelenen propolis örneklerinde; umbelliferon, 4-metilumbelliferon ve skoparon bileşikleri tanımlanmıştır. Ayrıca, propolis kaynağına bağlı olarak kumarin içeriğinde anlamlı bir farklılık gözlenmediği belirtilmiştir (Cizmárik vd., 2010).

Bir diğer çalışmada ise, Hindistan'ın Tamil Nadu eyaletine bağlı Coimbatore bölgesinden toplanan propolisin hidroalkolik ekstraktının kimyasal bileşimi, GC-MS analizi ile belirlenmiştir. Analiz sonucunda toplam on bileşik tanımlanmıştır. Propoliste baskın bileşikler arasında; 9-oktadekanoik asit (%3,2), dekanik asit (%2,12), 9,12-hekzadekanoik asit (%1,29) ve oktadekadienoik asit metil esteri (%0,49) gibi yağ asitleri olduğu ve bununla birlikte 1-tetradekanol (%0,89), oktadekanol (%0,69), 1-dotrikontanol (%0,48) ve 2,3-epoksi-5,8-hekzadekadien-1-ol (%0,6) gibi alkollerin varlığı

belirlenmiştir. Buna ek olarak eser miktarda kuersetin ve siklopentadien tespit edilmiştir. Ayrıca, propoliste bulunan kuersetin miktarının tanımlanması ve kantitatif olarak belirlenmesi amacıyla araştırmacılar tarafından HPTLC ve HPLC analizleri gerçekleştirilmiştir (Thirugnanasampandan vd., 2012).

Bunlara ilaveten, yapılan başka bir çalışmada; Bulgaristan, İtalya ve İsviçre’den elde edilen on propolis örneği, GC-MS yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre örneklerin büyük çoğunluğunun, kavak tipi propolisin (poplar propolis) karakteristik kimyasal profilini sergilediği belirlenmiştir. Bu kapsamda, örneklerde; pinosembren, pinobanksin ve onun 3-O-asetatı, krizsin, galangin ile kafeik ve ferulik asitlerin prenıl esterleri tespit edilmiştir. Ancak iki örneğin belirgin şekilde farklılık gösterdiği bulunmuş olup İsviçre’nin Graubünden Alpleri bölgesinden elde edilen propolisin, fenolik gliseritler bakımından zengin olduğu; Sicilya kaynaklı örneğin ise, sınırlı sayıda fenolik bileşik içerdiği ve diterpenik asitler açısından zengin bir bileşim sergilediği tespit edilmiştir (Bankova vd., 2014).

3. PROPOLİSİN GIDA ENDÜSTRİSİ AÇISINDAN ÖNEMİ

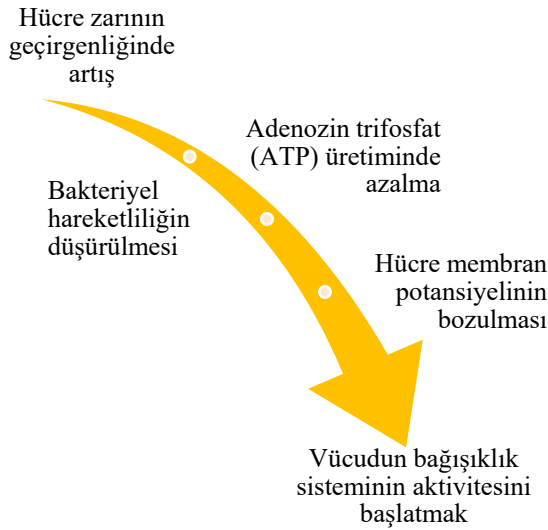
Günümüzde, kimyasal katkı maddesi içermeyen taze ve minimum işlem görmüş gıdalara yönelik artan tüketici talepleri, gıda endüstrisinde bazı yenilikçi yöntemlerin araştırılmasına ve doğal bileşiklerin kimyasal koruyucuların alternatifi olarak kullanılmasına ilgi çekmektedir. Arıcılıktan elde edilen benzersiz bir doğal ürün olan propolis, gıda üretimi ve biyo-koruma uygulamalarında değerlendirilebilecek geniş bir biyolojik aktivite ve sağlık faydaları yelpazesine sahiptir (Tumbarski vd., 2022). Bu bağlamda propolis, gıda ambalajlama ve gıda üretimi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (El-Sakhawy vd., 2024). Çok sayıda biyoaktif bileşik içermesi sayesinde propolis, geniş bir yelpazede gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatma potansiyeline sahiptir. Koruyucu olarak kullanılmasının yanı sıra olumsuz fiziksel ve kimyasal değişimlerin önlenmesinde de etkilidir (El-Sakhawy vd., 2024). Bununla birlikte propolis; sahip olduğu biyolojik aktivitelerin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkilerinden yararlanılabilmesi için insan beslenmesinde tüketiminin artırılması gereken önemli bir arı ürünüdür. (Demir Özer, 2020).

Propolisin, farmasötik ve gıda endüstrilerinde doğal bir antioksidan ve antimikrobiyal ajan olarak potansiyel uygulamaları umut verici görünmektedir (Taşdemir ve Gölge, 2024). Propolis kullanımı; sentetik gıda katkı maddeleri

yerine doğal antioksidan ve antimikrobiyal bileşiklerin tercih edilmesine yönelik tüketici talebini de karşılamaktadır. Bu sayede, propolisin doğal bir gıda katkı maddesi olarak gıda ürünlerine ilave edilerek ürün kalitesinin iyileştirilmesi, son yıllarda ilgi çeken bir araştırma konusu haline gelmiştir (Demir Özer, 2020).

3.1. Propolisin Antimikrobiyal Özelliği

Propolisin mikroorganizmalara karşı etkinliği, bu maddenin temel özelliklerinden biridir (Bellik ve Boukraâ, 2012). Propolisin güçlü bir antimikrobiyal etkisi vardır ve mikroorganizma büyümesini sınırlar (Özdemir vd., 2010). Propolisin antimikrobiyal etkinliği, iki düzeyde incelenmelidir. İlk düzey, propolisin doğrudan mikroorganizma üzerindeki etkisini ifade ederken; ikinci düzey ise, bağışıklık sisteminin uyarılması ve bunun sonucunda organizmanın doğal savunma mekanizmalarının aktive edilmesiyle ilişkilidir (Ćelan vd., 2022). Propolisin bakteriler üzerinde etkili olduğu mekanizmalar, Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Propolisin bakterilere karşı etki mekanizmaları (Przybyłek ve Karpiński, 2019 kaynağındaki bilgiler ışığında oluşturulmuştur).

Flavonoidler ve fenolik asitler, güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip bileşiklerdir (González-Montiel vd., 2022). Ilıman bölgelerden elde edilen propolislerde bulunan flavonoidler ve fenolik bileşikler, güçlü antibakteriyel ve antifungal aktivitelerle ilişkilendirilmiştir (Albanese vd., 2025). Propoliste

bulunan flavonoidlerin (özellikle pinosembren), bakteri ve mantarlar üzerindeki inhibitör etkilerinden sorumlu olduğu kabul edilmektedir (Farnesi vd., 2009).

Yapılan bir çalışmada; Doğu Cezayir'den elde edilen iki propolis örneğinin antimikrobiyal ve fenolik içerikleri incelenmiştir. Bulgulara göre propolisin Gram pozitif bakterilere (*S. aureus*, *S. agalactiae*) ve mantarlara (*A. niger*, *C. famata*) karşı etkili olduğu; Gram negatif bakterilerin ise, propolise karşı dirençli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca spektrofotometri, TLC ve HPLC analizleri neticesinde propolislerde; flavon, flavanon ve flavonol gruplarından dört polifenolün (gallik asit, kafeik asit, kuersetin ve kateşin) bulunduğunu tespit edilmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar, propolisin; doğal, biyolojik olarak aktif ve terapötik potansiyele sahip değerli bir arı ürünü olduğunu ve standardizasyonunun mümkün olduğunu ifade etmişlerdir (Bouzahouane vd., 2021).

Bir diğer çalışmada; beş farklı etanolik propolis ekstraktının antimikrobiyal aktivitesi, beş Gram pozitif, beş Gram negatif bakteri ve bir fungal suşa karşı difüzyon yöntemi ve minimum inhibitör konsantrasyon kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen antimikrobiyal aktivite sonuçlarının, antibiyotiklere dirençli patojenlerle mücadelede propolis gibi doğal bileşiklerin potansiyel terapötik değerini desteklediği ifade edilmiştir (Albanese vd., 2025).

3.2. Propolisin Antioksidan Özelliği

Propolisin bir diğer önemli biyolojik özelliği, antioksidan etkili olmasıdır (Abu-Seida, 2023). Propolis, güçlü antioksidan özelliklere sahip biyoaktif bileşikler bakımından zengin bir yapıya sahiptir (Demir Özer, 2020). Özellikle fenolik bileşikler, serbest radikalleri daha kararlı moleküller oluşturacak şekilde yakalama yetenekleri sayesinde başta antioksidan aktiviteden sorumlu bileşiklerdir (González-Montiel vd., 2022). Propoliste bulunan flavonoidler; serbest radikalleri süpürme, ağır metal iyonlarını ve biyolojik polimerleri bağlama kapasitesine sahip potansiyel antioksidan bileşiklerdir (Demir Özer, 2020).

Yapılan bir çalışmada; yeşil ekstraksiyon yöntemiyle (green extraction methodology) elde edilen sulu propolis ekstraktının, yüksek fenolik içerik (başlıca ferulik, vanilik ve p-kumarik asit ile mirisetin) ve belirgin antioksidan/antiradikal aktivite gösterdiği belirlenmiştir (Silva vd., 2024).

Başka bir çalışmada; Polonya'nın altı farklı kentinde (Legionowo, Torun, Kraków, Varşova, Katowice ve Łódź) bulunan arılıklardan (apiary) elde edilen propolis örneklerinin kimyasal bileşimi ve antioksidan aktiviteleri karşılaştırılmıştır. Bu bağlamda kimyasal bileşim, sıvı kromatografi (HPLC-DAD) yöntemiyle; antioksidan aktivite ise, serbest radikal giderim testleri (ABTS ve DPPH) ile FRAP yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre propolis ekstraktlarında 24 fenolik bileşik belirlenmiş olup örnekler arasında bileşen içerikleri bakımından farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra sinnamik asit ve türevlerinin baskın olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte test edilen ekstraktların yüksek antioksidan aktiviteye sahip oldukları araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Özetle; kentsel propolisin yüksek düzeyde biyoaktif bileşenler içerdiği ve antioksidan aktivitesini belirleyen uygun bir fenolik profile sahip olduğu araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Pobiega vd., 2023).

Bir diğer araştırmada, farklı propolis konsantrasyonları ve su/etanol oranları kullanılarak elde edilen etanolik özütlerin kimyasal bileşimi ve antioksidan özellikleri incelenmiştir. Antioksidan aktivite, DPPH• (serbest radikal 1,1-difenil-2-pikril-hidrazil) ve FRAP (ferrik indirgeme gücü) yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Ayrıca toplam fenolik ve flavonoid içerikleri belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre propolis ekstraktlarının antioksidan kapasitesinin, propolis konsantrasyonu ve ekstraksiyonda kullanılan su/etanol oranına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, FRAP değerlerinin flavonoid içeriğiyle zayıf bir ilişki gösterdiği araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Cottica vd., 2011).

Başka bir çalışmada ise, Sullia (Dhakshina Kannada, Karnataka) propolisinin, su ile ekstrakte edildiğinde fenoliklere kıyasla yüksek flavonoid içeriği gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca örneklerin; *S. aureus*, *C. albicans*, *S. mutans* ve *A. actinomycescomitans* üzerinde 10 mm ila 25 mm arası inhibisyon zonları oluşturduğu gözlemlenmiştir. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlara göre araştırmacılar; propolisin potansiyel bir doğal antioksidan ve dental enfeksiyonlar için umut verici bir antimikrobiyal ajan olduğunu ortaya koymuşlardır (Sowmya vd., 2019).

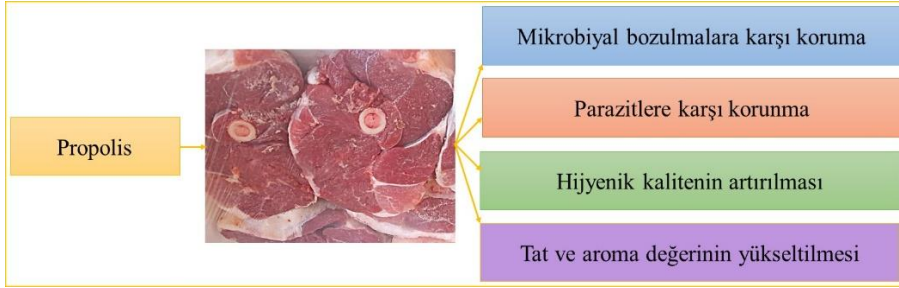
3.3. Propolisin Uygulandığı Gıdalar

Zengin kimyasal bileşimi ve değerli özellikleri sayesinde propolis, yüksek antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteye sahip doğal ve güvenli bir koruyucu olarak gıda endüstrisinde kullanım için büyük potansiyel sunmakta, ayrıca gıdaların besin değerini artırma aracı olarak değerlendirilebilmektedir (Tumbarski vd., 2022). Bir bileşen olarak gıda formülasyonuna dahil edilebileceği gibi gıda yüzeyine de uygulanabilmektedir (Demir Özer, 2020). Bununla birlikte propolisin bozulmaya neden olan mikroorganizmalar ve gıda kaynaklı patojenlere karşı geniş antimikrobiyal spektrumu; et, balık ve kanatlı ürünleri, yumurta, süt ve süt ürünleri, kolay bozunabilir meyveler, sebzeler, meyve suları ve diğer içeceklerin biyokorunmasına yönelik gıda endüstrisinde geniş bir uygulama potansiyeli sunmaktadır (Tumbarski vd., 2022). Propolisin et, süt ürünleri ve içecekler gibi gıda matrislerine dahil edilmesi; sentetik katkı maddelerine sürdürülebilir bir alternatif sunarken, ürünlerin besinsel ve terapötik değerini de artırmaktadır (Pelaez-Acero vd., 2025).

Bozulmaya neden olan mikroorganizmaların ve gıda kaynaklı patojenlerin inhibisyonu ve güçlü antioksidan özellikleri sayesinde lipit oksidasyon süreçlerinin azaltılması yoluyla propolis; gıdalarda istenmeyen fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal değişimleri önleyerek bitkisel ve hayvansal kökenli gıda ürünlerinin kalitesini korumakta ve raf ömrünü uzatmaktadır (Tumbarski vd., 2022).

Antimikrobiyal ve antioksidan ajan olarak propolis, et ürünlerinin biyokorunmasında geniş bir uygulama potansiyeline sahiptir. Bilindiği üzere et ve et ürünleri, insan beslenmesi açısından yüksek kaliteli proteinlerin ve yağların başlıca kaynaklarını oluşturmaktadır. Bununla birlikte bu ürünler, mikrobiyal gelişime son derece duyarlıdır ve çoğu zaman, gıda bozulmasına neden olan mikroorganizmalar ile gıda kaynaklı patojenler için bir taşıyıcı görevi görür. Mikrobiyal bozulmanın gıda enfeksiyonları ve intoksikasyonları açısından risk oluşturmalarının yanı sıra bazı et ürünleri, lipit oksidasyonuna da yatkındır. Lipit oksidasyonu; fermente et ürünlerinin işlenmesi, dağıtımı ve depolanması sırasında meydana gelerek ürünlerin duyuşsal özelliklerini olumsuz etkileyebilir ve bu ürünleri, tüketim için uygunsuz hale getirebilir (Tumbarski vd., 2022). Bu parametreler göz önünde bulundurulduğunda

propolis, et ürünlerine tatbik edilebilmektedir (Segueni vd., 2023). Propolisin et üzerindeki biyolojik etkileri, Şekil 5’te gösterilmektedir.



Şekil 5. Propolisin et üzerindeki etkileri (Segueni vd., 2023 kaynağındaki bilgilerden esinlenerek oluşturulmuştur).

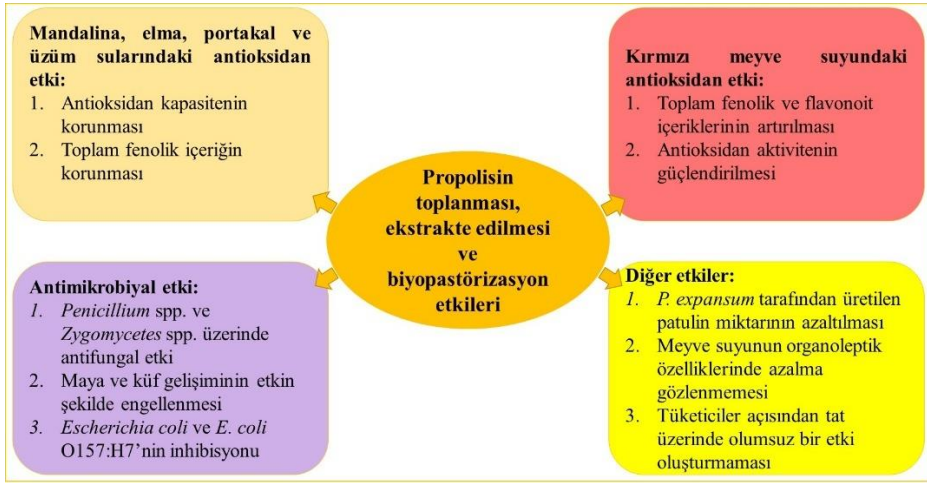
Bu kapsamda yapılan bir çalışmada; propolisin oksidatif reaksiyonları inhibe ettiği ve doğal bir antioksidan olarak et ürünlerine ilave edilebileceği belirtilmiştir (Kunrath vd., 2017). Benzer bir başka çalışmada ise; %0,6 etanolik propolis ekstresinin taze doğu sucuğunun (fresh oriental sausage) raf ömrü ve kalite kriterleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, 5°C’de depolanan örneklerde duyuusal, kimyasal ve mikrobiyolojik parametreler incelenmiştir. Kontrol grubunun, 12. günde; propolis uygulanan grubun ise, 21. günde bozulduğu belirlenmiştir. Tiyobarbitürik asit ve toplam uçucu bazik azot değerleri, her iki grupta da artış göstermiş olmakla birlikte; propolis uygulanan örneklerde bu artış, anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur. Mikrobiyal yük, kontrol grubunda depolama süresince hızla artarken; propolis ilaveli örneklerde kabul edilebilir düzeyler, daha uzun süre korunmuştur. Elde edilen bulgular ışığında, propolisin taze doğu sucuğu üretiminde etkili bir doğal koruyucu olarak kullanılabileceği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Ali vd., 2010).

Bu ürünlere ilaveten propolis, fungal patojenlerin kontrolü ve çeşitli meyvelerin biyokorunması için doğal bir ürün olarak değerlendirmektedir. Bilindiği üzere, meyve ve sebzelerin raf ömrü ile ilişkili en önemli sorunlardan biri, fungal bozulmadır. Hasat sonrası meyve ve sebzelerdeki çürümenin en yaygın nedenleri; *Botrytis cinerea*, *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. ve *Mucor* sp. gibi fungal türlerdir. Fungal büyüme, meyve kalitesinin bozulmasına ve ticari olarak kabul edilebilir görünümün kaybına yol açmakta ve tüketici sağlığı açısından risk oluşturmaktadır (Tumbariski vd., 2022).

Yapılan bir çalışmada; greyfurtun raf ömrü üzerinde etanolik propolis ekstraktının etkisi araştırılmıştır. Hasattan hemen sonra meyveler; %1, %5 ve %10 etanolik propolis ekstraktı ile muamele edilerek 8°C’de ve %90 bağıl nemde 6 ay depolanmıştır. Depolama süresince fungal çürüme, fizyolojik bozukluklar ve bazı kalite parametreleri, araştırmacılar tarafından gözlemlenmiştir. %5 etanolik propolis ekstraktı uygulamasının, fungal çürümenin önlenmesinde etkili olduğu ve ağırlık kaybını kontrol grubuna kıyasla azalttığı tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre %5 etanolik propolis ekstraktı ile muamele edilen greyfurtların, 8°C’de 5 aya kadar güvenle depolanabileceği araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Özdemir vd., 2010).

Bunlara ilaveten bir diğer ürün grubu, meyve suyu çeşitleridir. Bilindiği üzere pastörizasyon, meyve sularının muhafaza süresini ve stabilitesini artırmak amacıyla gıda endüstrisinde en yaygın olarak uygulanan yöntemlerden biridir. Pastörizasyonun en önemli avantajı, meyve sularının depolama süresini uzatmasıdır. Ancak, pastörizasyonda uygulanan termal proses nedeniyle meyve sularında bulunan likopen gibi bazı fonksiyonel bileşiklerin bozunması, hızlanabilmektedir (Segueni vd., 2023). Bu parametreler göz önünde bulundurulduğunda, propolisin, meyve sularında kullanımına dair çalışmalar bulunmaktadır. Bu kapsamda yapılan bir çalışmada; meyve sularında biyokoruyucu olarak propolis kullanım potansiyeli değerlendirilmiştir. Farklı pastörizasyon yöntemleri dikkate alınarak yapılan istatistiksel analizler sonucunda, birinci dereceden kinetik modele göre propolisin bakteriyel gelişimi en yüksek düzeyde inhibe ettiği ve antioksidan kapasitenin korunmasında en düşük bozunma hızını sağladığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, faktör analizi sonuçlarına göre bu etkinin, temel olarak fenolik bileşiklerden; kısmen ise, flavonoidlerden kaynaklandığı ortaya konmuştur. Ayrıca, propolisin Gram pozitif bakterilere karşı daha güçlü antibakteriyel etki gösterdiği ve antioksidan ile antibakteriyel aktiviteleri arasında zayıf bir korelasyon bulunduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Chang vd., 2021).

Genel olarak propolisin meyve suyu çeşitleri üzerindeki biyolojik etkileri, Şekil 6’da gösterilmektedir (Segueni vd., 2023).



Şekil 6. Propolisin meyve suyu çeşitleri üzerindeki etkileri (Segueni vd., 2023 kaynağındaki bilgilerden esinlenerek oluşturulmuştur).

Propolisin meyve suyu üzerindeki etkisine dair yapılan bir diğer çalışmada; Türk propolisinin (Turkish propolis) etanol ekstraktları elma, portakal, beyaz üzüm ve mandalina sularında bozulmuş meyve sularından izole edilen *Penicillium* spp. ve *Zygomycetes* spp. küflerine karşı antifungal etkisi incelenmiştir. Minimum inhibisyon konsantrasyonu analizlerinden elde edilen sonuçlara göre propolisin, tüm test edilen küflerin büyümesini 0,01–0,375 mg/ml konsantrasyon aralığında engellediği ve sodyum benzoata kıyasla daha yüksek etkinlik gösterdiği ortaya konmuştur. Bununla birlikte, elde edilen bulgulara göre propolisin, küf bozulmasına duyarlı gıdalar için doğal ve etkili bir koruyucu olarak potansiyel taşıdığı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Silici vd., 2005).

Benzer bir diğer araştırmada, Türk propolisinin etanol ekstraktlarının; elma, portakal, beyaz üzüm ve mandalina sularındaki bozulmuş meyve mayalarına (*Candida* spp. ve *Pichia ohmeri*) karşı antifungal etkisi incelenmiştir. Minimum inhibisyon konsantrasyonu analizlerinin sonuçlarına göre propolisin 0,01–0,375 mg/mL konsantrasyon aralığında tüm test mayalarının büyümesini engellediği ve sodyum benzoata kıyasla daha yüksek etkinlik gösterdiği ortaya konmuştur. Elde edilen bulgulara göre propolisin küf ve maya bozulmasına duyarlı gıdalar için etkili bir doğal koruyucu potansiyeli taşıdığı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Koc vd., 2007).

Propolis ekstraktları, yapraklı sebzelerin dezenfeksiyonunda da alternatif olarak kullanılmaktadır (Tumbarski vd., 2022). Yapılan bir çalışmada; propolisin tüketime hazır ve taze bütün baş marullarda (*Lactuca sativa* L.) mikrobiyal yükü azaltmadaki etkinliği araştırılmıştır. Dezenfeksiyon için sodyum hipoklorit ve propolis çözeltileri, 15 ve 30 dakika uygulanmış ve musluk suyu, kontrol olarak kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre aerobik mezofilikler, psikotrofikler ve fekal koliformlar üzerinde sodyum hipokloridin ve propolisin benzer azalma modeli gösterdiği gözlemlenmiştir. Nitekim, propolisin mikroorganizma sayısı üzerinde, sodyum hipoklorite kıyasla hafifçe daha fazla azaltıcı etki sergilediği belirlenmiştir. Bu bağlamda, propolis uygulaması neticesinde, aerob mezofilik ve psikrotrofik sayılarda 2–3 log düzeyinde azalmalar elde edilmiştir. Çalışma neticesinde elde edilen bulgular ışığında; propolisin diğer sebzelerin dezenfeksiyonunda ve gıda koruma teknolojilerinin geliştirilmesinde potansiyel bir doğal ürün olarak kullanılabileceği yorumu yapılmıştır (Feás vd., 2014).

Verilen örneklere ilaveten propolisin kullanıldığı gıda grupları ve kullanım amaçları, genel olarak Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Propolisin gıda ürünlerindeki uygulamaları (Demir Özer, 2020 kaynağında bulunan Tablo 2’deki bilgilerden esinlenerek oluşturulmuştur).

Gıda ürünleri	Propolisin uygulanma şekli ve sonuçlar	Kaynaklar
Balık burgerleri	Püskürterek kurutma prosesi kullanılarak mikroenkapsüle propolis eldesi, fenolik bileşik içeriğinin ve antioksidan aktivitenin iyileştirilmesi	Spinelli vd., 2015
Balık filetosu	Propolisin sulu ekstraktı, balığın raf ömründe anlamlı düzeyde bir uzama	Duman ve Ozpolat, 2015
Sığır köftesi (beef patties)	Propolis ekstraktı (etanol), depolama süresince lipit oksidasyon stabilitesinin iyileştirilmesi, mezofilik ve psikotrofik bakterilerin inhibisyonu	Vargas-Sánchez vd., 2014
Sosis	Etanol bazlı propolis ekstraktı ve bazı patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivite	Gutiérrez-Cortés ve Suarez Mahecha, 2014

Süt	Propolisin etanolik ekstraktı, <i>Listeria monocytogenes</i> 'in inhibisyonu	Thamnopoulos vd., 2018
Dondurma	Propolisin etanolik ekstraktı, metisiline dirençli <i>Staphylococcus aureus</i> 'un (MRSA) inhibisyonu	El-Bassiony vd., 2012
Portakal suyu	Propolis (alkolsüz), bakteri büyümesinin ve L-askorbik asit degradasyonunun anlamlı biçimde inhibisyonu	Yang vd., 2017
Bıldırcın yumurtası	Propolisin etanolik ekstraktı, propolis ile kaplanan yumurta kabuklarının iç kalite parametrelerini koruduğu ve depolama sırasında kalite kaybını azalttığı belirlenmiştir	Akpınar vd., 2015
Zeytinyağı	Propolisin metanolik ekstraktı, antioksidan aktivite; %0,06–%0,08 konsantrasyonlarındaki propolis ekstraktlarının, BHA ve BHT'ye kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği, antioksidan aktivitenin konsantrasyonla arttığı ve propolisin, doğal antioksidanlar için potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır	Ozcan, 2000

3.4. Propolisin Gıdalarda Uygulanmasını Kısıtlayan Faktörler ve Bununla İlgili Yapılan Çalışmalar

Yukarıda örneklerden de görüleceği üzere propolis, birçok gıda grubunda kullanılmaktadır (Taşdemir ve Gölge, 2024). Propolis, çeşitli gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatma ve kalitesini iyileştirme konusunda yüksek potansiyele sahiptir. Bu arı ürünü, gıdaların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelebilecek olumsuz değişimleri önleyerek kaliteyi koruyabilmektedir (El-Sakhawy vd., 2024). Nitekim, gıdalarda kullanım olanağı bulsa da, güçlü tat ve aroması ile sınırlı suda çözünürlüğü nedeniyle propolisin gıdalarda kullanımı kısıtlıdır (Taşdemir ve Gölge, 2024). Özellikle bileşimindeki fenolik asitler ve diğer uçucu bileşikler, gıdanın duyuşal

özelliklerini belirgin şekilde değiştirebilecek kadar güçlü ve uyumsuz bir tat ile kokuya sahiptir. Bu durum, propolisin gıda ürünlerinde kullanımını halen sınırlayan temel faktörlerden biridir (Demir Özer, 2020). Benzer şekilde, propolisin gıda katkı maddesi olarak da kullanım alanları; düşük oral biyoyararlanımı, acı tadı ve keskin aromasından dolayı sınırlıdır (El-Sakhawy vd., 2024). Özellikle gıda koruyucusu olarak kullanımında başlıca sınırlama, propolisin karakteristik kokusudur (Milek vd., 2025).

Bu bağlamda yapılan bir çalışmada; propolisin karakteristik güçlü kokusunun üstesinden gelmek için bitkisel uçucu bileşenler eklenerek ekstraksiyon yapılmıştır. Elde edilen sıvı veya toz formdaki propolis-bitki preparatlarının, antioksidan ve aromatik özelliklerini korurken; antibakteriyel aktivitelerinin ise, değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Yine de araştırmacılar tarafından yapılan ön çalışmalar, bu preparatların tavuk göğsü ve taze elma suyu gibi ürünlerin korunmasında kullanılabileceğini göstermiştir. Propolis ve bitkisel bileşenlerin sinerjistik etkisinin; “gıda ürünlerinde doğal, fonksiyonel ve organoleptik olarak kabul edilebilir koruyucular geliştirmek için umut verici bir yöntem olduğu” yorumu yapılmıştır. Ancak endüstriyel uygulamalar için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu ifade edilmiştir (Milek vd., 2025).

Başka bir çalışmada ise, etanolik propolis ekstraktı, sprey (püskürterek) kurutma yöntemi ile mikroenkapsüle edilerek %0,5–%2 oranında çalkanlanmış yoğurt üretimine (stirred-style yoghurt manufacturing) dahil edilmiştir. 21 günlük depolama süresince pH, toplam fenolik içerik ve antioksidan aktivitede azalma gözlenirken; mikroenkapsüle propolis özütü konsantrasyonunun artışı sinerezis, titrasyon asiditesi, fenolik içerik ve antioksidan aktiviteyi artırmıştır. %2 mikroenkapsüle propolis ekstraktı içeren örnekler, duyuusal açıdan daha az tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre araştırmacılar; mikroenkapsüle propolisin gıda ürünlerinde potansiyel bir katkı maddesi olabileceği ve uygun aroma verici/renglendirici uygulamaları ile duyuusal dezavantajlarının azaltılabileceği kanaatine varmışlardır (Taşdemir ve Gölge, 2024).

3.4.1. Püskürterek kurutma ve enkapsülasyon yöntemlerine kısa bir bakış açısı

Püskürterek kurutma (sprey drying), güçlü tat ve aromayı azaltabilecek umut verici bir teknik olarak sunulmuştur. İlaç ve gıda endüstrileri, bu yöntemi ürünleri çevresel etkenlerden korumak, raf ömrünü uzatmak ve istenmeyen tatları maskelemek amacıyla kullanmaktadır. Propolisin etkili şekilde enkapsüle edilmesi veya kapsüllenmesi (encapsulation) ve antioksidan aktiviteye sahip doğal bir gıda bileşeni elde edilmesi amacıyla sprey kurutma yöntemi kullanılmaktadır (El-Sakhawy vd., 2024). Propolis özütlerinin enkapsülasyonu, içerdiği biyoaktif bileşiklerin kararlılığı ve biyoyararlanımı ile ilişkili sınırlamaların giderilmesine yönelik umut verici bir strateji olarak ortaya çıkmıştır (Pelaez-Acero vd., 2025). Bu teknolojiye, biyoaktif maddelerin çevresel duyarlılığı ve düşük çözünürlüğü gibi sınırlamaları aşabilmektedir (El-Sakhawy vd., 2024). Bu yöntem ile fenolik asitler ve flavonoidler gibi hassas moleküllerin ışık, oksijen, sıcaklık ve pH gibi çevresel faktörlerin neden olduğu bozunmadan etkin biçimde korunması sağlanabilmektedir. Ayrıca, enkapsülasyon süreci, çözünürlüğü ve emilimi artırarak biyoaktif bileşenlerin biyoyararlanımını ve biyolojik etkinliğini geliştirmektedir (Pelaez-Acero vd., 2025). Bununla birlikte enkapsülasyon teknolojileri, aktif bileşenlerin polimer zincirleri içerisine kontrollü biçimde yerleştirilmesine olanak tanıyarak etkin maddelerin sürekli ve kontrollü salınımını desteklemektedir (El-Sakhawy vd., 2024; Pelaez-Acero vd., 2025). Bu sayede, propolisin fonksiyonel etkilerinin süresini uzatmakta, keskin tat ve kokusunu maskeleyerek farklı gıda matrislerine entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır (Pelaez-Acero vd., 2025).

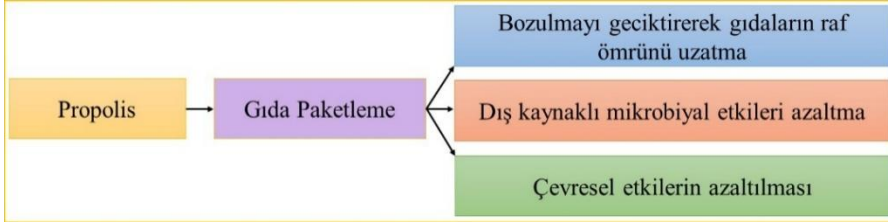
Propolis üzerine yapılan bilimsel çalışmalar, bunlarla sınırlı kalmamaktadır. Yürütülen bir diğer araştırmada; propolisin etanolik ekstraktı, tost ekmekleri üzerinde denenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre etanolik propolis ekstraktının depolama süresi boyunca tost ekmeğinde küf gelişimini inhibe ettiği ve ürünün antioksidan özelliklerini iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, ekmek örneklerinin genel duyuşal kabul edilebilirliğinin uygun düzeyde olduğu belirlenmiştir. Etanolik propolis ekstraktının fonksiyonunun doz bağımlı olduğu ve tost ekmeğinde kullanılabilecek uygun konsantrasyonun %0,5 olduğu ifade edilmiştir. Bu bağlamda, etanolik propolis ekstraktının antimikrobiyal ve antioksidan fonksiyonlara sahip değerli bir doğal katkı maddesi olarak tost ekmeğinde kullanılabileceği ifade edilmiştir. Ancak,

araştırmacılar tarafından propolis ekstraktının ekmekteki kimyasal koruyucuların yerine kullanılabilmesi amacıyla daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulduğu yorumu yapılmıştır (Hosseini Khabbazi vd., 2023).

Bir diğer bir çalışmada; antioksidan olarak propolisin et ürünlerine ilave edilebileceği, ancak ürünlerin aroması üzerinde olası etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla duyu analizlerin yapılması gerektiği vurgulanmıştır (Kunrath vd., 2017).

3.4.2. Ambalajlama üzerine yapılan çalışmalar

Propolisin acı tatı ve keskin aromasından dolayı, propolis ekstraktlarının ürün yüzeyinde veya propolis içeren yenilebilir filmler şeklinde kullanımı giderek daha fazla ilgi görmektedir (El-Sakhawy vd., 2024). Gıda biyopaketleme materyallerinin bileşimine propolis gibi doğal antimikrobiyal ve antioksidan ajanların dahil edilmesi, gıda bozulmalarının önlenmesi ve çeşitli gıda ürünlerinin raf ömrünün uzatılması için umut vadeden alternatif bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Tumbarski vd., 2022). Propolisin gıda ambalajlanmasında sergilemiş olduğu yararlar, Şekil 7’de gösterilmektedir.



Şekil 7. Propolisin gıda ambalajlamadaki faydaları (Segueni vd., 2023 kaynağındaki bilgilerden esinlenerek oluşturulmuştur).

Gıda biyopaketleme materyallerinin temel işlevi, bünyesinde bulunan biyoaktif bileşiği gıda matriksine kontrollü ve yavaş bir şekilde salarak mikrobiyal gelişimi engellemektir (Tumbarski vd., 2022). Bu bağlamda yapılan bir çalışmada; kitosan–propolis kompleksini içeren selüloz esaslı ambalaj materyallerinin gıda ambalajlama alanında kullanılabilirliği ortaya konmuştur. Kitosan, propolis ve mikrofibrillenmiş selüloz kombinasyonunun; kağıt yapısında aktif polifenollerin korunmasını ve nemli gıdalarla temas sırasında kontrollü salınım yoluyla antimikrobiyal etkinliğini sürdürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca, in vivo testler neticesinde, *L. innocua* ile inoküle edilen et örneklerinde,

yaklaşık 1 log düzeyinde mikrobiyal azalma olduğu tespit edilmiştir (Rollini vd., 2017).

Bir diğer bilimsel çalışma, kaşar peyniri (kashkaval cheese) üzerinde yapılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre %1 karboksimetil selüloz bazlı ve %1 etanolik propolis ekstraktı ile zenginleştirilmiş yenilebilir film uygulamalarının kaşar peynirinde küf gelişimini inhibe ettiği veya geciktirerek ürünün güvenliğini ve raf ömrünü artırmaya yönelik etkili bir biyokoruma yaklaşımı olabileceği ifade edilmiştir (Tumbariski vd., 2021).

Başka bir çalışmada ise, pirinç nişastası/karboksimetil kitosan esaslı ve propolis ekstraktı içeren aktif filmler geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında, propolis ekstraktı ilavesinin, filmlerin antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerini artırdığı belirlenmiştir. Özellikle %5-%10 oranındaki propolis ekstraktının, *S. aureus* ve *B. cereus*'a karşı etkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca, propolis ekstraktı içeriğindeki artışın, filmlerin termal kararlılığını ve esnekliğini artırdığı; parlaklık ve şişme kapasitesini ise, azalttığı tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucu olarak propolis katkısının pirinç nişastası/karboksimetil kitosan bazlı biyofilmlerin fonksiyonel performansını iyileştirdiği, araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Suriyatem vd., 2018).

Bir diğer çalışmada; kafein ve propolis ekstresi ile zenginleştirilen kitosan çözeltilerinin ve filmlerinin, güçlü antioksidan ve antimikrobiyal özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, propolis ve kafein katkısının kitosan bazlı filmleri, fonksiyonel ve aktif gıda ambalajı uygulamaları için uygun hale getirdiği, araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Stefanowska vd., 2023).

Başka bir çalışmada; polifenolce zengin propolis ekstresi içeren kitosan filmler geliştirilmiş ve karakterize edilmiştir. Propolis ekstraktının ilave edilmesinin; filmlerin çekme dayanımını, kopma uzamasını, toplam fenolik içeriğini ve antioksidan aktivitesini artırdığı; su buharı ve oksijen geçirgenliğini ise, azalttığı tespit edilmiştir. Agar difüzyon testi neticesinde, propolis ekstraktı içeren filmlerin; *S. aureus*, *S. enteritidis*, *E. coli* ve *P. aeruginosa* üzerinde inhibe edici etki gösterdiği ortaya konmuştur. Bununla birlikte FTIR analizlerinin, kitosan ile propolis polifenoller arasında etkileşimlerin oluştuğunu gözler önüne sermiştir. Sonuç olarak propolis ekstraktı katkısının kitosan filmlerin fonksiyonel ve antimikrobiyal özelliklerini geliştirdiği ve bu

filmlerin aktif gıda ambalajı olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Siripatrawan ve Vitchayakitti, 2016).

Bunlara ilaveten, propolisin polisakkarit bazlı filmlere eklenmesi, bu filmlerin su buharı bariyerini ve antifungal özelliklerini artırmaktadır. Biyobozunur bir ambalaj malzemesi olarak propolis, özellikle minimal işlenmiş meyve ve sebzelerin kalitesinin korunmasına katkı sağlamaktadır (El-Sakhawy vd., 2024). Kolay bozunabilir meyvelerin biyokorunmasında en yaygın alternatif yaklaşımlardan biri, meyve yüzeyine uygulanan yenilebilir kaplamalardır. Bu kaplamalar, polisakkaritler, proteinler, lipitler veya reçineler gibi biyobozunur materyallerden oluşan ince tabakalardır. Temel işlevleri, uygulandıkları meyveleri mekanik hasarlardan ve fiziksel, kimyasal ile mikrobiyolojik etkilere karşı koruyarak raf ömrünü uzatmak ve üretimdeki ekonomik kayıpları azaltmaktır. Yenilebilir kaplamaların içerisine propolis eklenmesiyle, mikrobiyal bozulmanın inhibisyonu sağlanabilir ve meyvelerin raf ömrü ile besin değeri artırılabilir (Tumbarski vd., 2022).

Bu kapsamda yapılan bir çalışmada; hidrokispropilmetilselüloz bazlı ve etanolik propolis ekstraktı içeren yenilebilir kaplamalar, üzümün kalite ve raf ömrünü artırmak amacıyla uygulanmıştır. Soğuk depolama sırasında kaplamaların, ağırlık kayıplarını yavaşlattığı ve oksijen tüketimini kontrol ettiği gözlemlenmiştir. Onuncu günde kaplanmış örneklerin, kaplanmamış örneklere kıyasla daha iyi mikrobiyal güvenlik sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca çözünür katı madde ve fenol içeriklerinde değişimlerin, kaplamalardan etkilenmediği tespit edilmiştir (Pastor vd., 2011).

3.4.3. Diğer çalışmalar

Propolis, uçucu yağ ile kombine edilebilmektedir (El-Sakhawy vd., 2024). Bilindiği üzere uçucu yağlar, etkili kokuya sahip, uçucu karakterde, doğal ve kompleks bileşikler olup aromatik bitkiler tarafından sekonder metabolitler olarak sentezlenirler ve doğal biyoaktif bileşiklerin karışımları şeklinde bulunurlar. Birçok alanda kullanım olanağı bulan uçucu yağlar aynı zamanda gıda endüstrisinde farklı amaçlarla (aroma katmak, doğal koruyucu vb.) kullanım potansiyeline sahiptir (Canbey, 2025).

Yapılan bir çalışmada; selüloz nanokristalleri, *Tanacetum balsamita* uçucu yağı ve propolis etanolik ekstraktı ile zenginleştirilmiş polilaktik asit kompozit filmlerin vakumlu pişmiş sosislerin raf ömrü üzerindeki etkisi

incelenmiştir. Selüloz nanokristallerinin, filmlerin mekanik özelliklerini artırdığı; *T. balsamita* uçucu yağı ve propolis etanolik ekstraktı ilavesinin ise, antimikrobiyal etkinliği güçlendirdiği tespit edilmiştir. Polilaktik asit filmlerin *T. balsamita* uçucu yağı içerdiğinde Gram pozitif bakterilere (özellikle *B. cereus*'a) karşı etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, propolis etanolik ekstraktı ve/veya selüloz nanokristalleri içeren filmlerin ise, anlamlı düzeyde antibakteriyel etki göstermediği belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre *T. balsamita* uçucu yağı ve propolis etanolik ekstraktı içeren polilaktik asit filmlerin antimikrobiyal gıda ambalajı geliştirmede potansiyel bir platform olduğu ortaya konmuştur (Khodayari vd., 2018).

Bir diğer çalışmada ise, *Thymus vulgaris* uçucu yağı ve propolis etanolik ekstraktı ile zenginleştirilmiş mısır nişastası bazlı filmlerin antimikrobiyal ve mekanik özelliklerini incelemiştir. *T. vulgaris* uçucu yağı ve propolis etanolik ekstraktı eklenmesiyle kopma uzamasının arttığı; çekme dayanımı ve modülünün ise, azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca su çözünürlüğünde ve şişme oranında düşmelerin olduğu; buna karşın, su buharı geçirgenliğinde ise, herhangi bir etkilenmenin olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, *T. vulgaris* uçucu yağı ve propolis etanolik ekstraktı kombinasyonunun, *E. coli* ve *L. monocytogenes* üzerinde sinerjik antimikrobiyal etki gösterdiği bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre araştırmacılar, filmlerin gıda ambalajı uygulamaları için uygun olduklarına kanaat getirmişlerdir (Ardjoum vd., 2023).

Propolis mumları ayrıca lipit nanoparçacıkların formülasyonunda yenilikçi bir bileşen olarak değerlendirilebilmektedir (El-Sakhawy vd., 2024). Bu bağlamda yapılan bir çalışmada; β -sitosterol içeren fonksiyonel nano-yapılı lipit taşıyıcıların hazırlanması ve karakterizasyonu incelenmiştir. Çalışma kapsamında, fonksiyonel nano-yapılı lipit taşıyıcılar, propolis mumu, gliseril behenat ve nar çekirdeği yağı kullanılarak sıcak eriyik, emülsifikasyon yöntemiyle üretilmiştir. Formülasyon optimizasyonu, yanıt yüzey metodolojisi (response surface methodology) ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre düşük sıvı lipit içeriğinin ve yüksek etken madde oranının, partikül boyutunda artışa ve enkapsülasyon veriminde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte katı hal analizleri neticesinde formülasyonlarda kristallenme derecesinin (crystallinity) azaldığı ve β -sitosterolün amorf hale geçtiği bulunmuştur. FTIR (fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) sonuçları, bileşenler arası kimyasal uyumu; TEM (transmisyon elektron

mikroskobu) görüntüleri ise, yaklaşık 100 nm boyutunda küresel partikül oluşumunu ortaya çıkarmış ve bu sistemlerin fonksiyonel gıda uygulamaları için potansiyelli oldukları, araştırmacılar tarafından doğrulanmıştır (Soleimanian vd., 2018).

Sonuç olarak propolisin gıda sistemlerindeki uygulamaları, bu maddenin çok yönlülüğünü ortaya koymaktadır (Pelaez-Acero vd., 2025). Propolis; antifungal, antioksidan ve antibakteriyel özelliklere sahip doğal bir koruyucu maddedir. Bu sayede, doğal bir koruyucu olarak gıdaların muhafazasında kullanılabilme potansiyeline sahiptir (Demir Özer, 2020). Propolis ilavesinin et, süt ürünleri, içecekler, meyveler ve unlu mamuller gibi gıda gruplarının raf ömrünü uzattığı, mikrobiyal gelişimi engellediği, lipid oksidasyonunu önlediği ve besinsel kaliteyi artırdığı gösterilmiştir (Pelaez-Acero vd., 2025).

Bunlara ilaveten propolis, elde edilen materyallerin mekanik dayanımını, oksijen ve nem bariyer özelliklerini, antioksidan kapasitesini ve mikrobiyal direncini artırmaktadır. Bu sayede, propolis esaslı kompozitlerin gelecekte etkili bir gıda ambalaj malzemesi olarak kullanımı umut vericidir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, gıda endüstrisinin propolis temelli kompozitlerin geliştirilmesinden önemli ölçüde yarar sağlayabileceği öngörülmektedir. Bunun yanı sıra propolisin uçucu yağlarla kombine edilebilmesi, özellikle antioksidan ve antimikrobiyal özellikler sergilemesi açısından önemlidir (El-Sakhawy vd., 2024).

Nitekim, propolisin güçlü koku ve aromasının yanı sıra alerjenik etkisi ve kimyasal bileşimindeki değişkenlik, gıdalarda kullanımını sınırlayan önemli faktörlerdir (Demir Özer, 2020). Bu bağlamda; kapsüllenmiş formülasyonlar, propolisin keskin tat ve aromasından kaynaklanan duyuusal zorlukları azaltarak, nitritler gibi sentetik koruyuculara uygulanabilir bir alternatif oluşturmuştur. Bu bulgular, propolisin hem fonksiyonel bir gıda bileşeni hem de gıda güvenliği ve sürdürülebilirliğine katkı sağlayan bir unsur olarak ikili rolünü vurgulamaktadır (Pelaez-Acero vd., 2025).

Bunlara ilaveten, propolisin kimyasal bileşimi ve kullanım dozu, gıda korumada dikkate alınması gereken kritik parametrelerdir. Dolayısıyla, propolisin gıda koruma ve besinsel zenginleştirme amacıyla kullanımına ilişkin, insanların günlük olarak güvenle alabileceği miktarlar göz önünde bulundurularak daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Demir Özer, 2020). Ayrıca ileriye dönük olarak propolisin bileşiminin optimize edilmesi,

standardizasyonunun sağlanması ve biyolojik etkilerini ortaya koyan mekanizmaların daha kapsamlı biçimde araştırılması ve bu bağlamda, hayvan modelleri ve insan klinik çalışmaları da dahil olmak üzere yürütülecek araştırmaların ilerletilmesi, yenilikçi tedavi stratejilerinin geliştirilmesine zemin hazırlayacaktır (Abdelrazeg vd., 2020).

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Propolis; arıların, bitkilerin çeşitli kısımlarından (çiçekler, tomurcuklar, kabuklar vb.) elde ettikleri öz suları, reçineleri ve zambak benzeri salgıları; balmumuyla ve bazı arı kaynaklı enzimatik proteinlerle birleştirilerek oluşturdukları yapışkan nitelikte bir maddedir ve arı tutkalı olarak da anılmaktadır. Propolis, esasen kovanların; dış faktörlerden (rüzgar, soğuk, yağmur vb.), yırtıcılardan, mikroorganizmalardan vb. etmenlerden korunmasında kullanılan doğal bir arı ürünüdür. “Propolis” teriminin kökeni de, bu koruyucu özelliğe atıfta bulunmaktadır.

Geniş spektrumlu bir kimyasal kompozisyona sahip olan propolis; mineralleri, vitaminleri, proteinleri, aminoasitleri, fenolik bileşikler, flavonoidler, terpenler, fenolik asitler, aromatik aldehydler, yağ asitlerini, stilbenler, β -steroidler, uçucu bileşikler ve diğer önemli bileşikler ve besin unsurlarını içermektedir. Zengin kimyasal bileşimi hem biyolojik özellikleri hem de çeşitli alanlarda kullanım potansiyeli açısından propolise önemli nitelikler kazandırır. Özellikle antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri, propolisin gıda endüstrisinde farklı amaçlarla kullanımına olanak tanır. Bu bağlamda yapılan çalışmalar, propolisin doğal bir koruyucu olarak gıdaların muhafazasında kullanılabileceğini ve aynı zamanda, gıdaların muhafaza edildiği ambalajlara farklı şekillerde dahil edilebileceğini kanıtlar niteliktedir.

Bu tip faydalı kullanımlarına rağmen propolisin gıdalara uygulanmasını kısıtlayan bazı faktörler bulunmaktadır. Özellikle propolisin güçlü ve acı tadı ile keskin aroması, propolisin kullanımını kısıtlayan başlıca parametrelerdir. Bunun minimize edilerek gıdalarda daha yaygın şekilde kullanılabilmesi amacıyla propolise bazı teknolojik işlemler uygulanabilmektedir. Bunlar arasında püskürtürerek kurutma ve enkapsülasyon teknolojileri bulunmakta olup bu kapsamda yapılan çalışmalar da, bu metodların avantajlarını gözler önüne sermektedir.

Tüketicilerin sağlığı açısından doğal ürünlerin gıdalarda kullanılması hem gıda endüstrisi hem de tüketici sağlığı açısından çok önemli bir husustur. Bu bağlamda propolis, dikkatleri üzerine çeken bir doğal arı ürünü olarak ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda, ilgili laboratuvar ve klinik çalışmaları yaygınlaştırılmalı ve propolisin işleme ve depolama esnasında farklı gıda bileşenleri ile etkileşimi detaylı bir şekilde incelenmelidir. Bununla birlikte, metabolik yolların haritalarının çıkarılması ve bileşiklerin kararlılıklarının değerlendirilmesi sağlanmalıdır.

Bunlara ilaveten, propolisin biyoaktivitesinden daha iyi şekilde faydalanılabilmesi açısından antimikrobiyal ve antioksidan özellikler sergileyen biyoaktif bileşiklerinin ve besin unsurlarının en az tahribatla elde edilebilmesine yönelik teknolojik işlemler yürütülmeli; mevcut olan ekstraksiyon metotları geliştirilmeli ve bu teknolojilerin birbirleriyle kombine edilerek propolis üzerinde denenmesi sağlanmalıdır. Bununla birlikte, biyolojik olarak yararlanım hususunda, uzun dönemli etkileri ve güvenli olarak kullanımı açısından propolisin canlılar üzerindeki klinik araştırmalarının yaygınlaştırılması sağlanmalıdır. Bunlara ilaveten, endüstriyel ölçekli çalışmaların yaygınlaştırılabilmesi amacıyla yapılacak olan çalışmaların; ekonomik olma, düzenleyicilik ve ölçeklenebilirlik bakımından değerlendirilmesi gerekmektedir.

ÖNEMLİ NOT

Bu çalışmada sunulmuş olan bilgiler, sadece bilgilendirme amaçlı olup tavsiye niteliği taşımamaktadır. Herhangi bir sağlık sorununun teşhis ve tedavisi, mutlaka uzman hekimlerin bilgisi ve kontrolü dahilinde gerçekleştirilmelidir!

TEŞEKKÜR METNİ

Propolis numunelerinin temininde çalışmamın özgünlüğüne ve bilimsel niteliğine önemli katkılarda bulunan arıcı Hasan Hüseyin KAYA'ya teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Abdelrazeg, S., Hussin, H., Salih, M., & Shaharuddin, B. (2020). Propolis Composition and Applications in Medicine and Health. *International Medical Journal*, 25(03), 1505-1542.
- Abu-Seida, A. M. (2023). Potential Benefits of Propolis in Large and Small Animal Practices: A Narrative Review of the Literature. *World's Veterinary Journal*, 13(3), 441-451.
- Akpinar, G. C., Canogullari, S., Baylan, M., Alasahan, S., & Aygun, A. (2015). The Use of Propolis Extract for the Storage of Quail Eggs. *The Journal of Applied Poultry Research*, 4, 427-435.
- Alam, S., Aziz, M. A., Waqar, M., & Rasheed, A. (2024). Chapter – Health Benefits of Honey and Propolis. *In book: Health Benefits of Honey and Propolis*, pp. 1-18.
- Albanese, G., Giurgiu, A. I., Bobis, O., Urcan, A. C., Botezan, S., Bonta, V., Ternar, T. N., Paşca, C., Iorizzo, M., De Cristofaro, A., Caprio, E., & Dezmirean, D. S. (2025). Functional and Antimicrobial Properties of Propolis from Different Areas of Romania. *Applied Sciences*, 15, 1-23.
- Ali, F. H., Kassem, G. M., & Atta-Alla, O. A. (2010). Propolis as a Natural Decontaminant and Antioxidant in Fresh Oriental Sausage. *Veterinaria Italiana*, 46(2), 167-172.
- Anjum, S. I., Ullah, A., Khan, K. A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., Bashir, M. A., Tahir, M., Ansari, M. J., Ghramh, H. A., Adgaba, N., & Dash, C. K. (2019). Composition and Functional Properties of Propolis (Bee Glue): A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26, 1695–1703.
- Ardjoum, N., Chibani, N., Shankar, S., Salmieri, S., Djidjelli, H., & Lacroix, M. (2023). Incorporation of *Thymus vulgaris* Essential Oil and Ethanolic Extract of Propolis Improved the Antibacterial, Barrier and Mechanical Properties of Corn Starch-Based Films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 224, 578-583.
- Bankova, V., Popova, M. P., Bogdanov, S., & Sabatini, A.-G. (2014). Chemical Composition of European Propolis: Expected and Unexpected Results. *Zeitschrift fur Naturforschung C*, 57(5-6), 530-533.
- Bellik, Y. & Boukraâ, L. (2012). Chapter - The Antimicrobial Properties of Propolis. *Beneficial Effects of Propolis on Human Health and Chronic Diseases*, pp. 189-208.
- Bouzahouane, H., Ayari, A., Guehria, I., & Riah, O. (2021). Propolis: Antimicrobial Activity and Chemical Composition Analysis. *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Science*, 10(6), 1-7.

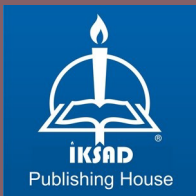
- Canbey, İ. (2025). Lamiaceae Familyasına Ait Üç Önemli Tür Olan Fesleğen, Melisa ve Biberiye Bitkilerinin Uçucu Yağ Bileşenleri, Biyolojik Etkileri ve Kullanım Alanları. *UBAK International Academy of Science Association Publishing House*, Ankara, pp. 1-106. ISBN: 978-625-5923-72-1. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15979305>.
- Ćelan, S., Kesić, A., Mehmedinović, N. I., Crnkić, A., & Šestan, A. (2022). Immunomodulatory Ability of Honey Enriched with Propolis. *European Journal of Food Science and Technology*, 10(1), 1-19.
- Chan, G. C., Cheung, K. W., & Sze, D. M. (2013). The Immunomodulatory and Anticancer Properties of Propolis. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 44(3), 262-273.
- Chang, Z. Q., Leong, W., & Chua, L. S. (2021). Statistical Approach to Reveal Propolis as a Potential Bio Preservative for Fruit Juices. *Future Foods*, 4(1), 100051.
- Cizmárik, J., Hroboňová, K., Lehotay, J., & Spišská, L. (2010). Determination of the Chemical Composition of Propolis VI. HPLC Beterination of Umbelipheron, 4-Methylumbelipheron and Scoparon. *Farmaceutický Obzor*, 79(9), 243-246.
- Coşkun, P. & İnci, H. (2020). Antibacterial, Antiviral, Antioxidant Activity and Chemical Content of Propolis. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 1053–1070. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol4iss4pp1051-1068>.
- Cottica, S. M., Sawaya, A. C. H. F., Eberlin, M. N., Franco, S. L., Zeoula, L. M., & Visentainer, J. V. (2011). Antioxidant Activity and Composition of Propolis Obtained by Different Methods of Extraction. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22(5), 929-935.
- Demir Özer, E. (2020). Propolis and Potential Use in Food Products. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 8(5), 1139-1144.
- Duman, M. & Özpolat, E. (2015). Effects of Water Extract of Propolis on Fresh Shibuta (*Barbus grypus*) Fillets During Chilled Storage. *Food Chemistry*, 189, 80-85.
- El-Bassiony, T. A., Saad, N. M., & El-Zamkan, M. A. (2012). Study on the Antimicrobial Activity of Ethanol Extract of Propolis against Enterotoxigenic Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in Lab Prepared Ice-Cream. *Veterinary World*, 5(3), 155-159.
- El-Sakhawy, M., Salama, A., & Mohamed, S. A. A. (2024). Propolis Applications in Food Industries and Packaging. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14, 13731–13746.
- Farag, M. R., Abdelnour, S. A., Patra, A. K., Dhama, K., Dawood, M. A. O., Elnesr, S. S., & Alagawany, M. (2021). Propolis: Properties and

- Composition, Health Benefits and Applications in Fish Nutrition. *Fish & Shellfish Immunology*, 115, 179-188.
- Farnesi, A. P., Aquino-Ferreira, R., De Jong, D., Bastos, J. K., & Soares, A. E. (2009). Effects of Stingless Bee and Honey Bee Propolis on Four Species of Bacteria. *Genetics and Molecular Research*, 8(2), 635-640.
- Feás, X., Pacheco, L., Iglesias, A., & Estevinho, L. M. (2014). Use of Propolis in the Sanitization of Lettuce. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(7), 12243-12257.
- González-Montiel, L., Figueira, A. C., Medina-Pérez, G., Fernández-Luqueño, F., Aguirre-Álvarez, G., Pérez-Soto, E., Pérez-Ríos, S., & Campos-Montiel, R. G. (2022). Bioactive Compounds, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Propolis Extracts during In Vitro Digestion. *Applied Sciences*, 12, 1-12.
- Gutiérrez-Cortés, C. & Suarez Mahecha, H. (2014). Antimicrobial Activity of Propolis and Its Effect on The Physicochemical And Sensoral Characteristics In Sausages. *Vitae*, 21(2), 90-96.
- Hodges, C. R. L., Delaplane, K. S., & Brosi, B. J. (2018). Textured Hive Interiors Increase Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Propolis–Hoarding Behavior. *Journal of Economic Entomology*, 112(2), 1-5.
- Hosseini Khabbazi, S., Mansouripour, S., & Saremnezhad, S. (2023). The Effect of Propolis Extract as a Valuable Natural Additive on the Quality Characteristics of Toast Bread. *Food Science & Nutrition*, 11, 5438–5445.
- Ibrahim, N., Niza, N., Rodi, M. M. M., Zakaria, A. J., Ismail, Z., & Mohd, K. S. (2016). Chemical and Biological Analyses of Malaysian Stingless Bee Propolis Extracts. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 20(2), 413-422.
- Khodayari, M., Basti, A. A., Khanjari, A., Misaghi, A., Kamkar, A., Shotorbani, P. M., & Hamed, H. (2018). Effect of Poly(Lactic Acid) Films Incorporated with Different Concentrations of Tanacetum balsamita Essential Oil, Propolis Ethanolic Extract and Cellulose Nanocrystals on Shelf Life Extension of Vacuum-Packed Cooked Sausages. *Food Packaging and Shelf Life*, 19(2), 200–209.
- Kiziltas, H. & Erkan, C. (2020). The Effects of Different Beehives on Propolis Production and Quality. *Food Science and Technology*, 41(AHEAD), 1-7.
- Koc, A. N., Silici, S., Mutlu-Sariguzel, F., & Sagdic, O. (2007). Antifungal Activity of Propolis in Four Different Fruit Juices. *Food Technology and Biotechnology*, 45(1), 57–61.

- Kunrath, C. A., Savoldi, D. C., Mileski, J. P. F., Novello, C. R., da Trindade Alfaro, A., Marchi, J. F., & Tonial, I. B. (2017). Application and Evaluation of Propolis, The Natural Antioxidant In Italian-Type Salami. *Brazilian Journal of Food Technology, Campinas*, 20, 1-10.
- Maroof, K., Jin, Y. Y., Ching, S. L., & Gan, S. H. (2023). Chapter 21 - Medicinal Benefits of Propolis. *Honey: Composition and Health Benefits*. <https://doi.org/10.1002/9781119113324.ch21>.
- Martinotti, S., & Ranzato, E. (2015). Propolis: A New Frontier For Wound Healing? *Burns & Trauma*, 3, 1-7.
- Martinotti, S., Bonsignore, G., & Ranzato, E. (2025). Propolis: A Natural Substance with Multifaceted Properties and Activities. *International Journal of Molecular Science*, 26, 1-16.
- Milek, M., Sidor, E., Bonikowski, R., Grabek-Lejko, D., Kowalska, G., Rosicka-Kaczmarek, J., Ciszewicz, E., & Dżugan, M. (2025). An Innovative Method of Obtaining Herbal Propolis Extracts and Application of its Spray-Dried Form as Natural Food Preservatives. *International Journal of Food Science*, 2025, 1-19.
- Ozcan, M. (2000). Use of Propolis Extract as a Natural Antioxidant for Plant Oils. *Grasas Y Aceites*, 51(4), 251-253.
- Özdemir, A. E., Çandır, E. E., Kaplankıran, M., Soylu, E. M., Şahinler, N., & Gül, A. (2010). The Effects of Ethanol-Dissolved Propolis on the Storage of Grapefruit cv. Star Ruby. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34, 155-162.
- Pastor, C., González, L. S., Marcilla, A., Chiralt, A., Cháfer, M., & Gonzalez-Martinez, C. (2011). Quality And Safety of Table Grapes Coated with Hydroxypropylmethylcellulose Edible Coatings Containing Propolis Extract. *Postharvest Biology and Technology*, 60(1), 64-70.
- Pelaez-Acero, A., Cortes-Hernandez, M., Jottar-Bernal, A., Luna-Rodriguez, L., Zepeda-Bastida, A., Morales-Rodriguez, I., & Medina-Perez, G. (2025). Exploring Apis mellifera Propolis Extracts: Bioavailability, Protective Strategies, and Applications In Food Systems. *Applied Sciences*, 15, 1-24.
- Pobiega, K., Kot, A. M., Przybył, J. L., Synowiec, A., & Gniewosz, M. (2023). Comparison of the Chemical Composition and Antioxidant Properties of Propolis from Urban Apiaries. *Molecules*, 28, 1-13.
- Przybyłek, I. & Karpiński, T. M. (2019). Antibacterial Properties of Propolis. *Molecules*, 24(11), 1-17.
- Righi, A. A., Negri, G., & Salatino, A. (2013). Comparative Chemistry of Propolis from Eight Brazilian Localities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1-14.

- Rollini, M., Mascheroni, E., Capretti, G., Coma, V., Musatti, A., & Piergiovanni, L. (2017). Propolis and Chitosan as Antimicrobial and Polyphenols Retainer for The Development of Paper Based Active Packaging Materials. *Food Packaging and Shelf Life*, 14, 1-25.
- Segueni, N., Boutaghane, N., Asma, S. T., Tas, N., Acaroz, U., Arslan-Acaroz, D., Shah, S. R. A., Abdellatieff, H. A., Akkal, S., Peñalver, R., & Nieto, G. (2023). Review on Propolis Applications in Food Preservation and Active Packaging. *Plants*, 12, 1-24.
- Silici, S., Koc, N., Sariguzel, F. M., & Sagdic, O. (2005). Mould Inhibition in Different Fruit Juices Bby Propolis. *Journal of Food Safety and Food Quality-Archiv für Lebensmittelhygiene*, 56(4), 87-90.
- Silva, A. M., Rocha, B., Moreira, M. M., Delerue-Matos, C., das Neves, J., & Rodrigues, F. (2024). Biological Activity and Chemical Composition of Propolis Extracts with Potential Use in Vulvovaginal Candidiasis Management. *International Journal of Molecular Sciences*, 25, 1-14.
- Siripatrawan, U., & Vitchayakitti, W. (2016). Improving Functional Properties of Chitosan Films to Be Used as Active Food Packaging By Incorporation with Propolis. *Food Hydrocolloids*, 61.
- Soleimanian, Y., Goli, S. A. H., Varshosaz, J., & Maestrelli, F. (2018). Propolis Wax Nanostructured Lipid Carrier for Delivery of B Sitosterol: Effect of Formulation Variables on Physicochemical Properties. *Food Chemistry*, 260, 97-105.
- Sorkun, K., Süer, B., & Salih, B. (2014). Determination of Chemical Composition of Turkish Propolis. *Zeitschrift fur Naturforschung C*, 56(7-8), 666-668.
- Sowmya, S., Gujjari, A. K., Kenganora, M., Padmanabhan T. V., Anupama, C., Sushma, R., & Gaekwad, S. S. (2019). Antioxidant and Antimicrobial Activity of Propolis. *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, 8(02), 6808-6810.
- Spinelli, S., Conte, A., Lecce, L., Incoronato, A. L., & Del Nobile, M. A. (2015). Microencapsulated Propolis to Enhance the Antioxidant Properties of Fresh Fish Burgers. *Journal of Food Process Engineering*, 38(6), 527-535.
- Stefanowska, K., Woźniak, M., Majka, J., Sip, A., Mrówczyńska, L., Kozak, W., Dobrucka, R., & Ratajczak, I. (2023). Chitosan Films with Caffeine and Propolis as Promising and Ecofriendly Packaging Materials. *Applied Sciences*, 13, 1-18.
- Sung, S.-H., Choi, G.-H., Lee, N.-W., & Shin, B.-C. (2017). External Use of Propolis for Oral, Skin, and Genital Diseases: A Systematic Review and

- Meta-Analysis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017, 1-10.
- Suriyatem, R., Auras, R. A., Rachtanapun, C., & Rachtanapun, P. (2018). Biodegradable Rice Starch/Carboxymethyl Chitosan Films with Added Propolis Extract for Potential Use as Active Food Packaging. *Polymers*, 10, 1-14.
- Taşdemir, Y. & Gölge, E. (2024). Application of Microencapsulated Propolis Extract in Yoghurt Production. *Italian Journal of Food Science*, 36(1), 157-164.
- Thamnopoulos, I. A. I., Michailidis, G. F., Fletouris, D. J., Badeka, A., Kontominas, M. G., & Angelidis, A. S. (2018). Inhibitory Activity of Propolis against *Listeria Monocytogenes* in Milk Stored Under Refrigeration. *Food Microbiology*, 73, 168-176.
- Thirugnanasampandan, R., Raveendran, S. B., & Jayakumar, R. (2012). Analysis of Chemical Composition and Bioactive Property Evaluation of Indian Propolis. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(8), 651-654.
- Tumbarski, Y., Todorova, M., Topuzova, M. G., Ivanova, P., Ganeva, Z. A., Mihov, R. B., & Yanakieva, V. (2021). Antifungal Activity of Carboxymethyl Cellulose Edible Films Enriched with Propolis Extracts and Their Role in Improvement of the Storage Life of Kashkaval Cheese. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 9(2), 487-499.
- Tumbarski, Y., Topuzova, M., & Todorova, M. (2022). Food Industry Applications of Propolis: A Review. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 257-265.
- Vargas-Sánchez, R. D., Torrescano-Urrutia, G. R., Acedo-Félix, E., Carvajal-Millán, E., González-Córdova, A. F., Vallejo-Galland, B., Torres-Llanez, M. J., & Sánchez-Escalante, A. (2014). Antioxidant and Antimicrobial Activity of Commercial Propolis Extract in Beef Patties. *Journal of Food Science*, 79(8), C1499-C1504.
- Yang, W., Wu, Z., Huang, Z. Y., & Miao, X. (2017). Preservation of Orange Juice Using Propolis. *Journal of Food Science and Technology*, 54(11), 3375-3383.
- Zabaiou, N., Fouache, A., Trousson, A., Baron, S., Zellagui, A., Lahouel, M., & Lobaccaro, J.-M.A. (2017). Biological Properties of Propolis Extracts: Something New From an Ancient Product. *Chemistry and Physics of Lipids*, 207(Pt B), 214-222.



ISBN: 978-625-378-431-7