

ISSN Online 2148-015X

ACADEMIC FOOD JOURNAL

AKADEMİK

GIDA



Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademik-gida> Cilt/Volume:19 Sayı/Number:1 Ocak - Mart 2021

ACADEMIC FOOD JOURNAL
A JOURNAL ON FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

SİDAS MEDYA

AKADEMİK GIDA®
ACADEMIC FOOD JOURNAL

Akademik Gıda® dergisi Gıda Bilimi ve Teknolojisi alanında hazırlanmış özgün araştırma ve derleme makalelerin yayınlandığı hakemli bir dergidir. Araştırma Notu ve Editöre Mektup gibi yazılar da yayın için değerlendirilmektedir. Dergi 3 ayda bir basılmakta olup 4 sayıda bir cilt tamamlanmaktadır. Dergide Türkçe veya İngilizce olarak hazırlanmış makaleler yayınlanmaktadır.

Baş Editör / Editor-in-Chief

[Oğuz Gürsoy](#)

(Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye)
(*Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Food Engineering Department, Burdur, Turkey*)



ogursoy@yahoo.com

Yardımcı Editörler / Associate Editors

[Özer Kinik](#)

(Ege Üniversitesi, Süt Teknolojisi Bölümü, İzmir, Türkiye)
(*Ege University, Department of Dairy Technology, Izmir, Turkey*)



ozer.kinik@ege.edu.tr

[Ramazan Gökçe](#)

(Pamukkale Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye)
(*Pamukkale University, Food Engineering Department, Denizli, Turkey*)



rgokce@pau.edu.tr

[Yusuf Yılmaz](#)

(Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye)
(*Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Food Engineering Department, Burdur, Turkey*)



yusuf.yilmaz@mehmetakif.edu.tr

Teknik Editör / Technical Editor

[Hande Özge Güler Dal](#)

(Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye)
(*Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Food Engineering Department, Burdur, Turkey*)



handeguler@mehmetakif.edu.tr

Uluslararası Yayın Kurulu / International Editorial Board

Gıda Mühendisliği / Food Engineering

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Cynthia Ditchfield	University of Sao Paulo, Faculty of Animal Science and Food Engineering, Department of Food Engineering	Sao Paolo	Brazil
Arif Hepbaşlı	Yaşar University, Department of Energy Systems Engineering	İzmir	Turkey
Filiz İçier	Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	İzmir	Turkey
Erkan Karacabey	Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Isparta	Turkey
Sami Gökhan Özkal	Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Denizli	Turkey
Konstantinos Petrotos	Technological Educational Institute of Larissa, Department of Agricultural Engineering Technologists	Larissa	Greece
Jenny Ruales	Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología	Quit	Ecuador
Yahya Tülek	Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Denizli	Turkey
Romeo Toledo	Emeritus Professor, University of Georgia, Department of Food Science and Technology	Georgia	USA

Gıda Kimyası / Food Chemistry

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Fahrettin Göğüş	Gaziantep University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Gaziantep	Turkey
Piotr Koczon	Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Food Sciences, Department of Chemistry	Warsaw	Poland
Semih Ötles	Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	İzmir	Turkey
Erdoğan Küçüköner	Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Isparta	Turkey
Özgül Tarhan	Uşak University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Uşak	Turkey
Osman Sağdıç	Yıldız Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Food Engineering Department	İstanbul	Turkey
Beraat Özçelik	Istanbul Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Food Engineering Department	İstanbul	Turkey
Aydın Yapar	Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Denizli	Turkey

Gıda Mikrobiyolojisi & Biyoteknoloji / Food Microbiology & Biotechnology

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Iuliana Aprodu	Dunarea de Jos University of Galati, Department of Food Science, Food Engineering and Applied Biotechnology,	Galati	Romania
Muhammet Arıcı	Yıldız Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Food Engineering Department	İstanbul	Turkey
Jurislav Babic	University of Osijek, Faculty of Food Technology	Osijek	Croatia
Oana Emilia Constantin	Dunarea de Jos University of Galati, Department of Food Science, Food Engineering and Applied Biotechnology,	Galati	Romania
İbrahim Çakır	Abant İzzet Baysal University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Bolu	Turkey
Ahmet Hilmi Çon	Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Samsun	Turkey
Patricia Munsch-Alatossava	Independent Researcher	Helsinki	Finland
Yekta Göksungur	Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	İzmir	Turkey
Ömer Şimşek	Yıldız Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Food Engineering Department	İstanbul	Turkey

Gıda Analizleri / Food Analysis

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Abdullah Akdoğan	Pamukkale University, Faculty of Engineering, Chemical Engineering Department	Denizli	Turkey
İsmail Hakkı Boyacı	Hacettepe University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Ankara	Turkey
Hale Seçilmiş Canbay	Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Science and Arts, Chemistry Department	Burdur	Turkey
Mustafa Zafer Özel	Sensient Flavors Ltd.	Milton Keynes	UK

Gıda Ambalajlama / Food Packaging

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Zehra Ayhan	Sakarya University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Sakarya	Turkey
Cengiz Caner	Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Çanakkale	Turkey

Beslenme & Gıda Toksikolojisi / Nutrition & Food Toxicology

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Adriana Pavesi Ariseto Bragotto	State University of Campinas, Faculty of Food Engineering	Campinas	Brazil
Gözde Ede	Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Health Sciences, Nutrition and Dietetic Department	Burdur	Turkey

Süt Teknolojisi / Dairy Technology

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Mohamed H. Abd El-Salam	Emeritus Professor, National Research Centre, Department of Dairy Sciences	Cairo	Egypt
Meral Kılıç Akyılmaz	Istanbul Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Food Engineering Department	İstanbul	Turkey
Tapani Alatossava	University of Helsinki, Department of Food and Nutrition	Helsinki	Finland
Rajka Bozanic	University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology, Department of Food Engineering	Zagreb	Croatia
Abdullah Çağlar	Kocaeli University, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Department of Agricultural Economics	Kocaeli	Turkey
Songül Çakmakçı	Atatürk University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Erzurum	Turkey
Ali Adnan Hayaaloğlu	İnönü University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Malatya	Turkey
Harun Kesenkaş	Ege University, Faculty of Agriculture, Dairy Technology Department	İzmir	Turkey
Ahmet Küçükçetin	Akdeniz University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Antalya	Turkey
Barbaros Özer	Ankara University, Faculty of Agriculture/Department of Dairy Technology, Department of Dairy Technology	Ankara	Turkey
Harun Raşit Uysal	Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Dairy Technology	İzmir	Turkey

Hububat Teknolojisi / Cereal Technology

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Hülya Gül	Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Isparta	Turkey
Fatma Işık	Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Denizli	Turkey
Ergun Köse	Manisa Celal Bayar University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Manisa	Turkey
Pichan Prabasankar	CSIR-Central Food Technological Research Institute, Flour Milling Baking and Confectionery Technology Department	Mysuru	India

AKADEMİK GIDA®
ACADEMIC FOOD JOURNAL

Et Teknolojisi / Meat Technology

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Nesimi Aktaş	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Faculty of Engineering and Architecture, Food Engineering Department	Nevşehir	Turkey
Haluk Ergezer	Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Denizli	Turkey
Hüdayi Ercoşkun	Çankırı Karatekin University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Çankırı	Turkey
Mükerrem Kaya	Atatürk University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Erzurum	Turkey
Semra Kayaardı	Manisa Celal Bayar University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Manisa	Turkey
Jung Hoon Lee	Fort Valley State University, College of Agriculture, Family Sciences and Technology	Georgia	USA
Edward Pospiech	Department of Animal Raw Materials, Institute of Meat Technology, Faculty of Food Sciences and Nutrition, Poznan University of Life Sciences,	Poznan	Poland
Meltem Serdaroğlu	Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	İzmir	Turkey

Meyve-Sebze Teknolojisi / Fruit and Vegetable Technology

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Chockry Barbana	Canadian Food Inspection Agency	Montréal	Canada
Utku Çopur	Uludağ University, Faculty of Agriculture, Food Engineering Department	Bursa	Turkey
Seda Ersus	Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	İzmir	Turkey
Hakan Karaca	Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Denizli	Turkey
Sebahattin Nas	Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Denizli	Turkey
Ayhan Topuz	Akdeniz University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Antalya	Turkey
Yakup Sedat Veliöğlu	Ankara University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Ankara	Turkey
Ünal Rıza Yaman	Ege University, Tire Kutsan Vocational School, Department of Food Processing and Food Technology	İzmir	Turkey
Oktay Yemiş	Sakarya University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Sakarya	Turkey
Ufuk Yücel	Ege University, Ege Vocational School, Department of Food Processing and Food Technology	İzmir	Turkey

AKADEMİK GIDA**ABSTRACTED / INDEXED / LISTED IN**

1. Abstracts on Hygiene and Communicable Diseases
 2. Academic Index
 3. Academic Keys
 4. Academic Search Ultimate
 5. Advanced Science Index (ASI)
 6. AgBiotech News and Information
 7. AgBiotechNet
 8. Agricultural Economics Database
 9. Agricultural Engineering Abstracts
 10. Agroforestry Abstracts
 11. Animal Breeding Abstracts
 12. Animal Production Database
 13. Animal Science Database
 14. Asos İndeks
 15. Biocontrol News and Information
 16. Biofuels Abstracts
 17. Botanical Pesticides
 18. CAB Abstracts
 19. CAB Direct
 20. Cite Factor
 21. Crop Science Database
 22. CrossRef
 23. Dairy Science Abstracts
 24. Directory of Research Journals Indexing (DRJI)
 25. EBSCO - Academic Search Ultimate Database
 26. Environmental Impact
 27. Environmental Science Database
 28. Eurasian Scientific Journal Index
 29. EuroPub
 30. Field Crop Abstracts
 31. Food Science and Technology Abstracts (FSTA)
 32. Forest Science Database
 33. Global Health
 34. Google Scholar
 35. Horticultural Science Abstracts
 36. Horticultural Science Database
 37. Impact Factor Services for International Journals (IFSIJ)
 38. International Innovative Journal Impact Factor (IIJIF)
 39. International Institute of Organized Research (I2OR)
 40. İdeal Online
 41. Journal Index Net
 42. Maize Abstracts
 43. MIAR (Information Matrix for the Analysis of Journals)
 44. Nutrition Abstracts and Reviews Series A: Human and Experimental
 45. Nutrition Abstracts and Reviews Series B: Livestock Feeds and Feeding
 46. Nutrition and Food Sciences Database
 47. Ornamental Horticulture
 48. Parasitology Database
 49. Plant Breeding Abstracts
 50. Plant Genetic Resources Abstracts
 51. Plant Genetics and Breeding Database
 52. Plant Protection Database
 53. Postharvest Abstracts
 54. Potato Abstracts
 55. Poultry Abstracts
 56. Protozoological Abstracts
 57. Review of Agricultural Entomology
 58. Review of Aromatic and Medicinal Plants (RAMP)
 59. Review of Medical and Veterinary Entomology
 60. Review of Medical and Veterinary Mycology
 61. Review of Plant Pathology
 62. Rice Abstracts
 63. Rural Development Abstracts
 64. Science Library Index
 65. Scientific Indexing Services (SIS)
 66. Seed Abstracts
 67. Sicilit
 68. Soil Science Database
 69. Soils and Fertilizers Abstracts
 70. Soybean Abstracts
 71. Sugar Industry Abstracts
 72. Systematic Impact Factor (SIF)
 73. The Belt and Road Initiative Reference Source
 74. The Turkish Academic Network and Information Centre Life Sciences Database (TÜBİTAK-ULAKBİM Yaşam Bilimleri Veritabanı, TR-DİZİN)
 75. Tropical Diseases Bulletin
 76. Veterinary Science Database
 77. VetMed Resource
 78. Weed Abstracts
 79. Wheat, Barley and Triticale Abstracts
 80. World Agricultural Economics and Rural Sociology Abstracts (WAERSA)
-

Akademik Gıda 19 (1) (2021)
İÇİNDEKİLER / CONTENTS

■ Editörden / Editorial

VII-IX

■ MAKALELER / PAPERS

■ Araştırma Makaleleri / Research Papers

Comparison of Prediction Capability of Primary Models for Detection of Chicken Meat Spoilage /
Tavuk Eti Bozulmasının Tespiti İçin Birincil Modellerin Tahmin Kabiliyetinin Karşılaştırılması / Fatih Tarlak

1-9

Quality Characteristics of Biscuits Fortified with Pomegranate Peel /
Nar Kabuğu ile Zenginleştirilmiş Bisküvilerin Bazı Kalite Karakteristikleri / Unkan Urganci, Fatma Isik

10-20

Propolis Püskürtülmüş Ambalaj Filmlerin Antibakteriyel Aktiviteleri /
Antibacterial Activities of Propolis-Sprayed Packaging Films / Gizem Bayatbalay, Ezgi Karpuz, İbrahim Palabıyık

21-27

Keçi boynuzu Gaminin Keçi Sütünden Üretilen Kefirin Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi /
Effect of Locust Bean Gum Addition on Physicochemical and Sensory Characteristics of Kefir made from Goat Milk /
Ercan Sarıca, Gökçe Filizkırın, Doğukan Canbek, Betül Ertürk, Mustafa Coşkun, Şerife Mustuloğlu

28-37

Restoranlarda Oluşan Gıda Atıkları ve Yönetimi: İstanbul İli Örneği /
Food Wastes in Restaurants and their Management: The Case of Istanbul Province / Emel Çirifoğlu, Aylin Akoğlu

38-48

Gıda Boyası Tartzaninin A. cepa L. Kök Ucu Hücrelerindeki Sitotoksik ve Genotoksik Etkilerine Karşı Yeşil
Kahvenin Koruyucu Rolü /
Protective Role of Green Coffee against Cytotoxic and Genotoxic Effects of Food Dye Tartzanine in A. cepa L. Root Tip Cells / Emine Yalçın, Tuğçe Kalefetoğlu Macar, Oksal Macar, Kültiğın Çavuşoğlu

49-58

Ambalajlama Tekniği ve Depolama Koşullarının Ceviz İçi Kalitesi Üzerine Etkisi /
Effect of Packaging Technique and Storage Conditions on Walnut Kernel Quality / Buse Güler, Hakan Karaca

59-73

■ Derleme Makaleler / Review Papers

Polisakkarit ve Protein Bazlı Aktif Biyokompozit Malzemelerin Gıda Ambalajlama Açısından Değerlendirilmesi /
Assessment of Polysaccharide and Protein-Based Active Biocomposite Materials for Food Packaging / Eylem Karakuş,
Esra Kibar Balballı, İlknur Ara, Zehra Ayhan

74-88

Propolis ve Sağlık Üzerine Etkileri /
Propolis and Effects on Human Health / Aylin Seylam Küşümler, Ayça Çelebi

89-97

Popüler Diyet Akımlarının Vücut Ağırlığı ve Sağlık Üzerine Etkileri /
Effect of Popular Diet Trends on Body Weight and Health / Sefa Can Küçük, Artun Yıbar

98-107

COVID-19 ve Beslenme Arasındaki İlişkiye Güncel Bir Bakış /
Current Overview of Relationship between COVID-19 and Nutrition / Ruya Kuru Yasar, Özlem Üstün Aytekin

108-115

■ Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları / Guidelines to Authors

X-XIII

■ Etik Beyanı / Ethics and Publication Malpractice Statement

XIV-XIX

**Sahibi**

SİDAS MEDYA AJANS TANITIM
DANIŞMANLIK LTD. ŞTİ. Adına
İmtiyaz Sahibi ve Yazı İşleri Sorumlusu
Şakir SARIÇAY

Genel Yayın Yönetmeni

Şakir SARIÇAY
info@akademikgida.com
ssaricay@gmail.com

Baş Editör

Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY
ogursoy@yahoo.com

Editörler

Prof. Dr. Özer KINIK
Prof. Dr. Ramazan GÖKÇE
Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

Reklam Müdürü

Nurcan AKMAN ŞENGÖR

Hukuk Danışmanı

Av. Yrd. Doç. Dr. Murteza AYDEMİR

Abone Sorumlusu

Halil SOLAK

Grafik Tasarım

Sidas Medya Tasarım Grubu

Yönetim Yeri

Fevzipaşa Bulv. Çelik İş Merkezi
No:162 Kat:3 D:302 Çankaya/İZMİR
Tel: 0 232 441 60 01
Fax: 0 232 441 61 06

Üç Ayda Bir Yayınlanan Dergimiz
Basın Meslek İlkelerine Uymaktadır.

Yıl / Cilt: 19

Sayı: 91

Ocak - Şubat - Mart 2021

ISSN Print 1304-7582

ISSN Online 2148-015X

Akademik Gıda Dergisi

Bir **SİDAS MEDYA** Yayınıdır.

GRUP

Yayın Türü: Yerel Süreli
Akademik Gıda Dergisi Hakemli Dergidir.

Akademik Gıda dergisinin 19. yayın yılının ilk sayısında yine sizlerle birlikteyiz. Bu sayımızda 7 araştırma ve 4 derleme çalışması olmak üzere toplam 11 makale yer almaktadır.

Makale yazarlarından zaman zaman gelen sorular nedeniyle makale kabulü ile ilgili daha önce yaptığımız bilgilendirmeyi tekrar etmek istiyoruz. Dergimize yayımlanmak üzere gönderilen makalelerin kabulü halen <http://www.academicfoodjournal.com> adresinden yapılmakta olup, DergiPark üzerindeki makale kabul süreçlerini içeren sistem henüz kullanılmamaktadır. Bu sistem üzerinden makale kabulüne bu yıl ya da önümüzdeki yıl içerisinde geçilmesi planlanmaktadır.

Yazarlarımıza hatırlatmak istediğimiz diğer önemli bir husus 2020 yılından itibaren dergimize gönderilecek makalelerde Etik Kurul izni gerektiren çalışmaların ilgili izni aldıkları ile ilgili bilgi ve belgelerini dergimize (makalelerini dergimize gönderme aşamasında) sunmaları gerekliliğidir. Dergimizin etik hususlarla ilgili detaylı etik beyanına [web sayfamızdan \(https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademik-gida/page/6477\)](https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademik-gida/page/6477) ulaşılabilir. Ayrıca dergimizde araştırma makalelerinin ve İngilizce olarak yazılan makalelerin değerlendirme ve yayınlanma sürelerinin diğer makalelere kıyasla oldukça kısa olduğunu yazarlarımıza tekrar hatırlatmak istiyoruz.

Dergimizin hakemlik süreçleri diğer birçok uluslararası derginin de belirttiği gibi COVID-19 pandemisinden olumsuz yönde etkilenmiştir. Hakemlik davetlerinin kabul edilmeme oranının artması ve hakem dönütlerinin süresinin uzaması yazarlarımızın da bildiği gibi makalelerin değerlendirme süreçlerinde önemli gecikmelere neden olmaktadır.

Geçtiğimiz yıl ve bu yıl içerisinde dergimize makale gönderen yazarlarımızın ve bazı yayın kurulu üyelerimizin koronavirüs nedeniyle rahatsızlandıklarını üzümlerle öğrendik/öğreniyoruz. Hastalığa yakalanan tüm meslektaşlarımıza acil şifalar diliyoruz. Dergimiz yayın kurulu üyelerinden Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. İlyas Çelik hocamızı 2 Aralık 2020 tarihinde koronavirüs nedeniyle kaybettik. Dergimize uyun yıllar özveri ile katkı sağlayan İlyas hocamızı kaybetmenin üzüntüsü hala içimizde. COVID-19 nedeniyle geçtiğimiz yıl Aralık ayında kaybettiğimiz bir diğer meslektaşımız; 2007 yılına kadar Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde görev yapan, 2007 yılında Aksaray Üniversitesi Aksaray Meslek Yüksekokulu'nda göreve başlayan ve 2020 yılında emekli olan Prof. Dr. Aydın Öztan oldu. Başta Doç. Dr. İlyas Çelik ve Prof. Dr. Aydın Öztan olmak üzere kaybettiğimiz tüm meslektaşlarımıza Allah'tan rahmet, ailelerine, sevenlerine ve meslektaşlarımıza baş sağlığı diliyoruz. Bu sayımızın Editörden bölümünde dergimiz editörlerinden Prof. Dr. Ramazan Gökçe ve Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Yahya Tülek'in merhum Doç. Dr. İlyas Çelik hocamızın anısına kaleme aldıkları "Seni Hep Özleyeceğiz İlyas Hocam" isimli yazısını okuyabilirsiniz.

Bu sayının oluşmasında katkıda bulunan; çalışmalarını yayımlanmak üzere dergimize gönderen yazarlara ve bu çalışmaları titizlikle değerlendiren yayın kurulu üyelerimiz ve hakemlerimize teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Saygılarımızla.

Oğuz Gürsoy
Baş Editör

Özer Kınık
Ramazan Gökçe
Yusuf Yılmaz
Editörler

BİLİMSEL ETKİNLİKLER**7. Uluslararası Gıda Güvenliği Kongresi**

Gıda Güvenliği Derneği tarafından düzenlenen Uluslararası Gıda Güvenliği Kongrelerinin yedincisi 3-4 Haziran 2021 tarihlerinde İstanbul'da (Grand Cevahir Hotel Convention Center) gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://www.gidaguvanligikongresi.org/> adresinden ulaşılabilir.

3. Uluslararası Gıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi ev sahipliğinde 19-20 Haziran 2021 tarihlerinde gerçekleştirilecek olan 3. Uluslararası Gıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi ile ilgili bilgilere <https://www.gthk.org/> adresinden ulaşılabilir.

10. Ulusal Analitik Kimya Kongresi

2002 yılından bu yana iki yılda bir düzenlenen Analitik Kimya Kongrelerinin onuncusu Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi ev sahipliğinde 2-5 Eylül 2021 tarihlerinde düzenlenecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <http://uakk2020.mu.edu.tr/> adresinden ulaşılabilir.

V. International Joint Science Congress of Materials and Polymers

Malzeme Bilimleri alanında son gelişmelerin tartışılacağı V. International Joint Science Congress of Materials and Polymers kongresi 29 Eylül-1 Ekim 2021 tarihleri arasında Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi ev sahipliğinde Lavanta Tepesi Hotel'de (Burdur) düzenlenecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <http://iscmp.org/> adresinden ulaşılabilir.

2.Uluslararası / 12.Gıda Mühendisliği Kongresi

TMMOB Gıda Mühendisleri Odası tarafından düzenlenen 2.Uluslararası / 12.Gıda Mühendisliği Kongresi 25-27 Kasım 2021 tarihleri arasında Ankara'da hibrit bir kongre olarak gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://www.gidamo.org.tr/> adresinden ulaşılabilir.

SENİ HEP ÖZLEYECEĞİZ İLYAS HOCAM*

Ramazan Gökçe, Yahya Tülek

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Denizli

*2 Aralık 2020 tarihinde kaybettiğimiz Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi ve Akademik Gıda dergisi Yayın Kurulu Üyesi Doç. Dr. İlyas ÇELİK hocamızın anısına kaleme alınmıştır.

Covid 19 pandemisi bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de birçok ocağa ateş düşürdü. Nice insanları sevdiğimizden ayırdı. İlyas hocamızı da hayatının en verimli çağında salgın yüzünden kaybettik. Hocamızın beklenmedik şekilde aramızdan ayrılışı bizleri çok üzdü. O bizim için çok iyi bir arkadaş, çok iyi bir hoca ve paylaşmayı seven, üretken bir bilim insanı idi.

İlyas hocamız 1987 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü'nü bitirdi. Aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsünde 1989 yılında yüksek lisansını ve 1994 yılında da doktora eğitimini tamamladı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne 1997 yılında Yrd. Doç. Dr. kadrosuyla atandı. Kendisini, Erzurum'dan Denizli'ye geldiğinde ilk defa siyah, gür kıvrıkcık saçları ve memlekete hizmet aşkıyla yanıp tutuşan birisi olarak tanıdık. Denizli'ye gelmesine vesile olan bölümümüz kurucu başkanı sayın Prof. Dr. Hüsnü Yusuf GÖKALP, İlyas hocamızın varlığından güç alarak o günlerde bir tezgâh, birkaç küçük karıştırma-çırpma makinası ve küçük bir fırın ile bölüm unlu mamuller pilot tesisini kurmuştu. Daha o günlerde İlyas hocamızın ne kadar becerikli, aynı zamanda paylaşımcı olduğunu yaptığı ve bizlerle paylaşmaktan büyük keyif aldığı pastalar, börekler, çörekler ile müşahade etmiştik.

Yıllar içerisinde arkadaşlığımız kardeşlik seviyesine kadar gelişti. O, denemek, öğrenmek ve bu sayede öğrendiklerini, tecrübe ettiklerini paylaşmaktan büyük keyif alan bir bilim insanıydı. Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde her zaman büyük bir özveri ile yürüttüğü "Proje Tekniği" dersi hocamızın bildiklerini öğrencileri ile paylaşma konusunu ne kadar önemseydiğini ifade etmesi açısından son derece önemlidir. Eğer Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü mezunu Gıda Mühendisleri piyasada proje üretici veya yürütücü olarak görev alıyorsa bunda büyük oranda İlyas hocamızın öğrencileri bilgilendirerek cesaretlendirmesine borçludurlar.

İlyas hocamız sadece lisans öğrencileri için değil, lisansüstü öğrencileri ve hatta bizler için de birçok konuda rol model idi. Her şeyden önce uzmanlık alanı unlu mamüller üretiminde çok mahir idi. Bazıları bağış, bazıları projelerden neredeyse tam teşekküllü olarak kurduğu Unlu Mamüller Araştırma Laboratuvarı'nda ne zaman yaptığı belli olmayan ürünleri paylaşırken bizleri hem şaşırtır hem de doyururdu. O gerçekten de on parmakta on marifet birisiydi. Bu becerilerini Bölüm Unlu Mamüller Pilot Tesisinde de hem öğrenci uygulamalarında hem de farklı kurumlarca düzenlenen meslek edindirme kurslarında eğitmen, gözetmen, danışman olarak hep sergilemiştir. 2019 yılında unlu mamüller pilot tesisinde ayrı bir bölümde hem Pamukkale Üniversitesi'nde öğrenim gören çölyak hastası öğrencilerimizin hem de Denizli Çölyak Derneği'nin talepleri üzerine, üniversite yönetiminin destekleri ile uzun uğraşlar sonrasında "Glutensiz Ürünler Üretim Birimi"ni faaliyete geçirmiş ve işletme kayıt numarası almıştır. Bunun yanı sıra Pamukkale Üniversitesi İktisadi İşletmeleri Müdürü olarak öğrenciler, personel ve hastane kantinlerinde hastalar için yaptığı çalışmaları ile 2019'da Üniversite Rektörlüğü'nce "Toplum Yararına Çalışan Bilim İnsanı" ödülünü almıştır.

Bölüm içi seminerlerde, bilimsel toplantılarda, jüri üyesi olarak görev yaptığı sınavlarda onu daima olaylara bardağın dolu tarafından bakarken görürdük. Bu yüzden bulunduğu ortamlarda pozitif enerji kaynağı olurdu. Ama eleştirilmesi, karşı olunması gereken bir durumda da görüşlerini net bir şekilde ortaya koymaktan çekinmezdi.

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü bunca meziyetleri olan İlyas hocasını 02.12.2020 tarihinde kaybetti. Bölüm olarak bizler; büyük bir değerimizi, öğrencilerimiz; kıymetli hocasını kaybetti. Çok üzüldük. Onu tam da verimlilik yaşlarının orta yerinde kaybetmek mesleğimiz ve bölümümüz adına gerçek bir acı oldu.

Çalışma arkadaşları olarak bizler İlyas hocamıza; öğrettiği bilgilerin, toplum yararına yaptığı çalışmaların ve öğrencilerinin kendisine olan minnet ve sevgilerinin beka aleminde birer mükafat olarak bildirileceğine inanıyoruz. Yaşadıkça bize bıraktığın güzellikleri anarak seni hep hayırla yad edeceğiz İlyas hocam. Mekânın cennettir inşallah.

Comparison of Prediction Capability of Primary Models for Detection of Chicken Meat Spoilage

Fatih Tarlak  

Department of Nutrition and Dietetics, Istanbul Gedik University, 34876, Kartal, İstanbul, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 10.09.2020, Accepted (Kabul Tarihi): 08.03.2021

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): ftarlak@gtu.edu.tr (F. Tarlak)

☎ +90 444 5 438 📠 +90 216 452 87 17

ABSTRACT

The main objective of the present work is to compare the prediction capability of different primary models known as the modified Gompertz, modified logistic and Baranyi models to simulate the effect of temperature on aerobically-stored raw and marinated chicken meat spoilage using one-step modelling approach. For this purpose, total viable count (TVC) growth data were extracted from the published work for aerobically-stored raw and marinated chicken meat. The fitting capability of the global models was compared by taking into account root mean square error (RMSE) and adjusted coefficient of determination (adjusted-R²). Statistical indices, RMSE and adjusted-R² values were found to be maximum 0.299 and minimum 0.970, respectively for each of the primary models and both of the chicken products. The prediction performance of the global models were evaluated with the r_{max} values that were independently published for aerobically-stored raw chicken meat, and RMSE values with lower than 5.11×10^{-2} revealed that one-step modelling approach can be reliably employed to predict TVC in aerobically-stored raw chicken meat.

Keywords: Global model, Microbiological quality, Growth kinetic, Chicken meat spoilage, Predictive microbiology

Tavuk Eti Bozulmasının Tespiti İçin Birincil Modellerin Tahmin Kabiliyetinin Karşılaştırılması

ÖZ

Bu çalışmanın temel amacı, depolama sıcaklığının aerobik olarak depolanan çiğ ve marine edilmiş tavuk eti bozulmasına etkisini tek adımlı modelleme yaklaşımı kullanarak simüle etmek için modifiye Gompertz, modifiye lojistik ve Baranyi modelleri olarak bilinen farklı birincil modellerin tahmin kabiliyetini karşılaştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda, toplam canlı popülasyonu (TVC) çoğalma verileri, aerobik olarak depolanmış çiğ ve marine edilmiş tavuk eti için yayımlanmış çalışmadan elde edilmiştir. Global modellerin uydurma kabiliyeti, kök ortalama kare hatası (RMSE) ve düzeltilmiş belirleme katsayısı (düzeltilmiş-R²) dikkate alınarak karşılaştırıldı. İstatistiksel indeksler, RMSE ve düzeltilmiş-R² değerleri, birincil modellerin her biri ve her iki tavuk ürünü için sırasıyla maksimum 0.299 ve minimum 0.970 olarak bulundu. Global modellerin tahmin performansı, aerobik olarak depolanan çiğ tavuk eti için farklı çalışmadan elde edilen r_{max} değerleri ile değerlendirildi ve 5.11×10^{-2} 'den küçük RMSE değerleri, aerobik olarak depolanan çiğ tavuk etindeki toplam canlı popülasyonunu tahmin etmek için tek adımlı modelleme yaklaşımının güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koydu.

Anahtar Kelimeler: Global model, Mikrobiyolojik kalite, Çoğalma kinetiği, Tavuk eti bozulması, Tahminsel mikrobiyoloji

INTRODUCTION

Meat is one of the most important sources of nutrition [1]. Poultry meat is widely consumed due to being relatively cheap and having low fat content compared to red meat, and its consumption has recently increased extensively in the world [2, 3, 4]. But the shelf-life of raw poultry is quite limited, and short-shelf life is a big problem for the poultry industry [5]. Hence, extending the shelf-life of raw meat without any adverse effect on its quality is important. One of the most preferred ways to extend the shelf-life and enhance sensory quality for the muscle-origin foods such as meat and fish is marination process of soaking the food products in a usually acidic solution [6].

Predictive food microbiology is a recent field in food microbiology employing mathematical functions to describe responses of microorganisms in food products to different environmental conditions. These functions enable scientists to guess the behaviour of pathogens and spoilage microorganisms under different combined factors [7]. The main purpose of predictive food microbiology is to assure both food safety and food quality with mathematical models under different conditions. The most widely used mathematical functions in predictive food microbiology are primary and secondary models [8]. The modified Gompertz, modified logistic and Baranyi models are commonly employed primary models which were fitted to growth data as a function of time under static environmental conditions. Secondary models are applied to determine the relationship between environmental factors (e.g., temperature, pH and water activity) and the maximum growth rate or duration of lag phase which play a key role in description of growth behaviour. Among different environmental conditions, temperature has a very important effect on bacterial growth performance. In this regard, namely Ratkowsky model is the most popular secondary model to model the effect of temperature on maximum growth rate [9].

Primary models used in predictive food microbiology suitably enable to simulate the bacterial growth data as a function of time at static environmental conditions. But for real life, environmental conditions are not always static, and the temperature is the most likely changed environmental factor with time [10]. Hence, integrating primary and secondary models considering changing temperature effect on food products is important [7].

Two-step modelling approach is traditionally applied in the predictive food microbiology as a separately fitting of primary and secondary models to the growth data and kinetic parameters respectively; however, it is known that two-step modelling approach has some drawbacks. Being sequentially performed nonlinear regression two times is the main disadvantage that leads to be accumulation and propagation of errors for two-step modelling approach [11]. In other words, the sequentially performed primary and secondary model fittings usually reduce the overall prediction ability of the model and widen ambiguity of estimated parameter. The

mentioned situation is particularly encountered when the degree of freedom of the model is low [12]. Due to these drawbacks of two-step modelling approach, alternatively, a one-step modelling approach can be employed while simulating microbial behaviour in predictive food microbiology. In this approach, primary and secondary modelling is implemented simultaneously, and the use of one-step modelling approach enhances prediction power and provides more precise coefficients and robust confidence interval than the two-step modelling approach [13, 14]. When it appears to lack of sufficient microbiological data for secondary model, one-step modelling approach is much more considerably important to simulate bacterial growth behaviour [15, 16].

The simulation of bacterial growth behaviour with one-step modelling approach is a fairly new method in predictive food microbiology, and only some food products such as liquid eggs [17], potato salad [18] and oyster mushroom [16] were used as a food matrix to be performed one-step modelling approach. But there is no study pertaining to the simulation of microbial growth data of TVC for chicken meat considering one-step modelling approach. In this regard, employing one-step modelling approach to simulate bacterial growth data for marinated and unmarinated chicken meat is necessary and important to fulfil the gap in the predictive food microbiology field.

MATERIALS and METHODS

Data Collection

The total viable count (TVC) growth data were collected from the published work for aerobically-stored chicken meat [6]. Following experimental procedure for the determination of TVC and marination process were clarified in detail in their studies [6]. The growth data for isothermal storage temperatures (4, 10 and 15°C) were directly obtained from the presented growth tables. In the current study, fourteen growth data were collected separately for different isothermal storage temperatures (4, 10 and 15°C) and different types of chicken meat (marinated and unmarinated), which means eighty-four growth data were used to develop models at isothermal storage temperature in the range of 4 and 15°C. Additionally twenty growth rate data which were collected from published work for aerobically-stored raw chicken meat [5] were employed to assess the prediction capability of developed models for different temperatures.

Modelling

One-step Modelling

The most popular primary models employed in the predictive food microbiology are the modified Gompertz, modified logistic and Baranyi models which can be defined by Equations (1) (2) and (3), respectively [19, 20]:

$$x(t) = x_0 + (x_{\max} - x_0) \cdot \exp \left\{ -\exp \left[\frac{r_{\max} \cdot e}{(x_{\max} - x_0)} \cdot (\lambda - t) + 1 \right] \right\} \quad (1)$$

$$x(t) = x_0 + \frac{(x_{\max} - x_0)}{\left\{ 1 + \exp \left[\frac{4 \cdot r_{\max}}{(x_{\max} - x_0)} \cdot (\lambda - t) + 2 \right] \right\}} \quad (2)$$

$$x(t) = x_0 + r_{\max} \cdot F(t) - \frac{1}{\ln(10)} \cdot \ln \left[1 + \frac{e^{r_{\max} \cdot \ln(10) \cdot F(t)} - 1}{10^{(x_{\max} - x_0)}} \right] \quad (3)$$

F(t) is the adjustment function that is described by Baranyi and Roberts, [20]:

$$F(t) = t + \frac{1}{v} \ln \left(e^{-r_{\max} \cdot \ln(10) \cdot t} + e^{-r_{\max} \cdot \ln(10) \cdot \lambda} - e^{(-r_{\max} \cdot \ln(10) \cdot t - \mu_{\max} \cdot \lambda)} \right) \quad (4)$$

where t is the storage time (h), x(t) is the count of bacterial populations (log₁₀ CFU/g) at time t, x₀ is the initial count of bacterial populations (log₁₀ CFU/g), x_{max} is the maximum count of bacterial populations (log₁₀ CFU/g), r_{max} is the maximum bacterial growth rate (log₁₀ CFU/h) and λ is the duration of lag phase (h).

Ratkowsky model was applied to define r_{max} as a function of storage temperature with the Equation (5):

$$\sqrt{r_{\max}} = b_1(T - T_0) \quad (5)$$

where T is the storage temperature (°C), T₀ is the theoretical lowest bacterial growth temperature (°C), r_{max} is the maximum bacterial growth rate (log₁₀ CFU/h), b₁ is the regression coefficient.

Additionally, λ was correlated with r_{max} with respect to temperature using the Equation (6) [21]:

$$\lambda = \frac{b_2}{r_{\max}(T)} \quad (6)$$

where b₂ is the regression coefficient, r_{max}(T) is a function of temperature.

The global model was simultaneously fitted to bacterial growth data and temperature of storage, and each of the parameters was calculated by means of NonLinearModel command which uses Levenberg Marquardt algorithm in the Matlab 8.3.0.532 (R2014a) software (MathWorks Inc., Natick, MA, USA). Determination of suitable starting values in nonlinear regression procedure is necessary step to estimate the accurate parameters. The starting values for the parameters, x₀ and x_{max} were selected as the minimum and maximum concentration of bacterial populations considering the entire temperature range, respectively.

Randomly choosing starting points for the parameters, b₁, b₂ and T₀ might lead the estimated parameters to possible local optimal points around global one. Therefore, the starting points of these parameters were selected by using ga command which uses genetic algorithm in Global Optimization Toolbox of Matlab software. Following successful iteration process for the nonlinear regression procedure, the global optimum values of the parameters were obtained.

Comparison of Goodness of Fit of Global Models

The comparison of the global models' estimation capabilities was evaluated by taking into consideration the root mean square error (RMSE) and the adjusted coefficient of determination (adjusted-R²) values using Equations (7) and (8), respectively:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\text{observed}_i - \text{fitted}_i)^2}{n - s}} \quad (7)$$

$$\text{adjusted-R}^2 = 1 - \left(\frac{n - 1}{n - s} \right) \left(\frac{SSE}{SST} \right) \quad (8)$$

where observed_i is the experimental count of bacterial populations, fitted_i is the predicted count of bacterial populations n is the number of experiments, s is the number of parameters of the model, SSE is the sum of squares of errors and SST is the total sum of squares.

Validation of Global Models

Verification of the global models developed in the predictive food microbiology is a necessary step to evaluate the prediction power of the models. In this regard, the prediction performance of the global models developed considering isothermal storage temperatures was assessed via independent experimental data which was performed for aerobically-stored raw chicken meat [5]. In validation step, the comparison of experimental

growth rate data with the predicted growth rate data were done with RMSE values of the global models. The global model with the lowest RMSE value was defined as the best model to predict growth rate data of TVC in aerobically-stored raw chicken meat.

RESULTS and DISCUSSION

Modelling of TVC in Raw Chicken Meat at Isothermal Storage Conditions

The observed growth data of TVC in aerobically-stored raw chicken meat [6] were fitted to the global models

being modified Gompertz, modified logistic and Baranyi models (Figure 1). The initial population of TVC was $5.10 \pm 0.30 \log_{10}$ CFU/g for each storage temperatures, while the maximum populations of TVC were 10.00 ± 0.40 , 10.10 ± 0.30 and $10.40 \pm 0.20 \log_{10}$ CFU/g for the storage temperatures of 4, 10 and 15°C, respectively. The maximum bacterial populations were observed on the storage days of 8, 6 and 5 for the chicken meat aerobically-stored at 4, 10 and 15°C, respectively. These results revealed that the growth potential of TVC in aerobically-stored chicken meat was enhanced with the increasing storage temperature.

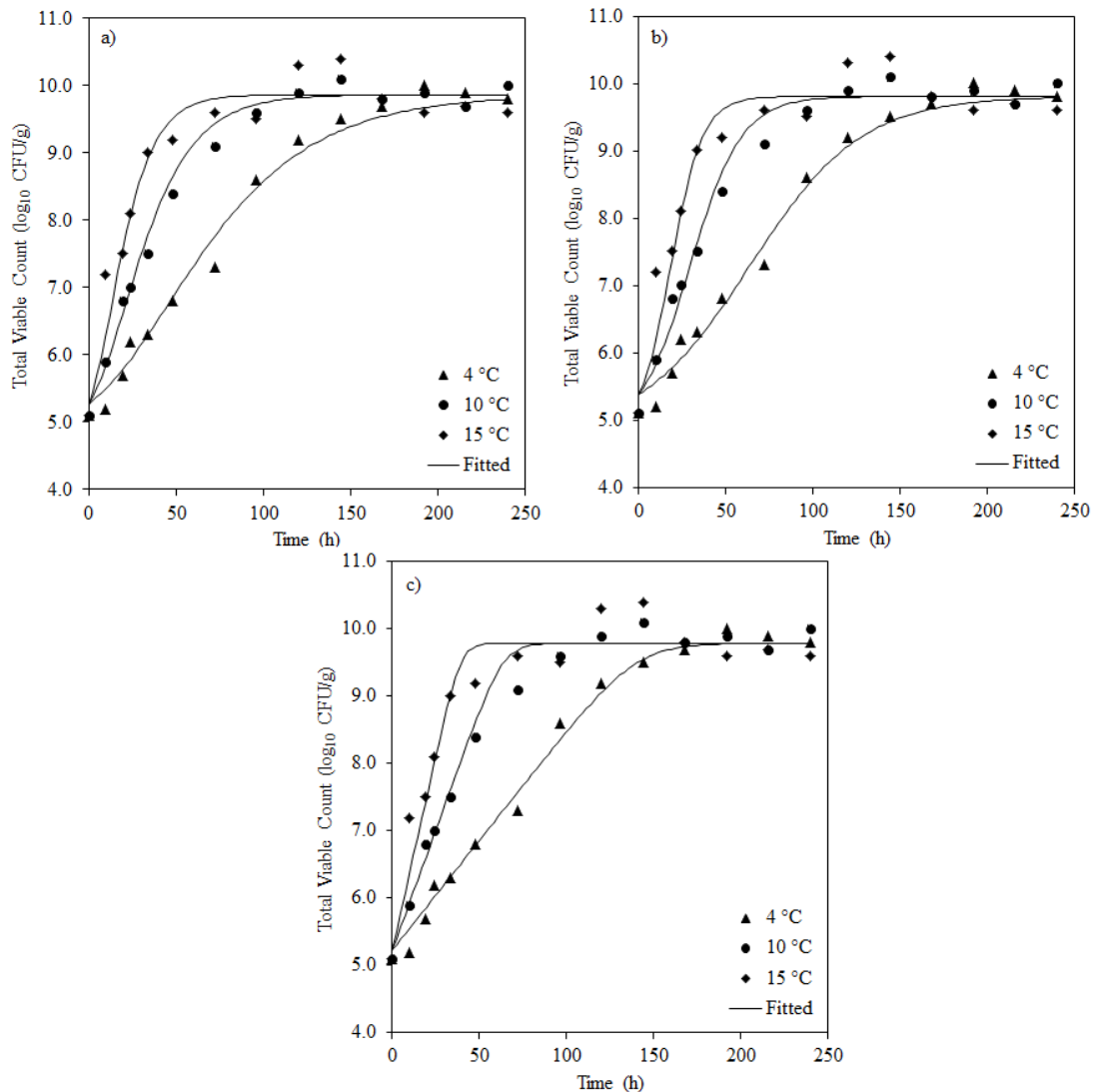


Figure 1. Growth data of TVC in raw chicken meat aerobically stored at 4, 10 and 15°C to fit to the (a) modified Gompertz model, (b) modified logistic model and (c) Baranyi model using one-step modelling approach

The minimum populations of TVC were calculated as 4.95 ± 0.12 , 4.80 ± 0.12 and $5.23 \pm 0.11 \log_{10}$ CFU/g for the modified Gompertz, modified logistic, Baranyi models, respectively (Table 1). The estimated minimum counts were reported to be 5.12 ± 0.20 , 5.26 ± 0.12 and $5.67 \pm 0.22 \log_{10}$ CFU/g by Lytou et al. [6] for the storage

temperatures of 4, 10 and 15°C, respectively. These results indicated that the modified Gompertz and Baranyi models integrated with one-step modelling approach gave better prediction performance compared to the estimated minimum bacterial populations previously reported by Lytou et al. [6].

Table 1. Parameters of the primary and secondary models used for the description of bacterial growth behaviour of TVC in the raw chicken meat at different isothermal conditions based on the one-step modelling approach

Data Source	Primary Models	Model parameters ^a					RMSE	adjusted-R ²
		X ₀ (log ₁₀ CFU/g)	X _{max} (log ₁₀ CFU/g)	T ₀ (°C)	b ₁	b ₂		
Lytou et al. [6]	Modified Gompertz	4.95±0.12	9.87±0.07	-8.95±1.10	1.54 × 10 ⁻² ±1.08 × 10 ⁻³	0.00±0.00	0.278	0.974
	Modified Logistic	4.80±0.12	9.82±0.07	-8.68±1.07	1.56 × 10 ⁻² ±1.09 × 10 ⁻³	0.00±0.00	0.299	0.970
	Baranyi	5.23±0.11	9.79±0.06	-8.44±0.96	1.45 × 10 ⁻² ±9.29 × 10 ⁻⁴	0.00±0.00	0.282	0.973

^a Estimated values ± standard errors. RMSE: root mean square error; adjusted-R²: adjusted coefficient of determination.

The maximum populations of TVC were found to be 9.87±0.07, 9.82±0.07 and 9.79±0.06 log₁₀ CFU/g for the modified Gompertz, modified logistic and Baranyi models, respectively (Table 1). Experimentally obtained maximum populations were averagely 10.17 log₁₀ CFU/g in the temperature range of 4 and 15°C, and its estimation were reported as 9.84±0.12, 9.86±0.16 and 9.79±0.17 log₁₀ CFU/g for the storage temperatures of 4, 10 and 15°C, respectively by Lytou et al. [6]. These results simply mean that each of the primary models developed in the current study estimated better than the model used by Lytou et al. [6].

The secondary model's parameter, T₀ was estimated as -8.85±1.10, -8.68±1.07 and -8.44±0.96°C for the modified Gompertz, modified logistic and Baranyi models, respectively. Regarding this parameter, it is important to underline that the estimated T₀, which is the temperature-intercept of the Ratkowsy model, only represents the theoretical minimum temperature and it actually can be considerably higher than this estimation [22].

As considered the secondary model parameters (b₁, b₂ and T₀), r_{max} and λ parameters could be found. With increasing the storage temperature from 4 to 15°C, the r_{max} increased from 0.040 to 0.136, from 0.039 to 0.137 and from 0.033 to 0.116 log₁₀ CFU/h for the modified Gompertz, modified logistic and Baranyi models, respectively (Figure 2). Additionally, none of the global models that are employed in this study gave λ values meaning the microorganisms are already ready to grow even before storage for the chicken at the storage temperature between 4 to 15°C. This result is in agreement with the findings of the work of Lytou et al. [6] who did not report any λ value for TVC in chicken meat.

The prediction power of the global models being different primary models (the modified Gompertz, modified logistic and Baranyi models) was compared taking into consideration their RMSE and adjusted-R² (Table 1). RMSE and adjusted-R² were found to be maximum 0.299 and minimum 0.970, respectively for each primary model. The coefficient of determination (R²) was reported as maximum 0.967 (adjusted-R² = 0.957) for the model that are used by Lytou et al. [6]. These results demonstrated that each of the global models used in this work gave better goodness of fit than the model developed by Lytou et al. [6] to simulate growth data of TVC in aerobically-stored chicken meat.

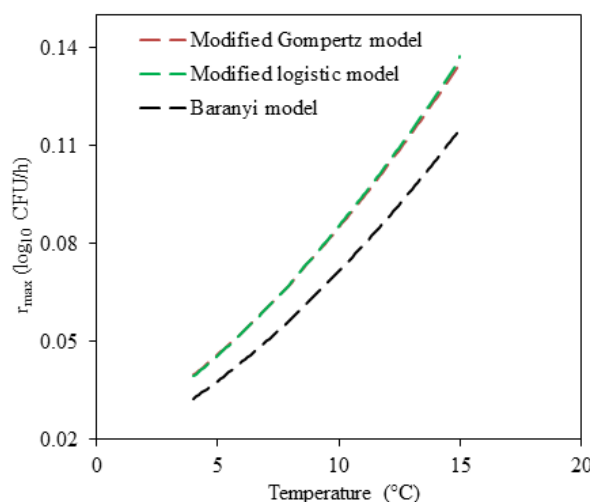


Figure 2. The effect of storage temperature on the maximum growth rate of TVC obtained from the one-step modelling approach

Modelling of TVC in Marinated Chicken Meat at Isothermal Storage Conditions

The experimental growth data of TVC in marinated and aerobically-stored chicken meat [6] were also fitted to the global models (Figure 3). The initial population of TVC was 4.50±0.30 log₁₀ CFU/g for each storage temperatures, while the maximum populations of TVC were 8.00±0.10, 8.80±0.10 and 8.90±0.10 log₁₀ CFU/g for the storage temperatures of 4, 10 and 15°C, respectively. These results demonstrated that marination process has a lethal effect on TVC in chicken meat at the level of 0.60 log₁₀ CFU/g and decreased growth potential of TVC in aerobically-stored chicken meat.

The minimum populations of TVC were calculated as 4.29±0.12, 3.73±0.30 and 4.32±0.11 log₁₀ CFU/g for the modified Gompertz, modified logistic, Baranyi models, respectively (Table 2). The estimated minimum counts were reported to be between 4.25±0.13 and 3.95±0.21 by Lytou et al. [6] for the storage temperatures in the range of 4 and 15°C. These results demonstrated that the modified Gompertz and Baranyi models integrated with one-step modelling approach gave better prediction performance compared to the estimated minimum bacterial populations previously reported by Lytou et al. [6].

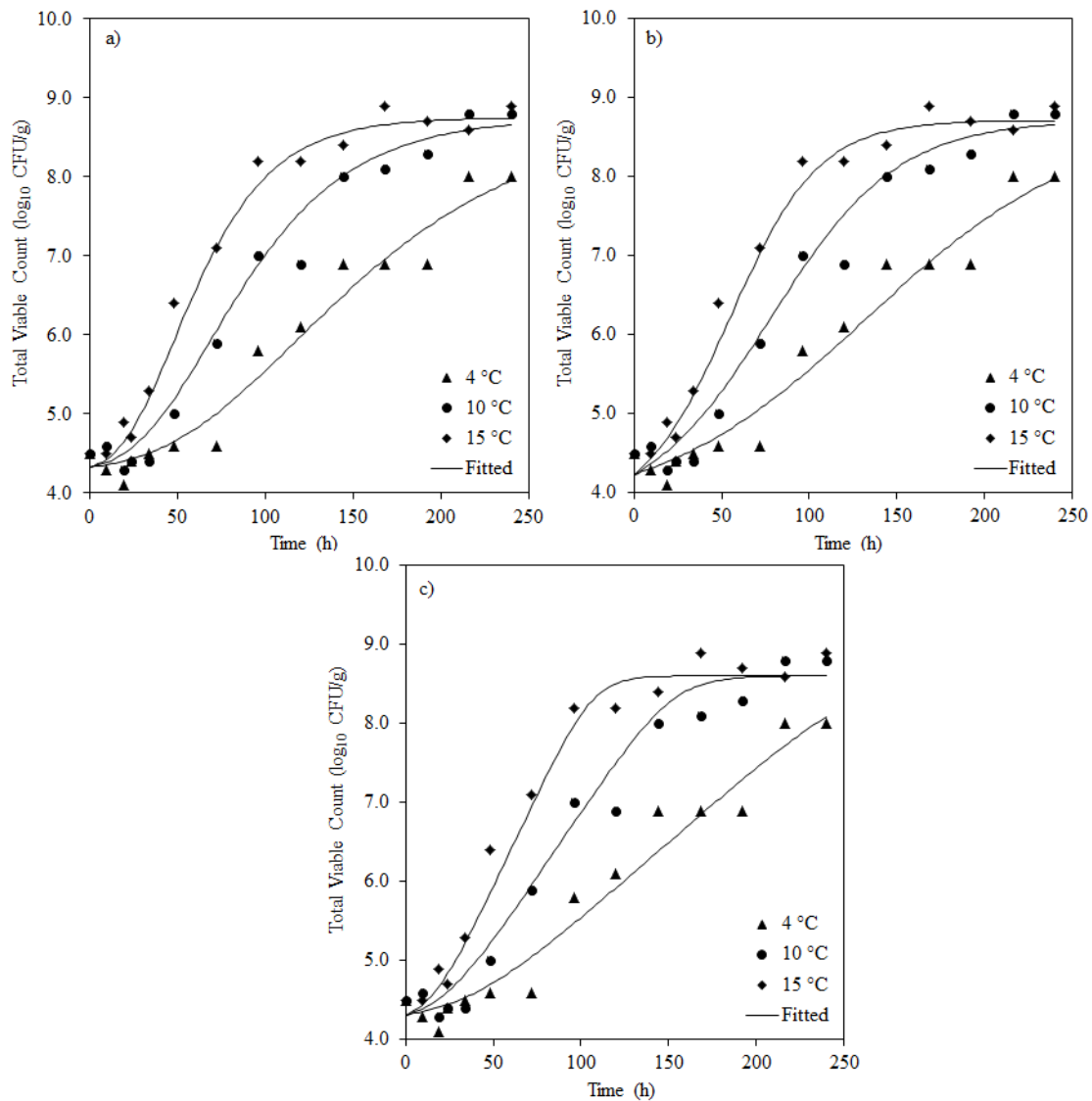


Figure 3. Growth data of TVC in marinated chicken meat aerobically stored at 4, 10 and 15°C to fit to the (a) modified Gompertz model, (b) modified logistic model and (c) Baranyi model using one-step modelling approach

Table 2. Parameters of the primary and secondary models used for the description of bacterial growth behaviour of TVC in the marinated chicken meat at different isothermal conditions based on the one-step modelling approach

Data Source	Primary Models	Model parameters ^a					RMSE	adjusted-R ²
		X ₀ (log ₁₀ CFU/g)	X _{max} (log ₁₀ CFU/g)	T ₀ (°C)	b ₁	b ₂		
Lytou et al. [6]	Modified Gompertz	4.29±0.12	8.75±0.11	-15.49±1.54	7.57 × 10 ⁻³ ±5.73 × 10 ⁻⁴	0.92±0.28	0.254	0.979
	Modified Logistic	3.73±0.30	8.72±0.11	-15.71±1.65	7.25 × 10 ⁻³ ±5.77 × 10 ⁻⁴	0.22±0.49	0.273	0.975
	Baranyi	4.32±0.11	8.61±0.10	-15.84±1.60	7.03 × 10 ⁻³ ±5.44 × 10 ⁻⁴	0.73±0.27	0.283	0.973

^a Estimated values ± standard errors. RMSE: root mean square error; adjusted-R²: adjusted coefficient of determination.

With increasing the storage temperature from 4 to 15°C, the r_{max} increased from 0.022 to 0.053, from 0.020 to 0.050 and from 0.019 to 0.047 log₁₀ CFU/h for the modified Gompertz, modified logistic and Baranyi models, respectively (Figure 4a). On the other hand, estimated λ values decreased from 42.4 to 17.3, from

10.9 to 4.5 and from 37.6 to 15.6, for the modified Gompertz, modified logistic, Baranyi models, respectively (Figure 4b). These results demonstrated that r_{max} of TVC chicken meat was considerably decreased and λ values started to be appeared with marination process.

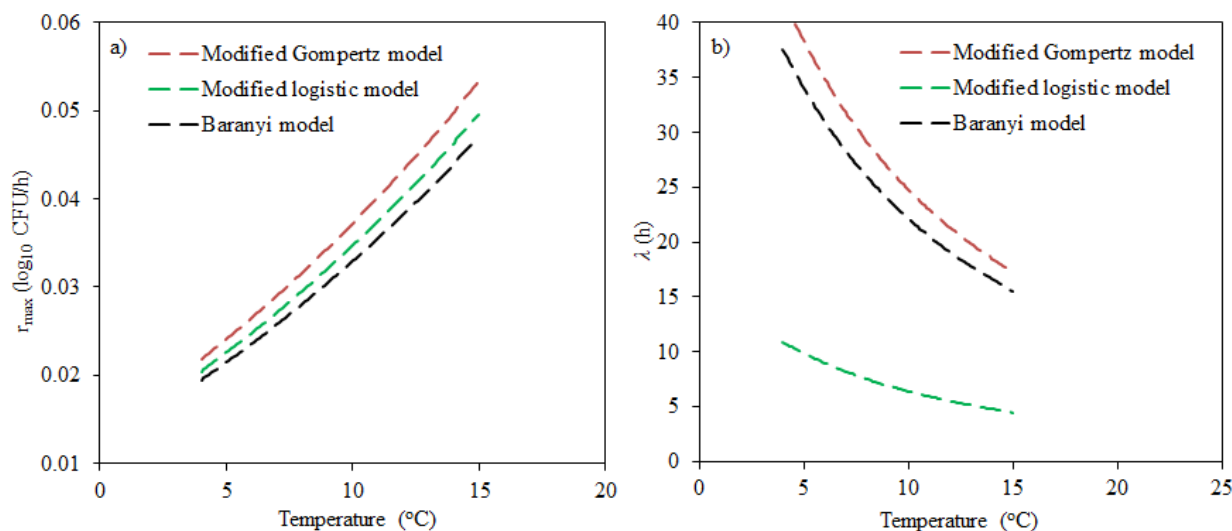


Figure 4. Values of (a) the maximum growth rate (r_{max}) and (b) the lag phase duration (λ) of TVC in marinated chicken meat as a function of storage temperature estimated using the Ratkowsky model

RMSE and adjusted- R^2 were found to be lower than 0.283 and higher than 0.973, for each global model. The coefficient of determination (R^2) was reported as maximum 0.963 (adjusted- $R^2 = 0.952$) for the model that are used by Lytjou et al. [6]. These results revealed that each of the global models used in this work gave better goodness of fit than the model developed by Lytjou et al. [6] to simulate growth data of TVC in aerobically-stored marinated chicken meat.

Validation of the Global Models

The observed growth data of TVC in aerobically-stored raw and marinated chicken meat were compared the predicted growth data with the global models involving the modified Gompertz, modified logistic and Baranyi models (Figure 5). As can be seen from the Figure 5, each of the global models successfully described the observed growth data of TVC in aerobically-stored raw and marinated chicken meat.

However, verification of the models that are developed in the predictive food microbiology is required for the purpose of employing reliably them to be simulation tool; therefore the prediction power of the global models was evaluated with the indices of RMSE. For the validation step, independent maximum growth rate data of TVC were collected from the work of Dominguez and Schaffner, [5] conducted for the chicken meat aerobically-stored at the temperature between 5 and 15°C. The maximum growth data were predicted via the all global models involving different primary models, and they were compared with the experimentally observed the maximum growth data published [5] (Table 3). RMSE values were found to be 4.88×10^{-2} , 4.92×10^{-2} and 5.11×10^{-2} for the modified Gompertz, modified logistic and Baranyi models, respectively. These results confirmed that the one-step modelling approach exhibited considerably improved prediction power no matter which primary model is used. As the spoilage of chicken meat is directly linked with TVC population, the validated global model involving the modified Gompertz model exhibited a high potential as a prediction tool to be employed for the prediction of chicken meat spoilage.

Table 3. Predicted and observed TVC growth rates in the raw chicken meat at different isothermal conditions.

Storage temperature (°C)	Observed r_{max} (\log_{10} CFU/h) ^a		Predicted r_{max} (\log_{10} CFU/h) ^b		
			Modified Gompertz	Modified logistic	Baranyi
5	0.0251	0.0267	0.0461	0.0458	0.0380
7	0.0394	0.0549	0.0602	0.0602	0.0502
10	0.0435	0.0522	0.0850	0.0854	0.0715
12	0.0779	0.2424	0.1039	0.1046	0.0879
15	0.1268	0.1365	0.1358	0.1372	0.1156

^a Observed and predicted r_{max} values (\log_{10} CFU/h) obtained from Dominguez and Schaffner, [5].

^b Predicted r_{max} values (\log_{10} CFU/h) calculated with different one-step modelling approach

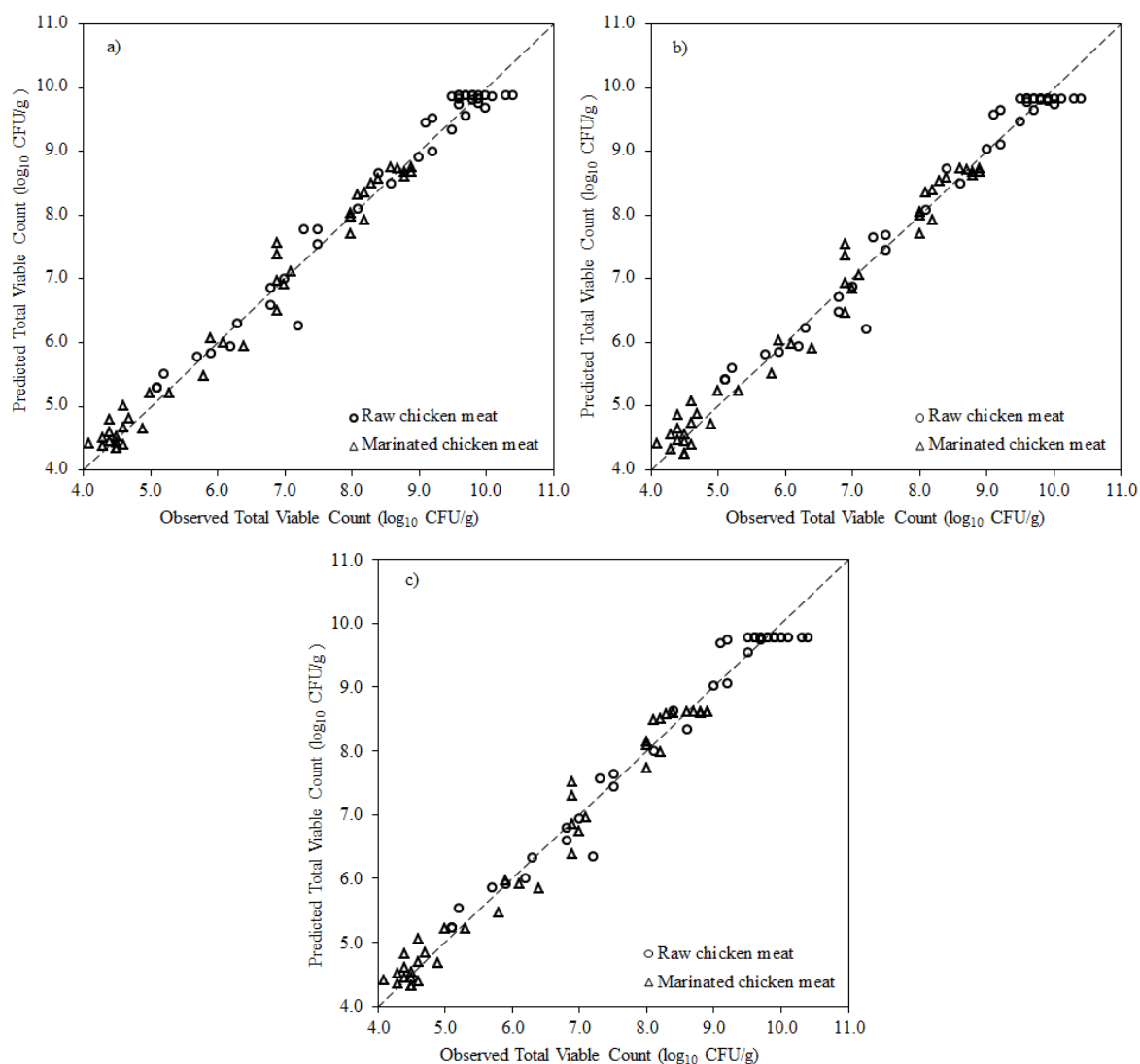


Figure 5. The correlation between observed TVC populations in chicken meat aerobically stored at 4, 10 and 15°C and the fitted TVC populations with (a) modified Gompertz model, (b) modified logistic model and (c) Baranyi model using one-step modelling approach.

CONCLUSIONS

The one-step modelling approach improved the prediction capability of all of the primary models which were published for the quantitative description of TVC population in aerobically-stored chicken meat. However, the modified Gompertz model has the best goodness of fit to predict the TVC population as a function of time and storage temperature if their initial population is known for raw and marinated chicken meat. Therefore, one-step modelling approach involving the modified Gompertz model has a high potential to be used as a prediction tool for the detection of chicken meat spoilage based on TVC population.

REFERENCES

- [1] Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P. (2009). Springer food chemistry 4th revised and extended edition. *Annual Review of Biochemistry*, 81, 79–655.
- [2] Grau R., Sánchez A.J., Girón J., Iborra E., Fuentes, A., Barat J.M. (2011). Nondestructive assessment of freshness in packaged sliced chicken breasts using SW-NIR spectroscopy. *Food Research International*, 44, 331–337.
- [3] Ghollasi-Mood F., Mohsenzadeh M., Hoseindokht M.R., Varidi M. (2017). Quality changes of air-packaged chicken meat stored under different temperature conditions and mathematical modelling for predicting the microbial growth and shelf life. *Journal of Food Safety*, 37, 12331.
- [4] Falkovskaya A., Gowen A. (2020). Literature review: spectral imaging applied to poultry products. *Poultry Science*, 99, 3709–3722.
- [5] Dominguez S.A., Schaffner D.W. (2007). Development and validation of a mathematical model to describe the growth of pseudomonas spp. in raw poultry stored under aerobic conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 120, 287–295.
- [6] Lytou A., Panagou E.Z., Nychas G.J.E. (2016). Development of a predictive model for the growth

- kinetics of aerobic microbial population on pomegranate marinaded chicken breast fillets under isothermal and dynamic temperature conditions. *Food Microbiology*, 55, 25–31.
- [7] Valero A., Pérez-Rodríguez F. (2013). Predictive Microbiology in Foods. Springer, New York.
- [8] Whiting R.C. (1995). Microbial modeling in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35, 467–494.
- [9] Ratkowsky D.A., Olley J., McMeekin T.A., Ball A. (1982). Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures. *Journal of Bacteriology*, 149, 1–5.
- [10] Zwietering M.H., De Wit, J.C., Cuppers H.G.A.M., Van't Riet K. (1994). Modeling of bacterial growth with shifts in temperature. *Applied and Environmental Microbiology*, 60, 204–213.
- [11] Huang L. (2017). IPMP Global Fit–A one-step direct data analysis tool for predictive microbiology. *International Journal of Food Microbiology*, 262, 38–48.
- [12] Swinnen I.A.M., Bernaerts K., Dens E.J., Geeraerd A.H., Van Impe J.F. (2004). Predictive modelling of the microbial lag phase: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94, 137–159.
- [13] Martino K.G., Marks B.P. (2007). Comparing uncertainty resulting from two-step and global regression procedures applied to microbial growth models. *Journal of Food Protection*, 70, 2811–2818.
- [14] Jewell K. (2012). Comparison of 1-step and 2-step methods of fitting microbiological models. *International Journal of Food Microbiology*, 160, 145–161.
- [15] Hereu A., Dalgaard P., Garriga M., Aymerich T., Bover-Cid S. (2014). Analysing and modelling the growth behaviour of *Listeria monocytogenes* on RTE cooked meat products after a high pressure treatment at 400 MPa. *International Journal of Food Microbiology*, 186, 84–94.
- [16] Manthou E., Tarlak F., Lianou A., Ozdemir M., Zervakis G.I., Panagou E.Z., Nychas G.J.E. (2019). Prediction of indigenous *Pseudomonas* spp. growth on oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) as a function of storage temperature. *LWT- Food Science and Technology*, 111, 506–512.
- [17] Huang L. (2015). Direct construction of predictive models for describing growth of *Salmonella* Enteritidis in liquid eggs–A one-step approach. *Food Control*, 57, 76–81.
- [18] Huang L. (2016). Mathematical modeling and validation of growth of *Salmonella* Enteritidis and background microorganisms in potato salad–One-step kinetic analysis and model development. *Food Control*, 68, 69–76.
- [19] Zwietering M.H., Jongenburger I., Rombouts F.M., van't Riet K. (1990). Modeling of the bacterial growth curve. *Applied and Environmental Microbiology*, 56, 1875–1881.
- [20] Baranyi J., Roberts T.A. (1994). A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. *International Journal of Food Microbiology*, 23, 277–294.
- [21] Juneja V.K., Melendres M.V., Huang L., Subbiah J., Thippareddi H. (2009). Mathematical modeling of growth of *Salmonella* in raw ground beef under isothermal conditions from 10 to 45 C. *International Journal of Food Microbiology*, 131, 106–111.
- [22] Lianou A., Moschonas G., Nychas G.J.E., Panagou E.Z. (2018). Growth of *Listeria monocytogenes* in pasteurized vanilla cream pudding as affected by storage temperature and the presence of cinnamon extract. *Food Research International*, 106, 1114–11.

Quality Characteristics of Biscuits Fortified with Pomegranate Peel

Unkan Urganci , Fatma Isik  

Pamukkale University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Kınıklı, TR-20020 Denizli, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 13.02.2021, Accepted (Kabul Tarihi): 24.04.2021

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): fisik@pau.edu.tr (F. Isik)

☎ +90 258 296 31 11 📠 +90 258 296 32 62

ABSTRACT

In this study, some chemical, physical and sensory properties of biscuits prepared with various substitution ratios (0, 6, 12 and 18%) of pomegranate peel were determined. To this end, pomegranate peel substitution did not cause a significant alteration in the protein, fat and ash contents of the biscuits. Results show that the antioxidant activity (from 5.06 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ to 288.38 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$), total phenolic content (from 56.49 mg GAE/100g to 1108.35 mg GAE/100g), soluble, insoluble and total dietary fiber contents (from 1.93% to 9.31%) of the biscuits increased significantly by increase of the substitution ratio of pomegranate peel powder (PPP) in the formulation. Hardness decreased significantly with PPP addition in biscuits. It was observed a decrease in *L* and *b* color values and an increase in *a* values of biscuits by increase in the ratio of pomegranate peel substitution. The PPP added samples revealed bigger air cells compared to the control samples in the internal SEM micrographs. In sensory analyses, no significant differences in sensory parameters except taste and overall acceptance of biscuits were observed. Moreover, the panelists confirmed that they felt a more sour and bitter taste in biscuits prepared with 18% pomegranate peel powder and it was considered to be the reason of the decrease in sensory scores. Therefore, it is advised not to exceed 12% pomegranate peel powder substitution in biscuits.

Keywords: Antioxidant, Biscuits, Dietary fiber, Pomegranate peel, Sensory analysis

Nar Kabuğu ile Zenginleştirilmiş Bisküvilerin Bazı Kalite Karakteristikleri

ÖZ

Bu çalışmada çeşitli oranlarda (%0, 6, 12, 18) nar kabuğu ikame edilmiş bisküvilerin bazı kimyasal, fiziksel ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Nar kabuğu ikamesinin, bisküvilerin protein, yağ ve kül değerlerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür. Formülasyondaki nar kabuğu ikame oranının artmasıyla bisküvilerin antioksidan aktivite (5.06 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ 'dan 288.38 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ 'a), toplam fenolik madde miktarı (56.49 mg GAE/100g'dan 1108.35 mg GAE/100g'a), suda çözünür, suda çözünmez ve toplam diyet lifi miktarlarının (%1.93'ten %9.31'e) arttığı, sertlik değerlerinin ise nar kabuğu ikamesiyle azaldığı tespit edilmiştir. Nar kabuğu ikame oranının artmasıyla bisküvilerin *L* ve *b* değerlerinde azalma olurken *a* değerinin ise arttığı görülmüştür. SEM analizi sonucunda, nar kabuklu bisküvilerde, kontrol bisküviler göre daha büyük hava boşlukları olduğu saptanmıştır. Duyusal analizler sonucunda ise, tat ve genel beğeni parametreleri dışındaki diğer parametrelerde nar kabuğu ilavesinin önemli bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, panelistler %18 nar kabuğu içeren bisküvilerde ekşi ve acı bir tat hissettiklerini bildirmişlerdir, bu durumun duyuşal değerlendirme skorlarındaki azalmanın nedeni olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle bisküvi üretiminde nar kabuğu ikame oranının %12'nin üzerine çıkılmaması gerektiği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, Bisküvi, Diyet lifi, Nar kabuğu, Duyusal analiz

INTRODUCTION

Pomegranate (*Punica granatum* L.) belongs to the family of *Punicaceae* and is a widely grown horticulture crop in tropical and subtropical countries [1]. Over 1000 cultivars of pomegranate exist and are originated in Iran, and spread to the Mediterranean countries, eastward to China and India, then onto Middle and South America [2]. Pomegranate is also native to Turkey, and it is one of the biggest pomegranate producers in the World with 537,847 tons/year produced in 2018 only [3].

In addition to fresh consumption of the pomegranate, it is also processed to further goods such as juice, wine, jam and sour sauce [1]. During the pomegranate processing, 50% of the fruit is discarded as waste [4]. Due to the kind of the pomegranate, 26-40% of the whole fruit is peel [5]. Pomegranate peel is used as fertilizer, or in the best case, as animal feed with no significant added value. However, pomegranate peel is considered one of the most valuable by-products of the entire food industry [4].

The high level of antioxidant activity of pomegranate peel was proven in many studies [5-8]. Pomegranate peel is rich in phenolic compounds that show antioxidant activity, especially flavonoids (anthocyanins, catechin and other complex flavonoids) and tannins (punicalin, punicalagin, gallic acid and ellagic acid) [9]. Several studies showed that intake of phenolics in pomegranate peel is effective on to reduce cardiovascular diseases, neurological disorders, cancer varieties, dermatological disorders and cataract risks [10-14].

In addition to its high level of antioxidant activity, pomegranate peel is also a great source of dietary fiber (with 33.10–62.09 g/100g) and rich in some minerals (Ca, K, and Mg) [4, 15]. There are lots of research on to produce bakery products rich in antioxidants and dietary fiber with the use of by-products of fruit process [16-21]. Pomegranate peel received great interest by researchers due to its bioactive components rich composition. Topkaya and Isik [5] used pomegranate peel in muffins, Cam et al. [22] in ice cream preparation, Ismail et al. [15] and Prithwa and Sauryya [23] used the peels in cookies production.

Baked goods are either ready-to-eat or pre-processed and can be consumed with some additional further processes products that are obtained from cereal flours. Biscuits are the most consumed baked goods worldwide thanks to its nutritional value, ready-to-it packages, being relatively cheap and the ability to be produced in various flavors and aromas. The main ingredients used for biscuits making are wheat flour (WF), oil, sugar, water and baking powder. In addition, various additives such as flavoring and texturizing agents, antioxidants, milk and milk powder, colorants and enzymes can be added to the biscuit formulation [24].

With this background, it was aimed to investigate the use of pomegranate peel in biscuit production and to determine the changes of chemical, physical, microstructural and sensory properties of biscuits.

MATERIAL and METHODS

Materials

WF (Söke Un, Aydin, Turkey), margarine (Orkide, İzmir, Turkey), sugar (Torku, Konya, Turkey), salt (Horoz Tuz, Denizli, Turkey) and baking powder (sodium bicarbonate and sodium acid pyrophosphate) (Dr. Oetker, İzmir, Turkey) used in this study were purchased from local markets in Denizli, Turkey. Pomegranate (*Punica granatum* L. cv.) was collected from local producers.

Preparation of Pomegranate Peel Powder (PPP)

Pomegranates were washed in tap water and they were peeled by a knife and the peels were dried in a cabinet dryer (Yucebas Machine Analytical Equipment Industry, Izmir, Turkey) at 50°C until the peels reached below 10% moisture content. The dried peels were ground in a blender (Waring Commercial Products, Stamford, USA) and sieved in a 500 µm particle size sieve (Mesh No. 35, Retsch, Haan, Germany). Ground peels were stored in LDPE bags (Koroplast, Istanbul, Turkey) at -18°C (Hotpoint Ariston, UPS1711, Turkey) for further use.

Production of Biscuits

The biscuits were prepared according to the procedure of Turan et al. [25] with modifications. The PPP ratios in the formulation were decided in the light of preliminary experiments and the PPP addition was kept under 20% due to the bitter taste. The formulations that followed in the biscuit production were given in Table 1. Biscuits contain PPP were prepared by substituting 6, 12 and 18% of WF in the formulation. All the ingredients were mixed for 5 min. at a medium speed in a kitchen robot (Kenwood KMM060, UK) and the obtained dough was rolled out approximately 2 cm thick with a dough roller (Kitchenaid KSMPRA, USA) and cut into 5x5 cm squares. The shaped biscuit doughs were baked at 200°C for 10 min. in an oven (Ozkoseoglu Oven, Turkey). After cooling in room temperature, samples were packed in LDPE bags for further analyses. Photograph of the biscuits after baking was shown in Figure 1.

Proximate Composition

The moisture, ash, crude protein and crude fat contents of samples were measured according to the methods of AOAC [26]. Dietary fiber content of the samples was determined with using a fiber assay kit (Megazyme K-TDFR, Wicklow, Ireland) as given in Ozgoren et al. [27].

Mineral Matter Composition

The minerals (P, K, Ca, Mg, Fe, Zn and Mn) of biscuits and raw materials were determined by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES, Perkin Elmer, Optima 2100 DV model, Massachusetts, USA) with following the method that Kacar and Inal [28] and Boss and Freeden [29] reported.

Table 1. Formulations of biscuits

Ingredients (g)	C	PP6	PP12	PP18
Wheat flour (WF)	100.00	94.00	88.00	82.00
Pomegranate peel powder (PPP)	0.00	6.00	12.00	18.00
Margarine	35.00	35.00	35.00	35.00
Sugar	35.00	35.00	35.00	35.00
Salt	0.70	0.70	0.70	0.70
Baking Powder	0.50	0.50	0.50	0.50
Water	50.00	55.00	60.00	65.00

C: Control biscuit, PP6: 6% of WF was substituted with PPP, PP12: 12% of WF was substituted with PPP, PP18: 18% of WF was substituted with PPP.

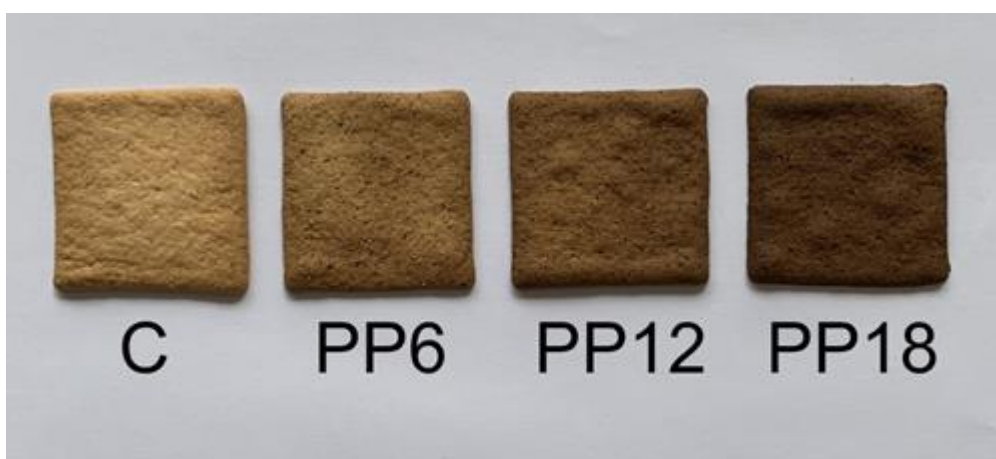


Figure 1. Photograph of biscuits after baking (C: Control biscuit, PP6: 6% of wheat flour (WF) was substituted with pomegranate peel powder (PPP), PP12: 12% of WF was substituted with PPP, PP18: 18% of WF was substituted with PPP)

Total Phenolic Content and Antioxidant Activity

For the extraction of phenolics the method used in Ozgoren et al. [27] was used. Total phenolic content of the samples was measured with using Folin-Ciocalteu method [30]. The absorbances of the reaction mixtures were read at 760 nm by T80 UV/VIS Spectrometer (PG Instruments Ltd., Leicestershire, UK), and the results were expressed in milligrams gallic acid equivalent (GAE)/100 g dry basis.

Total antioxidant activity of samples was determined with using 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method

[31]. The absorbances were measured at 515 nm, the results were given in μmol Trolox equivalent (TE)/100 g dry basis.

Physical Properties

The color values of raw material and biscuit samples were measured by using Hunter Lab Miniscan XE colorimeter (Hunter Associates Laboratory, Reston, VA) [32]. The total difference in color (ΔE) was calculated with using the following equation:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

$$\Delta L = L_{\text{sample}} - L_{\text{control}}, \Delta a = a_{\text{sample}} - a_{\text{control}}, \Delta b = b_{\text{sample}} - b_{\text{control}}.$$

Yamauchi [33] described the ΔE values indicates visual color differences as noticeable (1.5–3.0, detectable by trained people), appreciable (3.0–6.0, detectable by ordinary people), large (6.0–12.0, large difference in the same color group) and extreme (over 12, another color group).

Textural properties of biscuits were evaluated with using three-point-bending test (TA-TPB) in a texture analyzer (Brookfield, CT3-4500, Massachusetts, USA). The maximum force recorded was referred to as the hardness of the biscuits. In the analysis, a whole biscuit was used, and the analyzer performed at 1.00 N trigger load, 2.00 mm/s test speed and 31.00 mm distance.

Microstructure Properties

In order to monitor the internal microstructure, biscuit samples were cracked and freeze-dried (Thermo Savant ModulyoD-230, USA) for 12 h. The freeze-dried samples were sputter-coated with gold in order to render them thermoelectrically conductive with using a high-vacuum coating machine (Q 150R ES, Quorum Technologies Ltd., UK) for 120 s. The internal microstructure of the biscuits was visualized with a field emission scanning electron microscope (FE-SEM) (Zeiss Supra 40 VP, Carl Zeiss GmbH, Germany) at 10 kV filament voltage. The

micrographs were taken at magnification of 200x for the crumb of the biscuits.

Sensory Evaluation

The sensory characteristics of the biscuits were evaluated as color, odor, hardness, taste, chewiness and overall acceptance by 48 untrained panelists from Pamukkale University (62% female, 38% male, aged from 18 to 51). The panelists scored the samples in a 7-point hedonic scale which a score of 7 = like extremely and 1 = dislike extremely. Each sample was labeled with randomly selected 3-digit numerical code. Before tasting each sample, the panelists were asked to rinse their mouths with water and eat a bite of unsalted cracker to refresh the taste sense.

Statistical Analysis

All data was analyzed with using "Minitab 13 Statistical Software". In order to determine statistical differences at

= 0.05, ANOVA (one-way analysis of variance) with Tukey's multiple comparison test was performed.

RESULTS and DISCUSSION

Proximate Composition of the Raw Materials

As seen from Table 1, WF and PPP are the raw materials which exist in different concentrations in the formulations of biscuits and could affect the compositions of biscuits in dry basis. So, the proximate compositions of WF and PPP were determined and are given in Table 2.

It was seen that PPP had higher amounts of fat, ash, total acidity, soluble, insoluble and total dietary fiber, antioxidant activity, total phenolic content and K, Ca, Mg minerals while WF had higher protein, pH and P, Fe, Zn, Mn minerals.

Table 2. Some properties of wheat flour and pomegranate peel powder

Parameters	Wheat Flour	Pomegranate Peel Powder
Protein (%)*	11.93±0.34	2.63±0.11
Fat (%)*	1.66±0.14	3.48±0.07
Ash (%)*	0.50±0.01	4.12±0.10
Total acidity (%)* (anhydrous citric acid)	0.19±0.01	7.55±0.16
pH	6.08±0.54	3.77±0.09
Soluble dietary fiber (%)*	1.39±0.02	8.15±0.12
Insoluble dietary fiber (%)*	1.50±0.22	35.34±0.40
Total dietary fiber (%)*	2.89±0.24	43.49±0.52
Antioxidant activity (µmol TE/100 g)*	2.31±1.04	4340.11±9.40
Total phenolic content (mg GAE/100 g)*	104.54±2.79	16160.19±124.45
P (ppm)*	1329.80±22.50	245.57±13.02
K (ppm)*	1785.60±24.30	12931.00±45.00
Ca (ppm)*	360.50±14.00	3160.50±80.50
Mg (ppm)*	442.30±13.30	772.00±30.05
Fe (ppm)*	111.36±3.31	86.11±4.49
Zn (ppm)*	10.86±0.90	4.54±0.60
Mn (ppm)*	9.01±1.10	5.07±0.52
Hunter color values		
<i>L</i>	89.00±0.03	53.08±0.04
<i>a</i>	-0.84±0.04	9.78±0.01
<i>b</i>	7.48±0.03	17.38±0.02

*: In dry matter basis

In previous studies on the chemical composition of pomegranate peel, it was reported that pomegranate peel contains 0.70-8.72% protein, 0.40-9.40% fat, 0.50-6.07% ash, 17.53-62.09% total dietary fiber and 8560-22656 mg GAE/100g total phenolic content [5, 34-40]. Mineral composition of PPP was determined in previous studies and they were ranged as K (2749.46-16237.41 ppm), P (33.96-330.30 ppm), Ca (645.70-11240.10 ppm), Mg (105.00-1644.47 ppm), Fe (18.33-210.3 ppm), Zn (4.0-16.20 ppm), Mn (4.50-16.40 ppm) minerals [37, 39-42]. The results of the pomegranate peel powder in the present study concur the previous findings.

As mentioned above, PPP contains substantial number of polyphenols such as tannins; ellagic acid and gallic acid as well as citric acid that effectuate most of the total acidity in PPP [43]. Linked to its acid composition, PPP showed higher amount of total acidity, and parallel to

this, had a lower pH value compared to WF. Ullah et al. [40] reported that PPP had 4.86 total acidity and 3.75 pH in their study.

It was determined that the PPP had higher *a* and *b* values and lower *L* value than the WF. Color *a* results of the raw material were thought to be linked to the water-soluble anthocyanins provide natural pink, red and purple color present in PPP. Also, higher *b* results could be due to the carotenoids in the PPP which cannot be eliminated by washing. In previous studies color values of PPP were found as *L* (53.85-90.68), *a* (7.23-41.12) and *b* (16.26-22.28) [5, 44, 45].

Proximate Composition of the Biscuits

Table 3 indicates some chemical properties of the biscuit samples. Although there were differences in the

crude protein, crude fat and crude ash results of the biscuits, these differences were not significantly ($p>0.05$) important. It was determined a great increase ($p<0.05$) in soluble and insoluble dietary fiber of the biscuits by increasing PPP ratio in the biscuit formulation, thus the total dietary fiber also increased directly. This result may be attributable to the higher level of dietary fiber content of PPP compared to the WF (Table 2). Dietary fiber consumption offers health

benefits including lower risk of cancer, coronary heart diseases, obesity, and gastrointestinal diseases [46, 47]. According to the U.S. Food and Drug Administration (FDA), recommended dietary fiber intake is 25 g per day for adults on a 2000 kcal diet. Hence, a portion (30 g) of PP18, PP12 and PP6 biscuits can deliver up to 11.17%, 10.60%, and 8.32% respectively of an adult's daily dietary fiber need, while it is 2.32% for C biscuit.

Table 3. Proximate composition of the biscuits

Parameters	C	PP6	PP12	PP18
Protein (%)*	6.66±1.02a**	6.46±0.44a	6.11±0.52a	5.76±0.89a
Fat (%)*	17.90±0.80a	18.22±1.20a	18.94±0.32a	19.23±1.20a
Ash (%)*	1.98±0.14a	2.02±0.08a	2.09±0.18a	2.16±0.10a
Total acidity (%)*	0.26±0.03d	0.67±0.13c	0.99±0.03b	1.35±0.03a
pH	6.26±0.02a	5.03±0.01b	4.62±0.04c	4.39±0.02d
Soluble dietary fiber (%)*	0.59±0.14c	1.17±0.24b	1.69±0.16ab	2.19±0.17a
Insoluble dietary fiber (%)*	1.35±0.32b	5.77±0.59a	6.63±0.43a	7.13±0.18a
Total dietary fiber (%)*	1.93±0.26c	6.93±0.52b	8.83±0.40ab	9.31±0.33a

*: Dry matter basis. **: Different letters within the column across the table show significant differences at $p<0.05$. C: Control biscuit, PP6: 6% of wheat flour (WF) was substituted with pomegranate peel powder (PPP), PP12: 12% of WF was substituted with PPP, PP18: 18% of WF was substituted with PPP

In the study performed for determination some chemical properties of cookies, Ismail et al. [15] enriched cookies with up to 7.5% of PPP and found a significant increase in crude dietary fiber of the cookies by PPP addition. The cookies with 7.5% PPP addition had over 6 times more crude dietary fiber than control biscuits. Omar and Mehder [48] added PPP up to 5% in flat bread formulation. The researchers found bread samples with 5% of PPP had 3.5 times more dietary fiber than the control breads. In another study, Topkaya and Isik [5] substituted WF with PPP up to 15% in muffin making, they evaluated the dietary fiber in muffins with 15% had almost 3 times more than control muffins.

Total acidity of the biscuits increased significantly ($p<0.05$) and corollary to this increase, pH decreased significantly ($p<0.05$). These changes were thought to be related with the total acidity and pH values of raw

material PPP (Table 2). Similar results were found by El-Batawy et al. [49] who fortified yoghurt with PPP and Cam et al. [50] who fortified ice cream with PPP that were resulted an increase in acidity and a decrease in pH of the yoghurts and ice creams.

Mineral Matter of the Biscuits

K and Ca content of the biscuits increased significantly ($p<0.05$) and P content decreased significantly ($p<0.05$) by increasing PPP level in the biscuit formulation (Table 4). Nevertheless, there was no significant difference ($p>0.05$) in Mg, Mn, Zn and Fe content of the biscuits with PPP addition. The increase of K and Ca minerals in biscuits were considered to be related to the high level of K and Ca minerals present in PPP (Table 2).

Table 4. Mineral matter composition of the biscuits (mg/100 g)*

Parameters	C	PP6	PP12	PP18
P	131.13±3.76a**	133.13±3.90a	125.78±0.21ab	122.24±0.82b
K	125.22±2.09d	176.01±4.24c	224.51±2.61b	269.60±7.73a
Ca	62.39±1.56d	72.32±3.54c	86.40±0.39b	100.91±0.29a
Mg	26.04±0.74a	27.41±1.95a	28.71±0.13a	29.99±0.28a
Fe	4.76±0.39a	4.73±0.24a	4.26±0.13a	4.04±0.35a
Zn	0.52±0.14a	0.51±0.14a	0.49±0.00a	0.49±0.00a
Mn	0.74±0.14a	0.73±0.10a	0.70±0.12a	0.68±0.14a

*: Dry matter basis. **: Different letters within the column across the table show significant differences at $p<0.05$. (C: Control biscuit, PP6: 6% of wheat flour (WF) was substituted with pomegranate peel powder (PPP), PP12: 12% of WF was substituted with PPP, PP18: 18% of WF was substituted with PPP)

Minerals are known to be essential to support biochemical process in human body. Minerals play crucial role in regulation the functions of the circulation, nerve, muscle and skeletal systems. An adult need to take 3000 mg K and 1000 mg Ca daily [51]. According to our calculations, consuming 1 portion (30 g) of PP18 biscuit can deliver 2.16 times more of K and 1.62 times more of Ca daily intake need, than consuming 1 portion

of C biscuits. Topkaya and Isik [5] determined that K, Ca and Mg content of the muffin cakes increased significantly with PPP addition.

Antioxidant Activity and Total Phenolic Content Results

Antioxidant activity and total phenolic content values of the biscuits are given in Figure 2 and Figure 3.

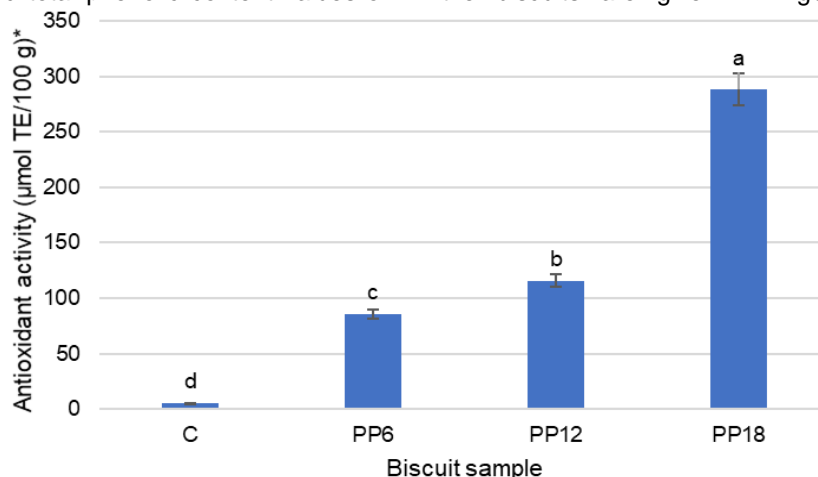


Figure 2. Antioxidant activity values of biscuits

*: In dry matter basis. Different letters (a, b, c and d) indicate statistical differences ($p < 0.05$). (C: Control biscuit, PP6: 6% of wheat flour (WF) was substituted with pomegranate peel powder (PPP), PP12: 12% of WF was substituted with PPP, PP18: 18% of WF was substituted with PPP).

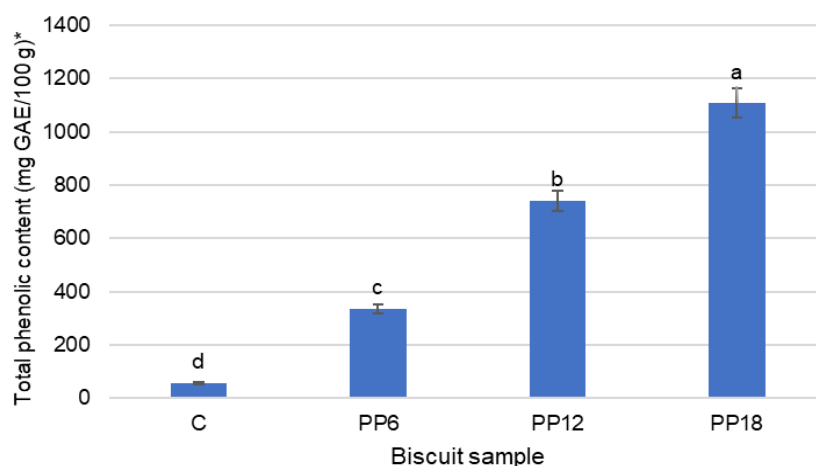


Figure 3. Total phenolic contents of biscuits

*: In dry matter basis. Different letters (a, b, c and d) indicate statistical differences ($p < 0.05$). C: Control biscuit, PP6: 6% of wheat flour (WF) was substituted with pomegranate peel powder (PPP), PP12: 12% of WF was substituted with PPP, PP18: 18% of WF was substituted with PPP.

The total phenolic content and antioxidant activity of biscuit samples were increased significantly ($p < 0.05$) by increasing of PPP ratio in the biscuit formulation. Phytochemicals are plants derived bioactive components and polyphenols are the main phytochemicals in PPP. The major class of these polyphenols are mainly flavonoids (flavanols, flavonols and anthocyanins), condensed tannins and hydrolysable tannins (ellagitannins and gallotannins). The main group from ellagitannins in PPP is punicalagin that produces ellagic acid, punicalin and gallic acid by both enzymatic and non-enzymatic hydrolysis. In addition to phytochemicals, PPP contains organic acids, alkaloids, phenolic acids, triterpenoids and sterols. It was reported the share of punicalagin is to be 80-85% (w/w) and followed by ellagic acid with 1.3% of the total phenolics in PPP. 92% of the antioxidant activity of PPP is provided by these ellagitannins [52, 53]. In this aspect, it

is considered that higher level of antioxidant activity and total phenolic content of biscuit includes PPP were associated with high phenolic content of PPP (Table 2). These results occur with the findings of Prithwa and Sauryya [23], who reported that enriching cookies with 2.5, 5, 7.5 and 10% of PPP caused significant increase in total phenolic content and antioxidant activity values.

Biscuit Hardness

Hardness analysis results of the biscuits were given in Figure 4. Gluten network presents in WF is the mainly responsible component in hardness of biscuits [54]. The hardness value which is related the force necessary to break the biscuits decreased by addition of PPP. While the hardness value of control sample was 9.62 ± 1.52 N, PP18 biscuits had 4.12 ± 0.98 N hardness results. Silva et al. [55] reported that the decrease in network created

by gluten can cause a weak and fragile structure. It is considered that these results were related to decrease of total gluten content of biscuits as a result of PPP

substitution. Similar conclusions were reached by researchers who replaced WF with tomato seed and Jerusalem artichoke powders in crackers [5, 27].

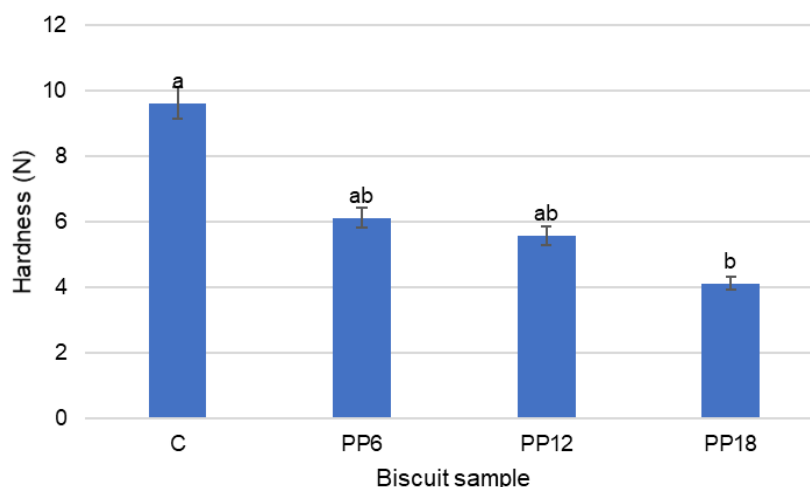


Figure 4. Hardness results of biscuits*

*: Different letters (a and b) indicate statistical differences ($p < 0.05$). C: Control biscuit, PP6: 6% of wheat flour (WF) was substituted with pomegranate peel powder (PPP), PP12: 12% of WF was substituted with PPP, PP18: 18% of WF was substituted with PPP.

Color Results of Biscuits

The applied PPP substitution had also a significant effect upon the color of biscuits samples (Table 5.). It was inevitable that color values of raw material change the color of final product (Table 2). The color of biscuits became significantly darker with PPP substitution, the lowest *L* value was assayed in PP18 (39.31) while C biscuits was the brightest (77.21). PPP addition also caused an increase in redness in biscuits as expected due to the anthocyanidin content of PPP, the highest *a* value was evaluated in PPP18 (9.58) while C biscuits had 2.41. In contrary, *b* values (yellowness/blueness) of biscuits decreased significantly (14.58 for PP18, 21.04

for C biscuits). These changes were also observed in the appearance of biscuits, control biscuits were bright yellowish while PP18 biscuits were dark red-brownish. It is known that anthocyanidins change color in different pH and temperatures [56, 57]. Hence it was thought that the changes in *b* values occurred due to the changes in anthocyanidins. An increase in *a* value and a decrease in *L* and *b* values in crumb color were also observed by Topkaya and Isik [5] after replacing 5-15% of WF with PPP. However, in the same study, the researchers found a decrease in *a* value of the crust color. They reported that the redness might be masked by Maillard reactions occurred during baking.

Table 5. Color results of the biscuits

Biscuit sample	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	ΔE
C	77.21±1.20a*	2.41±0.98b	21.04±1.20a	
PP6	57.10±1.04b	5.30±0.79ab	19.06±0.84ab	18.26±0.49c
PP12	49.83±0.87c	8.87±1.20a	17.69±0.99ab	31.90±1.14b
PP18	39.31±0.98d	9.59±1.04a	14.58±0.90b	40.66±1.10a

*: Different letters within the column across the table show significant differences at $p < 0.05$. C: Control biscuit, PP6: 6% of wheat flour (WF) was substituted with pomegranate peel powder (PPP), PP12: 12% of WF was substituted with PPP, PP18: 18% of WF was substituted with PPP

The ΔE results indicate the color differences between the C biscuits and biscuits with PPP. It was determined that PPP addition caused a significant ($p < 0.05$) increase in ΔE results. According to the Handbook of Colour science [33], all biscuit samples with PPP enrichment can be classified as “extreme, another color group”. These findings concur with the results of Essa and Mohamed [44] who enriched spaghetti with 3.0, 5.0 and 7.0% PPP and calculated ΔE values 17.15, 21.67 and 25.99 respectively.

SEM Results

SEM annexes a unique approach to research of food materials and allows to examine the surface and the internal structure at low magnification in food systems, especially baked goods [58]. In this study, microstructural analyses using SEM were carried out to examine and characterize the biscuit microstructure formed using different ratios of PPP in the formulation. Figure 5 indicates the SEM micrographs of the biscuits.

According to the SEM micrographs, internal microstructure was changed with PPP addition. It was seen that C biscuits revealed relatively greater uniform and compact structure while PP18 biscuits had big pores in the crumb. The internal microstructure of PPP incorporated biscuits showed a severe disrupted gluten protein matrix due to the replacement of WF with high dietary fiber. Thus, the biscuit samples showed an increasing open structure consisting of gaps in between layers with increasing PPP which in turn resulted a poor

texture. This was also indicated in the texture analysis (Figure 4), as the hardness of biscuits decreased due to the PPP ratio in the formulation. Similar conclusions were reached by Jia et al. [59] who enriched biscuits with high dietary fiber rice bran up to 10.8%. The researchers reported that defatted rice bran addition caused torn and loose biscuit microstructure which also resulted a decrease in biscuit hardness.

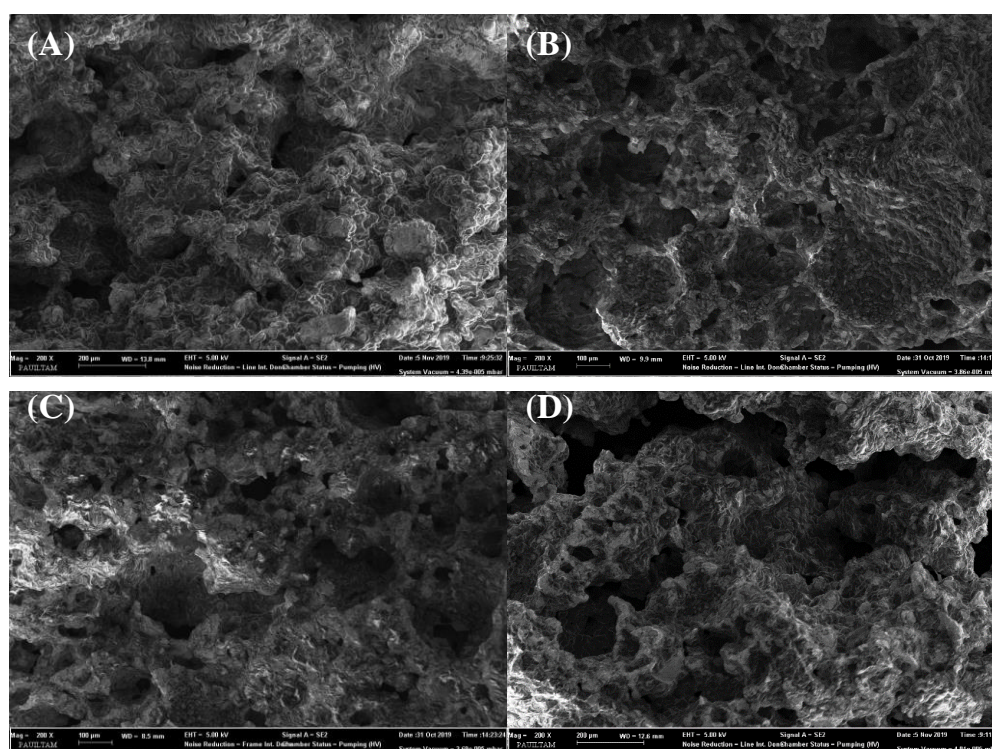


Figure 5. SEM micrographs of biscuits (200x). (A): Control, (B): 6% of wheat flour (WF) was substituted with pomegranate peel powder (PPP), (C): 12% of WF was substituted with PPP, (D): 18% of WF was substituted with PPP.

Sensory Evaluation Results

The sensory scores of biscuits were given in Figure 6. Even though the darkness (Figure 6) of biscuits increased significantly ($p < 0.05$) with PPP substitution, the decrease in sensorial color scores of samples were not statistically ($p > 0.05$) different. Similar results were seen in sensorial hardness of biscuits. Although the three-point-bending hardness results of the biscuits showed that the PPP substitution caused a decrease in biscuit hardness (Figure 4), there was no significant ($p > 0.05$) differences in sensorial hardness scores. Additionally, all biscuits samples received statistically similar ($p > 0.05$) odor and chewiness scores. Taste is one of the most important characteristics in biscuit acceptability. However, PP18 biscuits received significantly lower ($p < 0.05$) scores than C and PP6 biscuits. It was considered that the phenolics in PPP occurred an acidic taste in PP18 biscuits and it affected the taste scores. Thus, the panelists expressed that there was a slight bitterness and sourness in PP18 biscuits. In previous studies, it was expressed that high

citric acid [60] and low pH can cause sourness in foods [61]; hence, the panelist opinions about sourness can be related to the citric acid content and low pH value of the PPP (Table 2). The overall acceptability scores of the biscuits were also parallel with taste.

CONCLUSION

In this study, it was aimed to determine the chemical, physical and sensorial properties of widely consumed biscuits substituted with PPP, which is edible but considered as waste, as well as to gain added value to the peels. PPP substitution did not cause any differences ($p > 0.05$) in crude protein, crude ash and crude fat of the biscuits. With the increase of PPP rate in formulation, dietary fiber, total phenolics and antioxidant capacity increased significantly ($p < 0.05$). As a result, enriching biscuits with PPP in terms of making functional biscuits goal was met. In sensory analysis, some panelists expressed that there was a slight sourness and bitterness in PP18 biscuits and PP18 received significantly ($p < 0.05$) lower taste and overall acceptance

scores. Therefore, it is recommended not to increase PPP substitution rate up to 18% in the formulation. In conclusion, in the light of success in sensorial acceptance of biscuits PP6 and PP12, the possibility to use of PPP in biscuits to increase nutritional values was proven. Moreover, PPP will be promoted as human feed and will gain added value more than as a waste.

Furthermore, the utilization of PPP will help to decrease environmental pollution. The authors believe that PPP can be used in other foods, especially in sweet baked goods as well as sweeter products such as jams and juices that can mask the bitter taste. More studies are needed to investigate other possible usages of PPP.

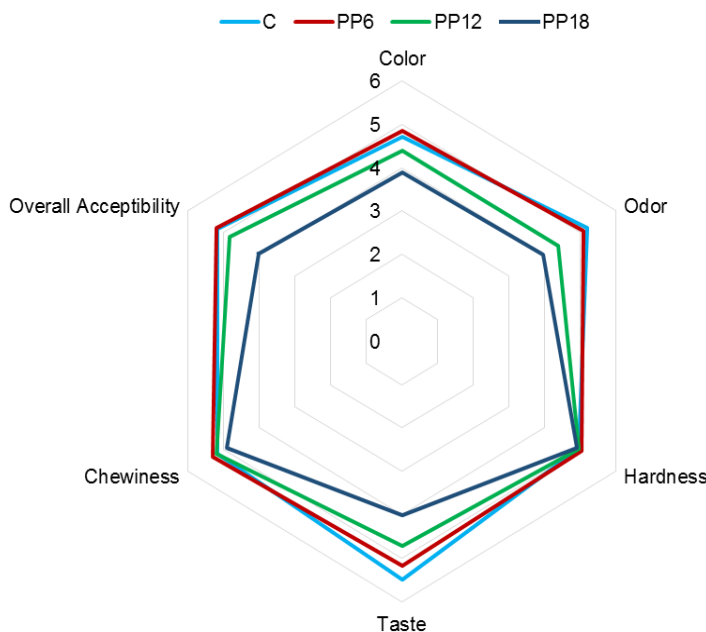


Figure 6. Sensory scores of biscuits

C: Control biscuit, PP6: 6% of wheat flour (WF) was substituted with pomegranate peel powder (PPP), PP12: 12% of WF was substituted with PPP, PP18: 18% of WF was substituted with PPP

ACKNOWLEDGEMENT

This work was funded by Pamukkale University, Unit of Scientific Research Projects, Turkey (Project No: 2017 FEBE 038).




REFERENCES

- Gundogdu, M., Yilmaz, H., Canan, I. (2015). Physicochemical characterization of pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties and genotypes. *International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences*, 1(2), 57-65.
- Fadavi, A., Barzegar, M., Azizi, M.H., Bayat, M. (2005). Note. Physicochemical composition of ten pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in Iran. *Food Science and Technology International*, 11(2), 113-119.
- TUIK (2019). Vegetal Products Statistics (in Turkish). Turkish Statistical Institute, Turkey.
- Hasnaoui, N., Wathélet, B., Jimenez-Araujo, A. (2014). Valorization of pomegranate peel from 12 cultivars: dietary fibre composition, antioxidant capacity and functional properties. *Food Chemistry*, 160, 196-203.
- Topkaya, C., Isik, F. (2019). Effects of pomegranate peel supplementation on chemical, physical and nutritional properties of muffin cakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43, e13868.
- Apaydin, E. (2008). Changes in Antioxidant Activity of Pomegranate Juice Concentrate. Master thesis, Ankara University, Ankara.
- Guo, C., Yang, J., Wei, J., Yunfeng, L., Xu, J., Jiang, Y. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23, 1719-1726.
- Demir, T., Akpınar, Ö., Kara, H., Gungor, H. (2019). Nar (*Punica granatum* L.) kabuğunun in vitro antidiyabetik, antienflamatuar, sitotoksik, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi. *Academic Food Journal*, 17(1), 61-71.
- Ismail, T., Sestili, P., Akhtar, S. (2012). Pomegranate peel and fruit extracts: a review of potential anti-inflammatory and anti-infective effects. *Journal of Ethnopharmacology*, 143, 397-405.
- Aizawa, K., Inakuma, T. (2007). Quantitation of carotenoids in commonly consumed vegetables in Japan. *Food Science and Technology Research*, 13(3), 247-252.
- Elmastas, M., Gerçekcioglu, R. (2006). Antioxidant activity of some soft fruits species. *II. National Soft Fruits Symposium*, September 14-16, 2006, Tokat, Turkey, Book of Proceedings, 295-298p.
- Karakaya, S., El, S.N. (2006). Total phenols and antioxidant activities of some herbal teas and in vitro bioavailability of black tea polyphenols. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 23(1), 1-8.

- [13] Ozkan, G., Gokturk Baydar, N. (2006). A direct RP-HPLC determination of phenolic compounds in Turkish red wines. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 19(2), 229-234.
- [14] Sikora, E., Cieslik, E., Topolska, K. (2008). The sources of natural antioxidants. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 7(1), 5-17.
- [15] Ismail, T., Akhtar, S., Riaz, M., Ismail, A. (2014). Effect of pomegranate peel supplementation on nutritional, organoleptic and stability properties of cookies. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(6), 661-666.
- [16] Al-Sayed, H.M.A., Ahmed, A.R. (2013). Utilization of watermelon rinds and sharlyn melon peels as a natural source of dietary fiber and antioxidants in cake. *Annals of Agricultural Science*, 58(1), 83-95.
- [17] Ashoush, I.S., Gadallah, M.E.G. (2011). Utilization of mango peels and seed kernels powder as sources of phytochemicals in biscuits. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 6(1), 35-42.
- [18] Magda, R.A., Awad, A.M., Selim, K.A. (2008). Evaluation of mandarin and navel orange peels as natural sources of antioxidant in biscuits. *5th Alex. Conference of Food & Dairy Science and Technology*, March 4-6, 2008, Alexandria, Egypt, Book of Proceedings, 75-82p.
- [19] Gul, H., Uluturk, S. (2019). Effects of fig seed flour on some quality parameters of cookies. *International Journal of Agriculture, Forestry and Life Sciences*, 3(2), 219-224.
- [20] Acun, S., Gul, H. (2014). Effects of grape pomace and grape seed flours on cookie quality. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(1), 81-88.
- [21] Gul, H., Sen, H. (2017). Effects of pomegranate seed flour on dough rheology and bread quality. *CYTA – Journal of Food*, 15(4), 622-628.
- [22] Cam, M., Icyer, N.C., Erdogan, F. (2014). Pomegranate peel phenolics: microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. *Food Science and Technology*, 55, 117-123.
- [23] Prithwa, P., Sauryya, B. (2015). Antioxidant profile and sensory evaluation of cookies fortified with juice and peel powder of fresh pomegranate (*Punica granatum*). *International Journal of Agricultural and Food Science*, 5(3), 85-91.
- [24] Begen, F. (2012). Usage of Lupin (*Lupinus albus* L.) Bran in High Fiber Cookie Production. Master Thesis, Selcuk University, Konya, Turkey.
- [25] Turan, F., Ozgoren, E., Isik, F. (2016). Domates posası ilavesinin bisküvinin bazı özelliklerine etkisi. *Türkiye 12. Gıda Kongresi*, October 05-07, 2016, Edirne, Turkey, Book of Proceedings, 467p.
- [26] AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemists. "Official Methods of Analysis", 15th ed. AOAC, Washington, DC., USA.
- [27] Ozgoren, E., Isik, F., Yapar, A. (2019). Effect of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) supplementation on chemical and nutritional properties of crackers. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, 2812–2821.
- [28] Kacar, B., Inal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Turkey.
- [29] Boss, C.B., Fredeen, K.J. (2004). Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. Perkin Elmer, Inc., Waltham, MA.
- [30] Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods of Enzymology*, 299, 152-178.
- [31] Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Byrne, D.H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 669–675.
- [32] Anonymous (1995). The Manual of Hunter-Lab Mini Scan XE Colorimeter. HunterLab Cooperation, Reston, VA.
- [33] Yamauchi, J. (1989). Handbook of Color Science. Japanese Academy of Color Science, Tokyo.
- [34] Aguilar, C.N., Aguilera-Carbo, A., Robledo, A., Ventura, J., Belmares, R., Martinez, D., Rodriguez-Herrera, R. (2008). Production of antioxidant nutraceuticals by solid-state cultures of pomegranate (*Punica granatum*) peel and creosote bush (*Larrea tridentata*) leaves. *Food Technology and Biotechnology* 46(2), 218-222.
- [35] Al-Rawahi, A.S., Rahman, M.S., Guizani, N., Essa, M.M. (2013). Chemical composition, water sorption isotherm, and phenolic contents in fresh and dried pomegranate peels. *Drying Technology*, 31, 257-263.
- [36] Elfalleh, W., Hannachi, H., Tlili, N., Yahia, N., Nasri, Y., Ferchichi, A. (2012). Total phenolic contents and antioxidant activities of pomegranate peel, seed, leaf and flower. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6, 4724-4730.
- [37] Kushwaha, S.C., Bera, M.B., Kumar, P. (2013). Nutritional composition of detanninated and fresh pomegranate peel powder. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 7(1), 38-42.
- [38] Romelle, F.D., Rani, P.A., Manohar, R.S. (2016). Chemical composition of some selected fruit peels. *European Journal of Food Science and Technology*, 4(2), 12-21.
- [39] Srivastava, P., Indrani, D., Singh, R.P. (2014). Effect of dried pomegranate (*Punica granatum*) peel powder (dppp) on textural, organoleptic and nutritional characteristics of biscuits. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(7), 827-833.
- [40] Ullah, N., Ali, J., Khan, F.A., Khurram, M., Hussain, A., Rahman, I., Rahman, Z., Shafqatullah, (2012). Proximate composition, minerals content, antibacterial and antifungal activity evaluation of pomegranate (*Punica granatum* L.) peels powder. *Middle East Journal of Scientific Research* 11(3), 396-401.
- [41] Fawole, O.A., Opara, U.L. (2012). Composition of trace and mayor minerals in different parts of pomegranate (*Punica granatum*) fruit cultivars. *British Food Journal*, 114(11), 1518-1532.

- [42] Sharma, K., Akansha, C.E.S. (2018). Comparative studies of proximate, mineral and phytochemical compositions of pomegranate (*Punica granatum*) in peel, seed and whole fruit powder. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 3(2), 192-196.
- [43] Yasoubi, P., Barzegar, M., Sahari, M.A., Azizi, M.H. (2007). Total phenolic contents and antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extracts. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 9, 35-42.
- [44] Essa, R.Y., Mohamed, E.E. (2018). Improvement of functional and technological characteristics of spaghetti by the integration of pomegranate peels powder. *American Journal of Food Technology*, 13(1), 1-7.
- [45] Jalal, H., Pal, M.A., Ahmad, S.R., Rather, M., Andrabi, M., Hamdani, S. (2018). Physico-chemical and functional properties of pomegranate peel and seed powder. *The Pharma Innovation Journal*, 7(4), 1127-1131.
- [46] Fernandez-Gines, J.M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Sendra, E., Perez-Alvarez, J.A. (2004). Lemon albedo as a new source of dietary fiber: application to Bologna sausages. *Meat Science*, 67, 7-13.
- [47] Rehinan, Z., Rashid, M., Shah, W.H. (2004). Insoluble dietary fibre components of food legumes as affected by soaking and cooking processes. *Food Chemistry*, 85, 245-249.
- [48] Omar, A., Mehder, A. (2013). Pomegranate peels effectiveness in improving the nutritional, physical and characteristics of pan bread. *Current Science International*, 2(2), 8-14.
- [49] El-Batawy, O.I., Ashoush, I.S., Mehanna, N.S. (2014). Impact of mango and pomegranate peels supplementation on quality characteristics of yoghurt with or without whey powder. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 9(1), 54-65.
- [50] Cam, M., Erdogan, F., Aslan, D., Dinc, M. (2013). Enrichment of functional properties of ice cream with pomegranate by-products. *Journal of Food Science*, 78(10), C1543-C1550.
- [51] Baysal, A. (2006). Nutrition (in Turkish). Hatiboğlu Publications, 93, Ankara, Turkey.
- [52] Fischer, U., Carle, R., Kammerer, D. (2011). Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MSn. *Food Chemistry*, 127, 807-821.
- [53] Seeram, N., Lee, R., Hardy, M., Heber, D. (2005). Rapid large scale purification of ellagitannins from pomegranate husk, a by-product of the commercial juice industry. *Separation and Purification Technology*, 41, 49-55.
- [54] Chevallier, S., Colonna, P., Buleon, A., Della Valle, G. (2000). Physicochemical behaviors of sugars, lipids, and gluten in short dough and biscuits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4), 1322-1326.
- [55] Silva, E., Birhenhake, M., Scholten, E., Sagis, L.M.C., Van Der Linden, E. (2013). Controlling rheology and structure of sweet potato starch noodles with high broccoli powder content by hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 42-52.
- [56] Nizamlioglu, N.M., Nas, S. (2010). The phenolic compounds in vegetables and fruit; structures and their importance. *Electronic Journal of Food Technologies*, 5(1), 20-35.
- [57] Turksoy, S., Ozkaya, B. (2011). Pumpkin and carrot pomace powders as a source of dietary fiber and their effects on the mixing properties of wheat flour dough and cookie quality. *Food Science Technology*, 17(6), 545-553.
- [58] Nandeesh, K., Jyotsna, R., Venkateswara, Rao, G. (2011). Effect of differently treated wheat bran on rheology, microstructure and quality characteristics of soft dough biscuits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(2), 179-200.
- [59] Jia, M., Yu, Q., Chen, J., He, Z., Chen, Y., Xie, J., Nie, S., Xie, M. (2020). Physical quality and in-vitro starch digestibility of biscuits as affected by addition of soluble dietary fiber from defatted rice bran. *Food Hydrocolloids*, 99, 105349.
- [60] Hasnaoui, N., Mars, M., Ghaffari, S., Trifi, M., Melgarejo, P., Hernandez, F. (2011). Seed and juice characterization of pomegranate fruits grown in Tunisia: comparison between sour and sweet cultivars revealed interesting properties for prospective industrial applications. *Industrial Crops and Products*, 33, 374-381.
- [61] Benjamin, O., Gamrasni, D. (2016). Electronic tongue as an objective evaluation method for taste profile of pomegranate juice in comparison with sensory panel and chemical analysis. *Food Analytical Methods*, 9, 1726-1735.

Propolis Püskürtülmüş Ambalaj Filmlerin Antibakteriyel Aktiviteleri

Gizem Bayatbalay¹ , Ezgi Karpuz² , İbrahim Palabıyık³  ✉

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ

Geliş Tarihi (Received): 04.04.2020, Kabul Tarihi (Accepted): 04.01.2021

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ipalabiyik@nku.edu.tr (İ. Palabıyık)*

☎ 0 282 250 2117 📠 0 282 250 9929

ÖZ

Yapılan bu çalışmada, farklı çözümler kullanılarak oluşturulan propolis ekstraktlarının, plastik yüzeye tutunma özellikleri ve antibakteriyel aktivitesi belirlenmiştir. Çözgen olarak vaks-yağ, yağ, gliserol, film solüsyonu, etanol, etil asetat ve propilen glikol kullanılmıştır. Belli konsantrasyonlarda hazırlanmış olan propolis ve antibakteriyel solüsyonlar püskürtme metodu uygulanarak düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) filmlere entegre edilmiştir. Yağ içeren solüsyonların film yüzeyinde tutunma göstermediği tespit edilmiştir. Propolisli solüsyonlar farklı antibakteriyel solüsyonlar ile kıyaslanarak, istenilen kriterlerde LDPE filme entegre edilebilecek en uygun sıvının etil asetatlı propolis solüsyonu olduğu tespit edilmiştir. Bu solüsyon püskürtülerek elde edilen propolisli LDPE filmlerde ISO 22196:2011 metodu uygulanarak, filmlerin antibakteriyel etkileri tespit edilmiş ve söz konusu bakterileri 24. saat itibari ile 7 kob/g azalttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Propolis, Antibakteriyel aktivite, Düşük yoğunluklu polietilen, Plastik yüzey

Antibacterial Activities of Propolis-Sprayed Packaging Films

ABSTRACT

In this study, the adhesion properties and antibacterial activity of propolis extracts produced by using different solvents were determined. Wax-oil, oil, glycerol, film solution, ethanol, ethyl acetate and propylene glycol were used as solvents. Propolis and antibacterial solutions prepared at certain concentrations were integrated into low density polyethylene (LDPE) films by a spraying method. It was determined that the oil containing solutions did not adhere on a film surface. By comparing propolis solutions with different antibacterial solutions, it was found that the most suitable liquid that can be integrated onto the LDPE film in desired criteria was propolis solution with ethyl acetate. The antibacterial effects of films were determined by the ISO 22196: 2011 method on propolis-sprayed LDPE films, and it was observed that bacterial count was reduced by 7 cfu/g after 24 hour.

Keywords: Propolis, Antibacterial activity, Low density polyethylene, Plastic surface

GİRİŞ

Propolis insanların dikkatini tıbbi açıdan binlerce yıl önce çekmiş ve ilk kez Yunanlılar tarafından keşfedilerek doğal bir antibiyotik olarak kullanılmıştır [1, 2]. Propolis, çeşitli bitkilerin yaprak, tomurcuk, kabuk ve benzeri kısımlarından işçi arılar tarafından toplanan, reçineli ve mum kıvamında olan, keskin ve güzel kokulu,

suda erimeyen, oda sıcaklığında yarı katı halde bulunan bir maddedir. Arı bu maddeyi, polenle ve başı ile toraksı arasında bulunan bezlerden salgılamış olduğu aktif enzimlerle karıştırmaktadır. Propolisin rengi ve fiziksel özellikleri kaynağına göre değişmekte ve kovanda arılar tarafından çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır [3, 4]. Son otuz yılda propolis ve içeriğine olan talep artmakta; yapısı, farmakolojik özellikleri ve ticari değeri

konusundaki çalışmalar devam etmektedir. Propolisin huş ağacı, diş budak, karaağaç, çam, meşe, okaliptüs, kavak, kestane gibi ağaçların tomurcuklarından, dal ve yapraklarından elde edildiği bildirilmiştir [5, 6]. Propolisin biyolojik aktivitesinden sorumlu bileşiklerin flavonoidler, aromatik asitler ve esterleri olduğu düşünülmektedir. Bu aktivitenin fenolik ve resindeki diğer bileşiklerin sinerjistik etkisi ile oluştuğu belirtilmiştir [7]. Aynı zamanda pinosembirin, galangin ve kafeik asit fenil ester karışımlarının bakteriyel RNA- polimerazı inhibe ederek antibakter etki gösterdiği bildirilmiştir [8]. Gıdalarda mikrobiyel gelişmeyi önleyebilmek ya da kontrol altına alabilmek, dolayısıyla kalitede kayıpları azaltarak raf ömrünü artırabilmek için son yıllarda antibakteriyel ambalajlama sistemlerinden yararlanılmaya başlanmıştır. Antibakteriyel maddelerin kullanılması ile gıda ve ambalaj malzemesinde bulunan mikroorganizmaların gelişmelerinin belirli düzeyde veya tamamen yavaşlatılması ya da durdurulması sağlayabilmektedir [9]. Torlak ve Sert [10] tarafından kitosan-propolis kaplı polipropilen filmlerin gıda kaynaklı patojenlere karşı antibakteriyel etkinliği incelenmiş olup, propolisin etanolik ekstraktı olan EPP'nin kaplamaya %10 (propolis reçinesi / kitosan) dahil edilmesi, *Bacillus cereus*, *Cronobacter sakazakii*, *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium* patojenlerine karşı antibakteriyel aktiviteyi arttırdığı görülmüştür. Bu çalışmanın sonuçları, kitosanın film formunda antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu ve propolisin gıda paketleme uygulamaları için umut verici bir antimikrobiyal olduğunu ortaya koymuştur.

Han ve Floros [11], potasyum sorbat tozu ve LPDE reçineler kullanılarak sıkıştırmak suretiyle elde edilen antibakteriyel filmlerin, paketleme materyali olarak esneklik, şeffaflık ve antibakteriyel aktivitesini tespit etmişlerdir. Propolisin antibakteriyel aktivitesi ile ilgili çalışmaların bazılarında propolisin yalnızca Gram (+) bakteri ve bazı funguslara karşı aktif olduğu [12, 13], diğerlerinde ise Gram (-) bakterilere karşı aktivitesinin zayıf olduğu belirtilmiştir [14, 15, 16]. Genellikle Gram (+) bakterilerin propolise karşı, Gram (-) bakterilere kıyasla daha hassas olduğu bildirilmiştir [17]. Muğla ilinden toplanan 45 farklı propolisin aseton ve dimetil sülfoksit (DMSO) ekstresinin antibakteriyel özelliklerinin propolis örneğine, dozuna ve ekstraksiyon çözücüsüne göre farklılık gösterdiği kaydedilmiştir [18]. Propolisin etanolü ekstresinin Gram (+) koklara (*Staphylococcus aureus*) karşı yüksek antibakteriyel aktivite gösterdiği, fakat Gram (-) bakteri (*Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa*) ve mayalara (*C. albicans*) karşı zayıf aktivite gösterdiği belirtilmiştir [19]. Propolisin *Bacillus subtilis*, *S. aureus*, *S. epidermidis* *Candida albicans*, *Enterococcus spp.*, *P. aeruginosa*, *E. coli* ve *Trichophyton mentaegrophytes* türlerine karşı antibakteriyel etkisinin olduğu belirlenmiştir [20]. Yapılan çalışmalar tıp, kozmetik, ilaç ve gıda gibi farklı sektörlerde katkı sağlamaktadır. Propolis, gıda sektöründe ekstraksiyon işlemleri için farklı çözücülerle birlikte kullanılmaktadır. Propolis ekstraksiyonunda en çok tercih edilen etanolün [21, 22] dışında su [23, 24], metanol [25, 26], diklorometan [27], hegzan [28], etil asetat, aseton [20], zeytinyağı ve β -siklodekstrin [29], dimetilsülfoksit [30], propilen glikol, etil asetat ve

kloroform [31] propolisin ekstraksiyonu için tercih edilen diğer çözücü bileşenlerdir.

Propolis ekstraksiyonda kullanılan çözücülerin çözücü özellikleri, propolisin antioksidan kapasitesi ve antibakteriyel aktivitesi farklı sonuçlar gösterir. Yapılan çalışmada propolisin farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan solüsyonlar arasından istenilen kriterlere göre en uygun solüsyonun seçilmesi hedeflenmiştir. Propolisli solüsyonun plastik yüzeye tutunup, ISO 22196:2011 [32] yöntemi kullanılarak gıda kaynaklı patojenlere (*E. coli* ve *S. aureus*) karşı antibakteriyel etkisi ve farklı antibakteriyel solüsyonlarla kıyaslanarak propolisli solüsyonun üstünlüğü incelenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Arı kovanlarından toplanan ham propolis örneği, Kırklareli Meşe bölgesinden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan mikroorganizma suşları Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Mikrobiyoloji Laboratuvarı Kültür koleksiyonundan alınmıştır. *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538P) ve *Escherichia coli* (ATCC 8739) suşları kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analizde, solüsyonları antibakteriyel aktivite açısından agar kuyucuk difüzyon yöntemi ile karşılaştırmak için Müller-Hinton Agar (Merck 105435), bakterilerinin sayımı için Triptik Soy Agar (Merck 105458), bakterilerin sıvı ortamda gelişmesi için Nutrient Broth (Merck 105443), antiseptikleri ve dezenfektanları nötralize etmek ve işlemiden sonra kalan organizmaları tespit etmek için Difco D/E Neutralizing Broth (Becton Dickinson 281910), ISO 22196 metodunda bakterilerin yetiştirilmesi için Brain Heart Infusion Broth (OXOID CM1135) kullanılmıştır.

ISO 22196 metodunda inkübatör ortamının istenilen sıcaklık, nem seviyesinde olması ve test aşlarını hazırlama prosedürüne uyulması oldukça önemlidir. Uygun ortam sağlanmadığı takdirde bakterilerin hem katı hem sıvı besiyerinde gelişmediği gözlemlenmiştir.

Metot

Materyal ve Kaplama Solüsyonlarının Hazırlanması

Ham propolis, her biri %10 olacak şekilde propilen glikol, etil asetat, yağ, gliserin, etil alkol, %5 vaks ve ayçiçek yağı karışımı, film solüsyonu için 495 mL saf su, 5 mL asetik asit, 10 g kitosan ölçülerek içerisinde tartıldı. Çalkalayıcı inkübatörde (Precise Shaking Incubator, BenchTop Type-WIS20R) 60°C'de 150 rpm'de 3-4 saat bekletilmiştir. Bu işlem sonucunda analizde kullanılmak üzere +4°C'de buzdolabında saklanılmıştır.

Antibakteriyel solüsyon kıyaslaması için Dianatura Base (Diatek), Herbal Liquid Extract Mixture (Asatim), Proallium DMC (Diatek), Dianatura Safe (Diatek) kullanılmıştır.

Düşük Yoğunluklu Polietilen Filmlerin (LDPE) Kaplanması

LDPE: A4 kağıdı boyutunda kesilerek tek tek boş olarak tartılmıştır. Belli konsantrasyonda hazırlanmış olan propolisli solüsyonlar ve diğer antibakteriyel solüsyonlar filmlere Black&Decker HVL200 püskürtme makinesi ile uygulanıp, tekrar tartıma alınmıştır. 2 gün tamamen kurumaması beklendikten sonra tartılıp, plastik yüzeye tutunabilirliği incelenmiştir.

Antibakteriyel Aktivite Düzeyinin Belirlenmesi (Agar Kuyucuk Difüzyon Metodu ile)

Antibakteriyel aktivite düzeyinin belirlenmesi için Müller-Hinton Agar (MHA) kullanılmıştır. McFarland 0.5 (10^8 mikroorganizma/mL) bulanıklığa eşdeğer bulanıklıkta ayarlanarak standart bir bulanıklık oluşturulmuştur. Bu süspansiyondan 100 mikrolitre alınan örnek steril bir eküvyon yardımıyla Müller-Hinton agar yüzeyine yayılmıştır. Takiben agar yüzeyine otoklavlanmış sarı pipetin arka kısmıyla eşit uzaklıkta olacak şekilde 2 tane kuyucuk açılıp, solüsyonlar farklı petri olacak şekilde 10 µL ve 15 µL enjekte edilir. Bu işlem yapılırken, oluşacak zonların birbiri üzerine gelmemesi için delikler arasında 22 mm, petri kenarından ise 14 mm uzaklık olmasına dikkat edilmiştir. Daha sonra besiyerleri 18-24 saat süreyle 37°C'de inkübe edilip, oluşan inhibisyon zon çapları kumpas ile ölçülmüştür. Bunun ardından, ISO 22196:2011 metodu ile antibakteriyel aktivite incelemesi, plastik yüzeye tutunan ve bu analizde etkili sonuç veren solüsyonlar arasında yapılmıştır.

ISO 22196:2011 Metodu ile Antibakteriyel Aktivite İncelenmesi

Test Aşılarının Hazırlanması

Bu metotta ilk olarak bakteri kültürünün bulanıklığı 0.5 McFarland (10^8 mikroorganizma/mL) bulanıklığa eşdeğer olacak şekilde ayarlanarak standart bir bulanıklık oluşturulmuştur. Bakterilerin geliştirilmesi için hazırlanan 10 mL Brain Heart Infusion Broth çözeltisine (pH'ı sodyum hidroksit veya hidroklorik asit ile 6.8 ile 7.2 arasında bir değere ayarlanmış ve otoklavlanmış) 0.5 McFarland bulanıklıkta bakteri süspansiyonundan 10 mikrolitre eklenerek çözelti hazırlanmıştır.

Düşük Yoğunluklu Polietilen Filmlerin (LDPE) Hazırlanması

Solüsyon entegreli LDPE filmler (50±2) mm × (50±2) mm, boş LDPE filmler (40±2) mm × (40±2) mm kesilerek küçük kareler oluşturulmuştur. Numunelerin birbiriyle temas etmemesine dikkat edilmiştir.

Test Örneklerinin Aşılması

Solüsyon entegreli (50±2) mm × (50±2) mm olarak hazırlanan LDPE filmler, boş bir petri kabına test edilecek yüzey, ürünün açıkta kalan dış yüzeyi olacak şekilde yerleştirilerek, hazırlanan test aşısı 200 µL

olacak şekilde test yüzeyine pipet yardımıyla konulmuştur. Daha sonra (40±2) mm × (40±2) mm olarak hazırlanan boş LDPE filmler, üzerine örtülerek filme hafifçe bastırılıp ve petri kabının kapağı kapatılarak 35°C de belirli süreyle inkübe edilmiştir.

Test Örneklerinden Bakteri Geri Kazanımı

Aşılardan hemen sonra 0. saat için numuneler test edilmiştir. Diğer saatler için petri kabına 10 mL Difco D/E Neutralizing Broth eklenerek test numuneleri işlenmiştir. Bu değer, araştırılan test numunelerinden bakterilerin geri kazanım oranını belirlemek için kullanılmıştır. Bir pipet yardımıyla petrinin içine konmuş olan broth en az 4 kez çekilip bırakılarak karıştırılması sağlanmıştır. Fizyolojik tuzlu su (FTS) ile seyreltme işlemi yapılmış olup bakterilerinin sayımı için Triptik Soy Agar'a (TSA) 100 µL olacak şekilde ekim gerçekleştirilmiştir. 24 saat 35°C de inkübe edildikten sonra bakteri sayımı yapılmıştır. Bu işlem 1. 6. ve 24. saat için tekrarlanmıştır.

İstatistiksel Analiz

Verilerin analizinde çalışılan parametrelerin etkilerinin kıyaslamasında JMP (release 6.0,USA) paket programı kullanılmıştır. Tukey çoklu karşılaştırma testi ile ortalamalar arasındaki önem dereceleri belirlenmiştir (p<0.05). Çalışma 3 tekerrür halinde ve her bir analiz 3 paralel ile yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Düşük Yoğunluklu Polietilen Filmlerin (LDPE) Kaplanması

Bu işlemin yapılmasındaki amaç antibakteriyel solüsyonların LDPE filmlere entegre edildiğinde plastik yüzeye tutunup homojen dağılmasını incelemek ve tutunan solüsyonun %propolis miktarını belirlemektir. Bu sayede filmler gıdaya kaplandığında gıdanın yüzeyine eşit miktarda solüsyon temas ederek antibakteriyel etkisinden dolayı gıdanın raf ömrünü uzatmaktadır. Tablo 1'de plastik yüzeye entegre edilen solüsyonların ağırlıkları değerlerle birlikte gösterilmiştir.

Tablo 1'den anlaşıldığı üzere, yağ içeriğinden dolayı vaks-yağ, yağ, gliserol içeren propolisli solüsyonlar, filme tutunan propolis oranının yüksek olmasına karşı yüzeyde kuruma göstermemiş, damla şeklinde kalmıştır. Film solüsyonu, %3 oranında yüzeye tutunmuş fakat koyu lekeler olarak gözlenmiştir. Etanol, propilen glikol, etil asetat sırasıyla %3, %15, %4.5 oranında plastik yüzeyde kalarak homojen bir şekilde tutunma göstermiştir. Propolisli solüsyonlar ile karşılaştırma yapmak üzere belirlenen solüsyonlar arasından sadece Asatim yüzeyde tutunma göstermiş olup Proallium DMC, Dianatura Base, Dianatura Safe yüzeye tutunma göstermemiştir. Yapılan çalışma incelendiğinde yağ içeren solüsyonların plastik yüzeye tutunma özelliğinde olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 1. Plastik yüzeye entegre edilen solüsyonların ağırlıkları

Table 1. The weight of the solutions integrated into the plastic surface

Solüsyonlar	Normal (g)	Solüsyonlu (g)	Kuruduktan sonra (g)	Propolis oranı (g propolis/g film)
Vaks-Yağ	0.68	1.90	1.62	%14
Yağ	0.64	1.81	1.52	%14
Gliserol	0.69	1.55	1.21	%7
Film Solüsyonu	0.59	1.9	0.78	%3
Etanol	0.64	1.18	0.86	%3
Etil Asetat	0.57	1.59	1.44	%15
Propilen Glikol	0.64	1.18	0.93	%4.5
Dianatura Base	0.58	1.31	1.01	-
Dianatura Safe	0.65	1.43	0.79	-
Proallium DMC	0.6	1.58	0.78	-
Asatim	0.72	1.88	1.37	-

Ağırlıklar gram (g), propolis oranları % propolis olarak ifade edilmiştir.

Antibakteriyel Aktivite Düzeyinin Belirlenmesi

Tablo 2'de solüsyonların antibakteriyel aktivite düzeyleri, oluşan inhibisyon zonları ile birlikte gösterilmiştir. Agar kuyucuk difüzyon yöntemi ile antibakteriyel aktivite kıyaslaması yapılmıştır. *S.aureus* için Proallium DMC solüsyonunun, 85 mm inhibisyon zonu oluşturarak petri kabındaki tüm bakteriyi inaktif ettiği görülmüştür. Film solüsyonu ise diğer solüsyonlara kıyasla en az zonu oluşturarak düşük etki gösterdiği tespit edilmiştir. Propolis ekstraktlarının antibakteriyel aktivite düzeylerinin belirlenmesinde oluşan inhibisyon zon çaplarına göre vaks-yağ ve yağ içeren solüsyonların *E.coli* gelişimini engellemediği görülmüştür. Agar kuyucuk difüzyon yöntemi için en etkili antibakteriyel solüsyon olarak tespit edilen Proallium DMC, plastik yüzeye tutunmadığından dolayı LPDE filmlerde uygun olmadığı anlaşılmıştır. *S.aureus* 10 µL için oluşan inhibisyon zonu propilen glikol solüsyonunda 19.1 mm, etanol solüsyonunda 15.5 mm, etil asetat solüsyonunda 31.6 mm olarak görülmüştür. Kontrol örneklerinde *S.aureus* 10 µL için oluşan inhibisyon zonu etil asetatta 9.6 mm olarak görülmüş, propilen glikolde görülmemiştir. *E.coli* 10 µL için oluşan inhibisyon zonu propilen glikol solüsyonunda 9.1 mm, etanol solüsyonunda 8.6 mm, etil asetat solüsyonunda 16.8 mm olarak görülmüştür. Kontrol örneklerinde *E.coli* 10 µL için oluşan inhibisyon zonu etil asetatta 13.6 mm olarak görülmüş, propilen glikolde görülmemiştir. Burada ulaşılan bulgular ışığında *S.aureus* ve *E.coli* inaktif edilmesinde propilen glikollü propolis ekstraktının etanollü propolis ekstraktına göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. %10 ve %15 olarak belirlenen solüsyon oranlarında inhibisyon zonlarının, solüsyon miktarlarına bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Uğur ve Aslan tarafından yapılan çalışmada [18] Muğla ilinden toplanan 45 farklı propolis aseton ve dimetil sülfoksit (DMSO) ekstresinin antibakteriyel özelliklerinin propolis örneğine, dozuna ve ekstraksiyon çözücüsüne göre farklılık gösterdiği kaydedilmiştir. Bakkaloğlu ve Arıcı [33] tarafından yapılan çalışmada sulu ve zeytinyağlı ekstraktların antibakteriyel aktiviteye sahip olmadığı fakat etanollü propolis ekstraktların, önemli antibakteriyel aktivite

gösterdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada ise etil asetat ve propilen glikol ile hazırlanan propolisli solüsyonların, etanollü propolis ekstraktına göre antibakteriyel aktivitesinin daha yüksek olduğu oluşan inhibisyon zonları ile tespit edilmiştir. Aynı zamanda belirtildiği gibi yağ içeren solüsyonların antibakteriyel etki göstermediği kanıtlanmıştır. Yapılan bu çalışmada, propolisli solüsyonların, Gram pozitif bakterilere karşı antibakteriyel etkinliğinin, Gram negatif bakterilere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Propolisin antibakteriyel aktivitesi ile ilgili çalışmaların bazılarında propolisin yalnızca Gram (+) bakteri ve bazı funguslara karşı aktif olduğu [12, 13], diğerlerinde ise Gram (-) bakterilere karşı aktivitesinin zayıf olduğu belirtilmiştir [14-16].

ISO 22196:2011 Metodu ile Antibakteriyel Aktivite İncelenmesi

Kaplanmış plastik filmlerin 24 saatlik bakterilere maruziyet döneminin *S.aureus* gelişimi üzerine etkisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Propolis kaplı filmler üzerinde yapılan antibakteriyel aktivite incelemesinde, *S.aureus* için propilen glikol, etanol ve etil asetat çözücülerin 1. saat itibarı ile 7 kob/g düşüş gösterdiği görülmüştür. Kontrol filminde ise 1. saatte 4 kob/g düşüş yaşanmış ve 6. saatte ise tekrar 7 kob/g bakteri sayısına ulaşarak 24. saatte de artmaya devam etmiştir. Asatim solüsyonu kaplı filmler incelendiğinde 1. saat itibarı ile 4.30 kob/g düşüş göstermiş ve 6. saatte 5.48 kob/g, 24. Saatte 6.78 kob/g bakteri sayısına ulaşmıştır.

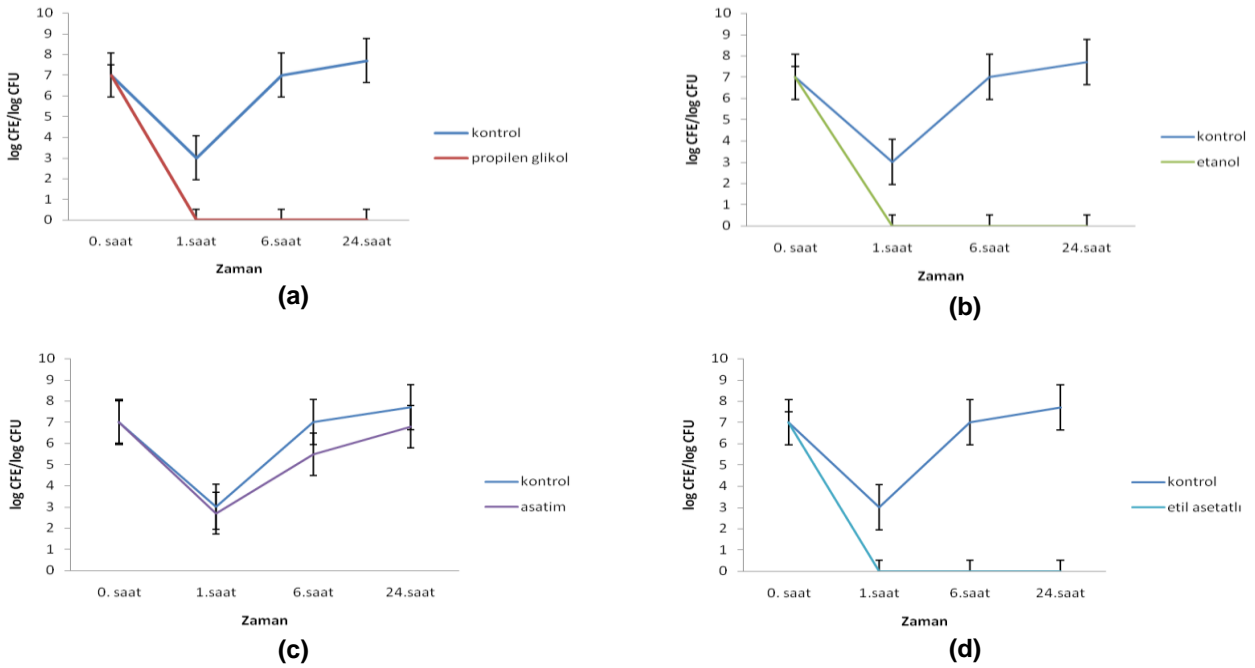
Kaplanmış plastik filmlerin 24 saatlik maruziyet döneminde *E.coli* gelişimi üzerine etkisi Şekil 2'de gösterilmiştir. Propilen glikol, etanol ve etil asetat içeren propolis ekstraktlarının kaplandığı filmler incelendiğinde *E.coli* için 1. saat sonunda 7 kob/g azalma gözlemlenmiş olup 24 saat maruziyet döneminde herhangi bir bakteri artışı görülmemiştir. Kontrol filminde *E.coli* sayısının 1. saat 4 kob/g, 6. saat tekrar 7 kob/g seviyesine ulaştığı ve 24 saatlik maruziyet sonucunda 7.48 kob/g seviyesinde bakteri artışı gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Solüsyonların antibakteriyel aktivite düzeyleri

Table 2. Antibacterial activity levels of solutions

Solüsyonlar	<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Escherichia coli</i>	
	10 µL	15 µL	10 µL	15 µL
Vaks-Yağ	10.83±2.20 ^{cd}	10.14±0.4 ^e	5.8±0.0 ^c	5.8±0.0 ^e
Yağ	9.5±0.35 ^d	10.05±2.0 ^e	5.8±0.0 ^c	5.8±0.0 ^e
Gliserol	10.5±0.03 ^{cd}	14.05±3.6 ^{de}	7.3±1.5 ^{bc}	6.55±0.3 ^{de}
Film Solüsyonu	7.1±0.03 ^d	7.9±0.5 ^e	6.4±0.01 ^{bc}	7.59±0.4 ^{de}
Etanol	15.5±2.50 ^{cd}	18.8±0.5 ^{cde}	8.6±1.3 ^{bc}	11.9±2.3 ^{cde}
Etil Asetat	31.6±3.00 ^b	38.8±2.1 ^b	16.8±0.7 ^{bc}	20.8±4.5 ^b
Propilen Glikol	19.1±7.50 ^{bcd}	24.9±6.1 ^{cd}	9.1±2.6 ^{bc}	14.27±2.3 ^{bcdde}
Dianatura Base	17.9±0.60 ^{cd}	22.0±2.8 ^{cd}	18.1±1.45 ^b	16.92±2.0 ^{bc}
Dianatura Safe	22.8±6.00 ^{bc}	29.15±0.5 ^{bc}	16.9±0.4 ^{bc}	22.17±1.2 ^b
Proallium DMC	85.0±0.00 ^a	85.0±0.0 ^a	36.69±10.0 ^a	45.82±0.8 ^a
Asatim	12.15±1.60 ^{cd}	17.0±4.0 ^{de}	12.89±0.7 ^{bc}	14.88±4.0 ^{bcd}

Her bir değer üç tekrarın ortalaması ± standart sapma olarak gösterilmiştir (n=3). Her bir sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden istatistiksel olarak anlamlı derecede farklıdır (p<0.05). İnhibisyon zon çapları mm olarak ifade edilmiştir.

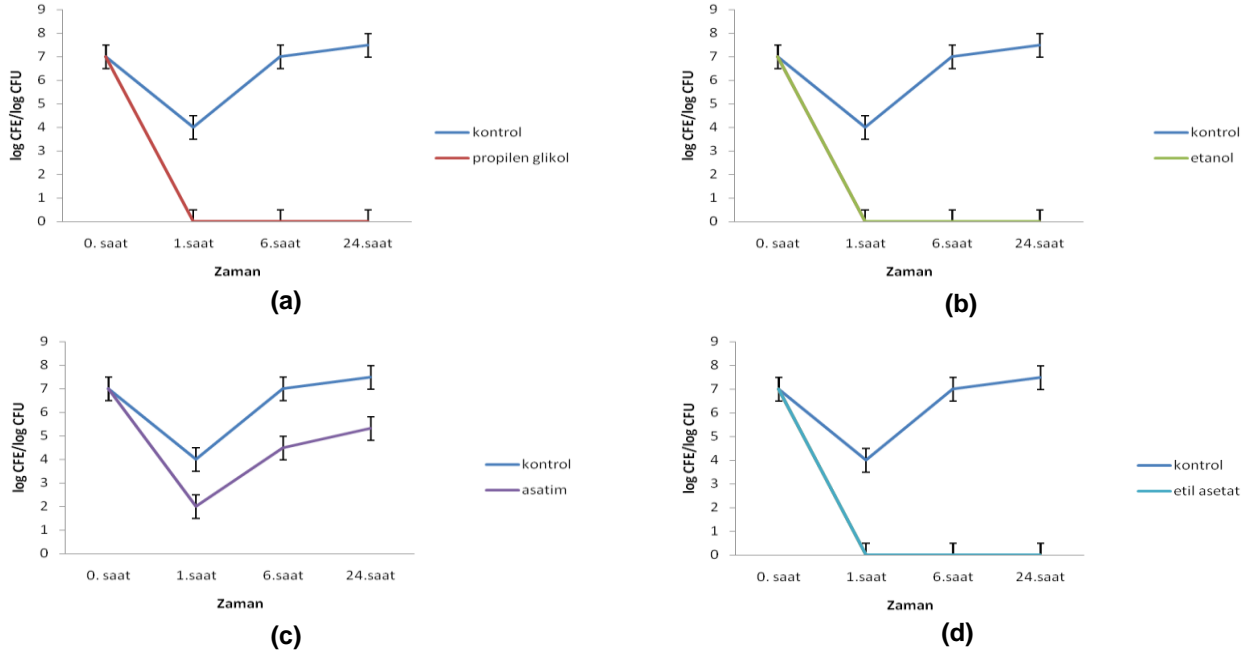


Şekil 1. Kaplanmış plastik filmlerin 24 saatlik maruziyet döneminde *S.aureus* gelişimi üzerine etkisi; (a) Propilen glikol, (b) Etanol, (c) Asatim, (d) Etil asetat

Figure 1. Effect of coated plastic films on *S.aureus* growth during 24 hours exposure; (a) Propylene glycol, (b) Ethanol, (c) Asatim, (d) Ethyl acetate

Kontrol filminde, 1. saat itibari ile *E.coli* 4 kob/g düşüş, *S.aureus* 3 kob/g düşüş göstermiş ve ardından tekrar 7 kob/g bakteri sayısına ulaşılmıştır. Bunun nedeni olarak her iki bakterinin polietilen filme adaptasyon sürecinin etki gösterdiği düşünülmektedir. Silici ve Kutluca [19] tarafından propolisin Gram pozitif bakterilere karşı güçlü aktiviteye sahip olduğu fakat Gram negatif bakterilere karşı sadece sınırlı aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada antibakteriyel aktivite incelemesi için 24 saatin ardından sayılan mikroorganizmalarda, etil asetat, etanol ve propilen glikol içeren propolisli solüsyonların hem Gram pozitif hem Gram negatif bakterilere karşı önemli ölçüde etki ettiği tespit edilmiştir. Torlak ve Sert [10] kitosan-propolis kaplı polipropilen filmlerin gıda kaynaklı patojenlere karşı antibakteriyel etkinliğini incelemiştir. 24 saat maruziyetten sonra

etanolik propolis ekstraktı, *E.coli* için ≥ 2 log, *S.aureus* için ise ≥ 3 log düşüş göstermiştir. Bu çalışmada ise LDPE filmler için etanolik propolis ekstraktı her iki suş için de 1. saat itibari sonunda 7 log düşüş göstermiştir. Mascheroni ve ark. [34] propolisin biyopolimer bazlı filmlerden gıda simüle edici sıvıya göçünü incelemiş ve polifenollerin film matrisinden belirli miktarda salınacağını tespit etmişlerdir. Marti ve ark. [35] tarafından antibakteriyel biyomühendislik uygulamalar için gelişmiş malzeme karakterizasyonu yapılmış ve birbirini tamamlayan disk difüzyon yöntemi ile ISO 22196:2011 kullanılarak bir protokol hazırlanmıştır. Bu çalışmada, plastik yüzeylerde detaylı antibakteriyel aktivite incelenmesinde, agar kuyucuk difüzyon testi ve ISO 22196:2011 birlikte kullanılmıştır.



Şekil 2. Kaplanmış plastik filmlerin 24 saatlik maruziyet döneminde *E.coli* gelişimi üzerine etkisi; (a) Propilen glikol, (b) Etanol, (c) Asatim, (d) Etil asetat

Figure 2. Effect of coated plastic films on *E.coli* growth during 24 hours exposure; (a) Propylene glycol, (b) Ethanol, (c) Asatim, (d) Ethyl acetate

SONUÇ

S.aureus ve *E.coli* için hücre sayısı, etil asetatlı, etanollü ve propilen glikollü solüsyonlarda 1. saat sonunda 7 kob/g düşüş göstererek tamamen inaktif olmuştur. Şekillerde gösterilen indirgeme değerleri, ISO 22196 ile aynı olan Japon standardı JIS Z 2801 [36] 'da tanımlanan kritere (≥ 2 log) göre propolisli solüsyonların antibakteriyel etkisinin olduğunu net olarak ifade etmiştir.

Yapılan uygulamalar doğrultusunda plastik yüzeye homojen bir şekilde tutunan ve seçilen solüsyonlar arasında antibakteriyel etkisi en yüksek olan solüsyonun etil asetat içeren propolis ekstraktı olduğu görülmüştür. Propilen glikol ve etanol ekstraktlarının etil asetata kıyasla *E.coli* ve *S.aureus* için antibakteriyel etkinliğinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca propolisli solüsyonların geniş bir antibakteriyel aktivite spektrumuna sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Tüm bu sonuçların ışığında, LDPE filmlere entegre edilmesi en uygun propolisli antibakteriyel solüsyonun etil asetat içerdiği görülmüştür. Bu çalışma, propolis püskürtülmüş filmlerin propolisin doğal antibakteriyel etkisinden dolayı gıdaların raf ömrünün uzatılmasında umut verici olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, diğer antibakteriyel ürünlere kıyasla propolisli solüsyonların, gıdaların saklanması için kullanılan filmlere entegre edilmesinin daha uygun olduğu, bakteri gelişimini daha etkili bir şekilde durdurup, yok ettiği görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince







NKUBAP.03.YL.19.225 Proje Numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Castolda, S., Capasso, F. (2009). Propolis an old remedy used in modern medicine. *Fitoterapia*, 73, 51-56.
- [2] Kutluca, S., Genç, F., Korkmaz, A. (2006). Propolis. Samsun Tarım İl Müdürlüğü Çiftçi Eğitimi ve Yayım Şubesi, Samsun, p. 57.
- [3] Şahinler, N. (2000). Arı ürünleri ve insan sağlığı açısından önemi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1-2), 139-148.
- [4] Hepşen, İ.F., Tilgen, F., Hamdi E. (1996). Propolis: Tıbbi özellikleri ve oftalmolojik kullanımı. *Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi*, 3(4), 386-391.
- [5] Markham, K.R., Mitchell, K.A., Wilkins, A.L., Daldy, J.A., Lu, Y. (1996). HPLC and GC-MS identification of the major organic constituents in New Zealand propolis. *Phytochemistry*, 42, 205-211.
- [6] Kartal, M., Kaya, S., Kurucu, S. (2002). GC-MS analysis of propolis samples from two different regions of Turkey. *Zeitschrift für Naturforsch*, 57, 905-909.
- [7] Burdock, G.A. (1998). Review of the biological properties and toxicity of bee propolis. *Food and Chemical Toxicology*, 36, 347-363.
- [8] Takaisi-Kikuni, N.B., Schilcher, H. (1994). Electron microscopic and microcalorimetric investigations of the possible mechanism of the antibacterial action of a defined propolis provenance. *Planta Medica*, 60, 222-227.
- [9] Üçüncü, M. (2007). Food Packing Technology (in Turkish), Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir, 896s.

- [10] Torlak, E., Sert, D. (2013). Antibacterial effectiveness of chitosan–propolis coated polypropylene films against foodborne pathogens. *International Journal of Biological Macromolecules*, 60, 52-55.
- [11] Han, J.H., and J.D. Floros. (1997). Casting antimicrobial packaging films and measuring their physical properties and antimicrobial activity. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, 13(4), 287-298.
- [12] Marcucci, M.C. (1995). Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie*, 26, 83-89.
- [13] Nieva, M.M.I., Isla, M.I., Cudmani, N.G., Vattuone, M.A., Sampietro, A.R. (1999). Screening of antibacterial activity of Amaicha del Valle (Tucuman, Argentina) propolis. *Journal of Ethnopharmacol*, 68, 97-102.
- [14] Sforcin, J.M., Fernandes, Jr., A., Lopes, C.A.M., Bankova, V., Funari, S.R.C. (2000). Seasonal effect on Brazilian propolis antibacterial activity. *Journal of Ethnopharmacol*, 73, 243-249.
- [15] Grange, J.M., Davey, R.W. (1990). Antibacterial properties of propolis (bee glue). *Journal of the Royal Society of Medicine*, 83, 159-161.
- [16] Dobrowolski, J.W., Vohora, S.B., Sharma, K., Shah, S.A., Naqvi, S.A.H., Dandiya, P.C. (1991). Antibacterial, antifungal, antiamoebic, antiinflammatory and antipyretic studies on propolis bee products. *Journal of Ethnopharmacol*, 35, 77-82.
- [17] Mirzoeva, O. K., Grishanin, R. N., Calder, P. C. (1997). Antimicrobial action of propolis and some of its components: the effects on growth, membrane potential and motility of bacteria. *Microbiological Research*, 152, 239-246.
- [18] Uğur, A., Arslan, T. (2004). An in vitro study on antimicrobial activity of propolis from Mugla province of Turkey. *Journal of Medicinal Food*, 7 (1), 90-94.
- [19] Silici, S., Kutluca, S. (2005). Chemical composition and antibacterial activity of propolis collected by three different races of honeybees in the same region. *Journal of Ethnopharmacol*, 99, 69-73.
- [20] Dığrak M, Yılmaz Ö, Çelik S, Yıldız S. (1995). Propolisteki yağ asitleri ve antimikrobiyal etkisi üzerinde in vitro araştırmalar. *Gıda*, 20(4), 249-255.
- [21] Noureddine, H., Hage-Sleiman, R., Wehbi, B., Fayyad-Kazan, A.H., Hayar, S., Traboulssi, M., ElMakhour, Y. (2017). Chemical characterization and cytotoxic activity evaluation of Lebanese propolis. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 95, 298-307.
- [22] Silva, C., Prasniewski, A., Calegari, M.A., de Lima, V.A., Oldoni, T.L. (2018). Determination of total phenolic compounds and antioxidant activity of ethanolic extracts of propolis using ATR–FT-IR. *Food Analytical Methods*, 11, 2013–2021.
- [23] Cottica, S.M., Sabik, H., Antoine, C., Fortin, J., Graveline, N., Visentainer, J.V., Britten, M. (2015). Characterization of Canadian propolis fractions obtained from two-step sequential extraction. *Food Science and Technology*, 60(1), 609-614.
- [24] Ertürk, Ö., Yavuz, C., Sıralı, R. (2014). The antimicrobial activity of propolis from Ordu province of Turkey. *Mellifera*, 14(27-28), 11-16.
- [25] Segueni, N., Khadraoui, F., Rhouati, S. (2017). Volatile compounds as propolis characterization markers. In Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration. *Springer*, 16(4), 1271-1273.
- [26] Bakdash, A., Almohammadi, O.H., Taha, N.A., Abu-Rumman, A., Kumar, S. (2018). Chemical composition of propolis from the Baha Region in Saudi Arabia. *Czech Journal of Food Science*, 36(2), 00-10.
- [27] Ghamdi, A.A., Bayaqoob, N.I., Rushdi, A.I., Alattal, Y., Simoneit, B.R., El-Mubarak, A.H., Al-Mutlaq, K.F. (2017). Chemical compositions and characteristics of organic compounds in propolis from Yemen. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(5), 1094-1103.
- [28] Mohtar, L.G., Rodríguez, S.A., Nazareno, M.A. (2017). Comparative analysis of volatile compound profiles of propolis from different provenances. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(9), 3409-3415.
- [29] Taddeo, V.A., Epifano, F., Fiorito, S., Genovese, S. (2016). Comparison of different extraction methods and HPLC quantification of prenylated and unprenylated phenylpropanoids in raw Italian propolis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 129, 219-223.
- [30] Netíková, L., Bogusch, P., Heneberg, P. (2013). Czech ethanol-free propolis extract displays inhibitory activity against a broad spectrum of bacterial and fungal pathogens. *Journal of Food Science*, 78(9), 1421-1429.
- [31] Arslan, S., Perçin, D., Silici, S., Er, Ö. (2010). Farklı çözücülerle hazırlanan propolis özütlerinin mutans streptokoklar üzerine in vitro antimikrobiyal etkisi. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 19(1), 68.
- [32] ISO 22196:2011, Plastics-Measurement of Antibacterial Activity on Plastics and Other Non-porous Surfaces, Geneva, Switzerland
- [33] Bakkaloğlu, Z., Arıcı M. (2019). Farklı çözücülerle propolis ekstraksiyonunun toplam fenolik içeriği, antioksidan kapasite ve antimikrobiyal aktivite üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 17(4) 538-545.
- [34] Mascheroni, E., Guillard, V., Nalin, F., Mora, L., Piergiovanni, L. (2010). Diffusivity of propolis compounds in Poly lactic acid polymer for the development of anti-microbial packaging films. *Journal of Food Engineering*, 98, 294-301.
- [35] Martí, M., Frígols, B., Serrano-Aroca, A. (2018). Antimicrobial characterization of advanced materials for bioengineering applications. *The Journal of Visualized Experiments*, 28(4), 138.
- [36] Japanese Standards Association (2000). Japanese Industrial Standard JIS Z 2801:2000. Antimicrobial products-test for antimicrobial activity and efficacy. Tokyo, Japan.

Keçiboynuzu Gaminın Keçi Sütünden Üretilen Kefirin Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi

Ercan Sarıca  ✉, Gökçe Filizkırın , Doğukan Canbek , Betül Ertürk , Mustafa Coşkun ,
Şerife Mustuloğlu 

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bolu

Geliş Tarihi (Received): 18.06.2020, Kabul Tarihi (Accepted): 04.01.2021

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ercansarica@ibu.edu.tr (E. Sarıca)

☎ 0 374 254 1000 📠 0 374 253 4506

ÖZ

Keçi sütünden üretilen kefirlerde görülen en önemli sorun, düşük viskozite ve yüksek serum ayrılmasıdır. Bu sorunu gidermek amacıyla kefire, son üründe %0.05, %0.10 ve %0.20 oranında olacak şekilde keçiboynuzu gamı ilave edilmiştir. Bu amaçla, ticari kefir starter kültürü inoküle edilen süt yüksek yoğunluklu polietilen şişelere yaklaşık 920 mL dolmuş ve fermantasyona bırakılmıştır. Daha sonra, ayrı olarak hazırlanan ve pastörize edilen keçiboynuzu gamı çözeltileri (80 mL) fermantasyonu biten örnekler ilave edilmiştir. Depolama sırasında örneklerin fizikokimyasal ve duyusal değişimi incelenmiştir. Farklı oranlarda keçiboynuzu gamı ilavesi, örneklerin kurumadde, protein ve kül değerini etkilememiştir. Depolama süresince en düşük pH değeri, %0.05 oranında keçiboynuzu gamı ilave edilen örnekte görülmüştür. Ayrıca, örneklerin pH değeri depolamanın 14. gününe kadar düşme eğilimi gösterirken, depolamanın sonuna doğru yükselme eğilimi göstermiştir. Kontrol grubuna göre kefire ilave edilen keçiboynuzu gamının oranı arttıkça örneklerin viskozite değerinin arttığı, serum ayrılması, L* ve WI değerlerinin ise azaldığı görülmüştür. Duyusal analizde, Kontrol örneğine göre %0.05 ve %0.10 oranında keçiboynuzu gamı ilave edilen örnekler daha çok beğenilmiştir. Genel beğenide, %0.20 oranında keçiboynuzu gamı ilave edilen örnek en düşük puanı almıştır. Sonuç olarak, keçiboynuzu gamının keçi sütünden üretilen kefirlerde kıvam arttırıcı olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Kefir, Keçi sütü, Keçiboynuzu gamı, Stabilizatör, Fermente süt ürünü

Effect of Locust Bean Gum Addition on Physicochemical and Sensory Characteristics of Kefir made from Goat Milk

ABSTRACT

The most important problem of kefir made from goat milk is low viscosity and high serum separation. In this research, locust bean gum (LBG) was added to kefir at a level of 0.05, 0.10 and 0.20% in a final product in order to solve this problem. For this purpose, milk cultured with commercial kefir starter culture was filled into high density polyethylene bottles at a volume of 920 mL approximately and left to fermentation. LBG solutions (80 mL) which were prepared separately and pasteurized were added to fermented samples. The physicochemical and sensory changes of samples were determined during storage. The addition of LBG at different proportions did not affect the dry matter, protein and ash values of kefir samples. The lowest pH value was determined in the sample with 0.05% LBG during storage. Also, the pH values of samples tended to decrease until the 14th day of storage while it tended to increase towards the end of storage. It was observed that the viscosity values of samples increased and serum separation, L* and WI values of samples decreased compared to control samples as the ratio of added LBG to kefir increased. In sensory analysis, samples with 0.05 and 0.10% LBG were more appreciated compared to control samples. In general appreciation,

samples with 0.20% LBG received the lowest sensory score. In conclusion, LBG can be used as a thickener in kefir made from goat milk.

Keywords: Kefir, Goat milk, Locust bean gum, Stabilizer, Fermented milk product

GİRİŞ

Kefir, laktik asit ve maya fermentasyonu sonucu oluşan, viskoz, nispeten gazlı ve ferahlatıcı bir içecek olmasının yanı sıra bilinen en eski fermente süt içeceklerinden biridir [1]. Kefirin çeşitli ve zengin mikroflora varlığı, onu diğer fermente süt ürünlerinden farklı olmasını sağlamaktadır [2]. Kefirin sağlığa olan faydaları bilim insanları tarafından açığa çıkarıldıkça ve insanların sağlık ve beslenme konusunda bilinci artıkça, insanların kefire olan ilgisi dünya genelinde her geçen gün artmaktadır [3]. Kefirin laktoz intoleransı semptomlarını azaltması, bağışıklık sistemini harekete geçirmesi, tüketicilerde kolesterolü düşürmesi, antimutajenik ve antikarsinojenik özelliklere sahip olması nedeniyle önemli fonksiyonel bir süt ürünü olarak kabul edilmektedir [4]. Ayrıca kefir, ana probiyotik kaynağı olarak sınıflandırılmaktadır [2]. Probiyotikler, canlı mikroorganizmalar olup sağlığa olumlu yönde katkı sağlamaktadırlar [4]. Kefir üretiminde esas olarak inek sütü kullanılmaktadır. Marketlerde, marka sayısı az da olsa, inek sütünden üretilen kefire alternatif olarak keçi sütünden üretilmiş kefir bulmak mümkündür.

Türkiye’de keçi sütü üretim miktarı son 10 yılda artan bir ivme göstermiş ve bu süreçte tam üç kat (2009 yılı 192 bin ton; 2019 yılı 577 bin ton) artmıştır [5, 6]. Keçi sütüne olan bu ilginin en önemli sebeplerinden biri, inek sütü alerjisinde önemli sorumluluğu olan α_{s1} -kazeinin keçi sütünde oldukça az bulunmasıdır [7]. Ayrıca, keçi sütü yağının sindirimi inek sütü yağına göre kolay olması ve keçi sütünün vücudun ihtiyaç duyduğu vitaminleri ve mineralleri içermesinden dolayı tüm yaş grupları, özellikle çocuklar ve yaşlılar, için ideal bir gıdadır [7, 8]. Keçi sütünün tamponlama kapasitesi inek sütüne göre daha yüksektir [9]. Keçi sütü, sağlığa olumlu etkisi olan oligosakkaritleri inek sütüne göre daha fazla içermektedir [7].

Keçi sütünden üretilen fermente süt ürünlerinde en büyük sorun viskozite değerinin düşük olmasıdır. Keçi sütü misellerinin inek sütü misellerine göre mineralizasyon seviyesi daha yüksekken, su tutma kapasitesi daha düşüktür. Literatürde, aynı çalışmada, sadece keçi ve inek sütünden üretilen kefirlerin viskozite değeri sırasıyla 8-54 mPa·s ve 34-101 mPa·s arasında değiştiği bulunmuştur [10-12]. Keçi sütünden üretilen fermente süt ürünlerinin zayıf tekstüründen keçi sütünün düşük kazein içeriği, α_s -kazein oranı ve misel çapı gibi özellikler sorumludur [9]. Keçi sütünde, toplam kazeinin %5.6’sını α_{s1} -kazein, %19.2’sini α_{s2} -kazein, %54.8’ini β -kazein ve %20.4’ünü κ -kazein oluşturmaktadır. Aynı oranda kazein miseline sahip inek ve keçi sütünden elde edilen pıhtı karşılaştırıldığında, keçi sütünden elde edilen pıhtı daha yumuşak kalabilmektedir [8].

Fermente süt ürünlerinin kıvamını ve/veya tekstürünü iyileştirmek için uygulanan birkaç metot vardır. En

yaygın kullanılan metotlar ise sütün kurumadde miktarını artırma ve stabilizatör olarak gam ilave etmektir [13]. Tratik ve ark. [10] yapmış olduğu bir çalışmada, keçi sütünü %2 oranında yağsız süt tozu, peyniraltı protein konsantresi ve inülin ile zenginleştirip ürettiği kefirlerin viskozitesinde (46-98 mPa·s) bir artış olduğunu bildirmiştir. Başka bir çalışmada ise, yağsız keçi süt tozundan (%12) ve süt tozuna ilave olarak normal, kısa ve uzun zincirli olmak üzere %4 oranında inülin ilavesiyle 4 farklı kefir üretilmiştir. Bu kefirlerin viskozite değeri sırasıyla 87.9, 100.8, 95.6 ve 94.5 mPa·s olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, keçi sütünden yapılan kefirlerde görülen düşük viskozite ve yüksek serum ayrılması sorununu çözmek amacıyla bir stabilizatör olan keçiyoynuzu gamından (“locust bean gum”) yararlanılmıştır. Keçiyoynuzu gamı, Akdeniz bölgelerinde bulunan baklagil ailesinden keçiyoynuzu (*Cerratornia siliqua L.*) ağacının tohum endosperminin öğütülmesinden sonra elde edilen beyaz-kremi beyaz renkte bir tozdur [14]. Keçiyoynuzu gamı, D-mannoz ve D-galaktoz içeren ve temel olarak galaktomannan tipi polisakkaritlerdir. Bu gamın ortalama galaktomannan değeri %78-85, nem değeri %12, pentozan değeri %3-4, protein değeri %5-6, selüloz değeri %1-4 ve kül değeri %1 olarak bildirilmiştir. Avrupa Birliği tarafından verilen kod numarası E 410’dur [15]. Keçiyoynuzu gamı, oda sıcaklığındaki suda sınırlı düzeyde çözünürken, iyi bir çözünme sağlamak için keçiyoynuzu gamından oluşan çözeltiyi yaklaşık 85°C’ye ısıtmak gerekmektedir. Böylece ağırlığının yaklaşık 50 katı su tutma kapasitesine sahiptir [16]. Doğası gereği iyonik olmayan keçiyoynuzu gamı çözeltileri pH, tuzlar ve ısıl işlemle etkilenmezler [14]. Keçiyoynuzu gamı, fermente süt ürünlerinde viskoziteyi ve pıhtı jelinin stabilitesini artırır ve ürünün tekstürel özelliklerini iyileştirir [13]. Keçiyoynuzu gamı ürünlerin yapısını geliştirirken lezzetlerini bozmamaktadır [16]. Ancak, ilave edilen keçiyoynuzu gamının oranı %0.25 ve üzerinde olması halinde aroma ve tekstürü olumsuz etkilediği bildirilmiştir [17].

Hidrokolloidlerin yoğurt, ayran gibi fermente süt ürünlerinde serum ayrılmasını azaltmak, reolojik ve tekstürel özellikleri iyileştirmek ve duyu özellikler üzerinde etkisini incelemek üzere çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda, hidrokolloidler ürüne işlenecek süte katıldığı gibi, çözelti olarak fermente ürüne de karıştırılmıştır. Yapılan bir çalışmada, süte %0.02 oranında keçiyoynuzu gamı ilave edilerek üretilen yoğurdun taramalı elektron mikroskobu (SEM, Scanning Electron Microscopy) görüntülerinde, keçiyoynuzu gamı moleküllerinin kazein miselleriyle veya kendi aralarında bir bağ oluşturmadığı rapor edilmiştir. Ayrıca keçiyoynuzu gamı ilave edilen örneklerin serum ayrılması değeri kontrol grubuna yakın olduğu bulunmuştur [18]. Ünal ve ark. [19] da keçiyoynuzu gamı konsantrasyonu %0.038 olan yoğurt örneklerinin %0.02

olan örneklere göre su tutma kapasitesi ve viskozite değerinin daha düşük, serum ayrılması değerinin ise daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Öte yandan, stabilizatör ilaveli ayran çalışmalarında, stabilizatör çözeltisi ayrı olarak hazırlanmış ve daha sonra yoğurt ile karıştırılmıştır [17, 20]. Yapılan çalışmalarda, bu yöntemle üretilen ayran örneklerinde keçiyoynuzu gamı oranının artmasıyla serum ayrılmasının düştüğü bildirilmiştir [17, 20].

Literatürde, hidrokolloidlerin özellikle keçiyoynuzu gamının, keçi sütünden üretilen kefirin özellikleri üzerine etkisini inceleyen çalışma tespit edilememiştir. Bu çalışmada, keçiyoynuzu gamının keçi sütünden üretilen kefirin fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Kefir örneklerinin üretiminde kullanılan keçi sütü Bolu'da bulunan bir çiftçiden çiğ süt olarak satın alınmıştır. Kefir üretiminde ticari starter kültür (Danisco Biolacta DC1) kullanılmıştır. Üretici firmaya göre bu ticari starter kültür, kefir taneleri mikroflorasını, kefir mayalarını ve *Lactococcus* spp., *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* spp. ve *Streptococcus thermophilus* gibi laktik asit bakterilerini içermektedir. Keçiyoynuzu gamı, Kimbiotek Kimyevi Mad. San. ve Tic A.Ş'den (Alfasol marka) temin edilmiştir. Kefir örneklerinin muhafazası için yüksek yoğunluklu polietilen (High Density Polyethylene, HDPE) malzemeden yapılan bir litrelik şişeler kullanılmıştır. Kefirlerin üretimi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ar-Ge Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Kefir Örneklerinin Üretimi

Keçi sütü, uygun koşullar altında üretimin gerçekleştirileceği laboratuvara farklı günlerde getirilmiştir. Sütler pastörizatöre aktarılırken, öncelikle bez ve çelik süzgeçten geçirilerek süzümüştür. Süzülen keçi sütlerinden örnek alınmıştır. Kefire işlenecek sütler çift cidarlı pastörizatörde 85°C'de 10 dakika süreyle ısıtılmıştır. Isıl işlem uygulanan sütlerin sıcaklığı aynı pastörizatörde soğutma suyu açılarak hızlı bir şekilde mayalama sıcaklığına kadar düşürümüştür. Bu aşamada, süte kefir starter kültürü (0.02 g/L) ilave edilmiştir. Kefir starter kültürü inoküle edilen sütler, 1 L hacimli steril HDPE şişelere yaklaşık 920 mL olacak şekilde dolmu yapılmıştır. Şişeler 25°C'deki inkübatöre yerleştirilerek, örneklerin pH değeri 4.6 oluncaya kadar inkübe edilmiştir. Örneklerin fermentasyonu yaklaşık 13 saatte tamamlanmıştır. Fermentasyon sonunda örneklerin bir kısmı kontrol olarak ayrılmıştır.

Son örnekte stabilizatörün oranı %0.05, %0.1 ve %0.2 olacak şekilde sırasıyla 3, 6 ve 12 gr keçiyoynuzu gamı ayrı ayrı tartılmış ve üzerlerine 480 mL su ilave edilmiştir. Bu karışımlar, ultra turraks (15000 rpm) yardımıyla homojen hale getirilmiş ve 85°C'de 10 dakika pastörize edilmiştir. Fermentasyonu biten örneklere (920 mL), hazırlanan keçiyoynuzu gamı çözeltilerinden 80 mL ilave edilmiştir. Kontrol grubuna ise 85°C'de 10 dakika pastörize edilmiş 80 mL içilebilir su ilave edilmiştir. Daha

sonra şişeler steril baget cam çubuk yardımıyla bunzen alevinin yanında aynı oranda karıştırılmış ve 4°C'de 28 gün depolanmıştır. Son örnekte %0.05, %0.1 ve %0.2 olacak şekilde keçiyoynuzu gamı ilave edilen örnekler sırasıyla K_{0.05}, K_{0.1} ve K_{0.2} olarak kodlanmıştır.

Yapılan çalışmada, örneklerin kurumadde, yağ, protein ve kül değerleri depolamanın sadece 1. günü tespit edilmiştir. Öte yandan örneklerin pH, titrasyon asitliği, viskozite değerleri, serum ayrılması, renk değerleri ve duyuşsal analiz depolamanın 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerinde belirlenmiştir. Çalışmada her bir örnek 2 tekerrür şeklinde üretilmiş olup, analizler en az 2 paralel şekilde yapılmıştır. Kefir örneklerinin depolama sırasında analizlerinde, her örnek için bir tane 1 litrelik kefir şişesi kullanılmıştır. Tüm şişeler açılmadan önce çalkalanmak suretiyle (şişenin 10 defa alt üst edilmesi suretiyle) iyice karıştırılarak homojen hale getirilmiştir.

Keçi Sütlerinde ve Üretilen Kefir Örneklerinde Yapılan Analizler

Örneklerin kurumadde ve kül tayini standart gravimetrik yöntemle, yağ tayini Gerber yöntemiyle, protein tayini Kjeldahl yöntemiyle, laktik asit cinsinden titrasyon asitliği titrimetrik yöntemle belirlenmiştir [21]. Örneklerinin pH değerleri WTW 720 marka pH metre kullanılarak ölçümüştür. Örneklerinin viskozite değerleri viskozimetre cihazı (AND vibro viscometer SV-10, Japonya) kullanılarak 8±1°C'de direkt ölçüm yapılmıştır. Cihazdan 2 dakika boyunca 15 saniyede bir olmak üzere toplam 9 sonuç alınmış ve bu 9 sonucun ortalaması, o örneğin viskozite değeri olarak kabul edilmiştir. Örneklerin renk tayini CIE (International Commission on Illumination) renk ölçüm sistemine göre Konica Minolta CR-400 (Osaka, Japonya) renk tayin cihazı ile yapılmıştır. Örneklerin L*, b* ve C (chroma) değerleri cihazdan direkt okuma yapılmış olup, beyazlık indeksi aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$\text{Beyazlık indeksi (WI)} = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}$$

Örneklerin serum ayrılması, kapaklı cam mezürler (100 mL) içerisinde 4°C'de bekletilen kefir örneklerinin yüzeyinde biriken serum hacmi olarak belirlenmiştir [17]. Örneklerin duyuşsal yönden değerlendirilmesi, Drake [22]'in süt ürünleri için modern duyuşsal uygulama yöntemlerinden biri olan hedonik skala sistemi modifiye edilerek yapı, kıvam ve tekstür, tat ve koku ve genel beğeni olmak üzere üç ayrı kategoride 9 puan üzerinden yapılmıştır (1: Çok kötü, 9: Çok iyi).

İstatistiksel Analizler

Deneme 4 farklı kefir örneği ve 5 farklı depolama süresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kefire ilave edilen gam oranının etkisini ortaya koymak amacıyla elde edilen verilerin analizinde varyans analizi (ANOVA) ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma testleri kullanılmıştır. Örneklerin renk değerleri arasındaki farklılıkları ortaya koymak amacıyla ise t-testi ve Mann Whitney U testi kullanılmıştır [23]. Elde edilen tüm verilerin istatistiksel

analizleri SPSS ver. 20 (IBM) paket programı kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Kefir üretiminde kullanılan keçi sütünün ve bu sütte üretilen, su veya keçiyoynuzu gamı çözeltisi ilave edilmeyen, kefirin fizikokimyasal özellikleri Tablo 1'de bir araya getirilmiştir. Sütün pastörizasyon işleminin açık

kazan pastörizatörde yapılması nedeniyle kefirin kurumadde, yağ, protein ve kül değerlerinde elde edildiği süte göre oransal bir artış görülmektedir. Benzer sonuç, Öner ve ark. [24] tarafından yapılan çalışmada da belirtilmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında, keçi sütünün ve ticari kültür ile üretilen kefirinin kurumadde değerlerini sırasıyla %13.04 ve %13.99 olarak tespit etmişlerdir.

Tablo 1. Keçi sütünün ve keçi sütünden üretilen kefirin fizikokimyasal özellikleri

Table 1. Physicochemical properties of goat milk and kefir produced from goat milk

Analizler	Keçi Sütü	Keçi Kefiri
Kurumadde (%)	13.30±0.15	13.91±0.12
Yağ (%)	4.23±0.07	4.37±0.06
Protein (%)	3.85±0.10	4.15±0.07
Kül (%)	0.75±0.06	0.83±0.02
pH	6.67±0.04	4.45±0.01
Titrasyon asitliği (% LA)	0.17±0.01	1.03±0.06
Viskozite (mPa·s)	2.68±0.18	46.78±0.60
L* değeri	82.42±0.60	84.86±0.01
b* değeri	6.09±0.19	6.46±0.03
C Değeri	6.86±0.23	7.27±0.03
WI Değeri	81.12±0.50	83.20±0.01

Tablo değerleri ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=2).

Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan keçiyoynuzu gamı çözeltilerinin kefire ayrı ayrı ilave edilmesi sonrası örneklerin kimyasal özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı üzere, Kontrol ve keçiyoynuzu gamı ilave edilen kefir örneklerinin kimyasal değerlerinde oransal bir düşüş görülmektedir. Örneklerin

kurumadde, protein ve kül değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir ($P>0.05$). Ancak $K_{0.2}$ örneğinin yağ değeri oransal olarak diğer örneklerden düşük tespit edilmiştir.

Tablo 2. Keçiyoynuzu gamı ilave edilen keçi sütü kefirlerinin kimyasal özellikleri

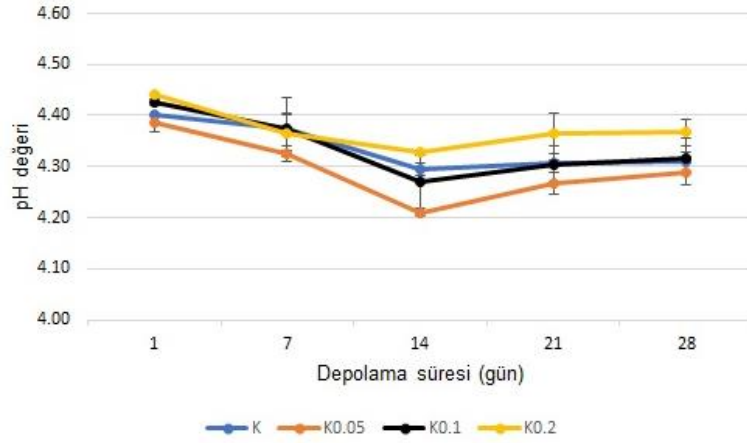
Table 2. Chemical properties of carob gum added goat milk kefir samples

Kefir çeşitleri	Kimyasal değerler (%) ($\bar{x}\pm SD$) (n=2)			
	Kurumadde	Yağ	Protein	Kül
Kontrol	12.88±0.05 ^{a*}	4.00±0.10 ^a	3.82±0.01 ^a	0.77±0.01 ^a
$K_{0.05}$	12.94±0.05 ^a	4.10±0.10 ^a	3.84±0.06 ^a	0.75±0.00 ^a
$K_{0.1}$	12.99±0.10 ^a	4.08±0.10 ^a	3.80±0.00 ^a	0.78±0.01 ^a
$K_{0.2}$	12.97±0.09 ^a	3.87±0.06 ^b	3.86±0.04 ^a	0.78±0.01 ^a
Ortalama (N=8)	12.94±0.08	4.02±0.12	3.83±0.03	0.77±0.01

$\bar{x}\pm SD$: Ortalama ve standart sapma, n: Her bir periyotta analiz edilen tekerrür örnek sayısı, N: Analiz edilen toplam örnek sayısı, *: Her bir özellik bakımından farklı küçük harf taşıyan örnekler birbirinden farklıdır.

Örneklerin depolama süresince pH değişimi Şekil 1'de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere, depolama süresince en yüksek pH değeri $K_{0.2}$ örneğinde, en düşük pH değeri ise $K_{0.05}$ örneğinde tespit edilmiştir. $K_{0.05}$ ile $K_{0.2}$ örneklerinin genel ortalama pH değerleri arasındaki fark önemlidir ($P<0.05$). Depolamanın ilk 14 gününde örneklerin pH değerinde önemli bir düşüş ($P<0.05$) görülmüştür. Ancak depolamanın sonuna doğru tüm örneklerin pH değerinde hafif bir artış tespit edilmiş; bu değişim, sadece $K_{0.05}$ örneğinde önemli çıkmıştır. Benzer sonuç, Sarıca [12] tarafından yapılan bir

çalışmada da bulunmuştur. Örneklerin pH değerlerindeki düşüş, laktik asit bakterilerinin laktozu laktik aside parçalamasıyla ilişkilidir [25]. Fakat, ortamda oluşan asidik ortam bir süre sonra laktik asit bakterisi popülasyonu olumsuz etkilemekte, dolayısıyla kefirde laktik asit fermantasyonu yavaşlamakta hatta durma noktasına gelmektedir. Öte yandan, depolama sırasında kefirde alkol fermantasyonu devam etmektedir [26]. Ortamda bulunan bazı maya türleri laktik asidi kullanarak pH değerinin yükselmesine sebep olmaktadır [25].

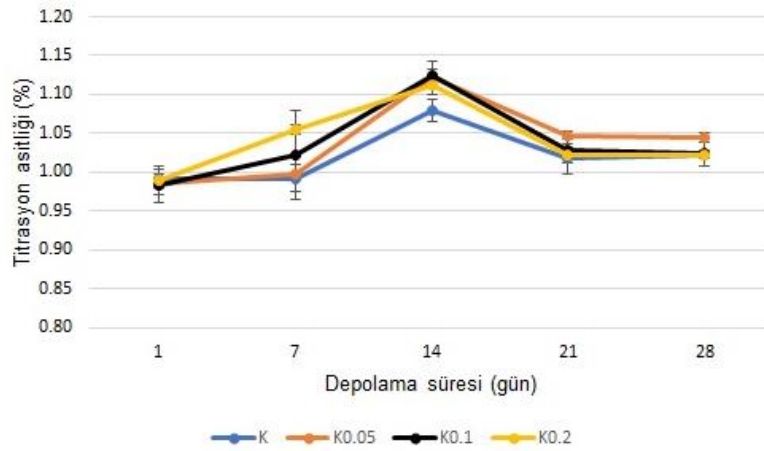


Şekil 1. Keçiboynuzu gamı ilave edilen keçi kefirlerinin depolama süresince pH değişimi

Figure 1. pH values of carob gum added goat milk kefir samples during storage

Örneklerin depolama sırasında titrasyon asitliği değerleri %0.98-1.13 arasında değişim göstermiştir (Şekil 2). Elde edilen bu değerler, Cais-Sokolińska ve ark. [27] tarafından elde edilen değerlerle uyumludur. Örneklerin genel ortalama titrasyon asitliği değerleri arasında önemli bir fark ($P>0.05$) çıkmamıştır. Ancak depolamanın 14. gününde Kontrol grubunun titrasyon asitliği değerinin diğer örneklerin değerinden düşük olduğu ve bu farkın önemli ($P<0.05$) olduğu tespit

edilmiştir. Örneklerin titrasyon asitliği depolamanın 14. gününde önemli bir artış olduğu ($P<0.05$), depolamanın 21. gününde azaldığı ($P>0.05$) ve depolamanın 28. gününde değişim olmadığı belirlenmiştir. Depolama süresinin kefir örneklerinin titrasyon asitliği değerlerini etkilediği Cais-Sokolińska ve ark. [27] tarafından da rapor edilmiştir. Örneklerin titrasyon asitliği ve pH değerlerindeki değişim ters orantılıdır.



Şekil 2. Keçiboynuzu gamı ilave edilen keçi kefirlerinin depolama süresince titrasyon asitliği değişimi

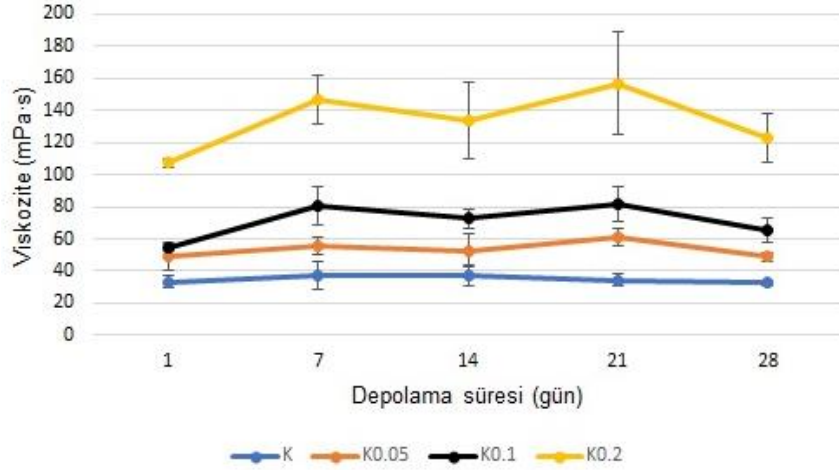
Figure 2. Titration acidity values of carob gum added goat milk kefir samples during storage

Keçiboynuzu gamı oranının artmasıyla doğru orantılı olarak viskozite de artmıştır. Depolama sırasında viskozite, Kontrol örneğinde 32-38 mPa.s, K_{0.05} örneğinde 48-61 mPa.s, K_{0.1} örneğinde 54-82 mPa.s ve K_{0.2} örneğinde 107-157 mPa.s arasında tespit edilmiştir (Şekil 3). Kontrol örneğinin viskozite değerinde, depolamanın 7. gününde hafif bir artış olsa da depolamanın 28. gününe kadar düşüş gözlemlenmiştir. Ancak bu değişim istatistiksel olarak önemli değildir ($P>0.05$). Kontrol örneğinin viskozitesindeki değişim, kefir starter kültürleri tarafından üretilen kefiran gibi ekzopolisakkaritlerle ilişkilidir. Bu ekzopolisakkaritler,

ürünün viskozitesini ve su tutma kapasitesini arttırabilmektedir [28]. Ancak depolama sonuna doğru görülen viskozitedeki azalma ekzopolisakkaritlerin monomerlerine hidrolize olmasıyla ilişkili olabilir [29]. Depolama süresince, K_{0.1} ve K_{0.2} örnekleri ile Kontrol örnekleri arasındaki fark önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Ancak kefire %0.05 oranında keçiboynuzu gamı ilavesi, Kontrol örneğine göre, sadece depolamanın ilk gününde önemli bir fark oluştururken ($P<0.05$), depolamanın diğer günlerinde fark anlamlı çıkmamıştır ($P>0.05$). Örneklerin viskozite değerlerinde depolama süresi boyunca dalgalanmalar görülmektedir. Değişim, K_{0.05}

örneklerinde önemli değilken ($P>0.05$), $K_{0.1}$ ve $K_{0.2}$ örneklerinde önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Keçiyoynuzu gamı, nötr polimer olan galaktomannanlardan oluşması nedeniyle, pH değişiminden etkilenmezler [20]. Ayrıca, keçiyoynuzu gamı kazein partikülleriyle etkileşime girmezler [30]. Ancak, keçiyoynuzu gamı ilave edilen kefir örneklerinin depolama süresince ki viskozite

değişimi, kefirde bulunan mikroorganizma ve enzimler nedeniyle ekzopolisakkaritlerin üretilmesi ve monomerlerine parçalanması, asit pıhtısının ortamdaki asit değişiminden etkilenmesi, keçiyoynuzu gamının su tutma özelliği gibi birçok etkenle ilişkili olduğu düşünülmektedir [20, 28, 29, 31].



Şekil 3. Keçiyoynuzu gamı ilave edilen keçi kefirlerinin depolama süresince viskozite değişimi

Figure 3. Viscosity values of carob gum added goat milk kefir samples during storage

Örneklerin depolama süresi boyunca serum ayrılması değişimi Tablo 3'de verilmiştir. Depolamanın 1. gününde örneklerde serum ayrılması tespit edilmemiştir. Depolamanın 7. gününde örneklerde serum ayrılması gözlemlenmiş, ancak serum-kefir ayırımı tam yapılamamıştır. Serum ayrılması en fazla Kontrol örneğinde, en az ise $K_{0.2}$ örneğinde gözlemlenmiştir. Kefir örneklerinde keçiyoynuzu gamı oranı arttıkça serum ayrılması oranı azalmıştır. Bu sonuç, Kök [20] tarafından elde edilen sonuçlarla uyumludur. Örneklerin genel ortalama serum ayrılması değerlerine göre $K_{0.1}$ ve $K_{0.2}$ örnekleri ile Kontrol örnekleri arasındaki fark önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Aşçı-Arslan [32] yapmış olduğu çalışmada, depolamanın ilk gününde örneklerinin bazılarında hiç serum ayrılması olmadığını bildirmiştir. Kontrol grubunda depolamanın ilk günlerinde serum ayrılmasının oluşmaması kefir starter kültürü tarafından üretilen ekzopolisakkaritlerle ilişkilidir. Çünkü, bu yüksek molekül ağırlıklı polisakkaritler kazein miselleri ile etkileşime girerek misellerin birbirleri ile olan temaslarını sınırlandırdığı bildirilmektedir [32]. Başka bir çalışmada, %0.1 oranında keçiyoynuzu gamı içeren ayranın ilk beş günde serum ayrılması tespit edilemezken, 15 günlük depolama sonunda %4 serum ayrılması tespit edilmiştir. Keçiyoynuzu gamı ilave edilen örneklerde serum ayrılması kontrol grubuna göre oldukça düşük tespit edilmiştir [30]. Depolama süresince, örneklerin serum ayrılması artmıştır. Bu artış, Kontrol, $K_{0.05}$ ve $K_{0.1}$ örneklerinde önemliyken ($P<0.05$); $K_{0.2}$ örneğinde önemli olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir. Tamuçay-Öznlü ve Koçak [31] yapmış oldukları bir çalışmada, depolama boyunca ayranların viskozite değerindeki

değişimin önemli olmadığını, ancak ayranlarda serum ayrılmasının arttığını rapor etmişlerdir. Ayrıca 65-100 cP viskozite değerine sahip ayranların serum ayrılmasındaki artış önemli bulunurken; 131-136 cP değerine sahip ayranların serum ayrılması 14 günlük depolama sonunda %2.5 olup, değişim önemsiz bulunmuştur. Serum ayrılması, kullanılan sütün ve kültürün çeşidi, toplam kurumadde, inkübasyon sıcaklığı, sonlandırma pH'sı, ısı işlem normu, depolama süresi, depolama sıcaklığı ve stabilizatör gibi ilave bileşenin çeşidi ve miktarına göre değişkenlik gösterebilmektedir [28, 32]. Çünkü fermente süt ürünlerinin üretiminde kullanılan sütün kurumadde, yağ ve protein oranının yüksek olması serum ayrılmasını düşürmektedir [33]. Ayrıca, kazein ve denatüre serum proteinlerinin miktarı, kazeinin içeriği ve oranı, denatüre serum proteinleri ile kapa kazein arasındaki interaksyon gibi birçok faktör viskoziteyi ve serum ayrılmasını etkilemektedir [34].

Keçi sütünden üretilen kefire keçiyoynuzu gamı ilavesi örneklerin rengini etkilemiştir. Tablo 4'de gösterildiği gibi, depolama sırasında en düşük L^* ve W_I değeri $K_{0.2}$ örneğinde tespit edilmiş olup, Kontrol ve $K_{0.05}$ örneklerine göre fark önemlidir ($P<0.05$). Depolamanın başında önemli bir farklılık söz konusu olmasa da, depolama sonunda Kontrol ve $K_{0.1}$ örneğinin L^* ve W_I değeri arasında fark önemli ($P<0.05$) çıkmıştır. Kontrol ve keçiyoynuzu gamı ilave edilen örneklerin hepsinde depolama sırasında L^* ve W_I değerinde bir artış ($P<0.05$) belirlenmiştir.

Tablo 3. Keçiyoynuzu gamı ilave edilen keçi kefirlerinin depolama süresince serum ayrılması değişimi
Table 3. Changes in serum separation values of carob gum added goat milk kefir samples during storage

Depolama (gün)	Serum ayrılması (%) ($\bar{x}\pm SD$) (n=2)				Ortalama (N=8)
	Kontrol	K _{0.05}	K _{0.1}	K _{0.2}	
1	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
14	3.67±0.82 ^{Ab*}	2.83±0.75 ^{ABb}	2.17±0.41 ^{Bb}	2.00±0.55 ^{Ba}	2.67±0.91 ^b
21	4.83±1.33 ^{Ab}	4.33±1.51 ^{ABab}	3.33±0.52 ^{ABa}	2.33±0.82 ^{Ba}	3.71±1.43 ^b
28	6.83±1.17 ^{Aa}	5.83±2.48 ^{ABa}	3.67±3.03 ^{BCa}	3.00±1.10 ^{Ca}	4.83±2.16 ^a
Ortalama (N=6)	5.11±1.71 ^A	4.33±2.06 ^{AB}	3.06±0.94 ^{BC}	2.44±0.91 ^C	

$\bar{x}\pm SD$: Ortalama ve standart sapma, n: Her bir periyotta analiz edilen tekerrür örnek sayısı, N: Analiz edilen toplam örnek sayısı, *: Aynı sütunda farklı küçük harf veya aynı satırda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Depolamanın ilk gününde, kefire ilave edilen keçiyoynuzu gamı oranı arttıkça örneklerin b* değerlerinde hafif bir artış görüldü de örnekler arasında önemli bir fark (P>0.05) yoktur (Tablo 4). Ancak depolamanın son gününde, K_{0.2} örneğinin b* değeri diğer örneklerin b* değerinden daha yüksek (P<0.05) bulunmuştur. Örneklerin depolama sırasında b*

değerlerinde bir artış tespit edilmiş olup, bu artış önemli (P<0.05) bulunmuştur.

İlave edilen keçiyoynuzu gamı miktarı kefirin C değerini etkilemektedir (Tablo 4). Bu durum, depolamanın sonunda açık bir şekilde gözükmetedir (P<0.05). Hem Kontrol hem de keçiyoynuzu gamı ilave edilen örneklerin C değeri depolama sırasında artmış olup, aradaki fark önemli (P<0.05) bulunmuştur.

Tablo 4. Keçiyoynuzu gamı ilave edilen keçi sütü kefirlerinin depolama süresince renk değişimi
Table 4. Color values of carob gum added goat milk kefir samples during storage

Depolama süresi	Kefir örnekleri	Renk özellikleri ($\bar{x}\pm SD$) (n=2)			
		L*	b*	C	WI
Gün	Kontrol	84.65±0.04 ^{ab*}	6.27±0.02 ^{ab}	7.08±0.04 ^{ab}	83.10±0.02 ^{ab}
	K _{0.05}	84.58±0.14 ^{ab}	6.30±0.04 ^{ab}	7.08±0.03 ^{ab}	83.09±0.14 ^{ab}
	K _{0.1}	84.47±0.10 ^{abB}	6.31±0.03 ^{ab}	7.12±0.04 ^{ab}	82.92±0.08 ^{abB}
	K _{0.2}	84.38±0.01 ^{bB}	6.34±0.12 ^{ab}	7.10±0.14 ^{ab}	82.85±0.07 ^{bB}
	Ortalama	84.52±0.13 ^B	6.30±0.06 ^B	7.09±0.07 ^B	82.99±0.14 ^B
3. Gün	Kontrol	85.13±0.05 ^{aA}	6.42±0.08 ^{ba}	7.21±0.04 ^{bcA}	83.50±0.01 ^{aA}
	K _{0.05}	85.04±0.01 ^{abA}	6.36±0.01 ^{ba}	7.13±0.01 ^{ca}	83.43±0.01 ^{abA}
	K _{0.1}	84.87±0.17 ^{bcA}	6.44±0.04 ^{ba}	7.23±0.04 ^{ba}	83.23±0.17 ^{bcA}
	K _{0.2}	84.80±0.13 ^{ca}	6.59±0.02 ^{aA}	7.34±0.03 ^{aA}	83.12±0.10 ^{ca}
	Ortalama	84.96±0.17 ^A	6.45±0.10 ^A	7.23±0.09 ^A	83.32±0.18 ^A

$\bar{x}\pm SD$: Ortalama ve standart sapma, n: Her bir periyotta analiz edilen tekerrür örnek sayısı, *: Aynı sütunda farklı küçük harf veya aynı satırda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar birbirinden farklıdır.

Panelistler tarafından yapılan duyu değerlendirmede, en yüksek ve en düşük kıvam, yapı ve tekstür genel ortalama puanını sırasıyla K_{0.1} ve Kontrol örneği almıştır (Şekil 4a). Bu iki örnek arasındaki fark önemli (P<0.05) bulunmuştur. K_{0.2} örneğinin kıvam, yapı ve tekstür özelliği, depolamanın ilk gününde diğer örnekler göre daha fazla beğenilse de depolamanın diğer günlerinde viskozitedeki artışla ilişkili olarak ilk günkü gibi beğenilmemiştir. Panelistler, bu örneğin oldukça kıvamlı olduğunu ve içilmesini zorlaştırdığını bildirmişlerdir. Duyusal değerlendirmede, keçiyoynuzu gamı ilave edilen kefir örneklerinin depolama sırasındaki kıvam, yapı ve tekstür puanı değişimi ile viskozite değerindeki değişim arasında ters ilişki olduğu görülmektedir.

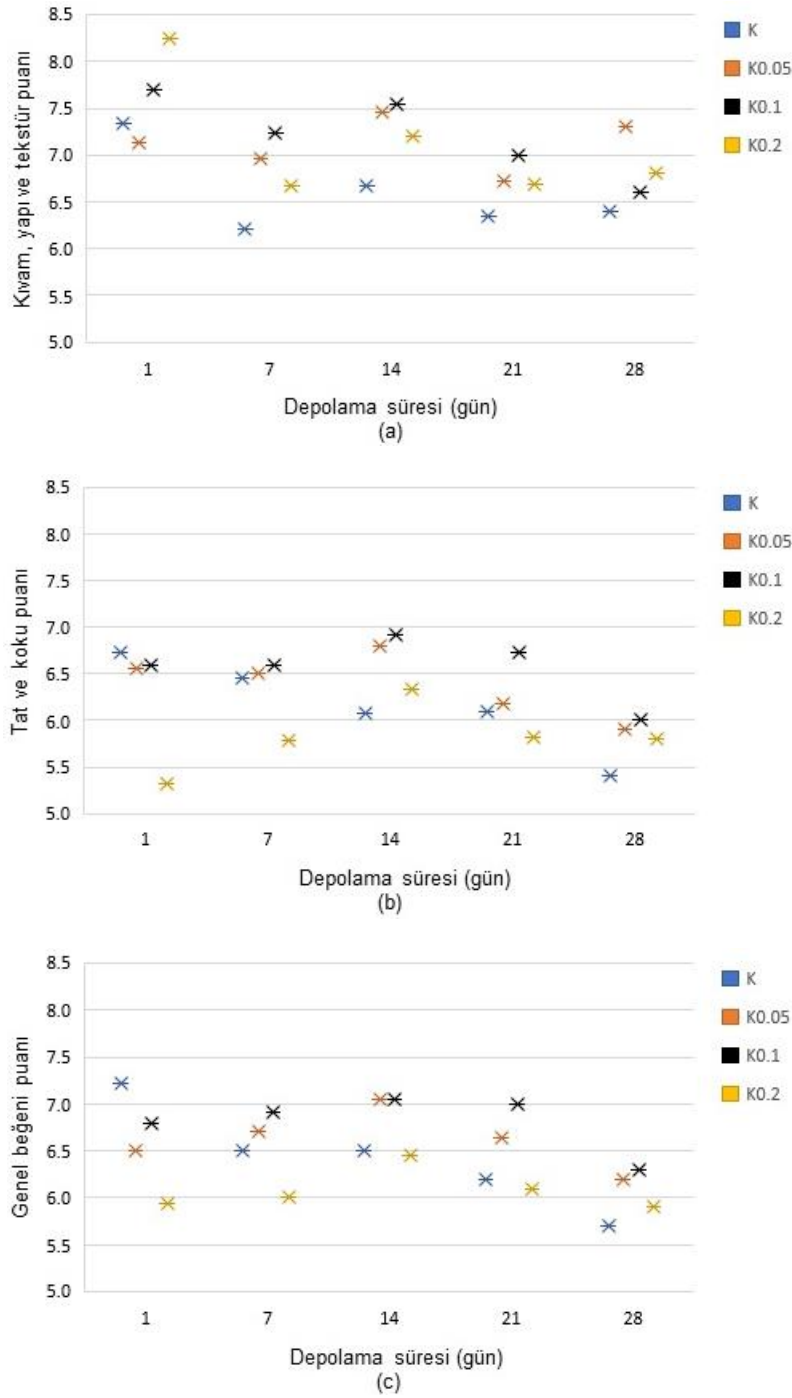
Panelistlerin değerlendirmesi sonucu, en yüksek ve en düşük tat ve koku genel ortalama puanını sırasıyla K_{0.1} ve K_{0.2} örnekleri almıştır (Şekil 4b). Panelistler, K_{0.2} örneklerinde istenmeyen tat ve kokunun olduğunu bildirmişlerdir. Kontrol örneğinin tat ve koku puanı

depolama sırasında düşüş eğilimindedir. Ancak K_{0.05} ve K_{0.1} örneklerinin tat ve koku puanı, depolamanın 14. gününe kadar artış, daha sonra düşüş eğilimi göstermiştir. Panelistler, Kontrol grubunda algılanan, bazı tüketiciler tarafından beğenilmeyen, keçi sütüne özgü tat ve kokuyu keçiyoynuzu gamının biraz baskıladığını bildirmişlerdir.

Örneklerin genel beğeni ortalama puanına göre, panelistler en çok K_{0.1}, daha sonra K_{0.05} örneklerini, en az ise K_{0.2} örneğini beğenmişlerdir (Şekil 4c). Kontrol örneğinin genel beğeni puanı depolama sırasında sürekli düşüş eğilimindedir. K_{0.05} ve K_{0.2} örneklerinin genel beğeni puanı depolamanın 14. gününe kadar artış, daha sonra düşüş eğilimi göstermiştir. K_{0.1} örneği ise depolamanın 21. gününe kadar 6.8-7.0 arasında genel beğeni puanı almıştır. Farklı oranlarda stabilizatör ilave edilen ayran çalışmasında, %0.1 oranında keçiyoynuzu gamının ayranın tat ve kokusunu değiştirmeden viskozitesini arttırdığını ve serum

ayrılmasını önlediği bildirilmiştir [17]. Depolama sırasında en yüksek ve en düşük tat-koku ve genel

beğeni genel ortalama puanı sırasıyla depolamanın 14. ve 28. günlerinde elde edilmiştir ($P<0.05$).



Şekil 4. Keçiyoynuzu gamı ilave edilen keçi kefirlerinin duysal özellikleri

Figure 4. Sensory properties of carob gum added goat milk kefir samples during storage

SONUÇ

Keçiyoynuzu gamı, viskoziteyi arttırmak ve serum ayrılmasını azaltmak için kefir üretiminde kullanılabilir. Keçiyoynuzu gamının kefirin, özellikle keçi sütünden üretilen kefirin, fiziksel ve duysal özellikleri iyileştirmek amacıyla %0.1 oranında kefire ilave edilmesi tavsiye edilebilir. Çünkü, fermente süt ürünlerinde görülen en

önemli kalite kusurları kabul edilen viskoziteyi arttırmış ve serum ayrılmasını ise azaltmıştır. Ayrıca duysal değerlendirmede diğer örneklerden daha yüksek puan almıştır. Bunun yanı sıra, %0.2 oranında keçiyoynuzu gamı ilave edilmiş kefir örneklerinde serum ayrılması daha düşük tespit edilmiş olmasına rağmen, oluşan aşırı viskoz yapı ve istenmeyen tat gelişiminden dolayı panelistler tarafından beğenilmemiştir. Sonuç olarak,

istenmeyen tat oluşması ve viskozitenin çok artmasıyla ilişkili olarak içimde görülen güçlükten dolayı, kefire ilave edilecek keçiyoynuzu gaminin oranı %0.2 ve üzerinde olmamalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Farnworth, E.R. (2005). Kefir – a complex probiotic. *Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods*, 2(1), 1-17.
- [2] Ahmed, Z., Wang, Y., Ahmad, A., Khan, S.T., Nisa, M., Ahmad, H., Afreen, A. (2013). Kefir and health: a contemporary perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 422-434.
- [3] Garofalo, C., Osimani, A., Milanović, V., Aquilanti, L., Filippis, F., Stellato, G., Mauro, S., Turchetti, B., Buzzini, P., Ercolini, D., Clementi, F. (2015). Bacteria and yeast microbiota in milk kefir grains from different Italian regions. *Food Microbiology*, 49, 123-133.
- [4] Güzel-Seydim, Z.B., Kök-Taş, T., Greene, A.K., Seydim, A.C. (2011). Functional properties of kefir. *Food Science and Nutrition*, 51(3), 261-268.
- [5] Ulusal Süt Konseyi. (2013). Dünya ve Türkiye’de süt sektör istatistikleri. (Erişim tarihi: 24.05.2014).
- [6] Ulusal Süt Konseyi. (2019). Dünya ve Türkiye’de süt sektör istatistikleri. Erişim adresi: <https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/Ulusal-Sut-Konseyi-Sut-Raporu-2019.pdf> (Erişim tarihi: 06.07.2020).
- [7] Lad, S.S., Aparnathi, K.D., Mehta, B., Velpula, S. (2017). Goat milk in human nutrition and health – a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 1784-1792.
- [8] Coşkun, H., Öndül, E. (2004). Keçi sütü ve insan beslenmesindeki önemi. *Gıda Dergisi*, 29(6), 411-418.
- [9] Park, Y.W. (2017). Goat Milk – Chemistry and Nutrition. In *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*, Edited by Y.W. Park, G.F.W. Haenlein, W.L. Wendorff, Second Edition, Wiley Blackwell, USA, 42-83p.
- [10] Tratnik, L., Božanić, R., Herceg, Z., Drgalić, I. (2006). The quality of plain and supplemented kefir from goat’s and cow’s milk. *International Journal of Dairy Technology*, 59(1), 40-46.
- [11] Güneşer, O., Karagül-Yüceer, Y. (2010). Keçi sütünün kefir üretiminde kullanılması: fiziksel, kimyasal ve duyu özellikleri. *Ulusal Keçicilik Kongresi*, 24-26 Haziran 2010, Çanakkale, Türkiye, Bildiriler Kitabı, 336-341s.
- [12] Sarıca, E. (2019). Farklı Sütlerden Yapılan Kefirlerin Buzdolabı Sıcaklığında ve Dondurarak Depolanması Esnasında Meydana Gelen Değişmeler. Doktora Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- [13] Park, Y.W., Oglesby, J., Hayek, S.A., Aljaloud, S.O., Gyawali, R., Ibrahim, S.A. (2019). Impact of different gums on textural and microbial properties of goat milk yogurts during refrigerated storage. *Foods*, 8(5), 169.
- [14] Barak, S., Mudgil, D. (2014). Locust bean gum: processing, properties and food applications – a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 66, 74-80.
- [15] Demirtaş, Ö. (2007). Keçiyoynuzu (*Ceratonia siliqua*) Çekirdeklerinden Gam Üretim Yollarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [16] Peker, H. (2012). Keçiyoynuzu Gamı Kullanılarak Az Yağlı Yoğurt ve Zeytin Yaprağı Ekstraktı Kullanılarak Fonksiyonel Meyveli Yoğurt Üretimlerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- [17] Koksoy, A., Kilic, M., (2004). Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloids*, 18(4), 593-600.
- [18] Macit, E. (2011). Farklı Stabilizatör Madde Kullanılarak Üretilen Yoğurtların Çeşitli Kalite Niteliklerinin Depolama Periyodu Boyunca İncelenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- [19] Ünal, B., Metin, S., Işıklı, N.D. (2003). Use of response surface methodology to describe the combined effect of storage time, locust bean gum and dry matter of milk on the physical properties of low-fat set yoghurt. *International Dairy Journal*, 13, 909-916.
- [20] Kök, M.S. (2010). Characterization of galactomannan stabilised yoğurt drink using dynamic rheology. *International Journal of Food Properties*, 13(1), 209-220.
- [21] AOAC. (1997). Official methods of analysis. Association of Analytical Chemists International, 16th ed. Washington.
- [22] Drake, M.A. (2009). Modern Sensory Practices. In *The Sensory Evaluation of Dairy Products*, Edited by S. Clark, M. Costello, M.A. Drake, F. Bodyfelt., Second Edition, Springer, New York.
- [23] Devore, J., Peck, R. (1993). *Statistics: The Exploration and Analysis of Data*. Duxbury Press, An imprint of Wadsworth Publishing Company, Belmont, California.
- [24] Öner, Z., Karahan, A.G., Çakmakçı, M.L. (2010). Effects of different milk types and starter cultures on kefir. *Gıda Dergisi*, 35(3), 177-182.
- [25] Rattray, F.P., O’Connell, M.J. (2011). Kefir. In *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Edited by J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Second Edition, Elsevier, (2):518-524, London.
- [26] Irigoyen, A., Arana, I., Castiella, M., Torre, P., Ibañez, F.C. (2005). Microbiological, physicochemical and sensory characteristics of kefir during storage. *Food Chemistry*, 90, 613-620.
- [27] Cais-Sokolińska, D., Danków, R., Pikul, J. (2008). Physicochemical and sensory characteristics of sheep kefir during storage. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 7(2), 63-73.
- [28] Montanuci, F.D., Pimentel, T.C., Garcia, S., Prudencio, S.H. (2012). Effect of starter culture and inulin addition on microbial viability, texture, and chemical characteristics of whole or skim milk kefir. *Food Science and Technology*, 32(4), 850-861.
- [29] Kök-Taş, T., Seydim, A.C., Özer, B., Güzel-Seydim, Z.B. (2013). Effects of different

fermentation parameters on quality characteristics of kefir. *Journal of Dairy Science*, 96(2), 780-789.

- [30] Köksoy, A. (2003). Ayranın Yapısal Özelliklerinin İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [31] Tamuçay-Özünlü, B., Koçak, C. (2010). Farklı inkübasyon sonu asitliğinin ayran kalitesine etkisi. *Gıda*, 35(2), 113-119.
- [32] Aşçı Arslan, A. (2015). Üretim Parametrelerinin Kefirin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi ile Üretilen Kefirlerin Peptid Profilinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- [33] Ranadheera, C.S., Evans, C.A., Adams, M.C., Baines, S.K. (2012). Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk. *Food Chemistry*, 135, 1411-1418.
- [34] Kavas, G. (2015). Kefirs manufactured from camel (*Camelus dromedarius*) milk and cow milk: comparison of some chemical and microbial properties. *Italian Journal of Food Science*, 27, 357-366.
-
-

Restoranlarda Oluşan Gıda Atıkları ve Yönetimi: İstanbul İli Örneği

Emel Çirişoğlu¹ , Aylin Akoğlu² ¹İstanbul Gelişim Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Avcılar, İstanbul²Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Gölköy, Bolu

Geliş Tarihi (Received): 10.10.2019, Kabul Tarihi (Accepted): 26.12.2020

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ecirisoglu@gelisim.edu.tr (E. Çirişoğlu)

☎ 0 212 422 70 00/ 239 📠 0 212 422 74 01

ÖZ

Başlangıçta insan tüketimi için üretilen gıdaların atığa dönüşmesi, sadece gıdaların değil aynı zamanda üretim ve tüketim döngüsü sürecinde harcanan zaman, enerji, emek, para ve doğal kaynakların israfına da yol açmaktadır. Bu süreçteki israf kontrol altına alınmadığı takdirde, atıkların önüne geçilmesi ve sürdürülebilir üretim ve tüketim anlayışının benimsenmesi mümkün olmayacaktır. Restoranlarda oluşan gıda atıklarının belirlenmesi için yapılan bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden olan görüşme tekniği kullanılmıştır. Veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış görüşme formu oluşturulmuş, elde edilen veriler betimsel analiz yöntemi ile incelenerek verilerin sayısal olarak analizi yapılmıştır. Araştırmanın örneklemini İstanbul ilindeki 29 adet restoran oluşturmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, işletmelerin yarısından fazlası (%58.6) atık takibi yaptıklarını belirtmişlerdir. Katılımcıların tamamına yakınının gıda atıklarına yönelik detaylı bir bilgiye sahip olmadıkları belirlenmiştir. Katılımcıların büyük çoğunluğu (%79.3) restoranlarda en çok atığın servis bölümünde meydana geldiğini belirtmiştir. Katılımcıların %68.9'u en çok atık oluşturan gıda grubunun sebzeler olduğunu ifade etmiştir. Gıda atıklarının değerlendirilmesi konusunda katılımcıların tamamı yağların biyodizel üretimi için biriktirildiğini, %82.7 ise gıda atıklarını farklı şekillerde yiyecek üretiminde yeniden kullanarak (sebze suyu, çorba, sos vb. yapımı) değerlendirdiklerini ifade etmişlerdir. Mutfaklarda meydana gelen atıkların en çok müşteri beklentisi (%31.1) ve personelin dikkatsizliği (%21) gibi faktörlerden kaynaklandığı belirlenmiştir. Tabaklarda oluşan atıkların sebebin ise müşterinin gereğinden fazla sipariş vermesi olduğu ifade edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda gıda atığını azaltmaya yönelik bir takım çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gıda atıkları, Atık yönetimi, Atıkların değerlendirilmesi, Geri kazanım, Restoran

Food Wastes in Restaurants and their Management: The Case of Istanbul Province

ABSTRACT

The conversion of foods originally produced for human consumption into garbage leads to the waste of foods, time, energy, labor, money and natural resources spent during the production and consumption cycles. Unless the waste in this process is taken under control, it will not be possible to prevent wastes and to adopt the understanding of sustainable production and consumption. In this study, one of the qualitative research methods, an interview technique is used to determine food wastes in restaurants and their management. A semi-structured interview form was created as a data collection tool, and data were analyzed by a descriptive analysis method and a numerical method. The sample of the study consisted of 29 restaurants in Istanbul. Results indicated that more than half of the enterprises (58.6%) stated that they followed up their wastes. Almost all of the participants did not have any detailed information about food wastes. The majority of the respondents (79.3%) stated that the highest amount of waste was produced in the service department of restaurants. 68.9% of the participants stated that the most common waste group was vegetables. Regarding the management of food wastes, all participants stated that oils were collected for biodiesel production, and 82.7% stated that they reused food leftovers in meal production (vegetable juice, soup,

sauce etc.) in various ways. It was determined that food wastes generated in kitchens were mostly caused by factors such as customer expectations (31.1%) and personnel carelessness (21%). It can be stated that the reason for food wastes produced on restaurant plates is that customers order more than they need. Along with these results, some solutions were also proposed to reduce food waste.

Keywords: Food waste, Waste management, Assessment of waste, Recycling, Restaurant

GİRİŞ

Küreselleşmenin getirdiği yenilikler, artan nüfus ile birlikte değişen tüketim alışkanlıkları ve kaynakların israfını da beraberinde getirmiştir. Dünyada 800 milyonu aşkın insan açlık ile mücadele ederken, insan tüketimi için üretilen gıdaların üçte biri daha tüketiciye ulaşmadan atığa dönüşmektedir. Dünya üzerinde hâkim olan bu tablo önlenemediği takdirde, azalmakta olan kaynakların gelecekte arz-talep dengesini koruyamayacağı düşünülmektedir [1]. Söz konusu atıklar gıda arzını tehlikeye sokmakta, doğal gıdaların tükenmesi, tarımda kullanılan azot ve fosforun gübre olarak kullanıldığı biyojen döngülerin bozulması ve genel olarak çevresel kirlilik potansiyeli yaratması gibi olumsuz sonuçlara sebebiyet vermektedir. Bu da demek oluyor ki, gıdaları çöpe atmak yalnızca beslenme yaşamını değil, aynı zamanda toprak, su, enerji kaynaklarını ve insan gücünü de çöpe atmaktır [2]. Bu doğrultuda, sürdürülebilir bir atık yönetimi sistemi ile atıkların değerlendirilmesine önem verilmesi, atıkların hem çevreye olan zararlarını hem de işletmelere olan maliyetlerini azaltma noktasında önem arz etmektedir.

Yiyecek içecek sektörü tüm dünyada gün geçtikçe daha çok değer kazanan sektörlerden biridir. Bu aşamada restoranlar, sektörün önemli bir kısmını temsil etmektedir [3]. Öte yandan, bir bölgede yaygınlığı nedeniyle restoranlar, atık yönetimi konusunda bölgesel olarak organize edilmiş ve entegre planlar için mantıklı ve faydalı hedefler olarak görülmektedir [3]. Yönetici ve çalışanlar restoranlarda oluşan gıda atıklarını en aza indirmek ve önlemek için gerekli atık yönetimi bilincine sahip olurlar ise;

- işletmelerin maliyetlerinin azaltılması,
- gıda atıklarının çevresel etkilerinin azaltılması ve bununla birlikte sera gazı emisyonlarının azalması,
- doğal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması,
- sürdürülebilir bir gıda üretimi ve tüketimi anlayışına da katkı sağlanması gibi olumlu etkiler yaşanması beklenmektedir [4].

Günümüzde ev dışı tüketimin her geçen gün artması, insanların alım gücünün iyileşmesi restoran sayılarını da artırmaktadır. Bu sayede insan tüketimi arttıkça atık üretimi de doğru orantılı olarak artmaktadır [5]. Türkiye’de ev dışı tüketimde diğer illere kıyasla İstanbul, toplam cironun yüzde 41’ini oluşturmaktadır. İstanbul’da her gün 7 milyon kişinin dışarıda yemek yediği bilinmektedir. Dışarıda yemek yiyen kişiler en çok harcamayı restoranlar ve fast food mekânlarında yapmaktadır. Bu sıralamayı oteller, kafeler, eğlence mekânları, pastane ve catering işletmeleri takip etmektedir [6, 7].

Çalışmanın amacı, İstanbul’daki restoranlarda oluşan gıda atıklarının hangi sebeplerden kaynaklandığı, oluşan atıkların bölümlere göre dağılımı tespit edilerek işletmelerde yönetici ve çalışanlara farkındalık ve bilinç kazandırılmasıdır. Çalışmada restoranların sayıca çokluğu ve nüfus yoğunluğunun fazlalığı nedeniyle İstanbul ili tercih edilmiştir.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Tanımlamalar

Atık Yönetimi Yönetmeliğine göre atık; “üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal” olarak tanımlanmaktadır [8]. Atık ürün gıda olduğunda ise literatürde üç şekilde tanımlama yapılarak kavramlar birbirinden ayrılmaktadır. Bu kavramlar, gıda kayıpları, gıda atıkları ve gıda israfı olmak üzere 3 başlık altında incelenmektedir.

Gıda kayıpları, özellikle tedarik zinciri boyunca insan tüketimi için yenilebilir gıda kütesindeki azalmayı işaret etmektedir. Bu kayıplar, tedarik zinciri ve tarımsal süreçlerin veya depolama, altyapı, paketlenme ve pazarlamadaki teknik sınırlamaların istenmeyen sonuçlarından kaynaklanmaktadır [9].

Gıda atıkları, perakendecilerin ve tüketicilerin davranışlarıyla ilgili olarak gıda tedarik zincirinin sonunda (perakende ve nihai tüketim) ortaya çıkan gıda kayıplarını ifade etmektedir. Yani tedarik zincirinin sonraki aşamalarında gıda atığı terimi kullanılmaktadır ve genel olarak insan davranışlarıyla ilgilidir [10]. Bir diğer tanıma göre ise, tüketiciler, restoranlar ve yiyecek içecek üreticileri tarafından satın alınan ancak işletmelerde müşteriler tarafından ve evlerde bireyler tarafından tüketilmeyen gıdalar atık olarak tanımlanmaktadır [9]. Gıda atıkları kendi içerisinde yenilebilir ve yenilemez gıda atıkları olarak iki kategoriye ayrılmaktadır. Yenilebilir gıda atıkları, kullanılmamış hasarlı ürünler ve çöpe atılmadan önce yenebilecek durumda olan gıdalar olarak tanımlanmaktadır ve aşırı satın alma, yetersiz hazırlık, yetersiz depolama ve büyük porsiyon boyutları dâhil olmak üzere bir dizi nedenden ötürü ortaya çıkmaktadır. Yenilemez gıda atıkları ise, insan tüketimi için üretilmeyen ancak sonuç itibarıyla çöpe giden kısımları ve gıda veya içecek hazırlamalarından kaynaklanan atıkları içermektedir. Etin yağ ve sinirleri, kemikler, yumurta kabuğu, meyve ve sebze kabukları yenilemez gıda atıklarına örnektir [9, 11].

Gıda israfı ise, bozulma veya atık ile kaybedilen herhangi bir yiyeceği ifade etmektedir. Böylelikle "israf" terimi hem gıda kaybını hem de gıda atığını kapsamaktadır [12]. Üretim, dağıtım, depolama ve nihayetinde tüketim aşamalarında gıda israfı oluşmaktadır.

ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırmada derinlemesine bilgi elde edebilmek ve yöneltilen sorulara daha detaylı cevaplar alabilmek için nitel araştırma yöntemlerinde en çok kullanılan mülakat (görüşme) tekniği kullanılmıştır. Araştırmanın evrenini İstanbul'da bulunan 224 adet turizm işletme belgeli restoran (177 adet 1. sınıf ve 47 adet 2. sınıf) oluşturmaktadır. Tüm evrene ulaşmanın zaman ve mali açıdan kısıtlamalar getirmesi sebebiyle, araştırmanın örneklemini tüm evreni yansıtacağı düşünülerek belirlenen 29 restoran oluşturmaktadır. Belirlenen örneklem, amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan ölçüt örnekleme yönteminden faydalanılarak oluşturulmuştur [13]. Bu yöntem için çalışmaya dâhil edilen restoranlar; daha nitelikli veriler elde edilebileceği düşüncesi ile turizm işletme belgeli 1. ve 2. sınıf restoran olması, dünya mutfakları, Türk mutfağı, et/balık restoranı gibi farklı konseptlerde hizmet vermesi, ala carte servis hizmeti sunması gibi ölçütler belirlenerek seçilmiştir. Böylelikle elde edilen verilerin evreni daha iyi yansıtacağı düşünülmüştür. Bu aşamalardan sonra, seçilen işletmeler ile iletişime geçilerek mülakat için önceden bir randevu talebi oluşturulmuş ve her bir işletme için mülakatlar gerçekleştirilmiştir. Mülakat süreci katılımcıların izni doğrultusunda ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmış ve daha sonra elde edilen veriler yazıya aktarılmıştır.

Araştırmada veri toplama süreci Ekim 2017- Mayıs 2018 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yapılabilmesi için veri toplama aşamasından önce hazırlanan bilgilendirme ve mülakat formu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimlerde İnsan Araştırmaları Etik Kurulu tarafından incelenmiş ve onaylanmıştır (Protokol No: 2017/260).

Veriler analiz edilirken her bir görüşme sorusuna verilen yanıtlar doğrultusunda bazı faktörler belirlenmiştir. Bu faktörler alınan yanıtlardan oluşan verileri kapsamaktadır. Görüşmecilerin aynı soruya verdiği yanıtlardan o bölümü en iyi ifade eden kavramlar seçilerek veriler oluşturulmuştur. Oluşturulan verilerin yüzdelik değerleri hesaplanarak veriler sayısal sonuçlar ile ifade edilmiştir. Verilerin sayısal olarak analiz edilmesi araştırma sonuçlarında değişmezlik ve tekrarlanabilirliğin sağlanması amacıyla tercih edilmiştir. Son olarak, elde edilen verilerin sayısal analizine göre sonuçlar yorumlanmış ve diğer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır [13].

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde araştırma sonuçlarına göre elde edilen veriler yorumlanmış ve literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırılarak ele alınmıştır. İlk olarak araştırmaya dâhil olan katılımcılara ait demografik ve tanımlayıcı bulgular Tablo 1'de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre, görüşme yapılan katılımcılardan 5'inin (%17.2) ilköğretim, 4'ünün (%13.7) ortaokul, 13'ünün (%44.8) lise, 7'sinin (%24.3) ise lisans eğitimi aldığı belirlenmiştir. Katılımcılardan 14'ü (%48.2) işletme sahibi/müdürü/müdür yardımcısı, 13'ü (%44.8) mutfak şefi veya yardımcısı, 1'i (%3.4) gıda mühendisi, 1'i (%3.4) ise salon şefi pozisyonunda görev yapmaktadır. Katılımcılardan 3'ü (%10.3) bir yıldan az, 10'u (%34.4) 1-5 yıl arası, 8'i (%27.5) 6-10 yıl arası, 8'i (%27.5) ise 11 yıl ve daha fazla süredir çalıştığı işletmede görev yapmaktadır. Katılımcıların sektör deneyimlerine bakıldığında ise, 6'sının (%20.6) 6-10 yıl arası, 23'ünün (%79.3) ise 11 yıl ve daha fazla süredir yiyecek içecek sektöründe görev yaptığı bilgilerine ulaşılmaktadır. İşletme konseptlerine bakıldığında ise, 15 işletmenin (%51.7) Dünya mutfağı, 5 işletmenin (%17.2) Türk mutfağı, 4 işletmenin (%13.7) Osmanlı mutfağı, 3 işletmenin (%10.3) et restoranı, 1 işletmenin (%3.4) Uzakdoğu mutfağı, 1 işletmenin (%3.4) ise deniz mahsulleri konseptinde olduğu görülmektedir (Tablo 1).

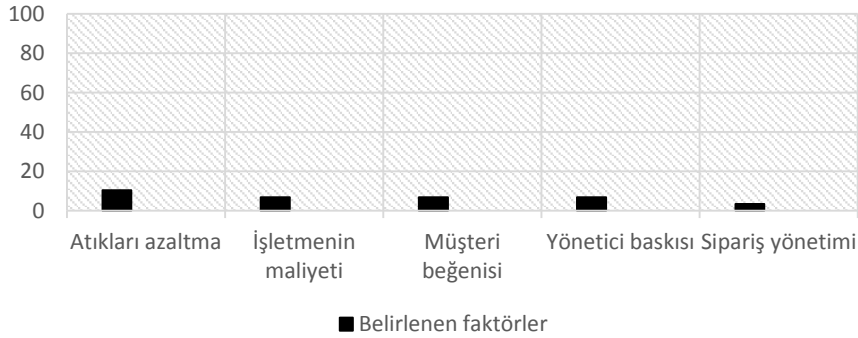
Gıda atıkları, insan tüketimi için üretilmiş ancak insan tüketiminde kullanılmayan ve sonuç olarak çöpe giden gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Ancak gıda atıkları da kendi içerisinde yenilebilir ve yenilemez olarak ikiye ayrılmaktadır. Yenilebilir gıda atıkları üretim, hazırlık, servis gibi birçok aşamada birçok sebepten dolayı atılan, insan tüketimine yönelik yiyeceklerden oluşurken yenilemez gıda atıkları ise kahve telvesi, yumurta kabukları, kemikler, sebze kabukları gibi başlangıçta insan tüketimine yönelik olmayan gıdaları kapsamaktadır.

Araştırmada elde edilen verilere göre, görüşme yapılan katılımcıların gıda atıklarına yönelik detaylı bir bilgiye vakıf olmadıkları ancak yiyecek içecek sektöründeki deneyimlerinden yola çıkarak genel bir bilgiye sahip oldukları görülmüştür. Gıda atığı denildiğinde katılımcıların büyük bir kısmının ilk olarak yağ atıklarından bahsetmesi dikkat çekicidir. Katılımcıların hepsi yağ atıkları ve yönetimi hakkında bilgi sahibidir. Bunun sebebi olarak da yağ atıklarının geri dönüşümünün sağlanmasında yasal bir zorunluluğun bulunması ve belediye denetimleri ile periyodik olarak kontrol sağlanması olarak görülmektedir.

Katılımcıların verdiği yanıtlara göre, atıkların takibini yapan işletme sayısının 17 (%58.6) olduğu belirlenmiştir. 17 işletme içerisinde 10'u (%34.4) ise gıda atıklarının takibini yaparak bunları ay sonunda raporlaştırmaktadır. Ancak her işletmenin günlük, haftalık veya ay sonunda çıkan atıkları raporlaştırması farklı amaçları barındırmaktadır. Şekil 1'de işletmelerinin gıda atıklarını raporlama nedenleri gösterilmiştir. Katılımcıların 12'si (%41.3) ise gıda atıklarının takibini yapmadıklarını belirtmişlerdir.

Tablo 1. Katılımcılara ilişkin demografik ve tanımlayıcı bulgular
 Table 1. Demographic and descriptive findings of the participants

Katılımcı	Yaş	Eğitim Düzeyi	İşletmedeki Pozisyonu	İşletmenin Konsepti	İşletmedeki Çalışma Süresi	Sektör Deneyimi
K1	40	Lisans	İşletme sahibi	Dünya mutfağı	5 yıl	20 yıl
K2	38	Lise	İşletme sahibi	Osmanlı mutfağı	4 yıl	22 yıl
K3	37	Lisans	İşletme sahibi	Dünya mutfağı	1 yıl	18 yıl
K4	62	İlköğretim	İşletme sahibi	Osmanlı mutfağı	39 yıl	39 yıl
K5	35	Lise	İşletme müdürü	Dünya mutfağı	11 yıl	15 yıl
K6	43	Lise	İşletme müdürü	Dünya mutfağı	2 ay	23 yıl
K7	40	Lise	İşletme müdürü	Dünya mutfağı	11 yıl	22 yıl
K8	40	Lisans	İşletme müdürü	Dünya mutfağı	6 yıl	22 yıl
K9	40	Lise	İşletme müdürü	Dünya mutfağı	25 yıl	25 yıl
K10	49	Lise	İşletme müdürü	Dünya mutfağı	10 yıl	30 yıl
K11	32	Lise	İşletme müdürü	Et restoranı	4 yıl	8 yıl
K12	50	Lisans	İşletme müdürü	Türk mutfağı	5 yıl	34 yıl
K13	32	Lise	İşletme müdür yardımcısı	Uzakdoğu mutfağı	7 yıl	10 yıl
K14	28	Ortaokul	İşletme müdür yardımcısı	Et restoranı	4,5 yıl	14 yıl
K15	34	Lisans	Mutfak şefi	Türk mutfağı	5 yıl	11 yıl
K16	27	Lise	Mutfak şefi	Dünya mutfağı	6 yıl	10 yıl
K17	35	İlköğretim	Mutfak şefi	Dünya mutfağı	9 yıl	21 yıl
K18	46	İlköğretim	Mutfak şefi	Dünya mutfağı	13 yıl	13 yıl
K19	52	İlköğretim	Mutfak şefi	Osmanlı mutfağı	36 yıl	36 yıl
K20	38	Ortaokul	Mutfak şefi	Dünya mutfağı	8 yıl	20 yıl
K21	29	Ortaokul	Mutfak şefi	Dünya mutfağı	4 yıl	12 yıl
K22	38	Ortaokul	Mutfak şefi	Dünya mutfağı	7 yıl	21 yıl
K23	49	Lise	Mutfak şefi	Türk mutfağı	13 yıl	25 yıl
K24	29	Lise	Mutfak şefi	Türk mutfağı	2 yıl	10 yıl
K25	54	Lise	Mutfak şefi	Deniz mahsulleri	6 ay	34 yıl
K26	43	İlköğretim	Şef yardımcısı	Dünya mutfağı	20 yıl	29 yıl
K27	50	Lisans	Şef yardımcısı	Osmanlı mutfağı	8 yıl	30 yıl
K28	30	Lise	Salon şefi	Türk mutfağı	5 yıl	8 yıl
K29	29	Lisans	Gıda mühendisi	Et restoranı	5 ay	7 yıl



Şekil 1. Atık takibinin nedenleri
 Figure 1. Reasons for tracking waste

Şekil 1’de belirtildiği gibi atıkları takip etme nedenleri olarak, işletmelerin maliyeti, atıkların azaltılması, sipariş yönetimi, müşterilerin beğenisi ve yönetici baskısı olarak 5 faktör oluşturulmuştur. Katılımcıların 3’ü (%10.3) atıkların nedenlerini tespit edip azaltma yolunda yapılabileceklerini ön görmek için atıkların takibini yapmaktadır. Günümüzde her geçen gün artan bilgi düzeyi göz önünde bulundurulduğunda bu oranın ne kadar düşük olduğu dikkati çekmektedir. Ayrıca insanlardaki ve işletme bilincindeki farkındalık düzeyinin de oldukça yetersiz olduğu gayet açıktır. Bu sayının azlığı küresel bir sorun olan ve çözüm yolları için

üzerinde tartışılan gıda atıklarının önemsiz görülmesi ile de ilişkilidir. Şef, yönetici, işletme müdürleri ve tüm servis ve mutfak personelleri için bu konudaki eğitim eksiklerinin belirlenmesi ve giderilmesi için yapılacak çalışmalara öncelik verilmesi konunun önemiyeti açısından son derece gerekli görülmektedir.

Katılımcılardan 2’si (%6.8) müşterilerin tabaklarından kalan yemek atıklarını hangi ürünlerin tüketilmediğini, neden tüketilmediği, nelerin beğenilip nelerin beğenilmediğini öğrenmek ve müşteri memnuniyetini sağlamak için müşterilerle bire bir iletişime geçerek veya

bulaşikhane çalışanlarının yardımı ile takibini yapmaktadır. Katılımcılardan 2'sinin (%6.8) ise işletmenin kârını düşünerek maddi kayıpları en aza indirebilmek için mutfaktan çıkan atıkların takibini yaptığı görülmektedir.

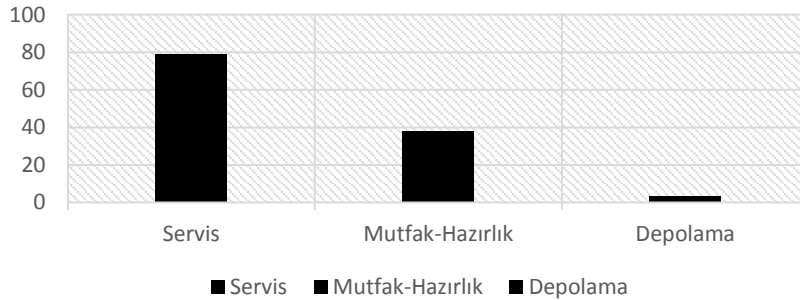
Katılımcılardan 1'i (%3.4) ise gıdalar restorana girdikten sonra satın alınan ürünün miktarı, bu ürünlerin ne kadar ile üretim yapılıp ne kadarının kaldığını tespit ederek talebin doğru bir şekilde ön görülmesi için atık takibi yapmaktadır. Atıkların bu şekilde takibini yaparak sipariş yönetimi ve kontrolün daha iyi sağlanması ile fazla sipariş verilmesinden kaynaklı oluşan atıkların önüne de geçilmiş olunacaktır.

Katılımcıların 2'sinin (%6.8) ise verdikleri yanıtlara göre diğer bir sebep olarak yönetici baskısı olduğu belirlenmiştir. Daha çok zincir restoranlarda çalışanlar ve yöneticiler, üst yönetimden gelecek uyarı ve ikazlardan dolayı gıda atıklarının takibini yapmaktadır. Mutfağa ürünlerin girmesi ile başlayan takip, ne kadar üretim yapıldığı, bu üretimlerde ne kadar ürün kullanıldığı ve sonuç itibarıyla elde ne kadar ürün kaldığı ve ne kadar ürünün çöpe atıldığı bilgisinden oluşan raporları içermektedir. Üretimlerin reçete ve gramajları belli olduğu için sistemden otomatik olarak yapılan yemeklerin malzeme miktarı düşmekte ve bu şekilde kalan malzemenin takibi sistematik bir şekilde sağlanmaktadır. Ay sonu raporları ile sistem çıktıları

karşılaştırılarak aylık takipler yapılmaktadır. Bu durumda çalışanlar daha titiz davranmakta ve reçete dışına çıkamamaktadır.

Charlebois ve ark. [14]'nin çalışmasına göre, personel ve yönetim arasındaki ilişki personellerin atıklar ile ilgili tutum ve davranışlarına etki etmektedir. Mutfak çalışanlarının üretim sırasında atık oluşumuna dikkat etmeksizin yemek hazırlığı yapması veya atılan ürünlerin takibinin dikkatli bir şekilde gözetilmediği takdirde yöneticilerin bu davranışları göz ardı etmesi atık oluşumunu ve yapılan dikkatsizlikleri artırmaktadır. Ancak yöneticilerin yaptığı sıkı denetimler ve atık takiplerinin personellerin davranışlarında değişikliğe yol açtığı gözlenmiştir. Katılımcılardan alınan yanıtlara göre, Charlebois ve ark. [14]'nin çalışmasında olduğu gibi personel ve yönetici arasındaki ilişkinin mutfakta atık takiplerini etkilediği belirlenmiştir. Bu etki, atık takiplerinin nedenlerine ilişkin belirlenen faktörler arasında yönetici baskısı olarak yer almaktadır.

İşletmelerde en çok atık çıkan bölümleri tespit etmek için servis, hazırlık ve depolama olarak 3 faktör oluşturulmuştur (Şekil 2). Katılımcıların verdiği yanıtlara göre satın alma bölümünde atık oluşumuna rastlanmadığı görülmektedir. Katılımcılardan 1'i ise (%3.4) kendi işletmesinde en çok atığın depolama aşamasında oluştuğunu ifade etmiştir.



Şekil 2. En çok atık oluşan bölümler

Figure 2. The sections with the highest amount of waste

Yapılan görüşmeler neticesinde elde edilen bilgilere göre, katılımcıların 23'ü (%79.3) servis bölümünün en çok atık oluşan bölümlerin başında geldiğini ifade etmiştir. Eriksson ve ark. [15]'nin çalışmasında da toplu yemek üretimi yapılan işletmelerde en çok gıda atığının %64 oranla servis bölümünde oluştuğu ifade edilmiştir. Shanklin ve Pettay [16] ise, ABD'nin orduvi yemek tesislerinde yaptıkları çalışmada en çok atığın hazırlık ve servis aşamalarında meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Böylelikle atıkların en çok görüldüğü aşamaların yukarıda belirtilen diğer iki çalışmada da benzer şekilde olduğu görülmektedir.

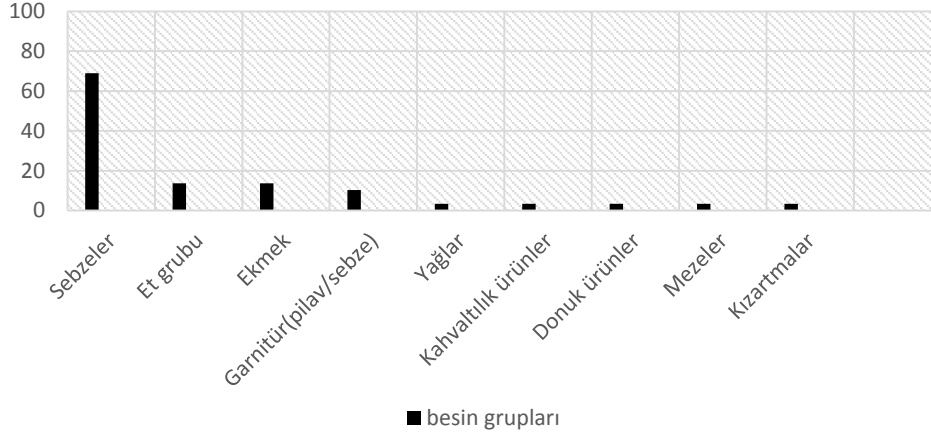
Ürünler mutfağa girdikten sonraki aşamada bir hazırlık süreci başlamaktadır. Bu süreçte örneğin sebzeler; ayıklama, yıkama, çürüklerinden ayırma, soyma, doğrama gibi belirli işlemlerden geçmektedir. Normal şartlarda sebzeler, diğer ürün gruplarına göre daha

çabuk bozulmaya uğramaktadır. Bu sebeple bir atık oluşumu zaten söz konusudur. Özellikle de yeşilliklerin, yıkandıktan sonra dayanıklılık süresi daha da azalmaktadır. Bir de soyma-doğrama aşamalarında dikkatsiz davranıldığında veya makine ile değil de el ile bu işlemler yapıldığında atık oranı daha çok artış göstermektedir. Et gruplarında ise, eğer ürünler porsiyonlanmamış bir şekilde satın alınıyor ise genellikle bu aşamada atıklar oluşabilmektedir. Genelde yağları, sinirleri, kıkırdaklı kısımları ayrılırken atık oluşumuna rastlanmaktadır. Eğer ürün pişmiş ise, ürünün muhafaza koşullarından kaynaklı ya da bu süreçte bekleme süresi kısaldığı için, ürünün tüketiminin de kısa sürede gerçekleşmemesinden kaynaklı atıklar oluşabilmektedir.

İşletmelerde en çok atık oluşturan gıda gruplarını öğrenmek için yöneltilen sorudan alınan yanıtlara göre 9 faktör oluşturulmuştur. Katılımcıların 20'si (%68.9) en

çok atılan ürünlerin sebzeler, 4'ü (%13.7) etler, 4'ü (%13.7) ekmekler, 3'ü (%10.3) garnitürler, 1'i (%3.4) yağlar, 1'i (%3.4) kahvaltılık ürünler, 1'i (%3.4) donuk ürünler, 1'i (%3.4) ise mezeler ve kızartmalar olduğunu belirtmiştir (Şekil 3). Sebzelerin daha çok ve daha çabuk bozulmaya uğramaları başta olmak üzere, sipariş yönetiminin doğru yapılamaması veya günlük iş hacminde meydana gelen ani düşüşler ya da depolama aşamasında sıcaklık kontrollerinin doğru

ayarılanamaması, yanlış istifleme vb. nedenler gösterilmektedir. Bu aşamada sebze atıklarının önüne geçmek için satın alma aşamasından itibaren tüm kontrollerin doğru yapılması, ürünlerin sipariş yönetimlerinin doğru sağlanması gerekmektedir ve depolama aşamasında dikkatsizliklere yer verilmemelidir. Ayrıca sebzelerin kuru bir şekilde muhafazasının sağlanması daha uzun süre dayanıklılığını koruması adına büyük önem taşımaktadır.



Şekil 3. Restoran mutfaklarında en çok atık oluşturan gıda grupları
Figure 3. Food groups that generate the most waste in restaurant kitchens

Görüşme yapılan mutfak şeflerinin ifadelerine göre ve Şekil 3'te de belirtildiği üzere en çok atık sebze grubunda meydana gelmektedir. Türkiye'de her yıl yaklaşık 49 milyon ton meyve ve sebze üretilmektedir. Fakat üretilen meyve ve sebzelerin sadece %52'si tüketicilere ulaşabilmektedir. Meyve-sebzenin gıda tedarik zinciri boyunca kötü koşullara maruz kalması sebebiyle %25 ila %40 arasında israf olduğu tahmin edilmektedir. Uluslararası bir Toptancı Market, 2016 yılında Türkiye'de meyve-sebze kayıp ve atıklarını önlemek için TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu) ile iş birliği içerisinde bir çalışma başlatmıştır. Gıda kayıp ve atıklarını en aza indirmek için tedarik zinciri boyunca atılan ürün miktarını tespit etmek ve bu atıkların önüne geçmek için bilimsel verilere dayanan uygulamaların hayata geçirilmesini sağlamak amacıyla yapılan çalışmanın sonucunda, meyve ve sebzelerde gıda kayıp ve atık oranları %20 oranında azaltılmıştır [17].

Tatlıdil ve ark. [18] yaptıkları çalışmada, Türkiye'de tüm emtia gruplarının arasında sebzelerin, çabuk bozulmalarına bağlı olarak en yüksek (%20) atık oranına sahip gıdalar olduğunu bildirmişlerdir. Çin'de yapılan bir diğer çalışmada, restoranlarda en çok atık oluşturan gıda grupları sebzeler (%29), pirinç (%14), deniz ürünleri (%11), buğday (%10), et (%8) olarak sıralanmıştır [19].

Katılımcıların %13.7'sinin ifadesine göre, ekmek ve et ürünlerinin sebzelerden sonra yüksek oranda atılan diğer gıda grupları olduğu belirlenmiştir. Et grubunda atıklar, etlerin porsiyonlama aşamasından arta kalan et parçaları, yağlar, deriler, sinirler, kemikler ve müşteri

tabaklarından kalan kısımlardan oluşmaktadır. Ekmek atıkları ise masadan geri gelen ekmek parçalarını kapsamaktadır.

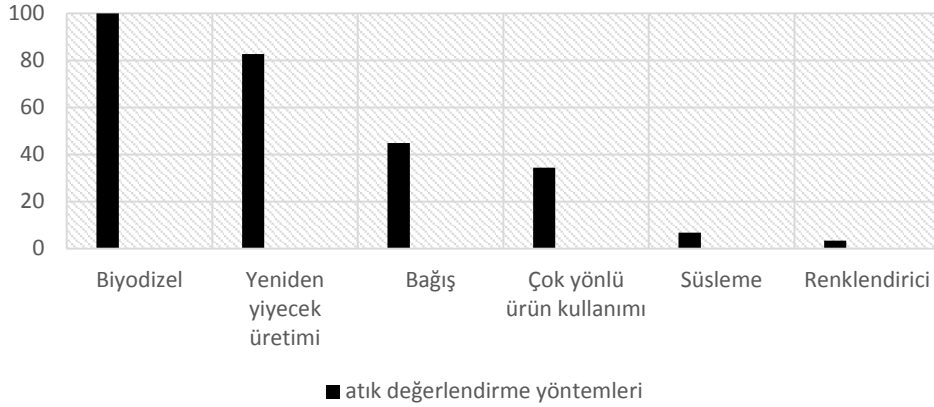
Toprak Mahsulleri Ofisi [20]'nin yapmış olduğu ekmek israfı araştırmasına göre, Türkiye'de ekmek israfının hem üretim hem tüketim aşamasında önemli boyutlarda olduğu görülmüştür. Ülkemizde bir günde üretilen 101 milyon ekmeğin 6 milyonunun çöpe atıldığı bildirilmiştir. Aynı raporda son dört yılda kişi başına düşen ekmek tüketimi azalırken ekmek israfının daha çok arttığı ifade edilmiştir. Bir yılda çöpe atılan ekmeklerin maliyeti (1,5 milyar TL) ile 80 tane hastane, 500 tane okul yapılabileceği belirtilerek ekmek israfının ne derece fazla olduğuna dikkat çekilmiştir.

Principato ve ark. [21] yaptıkları çalışmada, restoranlarda hazırlık aşamasında en çok atık oluşturan gıdanın ekmek (%55.1) olduğunu bildirmişlerdir. Bunu çiğ sebzeler (%51.1) ile meyveler (%23) takip etmiştir. Aynı çalışmada müşterilerin tabaklarından kalan atıklar incelendiğinde ise yine ilk sırada ekmek (%61.4) olmak üzere, pişmiş (%34) ve çiğ sebzeler (%23) en çok atık oluşturan ürünler arasında yer almıştır.

Oluşan bu atıkların değerlendirilmesi için her işletmenin farklı değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır. Restoran işletmelerini temsilen her bir katılımcının verdiği yanıtta göre atık gıdaları değerlendirme başlığı altında 6 faktör oluşturulmuştur (Şekil 4). Bu faktörlere göre, işletmelerin hepsi atık yağlarını biyodizel üretimi için anlaşmalı olduğu firmalara vermektedir. Yağların geri kazanım için ilgili tesislere verilmesinin yasal olarak yükümlülüğü olduğu için her işletmenin düzenli bir atık yağ

uygulaması bulunmaktadır. Bu uygulama kapsamında atık yağların ilgili tesislere gönderilmeden önce bir cihazla ölçümü yapılmakta ve kullanılmayacak duruma gelen yağlar farklı kaplarda muhafaza edilerek

ayrılmaktadır. Ayrılan atık yağlar görevli kişiler tarafından alınıp geri kazanım tesislerine taşınarak süreç tamamlanmaktadır (K1).



Şekil 4. Restoranların atık değerlendirme yöntemleri

Figure 4. Waste utilization methods of restaurants

Katılımcı işletmelerin 24'ü (%82.7) gıda atıklarını farklı şekillerde yiyecek üretiminde yeniden kullanarak değerlendirdiklerini ifade etmişlerdir. Bu yeniden kullanım adı altında, örneğin; kalan ekmekleri çorbaların yanında servis etmek için ktır ekmeğe, tatlılara ve bazı işletmelerde de galeta ununa dönüştürüldüğü görülmektedir. Pişmiş veya çiğ olarak kalan gıdalar personel yemeğinde değerlendirilmektedir. Sebzelerin yemeklerde kullanılmayacak, ihtiyaç olmayan kısımları mezelerde, salatalarda, stok yapımında, çorbalarda, sebze suyu yapımında, etlerin ise kıyma çekiminde kullanılarak değerlendirildiği katılımcılar tarafından ifade edilmiştir [K2, K11, K15, K16, K17, K19, K22, K24]. Benzer olarak Sürdürülebilir Restoranlar Birliği [22] raporunda da restoranların, sebzelerin kabuklarını soymadan kullanarak, fazla atığı olan ürünleri başka yemeklerde veya personel yemeğinde kullanarak, portakal kabuklarını portakal suyu veya marmelat yapımında, maydanoz saplarını stok yapımında kullanarak değerlendirdikleri bildirilmiştir.

Katılımcılardan 13'ü (%44.8) ise atık gıdaları bir diğer atık değerlendirme yöntemi olan bağış yaparak değerlendirdiklerini ifade etmişlerdir. Bağış kapsamı altında üretimden kalan veya müşterilerin tabaklarından dönen yemekler kendileri, hayvan sever müşterileri ya da barınak yetkilileri aracılığıyla hayvan barınaklarına ulaştırılmakta ya da çevredeki hayvanlara verilmektedir. Benzer olarak Sakaguchi ve ark. [23] Amerika'daki restoranlarda gıda atıklarının azaltılması ve bu konudaki davranış değişikliklerini ölçmek adına yaptıkları bir çalışmada, restoranlardan kalan yiyeceklerin %72'sinin personellere verildiğini, %38'inin ise restorana gelen müşterilerin tabaklarında kalan gıda atıklarını kendi hayvanlarına götürmek için aldıklarını belirtmişlerdir. Bir uluslararası Toptancı Market [17]' in yaptığı olduğu açıklamaya göre, mağazalarında hasar görmüş ancak sağlık açısından risk teşkil etmeyen gıda atıklarını hayvan barınaklarına ulaştırdığını bildirmişlerdir.

Katılımcılardan 10'u (%34.4) diğer bir atık değerlendirme şeklinin "çok yönlü ürün kullanımı" olduğunu belirtmiştir. Çok yönlü ürün kullanımı, mutfakta hazırlık aşamasında bir ürünün çok fonksiyonlu olarak birden fazla yemekte kullanılması olarak ifade edilmiştir. Katılımcıların 2'si (%6.8) ise diğer değerlendirme yöntemleri olarak atıkların süsleme amacı ile kullanımı olduğunu belirtmiş, katılımcılardan 1'i (%3.4) ise renklendirici olarak değerlendirildiğini ifade etmiştir.

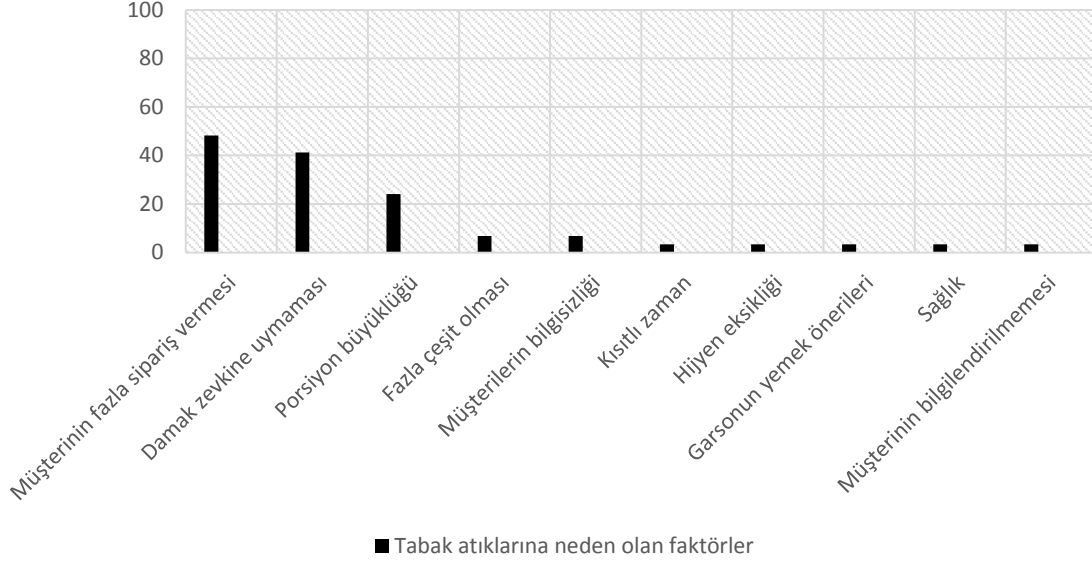
Hazırlık aşamasında oluşan atıklar kadar, üretim sonunda bu ürünlerin servisi sonrası müşterilerin tabaklarından kalan gıda atıklarının da oldukça yüksek miktarlarda olduğu bilinmektedir. Servis sonrası atıkların incelenmesi ile ilgili yöneltilen sorular sonucunda, katılımcıların ifadelerine göre tabakta kalan atıkların nedenleri olarak 10 faktör belirlenmiştir (Şekil 5). Bu faktörlere göre, katılımcıların 14'ü (%48.2) müşterinin fazla sipariş vermesi, 12'si (%41.3) damak zevkine uymaması, 7'si (%24.1) porsiyon büyüklüğü, 2'si (%6.8) fazla çeşit olması, 2'si (%6.8) müşterilerin bilgisizliği, 1'i (%3.4) kısıtlı zaman, 1'i (%3.4) hijyen eksikliği, 1'i (%3.4) garsonun yemek önerileri, 1'i (%3.4) sağlık, 1 diğeri (%3.4) ise müşterilerin bilgilendirilmemesi olarak ifade etmiştir.

Şekil 5'te de belirtildiği üzere, katılımcılardan 14'ünün (%48.2) ifadesinde tabak atıklarına neden olan faktörlerden birincisi müşterilerin fazla sipariş vermesi olarak belirlenmiştir. İnsanların restoranlara geldiklerinde tüketebileceklerinden fazla yemeği sipariş verme eğiliminde oldukları gözlenmiş ve bu durumun çoğunlukla tabak atıklarını artırdığı görülmüştür.

Katılımcıların 12'si (%41.3) ise diğer bir faktör olarak müşterilerin damak zevkine uymamasının atık oluşumuna sebebiyet verdiğini ifade etmiştir. Her müşterinin damak tadı, zevk ve tercihleri farklıdır. Bazen yeni bir yemek, farklı bir mutfağın tatlarını deneyimleme duygusu ile yanlış siparişler verilmesi ve damak tadına

hitap etmediği için tabakta bırakılması veya yiyeceklerin farklı hazırlama ve pişirme tekniklerinin beğenilmemesi gibi faktörlerden ya da sadece o anlık değişken ruh haliyle bir beğenmeme söz konusu olduğu için atıklar oluşabilmektedir. Sadece müşterilerden değil aynı zamanda işletmelerin verdiği hizmetten kaynaklı tabak atıkları da olabilmektedir. Katılımcılardan 7'si (%24.1) verilen hizmete ve ürüne karşılık ödenen ücretlerin karşılığını büyük porsiyonla karşılama düşüncesinin

işletmelerde atığa sebep olduğunu belirtmiştir. Bunun farkında olursa bile gözü tatmin etmek ve müşteri memnuniyetini sağlamak için porsiyonlarda bir değişiklik yapılamayacağı düşüncesinin hâkim olduğu görülmektedir. Ayrıca hijyen eksikliği, kısıtlı zaman, çeşit fazlalığı, sağlık faktörü, garsonun yemek önerileri ve müşterinin bilgisizliği de tabak atıklarına sebep olan faktörler olarak belirtilmiştir.



Şekil 5. Tabak atıklarına neden olan faktörler
Figure 5. Factors causing plate waste

Oluşan bu atıkların önlenmesi ve önlenemeyen atıkların azaltılması için sürdürülebilir bir atık yönetiminin zorunluğu aşikârdır. Sürdürülebilir bir atık yönetimi daha az maliyet, daha temiz bir çevre, daha az kaynak israfı ve gelecekteki gıda arz-talep dengesinin korunması ve açlık sorunları ile baş edebilmek için elzem bir ihtiyaçtır. Ancak bir uygulamanın gerçekleştirilmesi ve benimsenmesi öncelikli olarak bir bilgi birikimini gerektirmektedir. Ancak yapılan görüşmeler neticesinde atık yönetimine dair bilgi eksikliği olduğu belirlenmiştir. Bir çözüm modelinin belirlenmesi için ilk olarak bilgi eksikliklerinin giderilmesi ve farkındalık düzeyinin yükseltilmesine ihtiyaç vardır. Atık yönetimi denildiğinde yağ atıklarının biriktirilip ilgili kuruma veya belediyelere teslimi katılımcıların verdiği ilk cevaplar olduğu görülmüştür. Katılımcılardan verdiği yanıtlara göre sadece 1 katılımcı (%3.4) gıda atıkları ve atık yönetimi denildiğinde satın alma, depolama, hazırlık ve servis olarak bütün aşamaları ile çok yönlü düşünmektedir. Görüşme sırasında katılımcılara yöneltilen, "Gıda atıkları ve atık yönetimi hakkında eğitim aldınız mı?" şeklindeki soruya, sadece 5 katılımcı olumlu yanıt vererek atık yönetimi hakkında eğitim aldıklarını ifade etmişlerdir. Ancak bu eğitimlerin içeriği sorgulandığında katılımcılardan sadece 3'ü (%10.3) atık yönetimine dair bir eğitim aldığını, diğer ikisi (%6.8) ise aldığı temel mutfak eğitimi içerisinde bu konuya da yer verildiğini bildirmiştir. Diğer mutfak personellerinin genellikle bu eğitimleri almadığı ifade edilmiş, yalnızca K17 kodlu

katılımcının verdiği yanıtı göre personeller bilgilendirme yapıldığı ifade edilmiştir. Bu noktada atık yönetimine dair alınan eğitim oranları (%10.3) ile bu eğitimi alan kişilerin çalıştığı işletmelerdeki atık yönetimine dair yapılan uygulamaların oranının (%6.8) bir paralellik gösterdiği görülmektedir. Bilgi eksikliğinin giderilmesi ve işletmelerin yönetici ve çalışanlarında bir farkındalık ve davranış değişikliği kazandırılması için hem yöneticiler hem de servis ve mutfak personeline bu yönde eğitimler düzenlenmesi faydalı görülen önlemler arasında yer almaktadır. Atıkların yönetimi için yapılan uygulamalara bakıldığında, görüşme yapılan katılımcı işletmelerin hepsinin atık yağ yönetimini düzenli ve sistemli bir şekilde gerçekleştirdiği görülmektedir. Her işletme yağ atıklarını belirli aralıklar ile atık yağ kutularında biriktirdiğini ve sonrasında düzenli olarak bu atıkların geri dönüşüm için verildiğini ifade etmişlerdir. Tüm işletmelerin istikrarlı olarak yaptığı tek uygulama olduğu görülmektedir. Bu uygulamanın yasal olarak yapıma yükümlülüğü bulunduğu için bu kadar titiz davranıldığı bilinmektedir. Ancak yağ dışında kalan diğer gıda atıklarının yönetimine bakıldığında, görüşme yapılan katılımcı işletmelerden yalnızca 2'sinin (%6.8) atık yönetimine dair bir uygulaması olduğu görülmektedir. Bu uygulama ise atıkların geri dönüşümünü kapsamaktadır. İşletmeler, mutfaklarından çıkan, insan tüketimine yönelik olan veya olmayan atıklarını kendi işletmelerinin merkez yönetimine göndererek geri dönüşüm yapılmasına katkıda

bulunmakta, böylelikle hem çöpe gidecek olan ürünlere değer kazandırmakta hem de atıkların çevreye zarar vermesine engel olmaktadır. Diğer 27 (%93.1) işletmenin ise, gıda atıklarının yönetimine dair bir uygulaması bulunmadığı belirlenmiştir. Bu oranın ne kadar yüksek olduğu göz önünde bulundurulduğunda belediyeler tarafından yağ atıkları gibi, diğer tüm gıda atıkları için de yasal bir zorunluluğun getirilmesi, gıda atıklarından bir değer elde edilmesi ve çevreye olan zararlarının en aza indirilmesi için oldukça önemli bir adım olacağı düşünülmektedir. Katılımcılardan elde edilen bulgular genellendiğinde işletmelerin bu konuya dair yaptığı uygulamaların ne kadar az olduğu görülmüştür.

Atık yönetimine dair yapılan uygulamaların azlığının altında yatan birtakım sebepler bulunmaktadır. Bazı katılımcılar kendi işletmelerinden çıkan atık miktarını fazla görmemekte, zararlarını da yeterince önemsememektedir. Atık yönetimi olarak gıda dışı ürünlerin geri dönüşümünün daha yaygın olarak yapılması bu ürünlere yönelik atık yönetimini kolaylaştırırken gıda atıklarına yönelik yapılan çalışmaların azlığı yönetici ve çalışanlarda bu konuda bilgi eksikliğine yol açmaktadır. Bu doğrultuda işletmelere kâğıt, cam, plastik atıklarını biriktirdikleri gibi gıda atıklarını biriktirmek ve geri dönüşümün sağlanması için kolaylıklar sağlanmalıdır. Gıda atıklarına yönelik atık yönetimi uygulamaları maalesef Türkiye’de yeterli seviyeye ulaşmamıştır. Bu yüzden restoranlar da dâhil ülke genelinde çalışmalara çok az rastlanmaktadır. Atık yönetimi kendi içerisinde birçok aşamayı kapsamaktadır. Bu aşamaların revize edilip gıda atıklarına yönelik sektörel bazda sürdürülebilir çalışmalar başlatılması elzem bir ihtiyaçtır.

Tatano ve ark. [5]’nin atıklar üzerine yaptığı çalışmada, turizm endüstrisinin bir bölümü olan restoranların, ticari ve kurumsal atığın oluşmasına katkıda bulunduğu hem bir zorluk hem de bir fırsatı temsil ettiği belirtilmiştir. Zorluk, bireysel restoran işletmelerinde atık yönetimi önlemlerini düzenlemek için gerekli olan çabalarla ilgili olmaktadır. Fırsat ise, genel bir yayılım ve bir bölge üzerindeki yoğunluğu nedeniyle restoranlar, genel atık yönetiminin bölgesel olarak düzenlenmiş ve bütünleşik planları için mantıklı ve yararlı hedefleri olarak görülmesi ile ilişkilendirilmiştir. Bu sebeple sektörde atıkların yönetimi ile ilgili sürdürülebilirliğin sağlanmasının büyük bir önem arz ettiği ifade edilmiştir.

Atık oluşumunu azaltma yönünde adımlar atan işletmeler, atıklarla ilgili maliyetlerin azaltılması ile sürdürülebilir ve rekabetçi bir sektöre destek olunmasına, sürdürülebilir kârlılığın artmasına katkıda bulunmaktadırlar. Etten kemikleri çıkarma veya kabuk soyma gibi her zaman kaçınılmaz olan yiyecek atıkları olacaktır ve bu atıkların anaerobik sindirim veya kompostlama gibi işlemlere tabi tutularak uygun bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Anaerobik sindirimle işlenen atık, elektrik, ısı üretiminde veya yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyometan üretiminde kullanılabilir [24].

Görüşme yapılan işletmelerin neredeyse tamamına yakınının gıda atık yönetimi ile ilgili bir uygulaması olmadığı sonucuna varılmış ve gelecekte planlanan çalışmaların varlığı sorgulanmıştır. Ancak katılımcılardan alınan yanıtlara göre, atık yönetimine dair yapılmak istenen bir çalışma için bir plan veya proje olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak bir çalışma, bir proje gerçekleştirildiğinde katılımcıların 23’ü (%79.3) kendi işletmesinde bazı koşullar sağlandığında yardımcı olmak isteyeceklerini, 4’ü (%13.7) bu konuda yapılabilecek herhangi bir uygulamanın yönetici kararına bağlı olduğunu, 2’si (%6.8) ise ifadesinde yardım edemeyeceğini belirtmiştir. Burada sağlanması istenen koşullardan kasıt, atıkların biriktirilmesi ve toplanması için gerekli desteklerin verilmesidir. Bu desteklerin verilmesi ile işletmelerin büyük bir kısmı için (%79.3) atık yönetimine dair uygulamaların başlaması ve gıda atıklarının yönetiminin sağlanması adına büyük bir adım olacaktır. Diğer 4 (%13.7) işletmenin ifadesine göre, atık yönetimi için daha çok zincir restoranlarda üst yönetimlerden alınacak gerekli izinlerden kaynaklanan engeller olduğu görülmektedir. Yapılacak herhangi bir uygulama için hiyerarşik düzen takip edilerek en üst yönetime ulaşmak hem zaman almakta hem de olumsuz sonuçlanabilmektedir. Bir diğer olumsuzluk ise, işletmelerin bu durumdan rahatsız olmaması ve bu konuda yapılacak uygulamaları gereksiz veya önemsiz bularak istekli yaklaşmalarından kaynaklanmaktadır. Yukarıda da belirtildiği üzere işletmelerin büyük çoğunluğu da (%79.3) planlanan bir uygulama, bir çalışma ile işletmelerden yardım ve destek talep edildiğinde buna olumlu yaklaşacaklarını belirtmişlerdir. Ancak bu çalışmaların işletmelerden daha büyük kurum ve kuruluşlar tarafından başlatılarak katılımcılara daha az sorumluluk verildiği ve destek olduğu takdirde gerçekleşeceği öngörülmektedir.

SONUÇ

Sonuç olarak küresel bir problem olarak nitelendirilen gıda atıkları, her geçen gün daha büyük boyutlara ulaşmaktadır. Bu konuda oluşturulacak çözüm modeli öncelikli olarak önleyici ve azaltıcı faaliyetleri kapsmalıdır. Ancak bu faaliyetlerin uygulanabilmesi için genel bilgi ve farkındalık düzeyinin artırılması adına üretici, tüketici ve tüm yiyecek içecek sektörü çalışanlarına bilgilendirici eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir. Gıda atıkları hakkında bilgi düzeyinin artırılması ile olumlu gelişmeler yaşanması beklenmektedir.

Yağ atıkları dışındaki gıda atıkları için yasal bir yaptırımın, denetlemenin olmaması gıda atıkları üzerine alınması gereken önlemleri sınırlandırmaktadır. Belediyeler tarafından denetleme ve rutin kontrollerin yapılması veya üreticileri teşvik edici uygulamaların bulunması, işletmeleri bu konuda daha titiz davranmaya yöneltceği ve bunun neticesinde gıda atığı oranlarında önemli derecede düşüş yaşanacağı düşünülmektedir. Bu noktada belediye yönetimlerine ve özel vakıf, dernek gibi kuruluşlara büyük sorumluluklar düşmektedir. Özellikle restoranların yoğun olduğu bölgelerde çöpe giden atıkların ekonomiye kazandırılması için çalışmalar yapılmalı, var olan çalışmalar da artırılmalıdır. Ek

personel, zaman ve maliyet gerektiren uygulamalara yönelik, işletmelerden gıda atıklarının toplanması için personel tahsis edilmeli ya da akıllı atık yönetim sistemleri kurulmalı ve yaygınlaştırılmalıdır. Böylelikle personel ve ulaşım maliyetli sorunların önüne geçilmiş olacak ve bu bir istihdam alanı açacağı için gıda atıkları toplama konusunda bir sürdürülebilirlik söz konusu olacaktır. Gıda atıklarından alınacak verimin azalmaması için gıda atıkları ile diğer atıkların ayrı toplanması hususuna da dikkat edilmelidir.

Servis aşamasında meydana gelen atıkların önüne geçebilmek için müşterileri bilgilendirme adına duyurular, uyarıcı tablo ve afişler, menülerde dikkat çekici yazılar ve görseller kullanılmalıdır. Sosyal medya kanalları ve işletmelerin kendi web sitelerinde müşterilerin dikkatini çekmek adına paylaşımlar yapılmasının da etkili olacağı düşünülmektedir. Ayrıca tabağında yemek kalan her müşteriye paket isteyip istemediği sorulmalıdır.

Müşteri beklentilerini karşılayabilmek için restoranların sürekli gelişim ve yeniliklere ayak uydurması ve müşteri isteklerini doğru bir şekilde gözetip bunlara çözüm getirmeleri gerekmektedir. Bunlar için ilk olarak müşteri ile doğru bir iletişim kurmak, iyi bir gözlem yapmak ve memnuniyet takibi yapmak gerekmektedir. Mutfakta ise personel, doğru pişirme yöntemleri hakkında yeterince bilgili olmalı, işini severek yapmalı ve yönetici ile arasında iletişim kopukluğu yaşamaması gereklidir.

Yapılan çalışma neticesinde, Türkiye’de gerek yiyecek-içecek sektörü gerek devlet kurumları ve gerekse sivil toplum kuruluşları üzerinde genel durum değerlendirmesi yapıldığında, gıda atıklarına yönelik bir farkındalık olsa da bu konu ile ilgili çalışmaların yeterli seviyede olmadığı görülmüştür. Akademik düzeyde ise bu konuya olan farkındalık gün geçtikçe artmaya başlamıştır. Ancak yine de Türkiye için gıda atıklarına yönelik yapılan araştırma çalışmalarının diğer ülkelere oranla oldukça geride olduğu ve geç kalındığı görülmektedir. Artan farkındalık ile birlikte alan yazına ve yiyecek-içecek sektörüne katkıda bulunacak çalışmaların artırılması son derece önemlidir. Bu konu ile ilgili yapılacak diğer çalışmalarda ise atıklara yönelik yapılacak uygulamalarda müşteri tutumları veya hane halkı atık davranışları üzerine çalışmalar yapılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Drewitt, T. (2013). Food Waste Prevention in Quick Service Restaurants. MSc Thesis. Lund University Master of Science in Environmental Management and Policy, Sweden.
- [2] Fox, T., Fimech, C. (2013). Global food waste not want not. *Head of Energy& Environment*, IMECHE.
- [3] Pirani, S., Arafat, A.H. (2014). Solid waste management in the hospitality industry: a review. *Journal of Environmental Management*, 146, 320-336.
- [4] Gjerris, M., Gaiani, S. (2013). Household food waste in nordic countries: estimations and ethical

implications. *Nordic Journal of Applied Ethics*, 7(1), 6-23.

- [5] Tatano, F., Caramiello, C., Paolini, T., Tripolone, L. (2017). Characterization and evaluation of the generation and collection of restaurant waste: a case study in central Italy. *Sixteenth International Waste Management and Landfill Symposium*. University of Urbino “Carlo Bo”, Italy.
- [6] Anonim (2014). 7 milyon İstanbullu dışarıda yemek yiyor. <https://www.aksam.com.tr/saglik/7-milyon-istanbullu-disarda-yemek-yiyor/haber-307121> (Erişim Tarihi: 12.05.2018).
- [7] Anonim (2017). Avrupalılar ev dışında Türkiye’den 8 kat fazla tüketiyor. <http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/avrupalilar-ev-disinda-turkiyeden-8-kat-fazla-tuketiyor-40469515> (Erişim Tarihi: 12.05.2018).
- [8] Atık Yönetimi Yönetmeliği (2015). Atık Yönetimi Yönetmeliği. *T.C. Resmî Gazete* (29314, 2 Nisan 2015).
- [9] Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Kitinoja, L., Waite, R., Searchinger, T. (2013). reducing food loss and food waste. *World Resources Institute Working Paper*, 1-38.
- [10] Parfitt, J., Barthel, M., Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transaction of the Royal Society*, 365, 3065-3081.
- [11] Bagherzadeh, M., Inamura M., Jeong H. (2014). Food waste along the food chain. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, 71.
- [12] FAO (Food and Agriculture Organization), (2013). Food wastage footprint: impacts on natural resources. <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf> (Erişim Tarihi: 18.04.2018).
- [13] Yıldırım, A., Şimşek, H. (2016). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Seçkin Yayınları, Ankara.
- [14] Charlebois, S., Creedy, A., Massow, M.V. (2015). Back of house- focused study on food waste in fine dining: the case of delish restaurants. *International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research*, 9(3), 278-291.
- [15] Eriksson, M., Osowski, C.P., Björkman, J., Hansson, E., Malefors, C., Eriksson, E., Ghosh, R. (2018). The tree structure- a general framework for food waste quantification in food services. *Resources, Conservation & Recycling*, 130, 140-151.
- [16] Shanklin, C., Pettay, A. (1993). An Analysis Of The Type (And) Volume Of Waste Generated In The Food And Beverage Operations Of Two Selected Mid-Scale Hotel Properties (P. 18). Proceedings of the 1993 Annual Conference of the Council of Hotel, Restaurant and Institutional Educators.
- [17] Metro Sürdürülebilirlik Raporu (2016). Metro sürdürülebilirlik raporu. <https://view.publitas.com/metro-kataloglar/metro-2016-surdurulebilirlik-raporu-1/page/1> (Erişim Tarihi: 20.05.2018).
- [18] Tatlıdil, F.F., Dellal, İ., Bayramoğlu, Z. (2013). Food Losses And Waste in Turkey. Country Report,

- FAO Publication, www.fao.org/3/a-au824e.pdf (Erişim Tarihi: 10.05.2018).
- [19] Wang, L.E., Liu, Gç, Liu, X., Liu, Y., Gao, J., Zhou, B., Gao, S., Cheng, S. (2017). The weight of unfinished plate: a survey based characterization of restaurant food waste in Chinese cities. *Waste Management*, 66, 3-12.
- [20] TMO (2013). Türkiye'de ekmek israfı araştırması. <http://www.ekmekisrafetme.com/UploadResim/Kampanya/ArastirmaKitabi.pdf> (Erişim Tarihi: 20.02.2018).
- [21] Principato, L., Pratesi, C.A., Secondi, L. (2018). Towards zero waste: an exploratory study on restaurant managers. *International Journal of Hospitality Management*, 74, 130-137.
- [22] Sürdürülebilir Restoranlar Birliği (2010). *Food Waste Survey Full Report*. (<http://www.thesra.org/wp-content/uploads/2012/01/SRA002-SRA-Food-Waste-Survey-Full-Report.pdf>) (Erişim Tarihi: 15.05.2018).
- [23] Sakaguchi, L., Pak, N., Potts, D.M. (2018). Tackling the issue of food waste in restaurants: options for measurement method, reduction and behavioral change. *Journal of Cleaner Production*, 180, 430-436.
- [24] Parry, A., Bleazard, P., Okawa, K. (2015). Preventing of food waste: case study of Japan and the United Kingdom. Waste and Resources Action Programme (WRAP). *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, 76.
-

Gıda Boyası Tartzaninin *A. cepa* L. Kök Ucu Hücrelerindeki Sitotoksik ve Genotoksik Etkilerine Karşı Yeşil Kahvenin Koruyucu Rolü

Emine Yalçın¹ , Tuğçe Kalefetoğlu Macar²  ✉, Oksal Macar² , Kültiğin Çavuşoğlu¹ 

¹Giresun Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 28049, Giresun

²Giresun Üniversitesi, Şebinkarahisar Teknik Bilimler Yüksekokulu, Gıda Teknoloji Bölümü, 28400, Giresun

Geliş Tarihi (Received): 04.11.2020, Kabul Tarihi (Accepted): 12.03.2021

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): tugce.macar@giresun.edu.tr (T. Kalefetoğlu Macar)

☎ 0 454 310 17 10 📠 0 454 310 17 17

ÖZ

Bu çalışma tartzaninin *A. cepa* kök ucu hücrelerindeki sitotoksik ve genotoksik etkilerine karşı yeşil kahvenin koruyucu rolünü araştırmayı amaçlamıştır. Bu amaçla *A. cepa* bulbları altı gruba ayrılmıştır. Kontrol grubu deney süresince çeşme suyunda tutulurken; diğer gruplar 365 mg/L yeşil kahve, 730 mg/L yeşil kahve, 200 mg/L tartrazin, 365 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin ve 730 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin ile muamele edilmiştir. Tartrazin uygulaması, çimlenme yüzdesi, kök uzaması ve ağırlık artışının azalmasına yol açmıştır. Artan yeşil kahve dozları bu olumsuz etkileri azaltmıştır. Genotoksisitenin araştırılması için kullanılan mitotik indeks tartrazin uygulamasına bağlı olarak azalmıştır. Tartrazin, mikronükleus ve kromozomal anormalliklerin sıklığını arttırmıştır. Tartrazin ile birlikte uygulanan yeşil kahve dozları, tartrazinin sebep olduğu genotoksik etkileri azaltmıştır. Tartrazin, membranlarda lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olan malondialdehit miktarında artışa neden olmuştur. Antioksidan savunmanın iki önemli bileşeni olan süperoksit dismutaz ve katalaz enzimlerinin aktiviteleri tartrazin uygulamasını takiben artmıştır. Tartrazin uygulaması meristematik hücre hasarlarına sebep olmuştur. Artan yeşil kahve dozları, doza bağlı bir şekilde tartrazinin neden olduğu oksidatif stresi ve meristematik hücre hasarlarını azaltmıştır. Çalışma, yeşil kahvenin, tartrazinin *A. cepa* kök ucu hücrelerinde neden olduğu zararlara karşı önemli bir koruyucu rolü olduğunu açıkça göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Allium cepa*, Genotoksisite, Gıda boyası, Tartrazin, Yeşil kahve

Protective Role of Green Coffee against Cytotoxic and Genotoxic Effects of Food Dye Tartzanine in *A. cepa* L. Root Tip Cells

ABSTRACT

This study aimed to investigate the protective role of green coffee against cytotoxic and genotoxic effects of tartazine on *A. cepa* root tip cells. For this purpose, *A. cepa* bulbs were divided into six groups. While the control group was kept in tap water throughout the experiment, other groups were treated with 365 mg/L green coffee, 730 mg/L green coffee, 200 mg/L tartrazine, 365 mg/L green coffee + 200 mg/L tartrazine and 730 mg/L green coffee + 200 mg/L tartrazine. Tartrazine treatment led to a decrease in germination percentage, root elongation and weight gain. Increasing doses of green coffee reduced these negative effects. Mitotic index used for the investigation of genotoxicity decreased due to tartrazine administration. Tartrazine increased the frequency of micronucleus and chromosomal abnormalities. Green coffee doses applied with tartrazine reduced the genotoxic effects caused by tartrazine. Tartrazine caused an increase in the amount of malondialdehyde, an indicator of lipid peroxidation in membranes. The activities of superoxide dismutase and catalase enzymes, two important components of antioxidant defense, increased following tartrazine administration. Tartrazine application caused meristematic cell damages. Increasing doses of green coffee decreased the oxidative stress and meristematic cell damages induced by tartrazine.

in a dose-dependent manner. The study clearly demonstrated that green coffee has an important protective role against the damage caused by tartrazine in *A. cepa* root tip cells.

Keywords: *Allium cepa*, Genotoxicity, Food dye, Tartrazine, Green coffee

GİRİŞ

Gıda katkı maddeleri, Avrupa Birliği Yönetmeliği EC 1333/2008 tarafından, tek başına gıda olarak kullanılmayan; ancak gıdalara lezzet ya da renk vermek, gıdaları korumak ya da gıdalardaki asitliği düzenlemek için eklenen maddeler olarak tanımlanmaktadır [1]. Öte yandan, Codex Alimentarius [2]'a göre gıda katkı maddeleri, besleyici değerleri olup olmadığına bakılmaksızın gıdalara imalat, işleme, hazırlama, paketlenme, taşıma ya da saklama sırasında teknolojik bir amaç için eklenen, kendileri ya da yan ürünleri gıdanın bir parçası haline gelen veya gıdaların niteliklerini etkileyen maddeler olarak ifade edilmektedir. Kıvam arttırıcı, stabilizatör, emülgatör veya yapışma önleyici maddeler olarak da işlev gören binlerce farklı gıda katkı maddesi doğal, sentetik veya yarı sentetik olabilmektedir. Son yıllarda gıda katkı maddelerinin kullanımındaki artış sonucunda günümüz beslenmesindeki gıdaların % 75'inin sanayileşmiş gıdalardan oluştuğu tahmin edilmekte [3]; ancak bunların içeriğindeki gıda katkı maddelerinin ksenobiyotik maddeler olma riski endişe uyandırmaktadır [1].

Gıda katkı maddelerinin en büyük sınıfı olan yapay renklendiriciler, özellikle azo (N=N) boyalar, gıda endüstrisinde uzun yıllardır görünümü, rengi ve dokuyu değiştirmek ya da gizlemek için içeceklerde, şekerlemelerde ve fırıncılık ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [4]. Bu yapay boyalar; hem oksijene ve pH'a karşı dayanıklılıkları hem de düşük maliyetleri nedeniyle doğal boyalara karşı özellikle tercih edilmektedir [5]. E102 kodu ile bilinen tartrazin ($C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$), gıda maddelerinin görünümünü ve rengini iyileştirerek besinleri daha iştah açıcı ve çekici hale getiren sentetik bir azo boyadır [6, 7]. Sarı renkli bir gıda katkı maddesi olarak; alkolsüz içecekler, soslar, aromalı cipsler, dondurmalar, jöleler, reçeller ve sakızlar gibi pek çok gıda maddesinde yaygın olarak kullanılmakta ve düşük maliyetinden dolayı da birçok gelişmekte olan ülkede safran yerine tercih edilmektedir [8]. Kömür katranından kimyasal sentezle elde edilir ve gıda, kozmetik ve ilaç endüstrisinde yaygın olarak kullanılır [9].

Sentetik gıda boyalarının kullanımının sıçanlarda böbrek bozukluklarına, hepatotoksisiteye, anemiye, lökopeniye, astım ataklarına, kurdeşenlere ve enzim fonksiyonlarında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir [10]. Tartrazinin de içinde olduğu bu maddelerin alerjenik, klastojenik, mutajenik ve kanserojen etkilerini gösteren çeşitli çalışmalar mevcut olduğundan; sentetik gıda boyaları, maksimum tüketici güvenliği için hem uzun hem de kısa süreli biyokimyasal, mutajenik ve akut toksisite testleri gibi çok sayıda araştırmaya tabi tutulmalıdır [11].

Dünyada yaygın olarak tüketilen kahvenin üretildiği kahve çekirdekleri; *Rubiaceae* familyasının her dem yeşil çalı türlerinden olan *Coffea arabica* ve *Coffea canephora var. robusta*'dan elde edilen kavrulmamış tohumlardır [12]. Kavrulmuş kahvenin demlenmesi ile elde edilen kahvenin popülerliğine rağmen; yeşil kahve, zengin besin değerleri ile son zamanlarda dikkatleri üzerine çekmiştir. Yeşil kahvede bulunan mineraller, kafein ve klorojenik asitler, in vivo hayvan ve insan çalışmalarında gözlenen anti-inflamatuar, anti-obezite ve diğer etkiler gibi faydalı sağlık etkileri nedeniyle odak noktası haline gelmiştir [12-14]. Sıçanlarda hipotansif etki gösteren ve iş organlardaki yağları ve vücut ağırlığını azalttığı belirlenen yeşil kahvenin; kafeine ek olarak teofilin, teobromin, tokoferoller, kafestol, kahveol ve trigonellin gibi antioksidan bileşikler bakımından da oldukça zengin olduğu belirlenmiştir [15].

Allium cepa L. az sayıdaki büyük boyutlu kromozomları ($2n = 16$) ve kök meristem hücrelerindeki kısa hücre döngüsü sebepleri ile sitotoksikite ve genotoksikite çalışmaları için oldukça popüler bir bitkisel test materyali haline gelmiştir [16-18]. *A. cepa* kökleri test edilecek materyallerin çözeltileri ile doğrudan temas halinde olduğundan; bu sistem özellikle de genetik materyalin olası hasarını izlemek için oldukça başarılı olarak kabul edilmektedir. Literatürde tartrazinin *A. cepa* kök meristematik hücrelerindeki toksik etkilerini gösteren az sayıda çalışmaya [19, 20] rastlansa da; olası toksisiteye karşı yeşil kahvenin koruyucu etkisi üzerinde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı; *A. cepa* kök meristematik hücrelerinde tartrazin boyasının sitotoksik ve genotoksik etkilerine karşı yeşil kahvenin koruyucu ve iyileştirici fonksiyonlarını araştırmaktır. Bu amaçla tartrazin ve yeşil kahve çözeltileri ile muamele edilen soğanlarda fizyolojik parametreler olarak çimlenme yüzdesi, kök uzaması ve ağırlık kazanımı; genotoksikite parametreleri olarak ise mitotik indeks (MI), mikronükleus (MN) oluşumu ve kromozomal anormallik (KA) sıklığı incelenmiştir. Hücrelerdeki oksidatif stres seviyesini belirlemek için malondialdehit (MDA) seviyesi ile antioksidan enzimlerden süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (KAT) enzimlerinin toplam aktivite düzeyleri araştırılmıştır. Tartrazinin ve yeşil kahvenin meristematik dokudaki yapısal bütünlüğe etkisi, kök uçlarından alınan enine kesitlerin incelenmesi ile belirlenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyallerin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan *A. cepa* soğanları Güre / Giresun'da bir yerel marketten satın alınmıştır. Yaklaşık olarak aynı büyüklükte (13.25-13.48 g) olacak şekilde seçilen soğanlar laboratuvarında en dış kısımlarında bulunan kuru yapraklarından ve tabla gövdedeki eski

köklerinden arındırılarak temizlenmiştir. Soğanlar biri kontrol ve beşi deney grupları olmak üzere her birinde 50 birey bulunan altı gruba (n=50) ayrılmıştır (Tablo 1). Soğanlar, deney süresince, uygun çözeltileri içeren steril cam beherlerde, 24±1°C sıcaklıkta, 72 saat boyunca karanlık koşullarda köklendirilmiştir. Beherlerdeki çözelti seviyeleri günlük kontroller ile deney süresince sabit tutulmuştur. Grup I çalışma boyunca çeşme suyu ile muamele edilirken; Grup II, Grup III, Grup IV, Grup V ve Grup VI sırasıyla 365 mg/L yeşil kahve, 730 mg/L yeşil kahve, 200 mg/L tartrazin, 365 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin ve 730 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin çözeltileri ile muamele edilmiştir. Tartrazin ve

yeşil kahve çözeltileri, ticari olarak satın alınan %85'lik Tartrazin (Sigma–Aldrich Co., St. Louis, MO, ABD) ve saf yeşil kahve çekirdek ekstresi (Sepe Natural Organik Ürünler San. ve Tic. A.Ş., İzmir, Türkiye) kullanılarak hazırlanmıştır. Taşlı ve ark. [20], *A. cepa* üzerinde 200 mg/L tartrazinin belirgin sitogenetik etki gösterdiğini tespit etmiştir. Buna ek olarak; Türk Gıda Kodeksi'nde E102 kodu verilen tartrazin boyasının sadece ön pişirme yapılmış kabuklularda 250 mg/L'ye, diğer gıdalarda ise 100 mg/L'ye kadar kullanılabilmesi belirtilmiştir [21]. Araştırmada kullanılan tartrazin dozunun belirlenmesinde bahsi geçen kaynaklar esas alınmıştır.

Tablo 1. Deneyde kullanılan gruplar ve uygulamalar

Table 1. Groups and applications used in the experiment

Gruplar	Uygulamalar
Grup I (Kontrol)	Çeşme suyu
Grup II	365 mg/L yeşil kahve
Grup III	730 mg/L yeşil kahve
Grup IV	200 mg/L tartrazin
Grup V	365 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin
Grup VI	730 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin

Fizyolojik Analizler

Çimlenme yüzdesinin (%) belirlenmesi için her gruptan 50 birey kullanılmış ve tabla gövdeden ek kök çıkışı "çimlenme" olarak kabul edilmiştir (Eşitlik 1) [22].

Gruplara ait ortalama toplam ağırlık kazancının belirlenmesi için her gruptan rastgele seçilen 10 soğan

dikkate alınmıştır. Toplam ağırlık kazancı (g) soğanların deney sonundaki ağırlığından, deney başlangıcındaki ağırlığının çıkarılması ile belirlenmiştir.

Gruplara ait ortalama kök uzamasının (cm) belirlenmesi için her gruptan rastgele seçilen 10 soğandan toplamda 100 ek kökün uzunluğu bir cetvel yardımı ile ölçülmüştür.

$$\text{Çimlenme Yüzdesi (\%)} = (\text{Çimlenen Tohum Sayısı} / \text{Toplam Tohum Sayısı}) \times 100 \text{ (Eşitlik 1).}$$

Genotoksisite Analizleri

Tartrazin ve yeşil kahvenin *A. cepa* kök ucu hücrelerindeki genotoksisite potansiyelini belirlemek için mitotik indeks (MI), mikronükleus (MN) ve kromozomal anormallik (KA) analizleri yapılmıştır. Genotoksisite parametrelerinin ölçülmesi için kök uçlarından 1 cm'lik parçalar kesilmiştir. 3:1 oranında glasiyel asetik asit:etanol çözeltisi (Clarke çözeltisi) ile 2 saat boyunca fikse edilen kök uçları daha sonra 15 dakika boyunca %96'lık etanol ile muamele edilmiştir. Bu işlemi takiben distile su ile yıkanan kökler %70'lik etanol içinde +4°C'de saklanmıştır. Çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan stok kimyasallar Sigma–Aldrich (Sigma–Aldrich Co., St. Louis, MO, ABD) firmasına aittir. Buzdolabından alınan kök uçları 60°C'lik su banyosunda, 1 N HCl (Sigma–Aldrich Co., St. Louis, MO, ABD) çözeltisi içinde 13 dakika hidroliz edilmiştir. Hidroliz işlemi tamamlanan kök uçlarından kesilen 1 cm'lik parçalar %1'lik aseto-karmin boyası (Sigma–Aldrich Co., St. Louis, MO, ABD) ile 24 saat boyunca boyanmaya bırakılmıştır. Boyama işleminden sonra mikroskop slaytlarını hazırlamak için 2 mm'lik kök uçları 1 damla %45 asetik asit (Sigma–Aldrich Co., St. Louis, MO, ABD) çözeltisi kullanılarak ezilmiştir. Slaytlar binoküler araştırma mikroskopunda X500 büyütmede incelenmiş ve fotoğraflanmıştır [23].

KA ve MN analizleri her grup için tek bir kök ucu içeren 10'ar adet slayt hazırlanarak yapılmıştır. KA ve MN sıklıkları için her gruba ait 10 slaytta rastgele seçilen alanlardan mitoz aşamasındaki 100'er hücre, toplamda ise 1.000 hücre taranmıştır. MI analizi için ise her grup için hazırlanan 10 slaytta yine rastgele seçilen alanlardan 1.000'er hücre, toplamda ise 10.000 hücre incelenmiştir. Sayılan toplam 10.000 hücre içindeki mitoz bölünme halindeki hücrelerin sayısı, MI sonucunu vermiştir. Hücrelerde görülen yapıların MN olarak kabul edilmesi için "a) MN çapı hücre ana nükleusu çapının en az 1/3'ü olmalıdır, b) MN oval ya da yuvarlak olmalı ve en az hücre ana nükleusu kadar boyanmış olmalıdır, c) MN ve hücre ana nükleusu temas etseler bile bu iki yapı üst üste çakışmamalıdır" kriterlerine uyulmuştur [24]. Çekilen fotoğraflarda MN çapının hücre ana nükleusu çapına oranı Digimizer v 4.5. yazılımı (MedCalc Software, Belgium) ile analiz edilmiştir.

Biyokimyasal Analizler

Tartrazin ve yeşil kahvenin *A. cepa* kök ucu hücrelerindeki lipid peroksidasyonu ve antioksidan enzimlere karşı etkisini izlemek için malondialdehit (MDA) seviyesi ile toplam süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (KAT) enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Tüm biyokimyasal analizler her grup için 3 kere tekrar edilmiştir.

Uygulamaların hücre zarlarındaki etkisini belirlemek için membranlardaki lipid peroksidasyonunun ürünü olan MDA miktarı ölçülmüştür. MDA seviyesini belirlemek için 0.5 g kök ucu örneği %5'lik trikloroasetik asit (Sigma–Aldrich Co., St. Louis, MO, ABD) çözeltisinde, oda sıcaklığında, havan aracılığı ile homojenize edilmiştir. 12000 rpm'de oda sıcaklığında 15 dakika santrifüjlenen homojenatların süpernatant kısımları toplandıktan sonra, eşit hacimdeki süpernatant ile %20'lik trikloroasetik asit ve %0.5'lik tiobarbitirik asit (Sigma–Aldrich Co., St. Louis, MO, ABD) çözeltisi karıştırılmıştır. Taze hazırlanan bu karışımlar 30 dakika boyunca +96°C'lik su banyosunda ısıtıldıktan sonra tüpler buz banyosuna alınarak reaksiyonlar durdurulmuştur. 10000 rpm'de, oda sıcaklığında, 5 dakikalık santrifüj işleminden sonra süpernatantlar toplanmış ve MDA miktarının belirlenmesi için spektrofotometrede 532 nm'de okunmuştur. MDA miktarları, spesifik ekstinksiyon katsayısı ($155 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) kullanılarak $\mu\text{M/g}$ taze ağırlık olarak hesaplanmıştır.

Toplam enzim aktivitelerinin belirlenmesi için SOD [EC 1.15.1.1] ve KAT [EC 1.11.1.6] enzimleri 0.5 g'lık kök materyalinden aynı yöntemle ekstrakte edilmiştir [25]. Uygulamaların bitiminden sonra kesilerek distile su ile yıkanan kökler sıvı azotta havanda iyice ezilmiştir. Daha sonra kök materyalleri 5 mL sodyum fosfat tamponu (50 mM, pH 7.8)'na alınarak homojenize edilmiştir. Taze hazırlanan bu homojenatların 14000 rpm'de, +4°C'de, 20 dakika boyunca santrifüjlenmesinden sonra enzimleri içeren süpernatant kısımları tüplerden toplanmıştır.

Toplam SOD aktivitesini belirlemek için 0.01 mL enzim ekstraktı; 7.8 pH'a sahip 1.5 mL sodyum fosfat tamponu (0.05 M), 0.3 mL metionin (130 mM), 0.3 mL riboflavin (20 μM), 0.3 mL EDTA- Na_2 (0.1 mM), 0.3 mL nitroblue tetrazolium klorür (750 μM), 0.01 mL polivinilpirolidon (%4) ve 0.28 mL distile su karışımına eklenmiştir. Enzim içeren özütün eklenmesini takiben yeni karışım, katalizin gerçekleşmesi için, 15 dakika, 375 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ floresan ışığa maruz bırakılmıştır. Örneklerin absorbansı spektrofotometrede 560 nm dalga boyunda okunmuş ve her grup için ortalama toplam SOD aktivitesi IU/mg protein olarak hesaplanmıştır [26].

Toplam KAT aktivitesini belirlemek için 0.2 mL enzim ekstraktı; 1.5 mL sodyum fosfat tamponu (0.2 M, pH 7.8), 1.0 mL distile su ve 0.3 mL hidrojen peroksit (0.1 M) içeren reaksiyon karışımına eklenmiş ve böylece enzimatik tepkime başlatılmıştır. KAT aktivitesi 240 nm dalga boyunda absorbanstaki azalma izlenerek spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Reaksiyon ortamındaki hidrojen peroksidin enzimatik olarak giderilmesi, IU/mg protein olarak hesaplanmıştır [27]. SOD ve KAT enzim aktivitelerinin analizlerinde kullanılan tüm çözeltiler Sigma–Aldrich (Sigma–Aldrich Co., St. Louis, MO, ABD) firmasına ait stoklar kullanılarak hazırlanmıştır.

Meristematik Hücre Hasarının Belirlenmesi

Uygulama süresinin sonunda tartrazin ve yeşil kahve çözeltilerinin *A. cepa* köklerinin meristematik hücrelerindeki etkisini belirlemek için distile su ile yıkanan köklerden kök şapkaları uzaklaştırılmıştır.

Bistüri yardımı ile köklerin meristematik bölgesinden enine kesitler alınmış ve hücreleri boyamak için kök kesitlerine %5'lik metilen mavisi (Sigma–Aldrich Co., St. Louis, MO, ABD) damlatılmıştır. Boyanmış kök kesitlerini içeren lamalar binoküler araştırma mikroskopunda X500 büyütmede incelenmiş ve fotoğraflanmıştır.

İstatistiksel Analiz

Analizlerden elde edilen veriler SPSS 23.0 yazılımı kullanılarak one-way ANOVA ve Duncan testleri ile ortalamalar arasındaki farklılıkların önem kontrolü ($p < 0.05$) açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Tartrazin ve yeşil kahvenin fizyolojik parametreler üzerine etkilerini incelemek için; çimlenme yüzdesi (%), kök uzunluğu (cm) ve ağırlık kazanımı (g) araştırılmıştır. Kontrol grubu (Grup I) ile farklı dozlarda yeşil kahve uygulaması yapılan Grup II ve Grup III'te fizyolojik parametreler bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark ($p < 0.05$) gözlenmemiştir (Tablo 2). Bu durum; yeşil kahvenin *A. cepa* kök ucu hücrelerinin büyüme fizyolojisinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığını göstermiştir. Buna karşın; tartrazin ile muamele edilen Grup IV üyelerinde çimlenme yüzdesinin %45'e gerilediği görülmüştür. Aynı gruptaki soğanların kök uzaması ve ağırlık kazanımı; hem kontrol grubuna (Grup I) hem de yeşil kahve uygulanan (Grup II ve III) gruplara göre istatistiksel olarak önemli derecede ($p < 0.05$) azalma göstermiştir. Tartrazin ile muamele edilen grubun kök uzaması kontrol grubunun yaklaşık olarak dörtte biri iken; ağırlık artışı kontrol grubunun yaklaşık olarak dokuzda biri olarak belirlenmiştir. Tartrazin ile birlikte 365 mg/L yeşil kahve (Grup V) verilen gruptaki çimlenme yüzdesi %58; tartrazin ile birlikte 730 mg/L yeşil kahve uygulanan (Grup VI) gruptaki çimlenme yüzdesi ise %75 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar; artan dozlardaki yeşil kahvenin, tartrazinin sebep olduğu çimlenme inhibisyonunun iyileşmesine önemli katkıda bulunduğunu göstermiştir.

Tartrazinin sebep kök uzaması inhibisyonu; tartrazinle beraber uygulanan yeşil kahve sayesinde, hem Grup V'te (5.50 ± 1.34 cm) hem de Grup VI'da (7.30 ± 1.52 cm), Grup IV'e göre, istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) iyileşme göstermiştir. Benzer şekilde; ağırlık kazanımı da sadece tartrazin uygulanan Grup IV'e ($+1.00$ g) göre Grup V'te ($+3.78$ g) ve Grup VI'da ($+6.10$ g), artan yeşil kahve dozlarına bağlı olarak, önemli artış ($p < 0.05$) sergilemiştir. Taşlı ve ark. [20]; çalışmamıza benzer şekilde, tartrazinin farklı dozlarının *A. cepa* soğanlarında çimlenme yüzdesini, kök uzamasını ve ağırlık artışını azalttığını ve bu inhibisyonun 200 ppm'lik dozda en yüksek seviyede olduğunu göstermiştir. Bu olumsuz etki; sentetik boyanın, proteinlerle ve dolayısıyla büyüme ve gelişmede rol oynayan enzimlerle kovalent olarak reaksiyona girerek, proteinlerde konfigürasyon bozulmasına ve işlev kaybına yol açmasından kaynaklanıyor olabilir [10]. Yeşil kahvenin *A. cepa*'da tartrazine karşı koruyucu etkisini gösteren başka bir

çalışmaya rastlanmamıştır. Fizyolojik parametrelerde yeşil kahvenin dozuna bağlı olarak artan iyileşme miktarı; büyük ölçüde yeşil kahvenin içeriğinde bulunan fitokimyasallardan kaynaklanmaktadır. Zengin biyoaktif

bileşik içeriği ve geçiş metallerini azaltıcı yeteneği; yeşil kahveye eşsiz bir antioksidan kapasite kazandırmakta [28] ve antioksidan yeteneğin sağlıklı bir büyüme ve gelişme açısından önemi bilinmektedir.

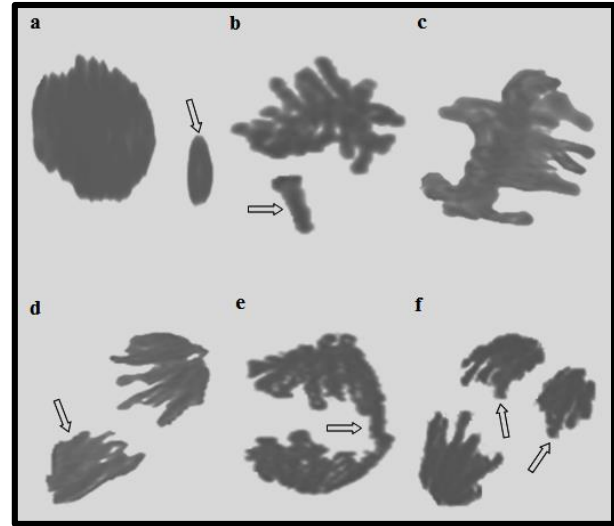
Tablo 2. Tartrazin ve yeşil kahvenin seçilen fizyolojik parametreler üzerine etkisi

Table 2. Effect of tartrazine and green coffee on selected physiological parameters

Gruplar	Çimlenme Yüzdesi (%)	Kök Uzunluğu (cm)	Ağırlık Kazanımı (g)
Grup I	98	11.50±1.93 ^a	+8.50 ^a (13.37±2.45-21.87±2.96)
Grup II	100	11.60±2.10 ^a	+8.80 ^a (13.48±2.36-22.28±2.98)
Grup III	100	11.80±2.24 ^a	+8.96 ^a (13.25±2.38-22.21±2.92)
Grup IV	45	3.00±1.12 ^d	+1.00 ^d (13.45±2.34-14.45±2.36)
Grup V	58	5.50±1.34 ^c	+3.78 ^c (13.30±2.44-17.08±2.44)
Grup VI	75	7.30±1.52 ^b	+6.10 ^b (13.35±2.40-19.45±2.62)

*Grup I: Kontrol, Grup II: 365 mg/L yeşil kahve, Grup III: 730 mg/L yeşil kahve, Grup IV: 200 mg/L tartrazin, Grup V: 365 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin, Grup VI: 730 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin. Veriler ortalama ± SD olarak gösterilmiştir. Çimlenme yüzdesinin belirlenmesinde 50 adet, kök uzunluğu ve ağırlık kazanımının tespiti için ise 10 adet soğan kullanılmıştır. Aynı sütun içerisinde farklı harfler^(a-d) ile gösterilen ortalamalar p<0.05'de önemlidir.

Tartrazinin *A. cepa* kök meristematik hücrelerindeki genotoksik etkisi ile yeşil kahvenin bu toksisiteye karşı koruyucu etkisi mitotik indeks, mikronükleus sıklığı ve kromozomal anormallik yoğunluğu parametreleri aracılığıyla incelenmiştir. Kontrol grubu (Grup I) ile artan dozlarda yeşil kahve uygulanan Grup II ve Grup III'te genotoksik parametreleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark (p<0.05) olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3). Bu sonuca göre; uygulanan yeşil kahve dozları *A. cepa* kök ucu hücrelerinde herhangi bir genotoksik etkiye sahip değildir. MI mitotik bölünme aşamasındaki hücrelerin; MN varlığı ise genotoksik stresin ve kromozomların ayrılmasındaki hataların önemli göstergeleridir [16, 29]. Tartrazin uygulanan Grup IV'te MI (525.70±16.30), kontrole (880.00±24.36) göre, istatistiksel olarak önemli derecede (p<0.05) azalmıştır. Tartrazin; Grup IV'teki MN sıklığının (33.00±4.12), kontrole (0.30±0.48) göre önemli miktarda artmasına (p<0.05) yol açmıştır. Tartrazinin *A. cepa*'da sebep olduğu MN dışındaki kromozomal anormallikler en sık görüldüğü en nadir görülene doğru sırasıyla fragment, yapışkan kromozom, kromatinin eşit olmayan dağılımı, köprü ve çok kutuplu anafazdır (Şekil 1). MN oluşumunun, hücre bölünmesinin sonraki aşamalarında kırılabilir ve fragment oluşumu için potansiyel riskler haline gelebilecek köprülerin katkısının bir sonucu olarak arttığı belirtilmiştir [30]. Tartrazin uygulamasını takiben MN oluşumundan sonra en sık görülen kromozomal anormallik tipi olan fragment (35.80±3.85); kromatidlerdeki ve kromozomlardaki kırıklardan kaynaklanmaktadır [31]. Tartrazinin tetiklediği diğer kromozom bozuklukları olan yapışkan kromozom (28.30±2.96) ve köprü (15.00±2.25), bir kimyasal ajanın mutajenitesini gösteren önemli belirteçler olarak kabul edilmektedir [32]. En fazla miktarda tartrazin uygulanan Grup IV'te görülen kromatinin eşit olmayan dağılımı (23.50±2.80); anafaz sırasında kromatidlerin ayrılamamasından kaynaklanmaktadır [33]. Tartrazinden kaynaklanan çok kutuplu anafaz oluşumunun (8.60±1.20) iğ ipliklerinin tamamen parçalanması neticesinde gerçekleşebileceği ve tüm kromozomal bozukluklar neticesinde MN oluşumunun tetiklendiği belirtilmiştir [34].



Şekil 1. Tartrazinin teşvik ettiği kromozomal hasarlar (a: MN, b: fragment, c: yapışkan kromozom, d: kromatinin eşit olmayan dağılımı, e: köprü, f: çok kutuplu anafaz)

Figure 1. Chromosomal damage promoted by tartrazine (a: MN, b: fragment, c: adhesive chromosome, d: unequal distribution of chromatin, e: bridge, f: multipolar anaphase)

Tartrazinin *A. cepa*'daki toksik etkilerini gösteren bir çalışmada; tartrazin, sonuçlarımıza benzer şekilde, ciddi sitotoksik ve klastojenik etkiye sebep olmuş, MI önemli azalma göstermiş, MN önemli artış sergilemiş ve lag kromozom, yapışkan kromozom ve C-mitoz gibi kromozomal bozukluklar görülmüştür [19]. Taşlı ve ark. [20], yine sonuçlarımızla benzer şekilde, tartrazinin *A. cepa* kök ucu hücrelerinde fragment, yapışkan kromozom, köprü, kromatinin eşit olmayan dağılımı ve C- mitoz şeklinde kromozomal hasarların oluşumuna yol açtığını göstermiştir. Tartrazin gibi gıda katkı maddelerine maruz kalma, gen mutasyonu ve kromozomal sapma şeklindeki mutajenite ile güçlü bir şekilde ilişkilidir [35]. Bu çalışmada tartrazin ile birlikte yeşil kahve çözeltilerine maruz bırakılan gruplarda tartrazin kaynaklı genotoksikitenin azaldığı açık şekilde

görülmüştür. Tartrazin çözeltisine katılan 365 mg/L yeşil kahve uygulanan Grup V'teki MI 598.20±18.57 ve MN sıklığı ise 25.00±3.76 olarak belirlenmiş olup; bu değerler sadece tartrazin uygulanan Grup IV'e göre istatistiksel olarak önemli derecede düşüktür ($p<0.05$). Benzer şekilde, tartrazin çözeltisine katılan 730 mg/L yeşil kahve uygulanan Grup VI'daki MI (650.40±20.24) ve MN sıklığı (19.40±2.88) sadece tartrazin uygulanan Grup IV'e göre önemli derecede düşük olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). Kromozomal bozuklukların sayısal değerleri incelendiğinde; yüksek dozdaki yeşil kahvenin (Grup VI) iyileştirici etkisi düşük dozdaki yeşil kahveye (Grup V) göre önemli seviyede daha yüksektir

($p<0.05$). İnsan kalın bağırsak ve karaciğer hücrelerinin kültürlerinde yapılan bir çalışmada yeşil kahve ekstraktı ve klorojenik asidin hidrojen peroksit tarafından indüklenen DNA hasarlarını önemli miktarda azalttığı gösterilmiştir [36]. Bu iyileştirici etki sebebiyle yeşil kahve ekstraktı, fonksiyonel gıda olarak, ekmekek gibi çeşitli gıdalara katılmakta ve böylece yeşil kahvenin antijenotoksik özelliğinden yararlanılmaktadır [37]. Yeşil kahve içeriğinde bulunan klorojenik asitlerin, son on yılda, insan ve hayvan metabolizmasındaki anti-enflamatuar, antioksidan, anti-diyabetik, anti-obezite ve anti-kanserojen etkileri sebebiyle kullanılabileceğini gösteren birçok çalışma mevcuttur [38, 39].

Tablo 3. Tartrazinin teşvik ettiği genotoksisiteye karşı yeşil kahvenin koruyucu rolü

Table 3. Protective role of green coffee against tartrazine-induced genotoxicity

Hasarlar	Grup I	Grup II	Grup III	Grup IV	Grup V	Grup VI
MN	0.30±0.48 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	33.00±4.12 ^a	25.00±3.76 ^b	19.40±2.88 ^c
MI	880.00±24.36 ^a	870.30±23.95 ^a	896.40±24.58 ^a	525.70±16.30 ^d	598.20±18.57 ^c	650.40±20.24 ^b
FRG	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	35.80±3.85 ^a	27.40±3.21 ^b	21.60±2.83 ^c
YK	0.40±0.58 ^d	0.36±0.48 ^d	0.16±0.33 ^d	28.30±2.96 ^a	21.50±2.75 ^b	15.90±2.38 ^c
KED	0.24±0.46 ^d	0.12±0.28 ^d	0.00±0.00 ^d	23.50±2.80 ^a	14.20±1.84 ^b	19.40±1.24 ^c
K	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	15.00±2.25 ^a	9.30±1.32 ^b	5.40±0.94 ^c
ÇKA	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	8.60±1.20 ^a	5.20±0.86 ^b	2.10±0.68 ^c

*Grup I: Kontrol, Grup II: 365 mg/L yeşil kahve, Grup III: 730 mg/L yeşil kahve, Grup IV: 200 mg/L tartrazin, Grup V: 365 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin, Grup VI: 730 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin. Veriler ortalama ± SD olarak gösterilmiştir (n=10). MN sıklığı her grupta 1.000 hücre, kromozomal hasar sıklıkları ise her bir gruptaki, her bir kök ucundan 100 hücre, toplamda ise 1.000 hücre analiz edilerek hesaplandı. Aynı satır içerisinde farklı harfler^(a-d) ile gösterilen ortalamalar $p<0.05$ 'de önemlidir. MN: mikronükleus, MI: mitotik indeks, FRG: fragment, YK: yapışkan kromozom, KED: kromatinin eşit olmayan dağılımı, K: köprü, ÇKA: çok kutuplu anafaz.

Yeşil kahvenin tartrazin tarafından teşvik edilen oksidatif strese karşı koruyucu etkisini ölçmek için MDA miktarı ile SOD ve KAT enzim aktiviteleri analiz edilmiştir. İlk üç grubun MDA miktarları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir ($p<0.05$) (Tablo 4). Tartrazin uygulanan gruptaki (Grup IV) MDA seviyesi kontrol grubunun yaklaşık olarak 3.1 katına çıkmış ve tartrazin ile birlikte 365 mg/L yeşil kahve uygulanan Grup V'teki MDA seviyesi 22.60±2.65 µM/g TA ve tartrazin ile birlikte 730 mg/L yeşil kahve uygulanan Grup VI'daki MDA seviyesi 15.90±1.92 µM/g TA olarak hesaplanmıştır. Grup V ve VI'nın MDA miktarlarında gözlenen bu azalma hem birbirlerine hem de Grup IV'e göre istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). MDA, üç veya daha fazla çift bağ içeren çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonu sonucunda oluşan ve biyolojik membranlardaki bütünlüğün hasar gördüğünü gösteren bir bileşik olarak, oksidatif stres varlığına işaret etmektedir [40]. Buna ek olarak; MDA'nın ikincil bir haberci olarak bitki savunma sistemlerinin de önemli bir parçası olduğunu belirtmek gerekir [41]. Deney hayvanlarında gerçekleştirilen çalışmalarda; bu çalışmanın sonuçları ile benzer şekilde, yüksek dozda tartrazin uygulaması MDA artışı ile sonuçlanmıştır [42, 43]. Yine çalışmamızın sonuçları ile paralel şekilde, yeşil kahvenin, içerdiği fenolik bileşikler sayesinde, plazma antioksidan kapasitesini artırarak, insan plazmasındaki MDA oranını düşürdüğü belirlenmiştir [44]. Benzer şekilde, yeşil kahvenin dişi sıçanların karaciğer, beyin ve böbrek dokularında okratoksin A tarafından teşvik edilen oksidatif hasara karşı koruyucu rol oynadığı ve MDA ile ölçülen lipid peroksidasyonunu azalttığı bildirilmiştir [45].

Biyolojik organizmalar; oksidatif stresi oluşturan serbest radikallerin potansiyel tehlikelerine karşı SOD ve KAT enzimlerinin de dahil olduğu pek çok antioksidan savunma sistemi ile donatılmıştır. SOD enzimi, membran lipidlerine saldırarak lipid peroksidasyonunu başlatan süperoksit radikalının hidrojen peroksit dismutasyonunu katalizlerken; KAT enziminin olağanüstü hızlı aktivitesi sayesinde; hidrojen peroksit, suya ve oksijene indirgenmektedir [46]. Sadece yeşil kahve dozları ile muamele edilen Grup II ve Grup III'te SOD ve KAT aktiviteleri kontrol grubu (Grup I) ile istatistiksel olarak fark göstermemiştir ($p<0.05$) (Tablo 4). Grup II ve III'teki MDA seviyeleri ile SOD ve KAT aktivitelerinin kontrole göre önemli bir fark göstermemesi; bu çalışmada uygulanan en yüksek yeşil kahve dozu olan 730 mg/L yeşil kahvenin (Grup III) dahi prooksidan etkiye sebep olacak kadar yüksek bir doz olmadığını düşündürmektedir. Buna karşın tartrazin uygulanan Grup IV'teki SOD enzim aktivitesi kontrol grubunun yaklaşık 2.5 katına; KAT aktivitesi ise kontrol grubunun yaklaşık 2 katına çıkmıştır. Sonuçlarımızın tersine; tartrazinin deney hayvanlarında SOD ve KAT aktivitelerini azalttığını gösteren çalışmalar olduğu gibi [8, 47]; SOD aktivitesini azaltıp KAT aktivitesini arttırdığı çalışmalara da rastlanılmıştır [48]. Rahal ve ark. [49] serbest radikal oluşturarak ya da antioksidan sistemleri inhibe ederek oksidatif strese sebep olan her türlü endobiyotik ya da ksenobiyotik maddeyi prooksidan olarak tanımlamış ve antioksidan rolleri ile bilinen flavonoidlerin bile farklı ortam koşullarında prooksidan olarak davranabildiğine dikkat çekmiştir. Uygulanan tartrazin dozu ile birlikte gerçekleşen SOD ve KAT enzim aktiviteleri artışı; tartrazinin *A. cepa* hücrelerindeki

prooksidan etkisinin, antioksidan sistemleri inhibe etmekten ziyade serbest radikal oluşumunu tetiklemesinden ileri geldiğini düşündürmektedir. Buna ek olarak; Grup IV'te ortaya çıkan oksidatif stresin etkisini membran hasarını gösteren MDA seviyesindeki artıştan görmek de mümkündür. Grup IV ile kıyaslandığında, tartrazin ile birlikte verilen yeşil kahve dozları SOD aktivitesini Grup V'te 30.38 ± 2.75 IU/mg protein, Grup VI'da ise 25.73 ± 2.63 IU/mg protein seviyelerine düşürmüştür. Bununla beraber; Grup V'teki KAT aktivitesi (14.73 ± 1.82 IU/mg protein) ile Grup VI'daki KAT aktivitesi (11.60 ± 1.24 IU/mg protein) Grup IV'e göre önemli derecede azalmıştır ($p < 0.05$). Ancak; tartrazin ile birlikte verilen yeşil kahve dozlarına rağmen her iki enzimin aktivitesi hiçbir zaman kontrol seviyesine kadar gerilememiştir. Yine de bu iki gruptaki (Grup V ve VI) aktivitelerin Grup IV'e göre önemli ölçüde azalması; yeşil kahve içeriğinde bulunan klorojenik asit gibi fenolik ve flavonoid bileşiklerin antioksidan savunmaya katkısı ve yeşil kahve özütlerinin geçiş metal iyonlarını azaltma kapasitesi ile açıklanabilir [28]. Ayrıca; yeşil kahve

içerisinde önemli miktarda bulunan bakır ve mangan elementlerinin, endojen antioksidanların ve süperoksit dismutaz (SOD1, SOD2 ve SOD3) gibi radikal temizleyicilerin önemli parçaları olduğu bildirilmiştir [15]. Bu gruplarda artan yeşil kahve dozu ile beraber; MDA seviyelerinin ve kromozomal bozuklukların genelini azalması ile hücre bölünmesinin artması; hücre içi oksidatif stresin baskılandığını düşündürmüştür. Sonuçlarımızın aksine; AL-Megrin ve ark. [50], sıçanlarda, uygulanan stres kaynağına bağlı olarak düşen SOD ve KAT aktivitelerini yeşil kahve uygulamasının arttırdığını göstermiştir. Ayrıca, Nogaim ve ark. [45], yine sıçanlarda, okratoksin A uygulamasını takiben KAT aktivitesinin arttığını; SOD aktivitesinin ise azaldığını belirtmiştir. Aynı çalışmada, okratoksin A ile aynı anda uygulanan yeşil kahve; MDA miktarı ve KAT aktivitesini azaltırken SOD aktivitesini ise arttırmıştır. Literatürde mevcut çalışmalar arasındaki farklılıkların; model organizmaya, uygulanan doza, stresin kaynağına, uygulamanın süresine ve şekline bağlı olarak değiştiği söylenebilir.

Tablo 4. Tartrazin ve yeşil kahvenin seçilen biyokimyasal parametreler üzerine etkisi

Table 4. The effect of tartrazine and green coffee on selected biochemical parameters

Grup	MDA ($\mu\text{M/g TA}$)	SOD (IU/mg protein)	KAT (IU/mg protein)
Grup I	9.30 ± 1.93^d	15.18 ± 1.32^d	8.55 ± 0.93^d
Grup II	9.20 ± 1.88^d	15.35 ± 1.34^d	8.25 ± 0.90^d
Grup III	9.10 ± 1.82^d	14.78 ± 1.35^d	8.10 ± 0.88^d
Grup IV	28.50 ± 2.94^a	37.74 ± 2.86^a	17.46 ± 1.98^a
Grup V	22.60 ± 2.65^b	30.38 ± 2.75^b	14.73 ± 1.82^b
Grup VI	15.90 ± 1.92^c	25.73 ± 2.63^c	11.60 ± 1.24^c

*Grup I: Kontrol, Grup II: 365 mg/L yeşil kahve, Grup III: 730 mg/L yeşil kahve, Grup IV: 200 mg/L tartrazin, Grup V: 365 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin, Grup VI: 730 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin. Veriler ortalama \pm SD olarak gösterilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harfler^(a-d) ile gösterilen ortalamalar $p < 0.05$ 'de önemlidir.

Tartrazin teşvik ettiği meristematik hücre hasarlarına karşı yeşil kahvenin koruyucu rolü Tablo 5'te verilmiştir. Sadece yeşil kahve dozlarına maruz bırakılan gruplarda (Grup II ve III) kontrol grubuna (Grup I) benzer şekilde herhangi bir meristematik hücre hasarına rastlanmamıştır. Buna karşın tartrazin uygulaması Grup IV'te belirgin olmayan iletim doku, epidermis hücre hasarı, yassılaştırmış hücre çekirdeği ve korteks hücre çeperinde kalınlaşma şeklinde hasarların görülmesine sebep olmuştur (Tablo 5, Şekil 2). Bu grupta gözlenen epidermis hücre hasarı ve yassılaştırmış hücre çekirdeği en şiddetli hasarlar; belirgin olmayan iletim doku ve korteks hücre çeperinde kalınlaşma ise orta şiddetli hasarlar olarak sınıflandırılmıştır.

Epidermis hücreleri çok büyük olasılıkla dışarıda bulunan kimyasal iç dokulara taşımamak için birbirine doğru yaklaşmış ve sıkışmış; bu savunma stratejisine ek bir adaptasyon sistemi olarak korteks hücre çeperleri kalınlaşmıştır [51]. Bu stratejiler; kök civarında bulunan kimyasalın, bitkinin üst dokularına taşınmasını sağlayabilecek olan, iletim demetlerine ulaşmasını önlemek için önemli adımlardır. Tartrazin absorpsiyonunu ve transferini önlemek için gerçekleşen bu olaylara karşın hücrelere giren kimyasalın anormal nükleus görünümüne sebep olduğu ve iletim dokusuna ulaşan dozun ise bu bölgede bütünlük kaybına yol açtığı söylenebilir.

Tablo 5. Tartrazin teşvik ettiği meristematik hücre hasarlarına karşı yeşil kahvenin koruyucu rolü

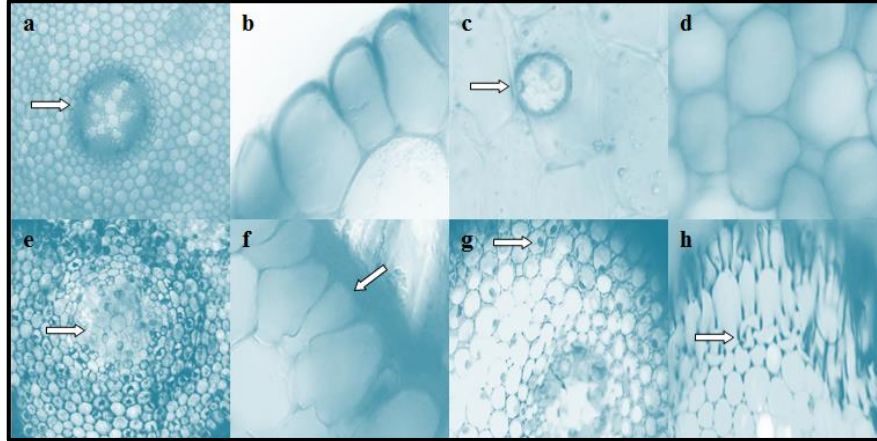
Table 5. Protective role of green coffee against meristematic cell damage induced by tartrazine.

Gruplar	BİD	EHH	YHÇ	KHÇK
Grup I	-	-	-	-
Grup II	-	-	-	-
Grup III	-	-	-	-
Grup IV	++	+++	+++	++
Grup V	+	++	++	+
Grup VI	-	+	+	-

*Grup I: Kontrol, Grup II: 365 mg/L yeşil kahve, Grup III: 730 mg/L yeşil kahve, Grup IV: 200 mg/L tartrazin, Grup V: 365 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin, Grup VI: 730 mg/L yeşil kahve + 200 mg/L tartrazin. BİD: belirgin olmayan iletim doku, EHH: epidermis hücre hasarı, YHÇ: yassılaştırmış hücre çekirdeği, KHÇK: korteks hücre çeperinde kalınlaşma. (-): hasar yok, (+): az hasar, (++): orta hasar, (+++): şiddetli hasar.

Yeşil kahve tartrazin ile birlikte uygulandığı zaman (Grup V ve VI) tartrazinin sebep olduğu meristematik hasarları azaltmıştır. Yeşil kahvenin tartrazine karşı hücrelerdeki bu koruyucu etkisi doza bağlı olarak gerçekleşmiş ve yeşil kahve dozu arttıkça hasarların daha da azaldığı görülmüştür. Tartrazin ile beraber 730 mg/L yeşil kahve uygulanan Grup VI'da epidermis hücre hasarı ve yassılaştırmış hücre çekirdeği az hasar sınıfında değerlendirilmiş; belirgin olmayan iletim doku ve korteks hücre çeperinde kalınlaşma hasarları ise kontrol seviyesine gerilemiştir. Tartrazin uygulamasının *A. cepa* kök ucu meristem dokusunda yassılaştırmış hücre

çekirdeği, korteks hücrelerinde bazı maddelerin birikimi, hücre deformasyonu, belirgin olmayan iletim doku, nekroz ve korteks hücre çeperlerinde kalınlaşma şeklinde anatomik hasarların oluşumuna da sebep olduğu gösterilmiştir [20]. Literatürde yeşil kahvenin hücrelerdeki anatomik değişikliklere karşı koruyuculuğunu gösteren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu etki antioksidan rolü defalarca kere kanıtlanmış olan yeşil kahvenin oksidatif stresi azaltarak membran bütünlüğünün korunmasına katkıda bulunmasından kaynaklanıyor olabilir.



Şekil 2. Tartrazinin sebep olduğu meristematik hücre hasarları [a: iletim dokunun normal görünümü, b: epidermis hücrelerinin normal görünümü, c: hücre nükleusunun normal görünümü (oval), d: korteks hücrelerinin normal görünümü, e: iletim dokunun belirgin olmayan görünümü, f: epidermis hücre hasarı, g: yassılaştırmış hücre çekirdeği, h: korteks hücre çeperinde kalınlaşma]

Figure 2. Meristematic cell damage caused by tartrazine (a: normal appearance of conduction tissue, b: normal appearance of epidermis cells, c: normal appearance of cell nucleus (oval), d: normal appearance of cortex cells, e: non-obvious appearance of conduction tissue, f: epidermis cell damage, g: flattened cell nucleus, h: thickening of the cortex cell wall)

SONUÇ

Sonuç olarak, bu çalışma sentetik bir gıda katkı maddesi olan tartrazin boyasından kaynaklanan toksisiteye karşı yeşil kahvenin koruyucu ve iyileştirici etkisini gösteren ilk araştırmadır. Bu amaçla önemli bir model organizma olan *A. cepa*'nın köklerinde tartrazinin toksik etkileri; fizyolojik, sitogenetik, biyokimyasal ve diğer hücre hasarları açısından kapsamlı bir incelemeye tabi tutulmuştur. Tartrazin araştırılan tüm parametrelerde negatif etkilere sebep olmuş; ancak tartrazin ile birlikte uygulanan yeşil kahve tartrazin toksisitesini azaltmıştır. Tek başına uygulanan yeşil kahvenin hiçbir yan etkiye sahip olmaması ve tartrazinle beraber uygulanan yeşil kahvenin iyileştirici etkisinin yeşil kahve dozuna bağlı olması son derece dikkat çekicidir. Neticede, bu çalışma eşsiz bir fonksiyonel gıda olarak önemli potansiyel vaat eden yeşil kahvenin diğer kimyasallardan kaynaklanan toksisiteye karşı etkilerinin araştırılması için önemli bir adımdır.

KAYNAKLAR

[1] Kumar, N., Singh, A., Sharma, D., Kishore, K. (2019). Toxicity of Food Additives. In Food Safety and Human Health, Edited by R.L. Singh, S.

Mondal, Academic Press, London, United Kingdom, 402p.

- [2] Codex Alimentarius, (2017). Food Additives. 11.4.2020 tarihinde Codex Alimentarius: <http://www.codexalimentarius.org/standards/gsfa/>
- [3] Linke, B.G., Casagrande, T.A., Cardoso, L.I.A. (2018). Food additives and their health effects: A review on preservative sodium benzoate. *African Journal of Biotechnology*, 17(10), 306-310.
- [4] Li, J., Liu, M., Jiang, J., Liu, B., Tong, H., Xu, Z., Yang, C., Qian, D. (2019). Morphology-controlled electrochemical sensing properties of CuS crystals for tartrazine and sunset yellow. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 288, 552-563.
- [5] Soylak, M., Uzcan, F. (2020). A novel ultrasonication-assisted deep eutectic solvent microextraction procedure for tartrazine at trace levels from environmental samples. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 17(2), 461-467.
- [6] de Lima Barizão, A.C., Silva, M.F., Andrade, M., Brito, F.C., Gomes, R.G., Bergamasco, R. (2020). Green synthesis of iron oxide nanoparticles for tartrazine and bordeaux red dye removal. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(1), 103618.
- [7] Wu, S., Yin, Z.Z., Chen, X., Wang, X., Wu, D., Kong, Y. (2020). Electropolymerized melamine for

- simultaneous determination of nitrite and tartrazine. *Food Chemistry*, 333, 127532.
- [8] Abd-Elhakim, Y.M., Moustafa, G.G., Hashem, M.M., Ali, H.A., Abo-EL-Sooud, K., El-Metwally, A.E. (2019). Influence of the long-term exposure to tartrazine and chlorophyll on the fibrogenic signalling pathway in liver and kidney of rats: the expression patterns of collagen 1- α , TGF β -1, fibronectin, and caspase-3 genes. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(12), 12368-12378.
- [9] Stevenson, D.D. (2014). Food Allergy: Adverse Reaction to Foods and Food Additives. Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey.
- [10] Elekima, I., Nwachuku, O.E. (2019). Evaluation of acute and chronic toxicity of tartrazine (E102) on steroid reproductive hormones of albino rats. *Asian Journal of Research and Reports in Endocrinology*, 1-15.
- [11] Balta, I., Sevastre, B., Mireşan, V., Taulescu, M., Raducu, C., Longodor, A.L., Marchiş, Z., Mariş, C.S., Coroian, A. (2019). Protective effect of blackthorn fruits (*Prunus spinosa*) against tartrazine toxicity development in albino Wistar rats. *BMC Chemistry*, 13(1), 104.
- [12] Macheiner, L., Schmidt, A., Schreiner, M., Mayer, H.K. (2019). Green coffee infusion as a source of caffeine and chlorogenic acid. *Journal of Food Composition and Analysis*, 84, 103307.
- [13] Castro, A.C.C.M., Oda, F.B., Almeida-Cincotto, M.G.J., Davanço, M.G., Chiari-Andréo, B.G., Cicarelli, R.M.B., Peccinini, R.G., Zocolo, G.J., Ribeiro, P.R.B., Correa, M.A., Isaac, V.L.B., Santos, A.G. (2018). Green coffee seed residue: a sustainable source of antioxidant compounds. *Food Chemistry*, 246, 48-57.
- [14] Şemen, S., Mercan, S., Yayla, M., Açıkkol, M. (2017). Elemental composition of green coffee and its contribution to dietary intake. *Food Chemistry*, 215, 92-100.
- [15] Jeszka-Skowron, M., Stanisz, E., De Peña, M.P. (2016). Relationship between antioxidant capacity, chlorogenic acids and elemental composition of green coffee. *LWT Food Science and Technology*, 73, 243-250.
- [16] Kalefetoğlu Macar, T. (2020). Investigation of cytotoxicity and genotoxicity of abamectin pesticide in *Allium cepa* L. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.
- [17] Macar, O., Kalefetoğlu Macar, T., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E. (2020). Determination of protective effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) extract against cobalt (II) nitrate-induced toxicity. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.
- [18] Khan, S., Anas, M., Malik, A. (2019). Mutagenicity and genotoxicity evaluation of textile industry wastewater using bacterial and plant bioassays. *Toxicology Reports*, 6, 193-201.
- [19] Bonciu, E., Rosculete, E., Rosculete, C. (2020). The clastogenic effect of tartrazine, a synthetic yellow dye, in plant meristematic tissues. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, 49(1), 32-35.
- [20] Taşlı, B., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E. (2018). *Allium cepa* (*Amaryllidaceae*) L.'da tartrazin uygulaması sonucu oluşan fizyolojik, sitogenetik ve anatomik değişimlerin araştırılması. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 7(2), 1-6.
- [21] Türk Gıda Kodeksi (2013). Gıda katkı maddeleri yönetmeliği. *T.C. Resmi Gazete*, Sayı: 28693, Ankara.
- [22] Atik, M., Karagüzel, O., Ersoy, S. (2017). Sıcaklığın *Dalbergia sissoo* tohumlarının çimlenme özelliklerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 20(2), 203-210.
- [23] Staykova, T.A., Ivanova, E.N., Velcheva, I.G. (2005). Cytogenetic effect of heavy metal and cyanide in contaminated waters from the region of southwest Bulgaria. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 4, 41-46.
- [24] Fenech, M., Chang, W.P., Kirsch-Volders, M., Holland, N., Bonassi, S., Zeiger, E. (2003). HUMN project: detailed description of the scoring criteria for the cytokinesis-block micronucleus assay using isolated human lymphocyte cultures. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 534(1-2), 65-75.
- [25] Zou, J., Yue, J., Jiang, W., Liu, D. (2012). Effects of cadmium stress on root tip cells and some physiological indexes in *Allium cepa* var. *agrogarum* L. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 54, 129-141.
- [26] Beauchamp, C., Fridovich, I. (1971). Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, 44, 276-287.
- [27] Beers, R.F., Sizer, I.W. (1952). Colorimetric method for estimation of catalase. *Journal of Biological Chemistry*, 195, 133-139.
- [28] Masek, A., Latos-Brozio, M., Kałużna-Czaplińska, J., Rosiak, A., Chrzescijanska, E. (2020). Antioxidant properties of green coffee extract. *Forests*, 11(5), 557.
- [29] Lepage, C.C., Thompson, L.L., Larson, B., McManus, K.J. (2020). An automated, single cell quantitative imaging microscopy approach to assess micronucleus formation, genotoxicity and chromosome instability. *Cells*, 9(2), 344.
- [30] Bianchi, J., Fernandes, T.C.C., Marin-Morales, M.A. (2016). Induction of mitotic and chromosomal abnormalities on *Allium cepa* cells by pesticides imidacloprid and sulfentrazone and the mixture of them. *Chemosphere*, 144, 475-483.
- [31] Yi, H., Meng, Z. (2003). Genotoxicity of hydrated sulfur dioxide on root tips of *Allium sativum* and *Vicia faba*. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 537(1), 109-114.
- [32] Mishra, K. (1993). Cytotoxic effects of distillery waste on *Allium cepa* L. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 50(2), 199-204.
- [33] Dutta, J., Ahmad, A., Singh, J. (2018). Study of industrial effluents induced genotoxicity on *Allium cepa* L. *Caryologia*, 71(2), 139-145.
- [34] Khallef, M., Benouareth, D.E., Konuk, M., Liman, R., Bouchelaghem, S., Hazzem, S., Kerdouci, K. (2019). The effect of silver nanoparticles on the mutagenic and the genotoxic properties of the

- urban wastewater liquid sludges. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(18), 18403-18410.
- [35] Hashem, M.M., Abd-Elhakim, Y.M., Abo-EL-Sooud, K., Eleiwa, M.M. (2019). Embryotoxic and teratogenic effects of tartrazine in rats. *Toxicological Research*, 35(1), 75-81.
- [36] Glej, M., Kirmse, A., Habermann, N., Persin, C., Pool-Zobel, B.L. (2006). Bread enriched with green coffee extract has chemoprotective and antigenotoxic activities in human cells. *Nutrition and Cancer*, 56(2), 182-192.
- [37] Świeca, M., Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., Baraniak, B. (2017). Wheat bread enriched with green coffee - In vitro bioaccessibility and bioavailability of phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 221, 1451-1457.
- [38] Tajik, N., Tajik, M., Mack, I., Enck, P. (2017). The potential effects of chlorogenic acid, the main phenolic components in coffee, on health: a comprehensive review of the literature. *European Journal of Nutrition*, 56, 2215-2244.
- [39] Gouthamchandra, K., Sudeep, H.V., Venkatesh, B.J., Prasad, K.S. (2017). Chlorogenic acid complex (CGA7), standardized extract from green coffee beans exerts anticancer effects against cultured human colon cancer HCT-116 cells. *Food Science and Human Wellness*, 6(3), 147-153.
- [40] Öztürk, G., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E. (2020). Dose-response analysis of potassium bromate-induced toxicity in *Allium cepa* L. meristematic cells. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10.
- [41] Dalo, E., Sadikaj, R., Sahiti, H. (2019). Assessment of accumulation of heavy metals and lipid peroxidation in common reed (*Phragmites australis*) in the Albanian Part of Lake Ohrid. *Ecological Engineering*, 20(4), 114-120.
- [42] Ali, A.F., Abdelgayed, S.A.S., El-Tawil, O.S., Bakeer, A.M. (2016). Toxicological and histopathological studies on the effect of tartrazine in male albino rats. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food & Biotechnological Engineering*, 10(8), 513-518.
- [43] Bousada, M., Dhouib, E.I., Lamine, J.A., Abidi, N. (2017). Assessment of a sub-chronic consumption of tartrazine (E102) on sperm and oxidative stress features in Wistar rat. *International Food Research Journal*, 24(4), 1473-1487.
- [44] Martínez-López, S., Sarria, B., Mateos, R., Bravo-Clemente, L. (2019). Moderate consumption of a soluble green/roasted coffee rich in caffeoylquinic acids reduces cardiovascular risk markers: results from a randomized, cross-over, controlled trial in healthy and hypercholesterolemic subjects. *European Journal of Nutrition*, 58(2), 865-878.
- [45] Nogaim, Q.A., Bugata, L.S.P., Prabhakar, P.V., Reddy, U.A., Kumari, I., Mahboob, M. (2020). Protective effect of Yemeni green coffee powder against the oxidative stress induced by Ochratoxin A. *Toxicology Reports*, 7, 142-148.
- [46] Ighodaro, O.M., Akinloye, O.A. (2018). First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. *Alexandria Journal of Medicine*, 54(4), 287-293.
- [47] Erdemli, Z., Altinoz, E., Erdemli, M.E., Gul, M., Bag, H.G., Gul, S. (2020). Ameliorative effects of crocin on tartrazine dye-induced pancreatic adverse effects: a biochemical and histological study. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10.
- [48] Noori, S., Rehman, N., Qureshi, M., Mahboob, T. (2009). Reduction of carbon tetrachloride-induced rat liver injury by coffee and green tea. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(4), 452-458.
- [49] Rahal, A., Kumar, A., Singh, V., Yadav, B., Tiwari, R., Chakraborty, S., Dhama, K. (2014). Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: the interplay. *BioMed Research International*, 2014, 761264.
- [50] AL-Megrin, W.A., El-Khadragy, M.F., Hussein, M.H., Mahgoub, S., Abdel-Mohsen, D.M., Taha, H., Bakkar, A.A.A., Abdel Moneim, A.E., Amin, H.K. (2020). Green *Coffea arabica* extract ameliorates testicular injury in high-fat diet/Streptozotocin-induced diabetes in rats. *Journal of Diabetes Research*, 6762709.
- [51] Macar, O., Kalefetoğlu Macar, T., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E. (2020). Protective effects of anthocyanin-rich bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) extract against copper (II) chloride toxicity. *Environmental Science and Pollution Research*, 1428-1435.

Ambalajlama Tekniği ve Depolama Koşullarının Ceviz İçi Kalitesi Üzerine Etkisi

Buse Güler , Hakan Karaca  ✉

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Kampüsü, Denizli

Geliş Tarihi (Received): 28.01.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 24.04.2021

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): hkaraca@pau.edu.tr (H. Karaca)*

☎ 0 258 296 30 85 📠 0 258 296 32 62

ÖZ

Bu çalışmada, farklı ambalajlama teknikleriyle (normal atmosferde, vakum ve azot gazı altında) paketlenip farklı sıcaklıklarda 21 hafta depolanan bütün, kırık ve öğütülmüş haldeki ceviz içi örneklerindeki bazı kimyasal özelliklerin değişimleri incelenmiştir. Bütün şekilde muhafaza edilen ceviz içi örneklerinde serbest yağ asidi ve konjuge dien değerlerinin depolama boyunca kısmen korunduğu, peroksit ve konjuge trien değerlerinin ise kırık ve öğütülmüş örnekler göre nispeten daha düşük seviyede artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Azot gazı altında paketlenme uygulaması, peroksit ve konjuge trien değerlerindeki yükselmeyi sınırlaması nedeniyle cevizlerin oksidasyon reaksiyonlarına karşı muhafazasında etkili bulunmuştur. Örneğin ikincil oksidasyon ürünlerinden aldehitlerin varlığının bir göstergesi olan *p*-anisidin değerleri normal atmosferde ve azot gazı altında paketlenip 20°C'de 21 hafta depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinde sırasıyla 0.56 ve 0.40 olarak belirlenmiştir. Düşük sıcaklıkta (4°C'de) depolanan örneklerdeki serbest yağ asidi, peroksit ve konjuge trien değerlerindeki artışın, 20°C'de depolanan örneklerdeki artıştan daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Cevizlerdeki boyut küçültme işlemi, örneklerdeki oksidasyon parametrelerinin genellikle artmasına neden olmuştur. Bu durum, özellikle öğütülmüş örneklerde tespit edilen yüksek peroksit, konjuge trien ve para-anisidin değerleriyle ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Ceviz, Oksidasyon, Vakum paketlenme, Modifiye atmosfer paketlenme, Depolama

Effect of Packaging Technique and Storage Conditions on Walnut Kernel Quality

ABSTRACT

In this study, the changes in some chemical characteristics of whole, crushed and ground walnut kernels packaged by different techniques (packaging under normal atmosphere, vacuum and nitrogen gas) during 21-week storage at different temperatures were investigated. In whole kernels, the levels of free fatty acids and conjugated dienes did not dramatically change and the increases in peroxide and conjugated triene values were relatively lower than those in crushed and ground samples. Packaging under nitrogen gas was effective in protecting walnuts against oxidation reactions by limiting increases in peroxide and conjugated triene values. For example, *p*-anisidine values, which is an indicator of the presence of aldehydes, one of the secondary oxidation products, were determined as 0.56 and 0.40, respectively, in ground walnut samples packaged under normal atmosphere and nitrogen gas and stored for 21 weeks at 20°C. The increases in free fatty acid, peroxide and conjugated diene values were lower at 4°C than those determined at 20°C. Size reductions in walnut kernels generally resulted in increase in oxidation parameters. This was demonstrated by the high values of peroxide, conjugated triene and para-anisidine, especially detected in ground samples.

Keywords: Walnut, Oxidation, Vacuum packaging, Modified atmosphere packaging, Storage

GİRİŞ

Ceviz (*Juglans regia* L.) dünyada üretimi yaygın şekilde gerçekleştirilen sert kabuklu bir meyvedir. Protein, tokoferol, mineral ve fenolik maddeler gibi önemli biyoaktif bileşiklerce zengin olan cevizin sağlık üzerine olumlu etkilerine katkıda bulunan bir başka önemli bileşeni çoklu doymamış yağ asitleridir. Ancak cevizin zengin çoklu doymamış yağ asidi içeriği, bu meyvenin yağını oksidasyon reaksiyonlarına karşı oldukça duyarlı hale getirmektedir [1]. Oksidasyon, özellikle endüstriyel üretimde farklı amaçlar (şuruplu tatlı, kek, pasta üretimi, vb.) için kullanılan boyutları küçültülmüş cevizlerin raf ömrünü kısıtlayan önemli bir etmendir.

Cevizlerdeki oksidasyon seviyesi; içerdiği yağ miktarının yanı sıra kullanılan ambalajlama tekniği ve depolama koşullarına da bağlıdır. Depolama koşullarındaki sıcaklık, ışık vb. parametreler ile paket içi oksijen (O_2) konsantrasyonu gibi faktörler, ceviz gibi yüksek yağ içeriğine sahip ürünlerin muhafaza edilebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir [2]. Oksidasyon reaksiyonları nedeniyle bu tür ürünlerin besleyici değeri azalmakta, oluşabilecek ransit tat nedeniyle kalite kayıpları gerçekleşmekte ve hatta ürün insan sağlığına zarar verici bir hal alabilmektedir [3]. Ambalajlama; taze ve işlenmiş gıdaların kalitesinin, depolama, taşıma vb. süreçlerde korunmasında önemli bir uygulamadır. Her gıda maddesi için, uygun ambalajlama tekniğinin belirlenmesi ve uygulanması; ürünün kalitesinin korunması ve sevkiyatın kolaylaşması açısından son derece önemlidir [4]. Vakum paketleme, en temel şekilde, paket içerisindeki havanın uzaklaştırılması olarak tanımlanırken [5], modifiye atmosfer paketleme ise gıdanın havadan farklı atmosfer içeren bir paket içerisinde muhafaza edilmesini ifade eder [6]. Bu iki teknik, oksidasyon reaksiyonlarının azaltılması/önlenmesi ve böylece gıdaların raf ömrünün uzatılmasında etkili olabilecek uygulamalar olarak kabul edilmektedir.

Bu çalışmada; normal atmosferde, vakum ve azot (N_2) gazı altında paketlenip iki farklı sıcaklıkta depolanan bütün, kırık ve öğütülmüş ceviz örneklerinin oksidasyon göstergelerinin incelenmesi ve böylece ceviz kalitesinin

en iyi şekilde korunmasını sağlayacak paketleme tekniği ve depolama koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Çalışmada; ince kabuklu, iri taneli, hoş lezzetli ve açık renkli olması nedeniyle ülkemizde ve dünyada en çok tercih edilen çeşitlerden biri olan Chandler çeşidi cevizler kullanılmıştır. Denizli'nin Acıpayam ilçesindeki bir bahçede yetiştirilen cevizler, 2018 yılı Ekim ayında hasat edilmiş ve Ekiz Fidancılık (Denizli) tarafından temin edilmiştir. Toplanan cevizler, yeşil kabuğundan ayrıldıktan sonra güneş altına serilerek kurutulmuş ve kurutulan örnekler laboratuvara nakledilmiştir. Laboratuvarında, cevizlerin sert dış kabukları, bir ceviz kıracağıyla kırılmış ve içleri kabuklarından ayrılmıştır. Deneylerde kullanıma uygun olmayan (küflü, kurumuş, böcek zararlı, vb.) cevizler ayrılarak uzaklaştırılmıştır.

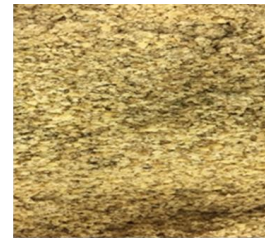
Kırma ve kabuk ayırma işlemlerinde, ceviz içleri daha çok "bütün" olarak çıkarılmaya çalışılmıştır. Birinci sınıf iç ceviz olarak bilinen bu fiziksel boyut için, çalışma kapsamında gereken miktar belirlenmiş ve belirlenen miktarda "bütün" iç ceviz deneylerde kullanılmak üzere ayrılmıştır (Şekil 1a). Çalışmada test edilen diğer boyutlar "kırık" ve "öğütülmüş" haldeki cevizlerdir. Kırık cevizler, iç cevizlerin bir mutfak makasıyla küçük parçalar haline getirilmesiyle elde edilmiştir. Kırık cevizlerin boyutları, ceviz örneklerinin önce 10 mm daha sonra 4 mm gözenek çapına sahip paslanmaz çelik eleklerden geçirilmesiyle standardize edilmiş ve çalışmada bu standart boyuttaki ceviz örnekleri kullanılmıştır. Kırık cevizler, halk arasında daha çok baklavalık olarak bilinmekte ve şuruplu tatlıların yapımında kullanılmaktadır (Şekil 1b). Daha çok pastacılıkta kullanılan ve "öğütülmüş" olarak tabir edilen cevizlerin hazırlanmasında ev tipi bir parçalayıcı (Group GR-2550, İstanbul, Türkiye) kullanılmıştır. Bu cihazda parçalanmış iç cevizler önce 4 mm daha sonra 0.5 mm gözenek çapına sahip paslanmaz çelik eleklerden geçirilmiş ve böylece boyutları standardize edilmiştir (Şekil 1c). Çalışmada bu standart boyuttaki öğütülmüş ceviz örnekleri kullanılmıştır.



a



b



c

Şekil 1. Çalışmada kullanılan farklı boyutlardaki ceviz örnekleri (a: bütün haldeki cevizler, b: kırık cevizler, c: öğütülmüş cevizler).

Figure 1. Walnut samples with different sizes used in the study (a: whole kernels, b: crushed kernels, c: ground kernels)

Metot

Cevizlerin Paketlenmesi ve Depolanması

Yukarıda hazırlanışı anlatılan “bütün”, “kırık” ve “öğütülmüş” iç ceviz örneklerinden 80'er gram tartılmış ve her bir örnek ünitesi bu miktarda örnekten oluşturulmuştur. Vakum ve N₂ gazı altında paketleme esnasında; örneklerin uçuşmasını ve paketleme cihazına zarar vermesini engellemek amacıyla, kırık ve öğütülmüş haldeki iç ceviz örnekleri öncelikle kağıttan yapılmış çay demleme poşetlerinin (Silva Teks. Paz., İstanbul) içerisine yerleştirilmiştir. Daha sonra örnekler, lamine plastik poşetlerin (polietilen + poliamit + etilen vinil alkol + poliamit + polietilen, 25x25 cm, KRCPACK, İstanbul, Türkiye) içerisine yerleştirilmiştir. Ambalaj malzemesini tedarik eden firmadan elde edilen teknik veri dokümanına göre, kullanılan lamine poşetlerin kalınlığı 65±5 µm, O₂ (23°C'de ve %0 bağıl nemde) ve su buharı (38°C ve %90 bağıl nemde) geçirgenlik değerleri sırasıyla 3 cm³/m² gün ve 12 cm³/m² gün'den düşüktür. Örneklerin paketlenmesinde Seles Marka, DZ-260 model bir paketleme cihazı (Wenzhou Xingye Machinery Equipment Co. Ltd., Pekin, Çin Halk Cumhuriyeti) kullanılmıştır. Vakum paketleme uygulaması için cihazın vakumlama değeri 90 kPa değerine ayarlanmıştır. N₂ gazı altında paketleme uygulaması; poşet içerisindeki havanın vakum ile boşaltılması, ardından poşete N₂ gazının verilmesi ve en sonda da poşetin ağzının ısı olarak kapatılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan paketler, ya 4°C'ye ayarlanmış bir buzdolabında ya da sıcaklığı 20°C'ye sabitlenmiş bir klima içeren odada 21 hafta boyunca karanlıkta depolanmıştır. Depolamanın başlangıcında ve 7, 14 ve 21. haftalarında her bir uygulamadan 2'er paket örnek alınmıştır. Paketlerdeki gaz bileşimlerinin ölçülmesinin ardından poşet içerisindeki ceviz örnekleri aşağıda belirtilen analizlere 2'şer kez tabi tutulmuştur.

Paketlerdeki Gaz Bileşiminin Ölçülmesi

Paketleme işleminden hemen sonra ve her bir örnekleme gününde, portatif bir gaz analizörü (PBI Dansensor, Checkpoint, Ringsted, Danimarka) ile her bir uygulama için 2'şer adet pakette gaz kompozisyonu belirlenmiştir. Analizörün şırıngasının ucundaki iğnenin paket içerisine daldırılmasıyla paket içerisinden gaz örneği alınmış ve bu örnekteki O₂ ve CO₂ konsantrasyonları belirlenmiştir. Paketteki N₂ gazı konsantrasyonu ise O₂ ve CO₂ gazlarının konsantrasyonları toplamının %100'den çıkartılmasıyla bulunmuştur.

Ceviz Örneklerinden Yağ Ekstraksiyonu

Yağ ekstraksiyonu amacıyla, ceviz örneği (20 g) öncelikle bir havanda iyice dövülmüş ve oradan bir erlenmayere aktarılmıştır. Üzerine 140 mL hekzan ilave edilen ceviz örneği, laboratuvar tipi bir karıştırıcının (IKA T18 Ultra-Turrax, Staufen, Almanya) 14000 rpm'de 1 dakika çalıştırılmasıyla homojen hale getirilmiştir. Daha sonra erlenmayer bir orbital çalkalayıcının (OS-20, Boeco, Hamburg, Almanya) üzerine yerleştirilmiş ve

örnek oda sıcaklığında, 140 rpm'de 2 saat ekstraksiyona bırakılmıştır. Süre sonunda erlenmayer içeriği susuz sodyum sülfat üzerinden süzölmüş ve elde edilen süzöntü 250 mL'lik altı yuvarlak bir balona alınmıştır. Erlenmayerde kalan ceviz örneği üzerine tekrar 140 mL hekzan ilave edilmiş ve yukarıda anlatılan ekstraksiyon prosedürü bir kez daha tekrarlanmıştır. Süzöntüler birleştirilmiş ve çözücü (hekzan) bir rotary evaporatörde (Büchi Rotavapor R-114, Flawil, İsviçre) 40°C'de vakum altında buharlaştırılmıştır. İşlem sonunda elde edilen ceviz yağı, analizlerde kullanılmaya kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir.

Serbest Yağ Asitliği Tayini

Ceviz yağı örneklerinin serbest yağ asitliği değerleri Amerikan Yağ Kimyacıları Derneği (American Oil Chemical Society, AOCS)'nin resmi metodu (Ca 5a-40)'na göre belirlenmiştir [7].

Peroksit Tayini

Örneklerin peroksit değeri AOCS'nin resmi metodu (Cd 8-53)'na göre belirlenmiştir [8]. Sonuçlar milieşdeğer (meq) O₂ / kg ceviz yağı olarak verilmiştir.

Konjuge Dien ve Konjuge Trien Değerlerinin Belirlenmesi

Örneklerin konjuge dien ve konjuge trien değerleri AOCS'nin resmi metodu (Ch5-91)'na göre belirlenmiştir [9].

Para-anisidin Tayini

Örneklerdeki para-anisidin (*p*-anisidin) değerinin belirlenmesinde AOCS'nin resmi metodu (Cd 18-90) kullanılmıştır [10].

Yağ Asitleri Bileşiminin Belirlenmesi

Yağ asidi metil esterleri AOCS resmi metodu (Ce 2-66)'na göre hazırlanmıştır [11]. Buna göre 0.2 g yağ örneği 2 mL hekzan içerisinde çözödürülmüş ve bu çözelti 0.2 mL metanolik potasyum hidroksit (KOH) çözeltisiyle muamele edilmiştir. Şiddetli bir karıştırma ve faz ayrımı için yaklaşık 30 dakikalık beklemenin ardından, üstteki berrak faz bir mikro-şırınga ile alınmış ve gaz kromatografisi cihazı (Agilent 7820A, Santa Clara, ABD)'na enjekte edilmiştir. Gaz kromatografisi cihazında bir alev iyonlaştırılmalı dedektör mevcuttur. Örneklerdeki yağ asidi metil esterleri, kapiler bir kolonda (Agilent Technologies, DB-FATWAX UI, 30 m × 0.25 mm i.d., 0.25 µm film kalınlığı, Santa Clara, ABD) birbirinden ayrılmıştır. Enjeksiyon hacmi 1 µL, split oranı 1:100 ve taşıyıcı gaz 1.4 mL/dak akış oranına sahip hidrojen gazıdır. Kolon sıcaklık programı; 2 dak 50°C, sonra 174°C'ye 14 dak'da 50°C/dak hızda ve daha sonra 215°C'ye 25 dak'da 2°C/dak hızda olacak şekilde ayarlanmıştır. Enjektör ve dedektörün sıcaklıkları sırasıyla 250 ve 280°C'ye ayarlanmıştır. Kromatogramdaki piklerin belirlenmesi için bu piklerin geliş zamanları ile metil ester standartlarının (Supelco

37-component FAME Mix, Bellefonte, PA, ABD) geliş zamanları karşılaştırılmıştır.

İyot Değeri Tayini

Ceviz örneklerinde iyot değeri tayini, depolamanın başlangıcında ve sonunda AOCS Resmi Metodu (Cd 125)'na göre gerçekleştirilmiştir [12].

Sabunlaşma Sayısı Tayini

Ceviz örneklerinde sabunlaşma sayısı tayini, depolamanın başlangıcında ve sonunda AOCS Resmi Metodu (Cd 3-25)'na göre gerçekleştirilmiştir [13].

İstatistiksel Analiz

Ortalamalar arasındaki farkların önemli olup olmadığının belirlenmesinde Minitab (Versiyon 13, State College, PA, ABD) ve MSTAT (Michigan State University, MI, ABD) istatistik paket programları kullanılmıştır. İstatistiksel açıdan farklı ortalamaların ortaya konmasında Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'nden yararlanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Farklı Boyutlardaki Ceviz Örneklerinin Paket İçi Gaz Bileşimi

Normal atmosferde ve N₂ gazı altında paketlenen ve farklı sıcaklıklarda depolanan bütün, kırık ve öğütülmüş ceviz örneklerinin paket içi ortalama gaz bileşimleri incelendiğinde; paketlenme sırasında oluşturulan başlangıç gaz bileşimlerinin 21 haftalık depolama süresince genel olarak korunduğu ve tüm örnekler için depolama sonunda en fazla %1'lik değişimlerin söz konusu olduğu tespit edilmiştir. Paket içi gaz kompozisyonlarının depolama boyunca büyük ölçüde korunmuş olması, paketlenmede kullanılan ambalaj materyalinin bariyer özelliklerinin iyi olduğunu göstermektedir. Nitekim literatürde, etilen vinil alkol tabakası içeren lamine ambalajların yüksek bariyer özelliklerine sahip olduğu [14] ve ceviz [15] ve badem [16] gibi ürünlerin paket içi atmosferlerinin korunmasında etkili olduğu bildirilmiştir.

Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Farklı Boyutlardaki Ceviz Örneklerinin Serbest Yağ Asidi Değerleri

Normal atmosferde, vakum ve N₂ gazı altında paketlenen ve farklı sıcaklıklarda depolanan bütün, kırık ve öğütülmüş ceviz örneklerinin serbest yağ asidi değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Bütün haldeki cevizlerin serbest yağ asidi değerlerinde 21 haftalık depolama süresince istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir değişim gözlenmemiştir (p>0.05). Kırık cevizlerin serbest yağ asidi değerlerinde 4°C'deki depolama süresince herhangi bir değişim gözlenmezken, 20°C'de depolama sonunda kırık cevizlerin serbest yağ asidi değerleri başlangıca göre istatistiksel olarak daha

yüksek bulunmuştur (p<0.05). Öğütülmüş cevizlerin serbest yağ asidi değerleri; 4°C'deki depolamanın 7. haftasında, 20°C'deki depolamanın ise her haftasında istatistiksel açıdan önemli derecede artış göstermiştir (p<0.05). Denenen tüm paketlenme teknikleri ve her iki depolama sıcaklığı için; öğütülmüş cevizlerin serbest yağ asidi değerlerinin, bütün ve kırık ceviz örneklerinin serbest yağ asidi değerlerinden depolama boyunca daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 20°C'deki depolama sonunda, kırık ceviz örneklerinin serbest yağ asidi değerlerinin, bütün haldeki cevizlerin serbest yağ asidi değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Farklı tekniklerle paketlenen ceviz örneklerinin serbest yağ asidi değerleri 4°C'deki depolama süresince oleik asit cinsinden %0.29-0.61 aralığında değişirken, bu değerler 20°C'deki depolama süresince %0.29-1.31 aralığında değişmiştir. Depolama sıcaklığının sert kabuklu meyvelerde serbest yağ asidi oluşumuna etkisi önceden de bilinmektedir. Örneğin Ghirardello ve ark. [17] soğukta (4°C'de) muhafaza edilen fındıklarda serbest yağ asidi seviyesinin ortam sıcaklığında (10-26°C arasında değişen) muhafaza edilenlere göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Raei ve Jafari [18] farklı tekniklerle paketlenmiş Antep fıstığı örneklerini farklı sıcaklıklarda depolamışlar ve örneklerin serbest yağ asidi değerlerinin depolama sıcaklığı arttıkça arttığını tespit etmişlerdir. Söz konusu çalışmada, Antep fıstığı örneklerinin serbest yağ asidi değerleri üzerine paket içi gaz atmosferinin etkili olmadığı tespit edilmiştir. Benzer durumlar fındık örnekleri için de bildirilmiştir [19, 20]. Tarafımızdan gerçekleştirilen çalışmada da vakum ve N₂ gazı altında paketlenme uygulamalarının bütün ve kırık ceviz örneklerinin serbest yağ asidi içeriklerinde herhangi bir farka yol açmadığı, öğütülmüş ceviz örneklerinin depolanması sırasında bazı dönemlerde (7. ve 14. haftalarda) serbest yağ asidi değerlerini artırıcı yönde etki gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durumun her iki teknikle de uygulanan vakumlama işlemi sonucu hücrelerden gerçekleşebilecek bir yağ sızıntısı nedeniyle gerçekleşmiş olabileceği düşünülmektedir. Nitekim, vakum uygulaması sonucu öğütülmüş fındıklardan sızan yağın, enzimatik ve kimyasal reaksiyonlara karışabildiği ve bu nedenle serbest yağ asidi değerinin arttığı bildirilmiştir [21].

Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Farklı Boyutlardaki Ceviz Örneklerinin Peroksit Değerleri

Normal atmosferde, vakum ve N₂ gazı altında paketlenen ve farklı sıcaklıklarda depolanan bütün, kırık ve öğütülmüş ceviz örneklerinin peroksit değerleri Şekil 3'te verilmiştir. Çalışmada kullanılan cevizlerin depolama başlangıcındaki peroksit değerinin 0.45±0.10 meq O₂/kg olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında test edilen tüm boyut, paketlenme tekniği ve sıcaklık koşullarında, 21 haftalık depolama süresince peroksit değerlerinin dalgalandığı görülmektedir (Şekil 3). Bununla birlikte; ilk 14 haftalık depolama sürecinde, 4°C'deki örneklerin peroksit değerlerinin istatistiksel açıdan önemli düzeyde değişmediği tespit edilmiştir (p>0.05). 21. haftada ise, her iki sıcaklıkta depolanan örneklerin peroksit değerleri artmış ve bu artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Bakkalbaşı ve ark. [22] farklı tekniklerle paketlenip farklı sıcaklıklarda depolanan cevizlerin peroksit değerlerinde dalgalanmalar olduğunu gözlemişlerdir. Farklı depolama koşullarının bademin raf ömrü üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada [23] test edilen her koşulda peroksit değerlerinde dalgalanmalar olduğu görülmüştür. Bu dalgalanmaların sebebinin “peroksitlerinin kararsızlığı” olduğu ileri sürülmüş, örneklerde bir yandan peroksit oluşumunun gerçekleşebileceği, bir yandan da oluşan peroksitlerin aldehit keton vb. bileşiklere dönüşmüş olabileceği bildirilmiştir. Martin ve ark. [20] farklı tekniklerle paketlenen fındıkların peroksit değerlerinde, depolamanın altıncı ayında (24. haftada) belirgin bir artış gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Bu tespitin, çalışmamızda 21. haftada belirlenen peroksit değerlerindeki artışla uyumlu olduğu görülmektedir. Normal atmosferde ve vakum altında paketlenen öğütülmüş cevizlerin peroksit değerleri, depolama sonunda bütün ve kırık haldeki cevizlerin peroksit değerlerinden daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Buradan boyut küçültme işleminin, örneklerin yüzey alanı artması nedeniyle, cevizlerdeki peroksit değerini artırdığı sonucuna varılabilir. Oysa ceviz unlarını (%20.3 yağlı) farklı ambalaj materyalleriyle paketlenip farklı sıcaklıklarda depolayan Vanhanen ve Savage [24], örneklerin 23°C'nin altında altı aya kadar okside olmadan depolanabildiğini bildirmişlerdir. Yazarlar bu durumu, ceviz meyvesinde yüksek miktarlardaki doğal antioksidanların (tokoferoller vb.) varlığına bağlamışlardır.

Şekil 3'teki verilerden, N₂ gazı altında paketlenme uygulamasının cevizlerin peroksit değerlerindeki artışı sınırlandırıcı etkisi görülmektedir. Söz gelimi, öğütülmüş ceviz örneklerinin 21 haftalık depolama periyodu sonunda peroksit değerlerinin N₂ gazı altında paketlenme uygulamasıyla en fazla 1.39 meq O₂/kg'a çıktığı, normal atmosferde ve vakum paketlenme uygulamalarıyla ise sırasıyla 2.68 ve 2.58 meq O₂/kg değerlerine ulaşabildiği belirlenmiştir. Bu durum, N₂ gazı altında paketlenme uygulamasının, yani paket içerisindeki O₂ miktarının düşürülmesinin peroksit değerlerindeki artışın sınırlandırılmasında etkili olduğunu göstermektedir. Nitekim Martin ve ark. [20] ortamdaki O₂ konsantrasyonunun peroksit değerleri üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Söz konusu çalışmada, depolama sırasında O₂ konsantrasyonunun %1, %5 ve %10 olması durumunda fındık örneklerinin peroksit değerlerinde önemli bir artış gözlenmezken, O₂ konsantrasyonunun %20 olması durumunda peroksit değerlerinin önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir. Ghirardello ve ark. [17] de %1 O₂+%99 N₂ gazı altında paketlenip düşük sıcaklıkta (4°C'de) depolanan fındık örneklerinin peroksit değerlerindeki artışın yavaşladığını tespit etmişlerdir.

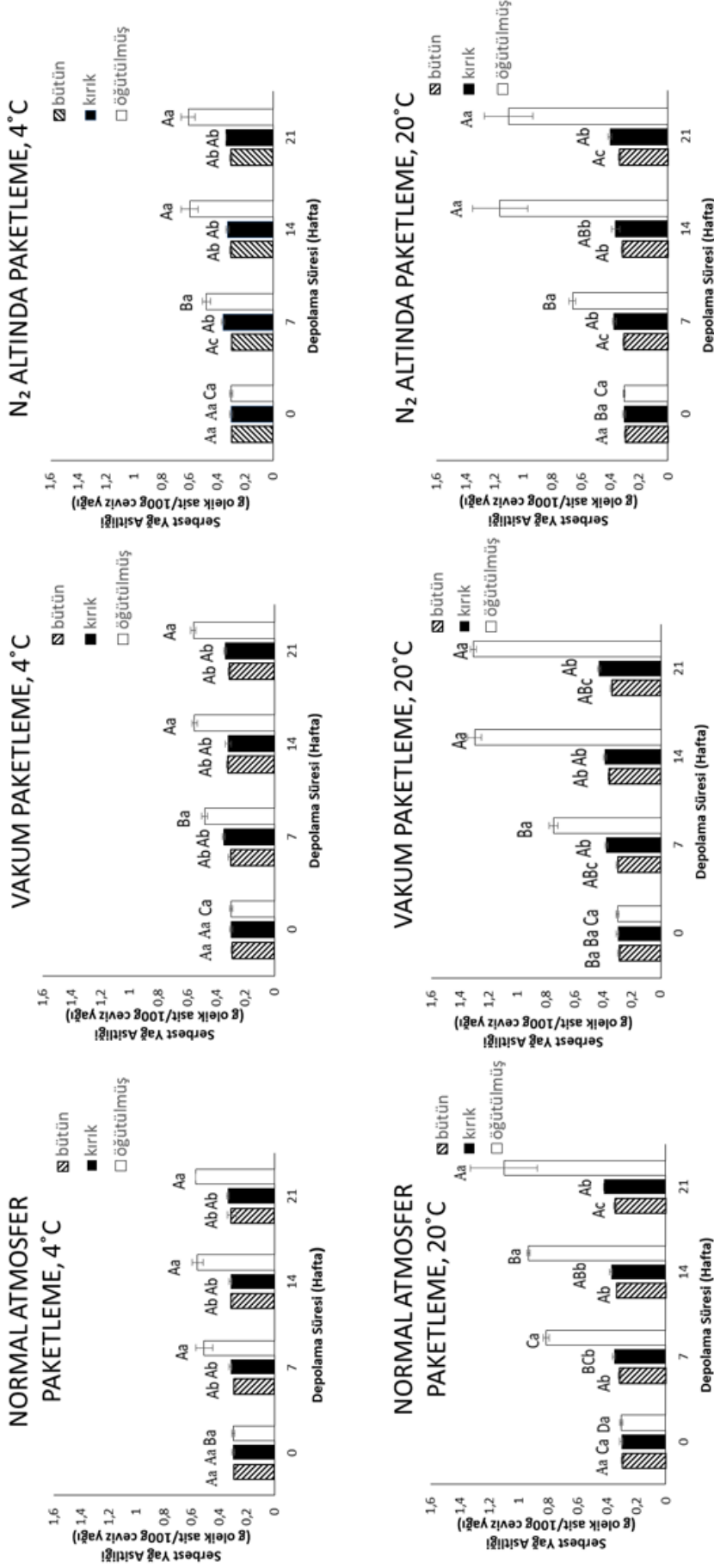
Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Farklı Boyutlardaki Ceviz Örneklerinin Konjuge Dien ve Konjuge Trien Değerleri

Ultraviyole bölgede yapılan spektrofotometrik ölçümler, yağların kalitesi ve işleme sırasında yapılarında meydana gelen değişimler hakkında fikir verebilmektedir [25]. 232 nm'de gerçekleştirilen spektrofotometrik ölçüm

sonuçları çoklu doymamış yağ asitlerinin yani konjuge dienlerin oluşumu ile ilişkilendirilirken, 270 nm'de elde edilen sonuçlar aldehit ve keton gibi ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumuyla paralellik göstermektedir [26]. Normal atmosferde, vakum ve N₂ gazı altında paketlenen ve farklı sıcaklıklarda depolanan bütün, kırık ve öğütülmüş ceviz örneklerinin konjuge dien ve konjuge trien değerleri sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.

Çalışmada kullanılan cevizlerin depolama başlangıcındaki konjuge dien ve konjuge trien değerlerinin sırasıyla 0.86-1.03 ve 0.03-0.04 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler, ceviz yağlarının konjuge dien ve konjuge trien değerlerinin sırasıyla 1.18±0.01 ve 0.06±0.01 olduğunu bildiren Martinez ve ark. [27]'nin bulgularıyla uyumludur. Ceviz örneklerinin konjuge dien değerlerinde 4°C'de gerçekleştirilen depolama sürecinde zaman zaman kısmi artışlar gözlenmiştir. Oysa 20°C'deki depolama sürecinde bu değerler nispeten daha çok artmış ve normal atmosferde, vakum ve N₂ gazı altında paketlenen örneklerde depolama sonunda sırasıyla 1.51, 1.31 ve 1.14 değerlerine ulaşmıştır. Normal atmosferde paketlenip 20°C'de depolanan bütün haldeki ceviz örneklerinin konjuge dien değerleri her örnekleme zamanında istatistiksel açıdan önemli derecede artış göstermiş ancak vakum altında paketlenen örneklerde son iki örnekleme zamanında (14 ve 21. haftalarda), N₂ gazı altında paketlenen örneklerde son üç örnekleme zamanında (7, 14 ve 21. haftalarda) konjuge dien değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir artış tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Bu durum, vakum ve N₂ gazı altında paketlenme uygulamalarının cevizlerde konjuge dien değerlerindeki artışı sınırlamadaki etkinliğinin bir göstergesidir ve Martin ve ark. [27]'nin fındıklardaki tespitiyle paralellik göstermektedir.

Normal atmosferde ve vakum altında paketlenen öğütülmüş ceviz örneklerinin konjuge trien değerlerinde, her iki sıcaklıkta gerçekleştirilen 21 haftalık depolama süreçlerinde istatistiksel açıdan anlamlı artışlar gözlenmiştir ($p<0.05$). N₂ gazı altında paketlenen örneklerde ise depolamanın 7. haftasında meydana gelen artışın ardından konjuge trien değerlerinde önemli bir artış gözlenmemiştir. Depolama sonunda, bu örneklerin trien değerleri, normal atmosferde ve vakum altında paketlenen öğütülmüş ceviz örneklerinin konjuge trien değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Farklı boyutlardaki ceviz örneklerinin konjuge dien değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı herhangi bir farklılık tespit edilmezken, konjuge trien değerlerindeki artışlar genellikle öğütülmüş>kırık>bütün şeklinde gerçekleşmiştir. Bu durum cevizlerdeki boyut küçültme işleminin, konjuge trien değerlerini artırıcı etkisini gözler önüne sermektedir. Benzer şekilde Raisi ve ark. [28] normal atmosferde paketlenip ortam sıcaklığında depolanan öğütülmüş badem örneklerinin konjuge trien değerlerindeki artışın, diğer tüm örneklerde gözlenen artıştan çok daha büyük olduğunu bildirmişlerdir. Yazarlara göre bu durum, öğütme işlemiyle O₂'nin temas edebileceği yüzey alanının artmasından ve böylece bademlerin oksidasyona karşı daha duyarlı hale gelmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 2. Farklı tekniklerle paketlenip farklı sıcaklıklarda depolanan farklı boyutlardaki ceviz örneklerinin serbest yağ asidi miktarlarındaki değişim^{*,**}. Aynı sıcaklık, aynı paketleme tekniği ve aynı ceviz boyutu için; farklı haftalarda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar (n=4) arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

^{**}: Aynı sıcaklık, aynı paketleme tekniği ve aynı örnekleme zamanı için; farklı ceviz boyutlarında farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar (n=4) arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Figure 2. Changes in the free fatty acid amounts in walnut kernels with different sizes packaged with different techniques and stored at different temperatures^{*,}. For the same temperature, the same packaging technique and the same kernel size; the differences among the values of different weeks (n=4) with upper-case letters are significant (p<0.05).**

^{}: For the same temperature, the same packaging technique and the same sampling day; the differences among the values of different kernel sizes (n=4) with lower-case letters are significant (p<0.05).**

Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Farklı Boyutlardaki Ceviz Örneklerinin p -anisidin Değerleri

Hidroperoksit oluşumu, yağ asitlerinin oksidasyona duyarlılığı ve ürünlerdeki antioksidan seviyeleri ile ilişkilidir. Bununla birlikte, hidroperoksitler stabil olmayan bileşiklerdir ve yağ kalitesi için önemli bir parametre olsa da yağların oksidatif durumu ile her zaman doğrudan ilişkili değildir. Öte yandan, ikincil oksidasyon ürünlerinden aldehitlerin varlığının bir göstergesi olan p -anisidin değeri, daha ampirik (deneysel) bir parametre olmasına rağmen, oksidasyon ile daha iyi bir korelasyon göstermektedir. İkincil oksidasyon ürünleri, hidroperoksitlerden çok daha kararlı ürünlerdir. Bu nedenle, oksidasyon durumunun doğru bir şekilde belirlenebilmesi için, birincil ve ikincil oksidasyon ürünleri birlikte değerlendirilmelidir [26]. Normal atmosferde, vakum ve N_2 gazı altında paketlenen ve farklı sıcaklıklarda depolanan bütün, kırık ve öğütülmüş ceviz örneklerinin p -anisidin değerleri Şekil 6'da verilmiştir.

Şekil 6 incelendiğinde, test edilen tüm ceviz örneklerinin p -anisidin değerlerinin depolama süreci boyunca hep bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Normal atmosferde ve vakum altında paketlenip 4 ve 20°C'de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin p -anisidin değerlerinin depolama boyunca her bir örnek alımı zamanında istatistiksel açıdan anlamlı artışlar gösterdiği tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Depolama periyodu sonunda, öğütülmüş cevizlerin p -anisidin değerlerinin bütün ve kırık haldeki cevizlerinin p -anisidin değerlerinden daha yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Öğütülmüş cevizlerin 20°C'deki depolama periyodu sonunda; vakum ve N_2 gazı altında paketlenen örneklerin p -anisidin değerlerinin (sırasıyla 0.46 ve 0.40) normal atmosferde paketlenen örneklerin p -anisidin değerinden (0.56) daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bizim bulgularımıza paralel olarak, Mu ve ark. [29] ayçiçeği çekirdeği ve ceviz örneklerini 120 gün depoladıkları çalışmalarında, tüm örnek gruplarının p -anisidin değerlerinin depolama süresi boyunca arttığını ve paket içerisinde O_2 tutucu barındıran örneklerin depolama sonunda en düşük p -anisidin değerlerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Farklı Boyutlardaki Ceviz Örneklerinin Yağ Asitleri Bileşimleri

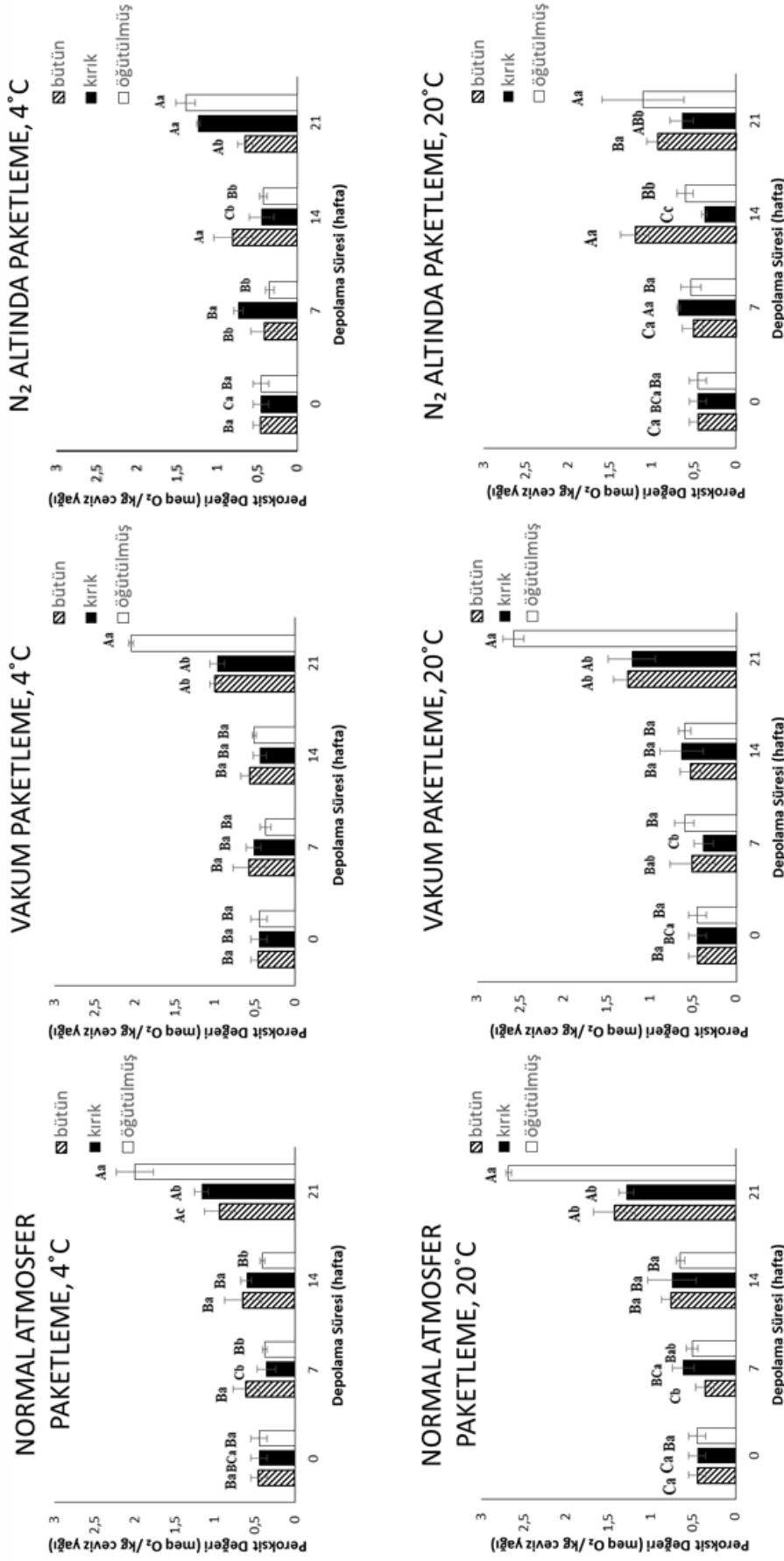
Normal atmosferde, vakum ve N_2 gazı altında paketlenen bütün, kırık ve öğütülmüş ceviz örneklerinin yağ asitleri bileşimleri, 4 ve 20°C'deki 21 haftalık depolama periyodunun başında ve sonunda belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Ceviz örneklerinin yağlarının çoklu doymamış yağ asitlerince zengin olduğu ve mevcut yağ asitlerinin yaklaşık %75'inin çoklu doymamış yağ asitlerinden oluştuğu görülmektedir. Her koşulda, depolamanın başlangıcında ve sonunda incelenen tüm örneklerde, linoleik asit (C18:2) yaklaşık %62'lik oranla en fazla bulunan yağ asididir. Bu yağ asidini, %13-14 oranlarında bulunan

diğer doymamış yağ asitleri oleik asit (C18:1) ve linolenik asit (C18:3) takip etmektedir. Bakkalbaşı ve ark. [22] da çoklu doymamış yağ asitlerinin ceviz yağında temel yağ asidi grubu olduğunu bildirmişlerdir. İncelenen tüm ceviz çeşitlerinde, miktarda en yüksek bulunan yağ asidinin %52-60'lık oranla linoleik asit olduğu tespit edilmiştir. Tekli doymamış yağ asidi içeriğinin ise %16-29 arasında değiştiği belirlenmiştir. Vidrih ve ark. [30] yedi farklı çeşit öğütülmüş cevizin farklı atmosferlerde 10 ay depolanması sonucunda yağ asitleri bileşimlerini incelemişler ve farklı atmosferlerde depolama sonucunda sadece linolenik asidin kararsız olduğunu, diğer yağ asitlerinin miktarının korunduğunu ve N_2 atmosferinde depolamanın yağ asitleri bileşimi üzerine bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızla paralel olarak Chandler çeşidinde linoleik asit miktarının %60-61 civarında değiştiği tespit edilmiştir. Tarafımızdan gerçekleştirilen çalışmada, farklı atmosferlerdeki ceviz örneklerinin yağ asitleri bileşimlerinin depolamanın başında ve sonunda değişiklik göstermediği belirlenmiştir. Bu durum, 21 haftalık depolama süresi boyunca farklı boyutlardaki ceviz örneklerinin yağ asitleri bileşimlerinin korunduğunu göstermektedir.

Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Farklı Boyutlardaki Ceviz Örneklerinin İyot Değerleri ve Sabunlaşma Sayıları

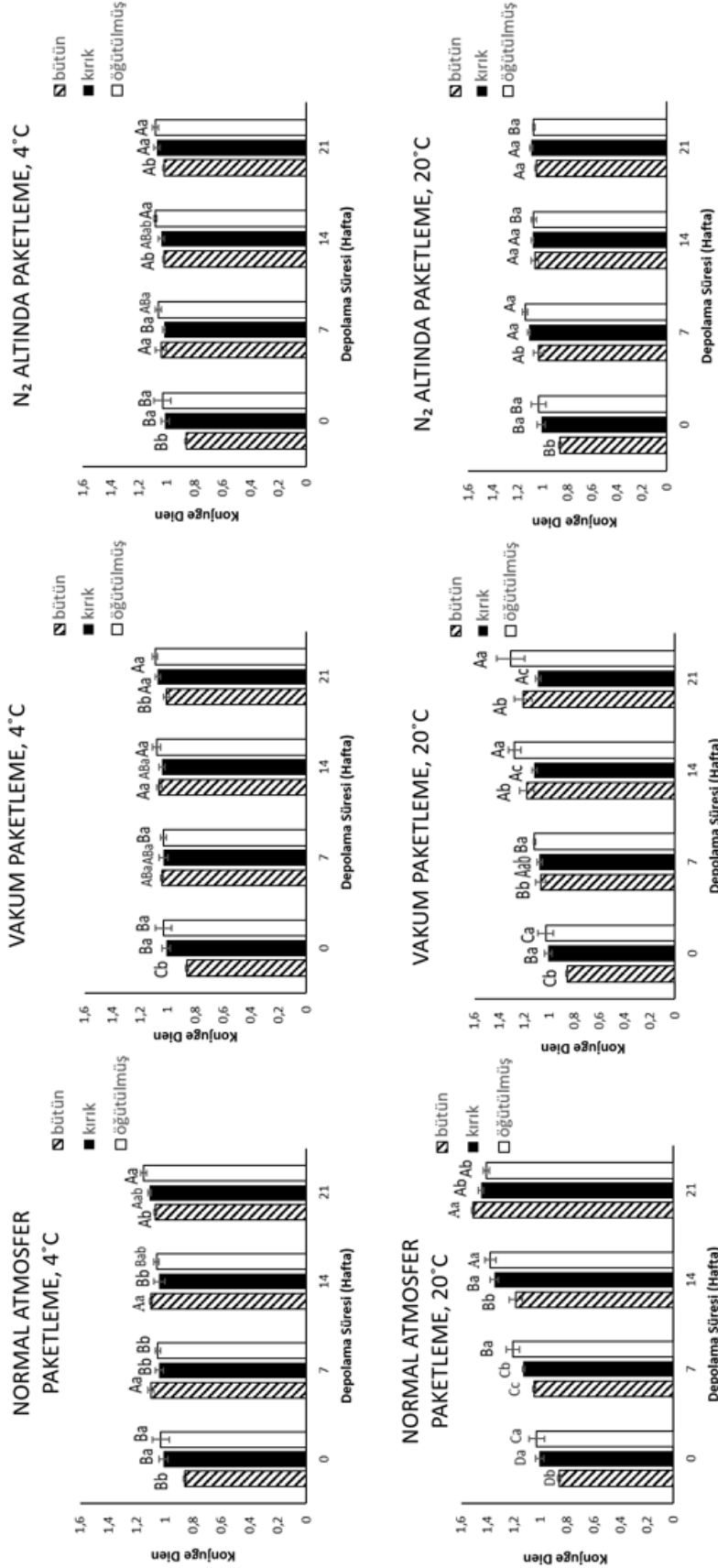
Normal atmosferde, vakum ve N_2 gazı altında paketlenen bütün, kırık ve öğütülmüş ceviz örneklerinin 4 ve 20°C'deki 21 haftalık depolama periyodunun başında ve sonunda belirlenen iyot değerleri ve sabunlaşma sayıları Tablo 2'de verilmiştir.

İyot değeri yağlarda doymamışlık seviyesinin bir ölçüsü olup 100 g yağın bağlayabileceği iyot miktarının g cinsinden ifadesidir. Bir yağın iyot değeri ne kadar yüksekse, o yağın doymamışlık derecesinin ve dolayısıyla oksidasyon potansiyelinin o kadar yüksek olduğu söylenebilmektedir [23]. Sabunlaşma sayısı ise, 1 g yağın sabunlaşması için gerekli olan potasyum hidroksit mg olarak ağırlığıdır. Bir yağın sabunlaşma sayısının düşük olması, o yağın kısa zincirli yağ asitlerinden oluştuğunu göstermektedir [31]. Depolamanın başlangıcında ceviz örneklerinin iyot değerlerinin ve sabunlaşma sayılarının sırasıyla 154.60-156.45 ve 192.16-192.23 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar; ceviz yağlarının iyot değerinin ortalama 157.0 ± 0.1 civarında olduğunu bildiren Martinez ve ark. [27] ve kabuklu cevizlerin sabunlaşma sayısının 190-194 aralığında değiştiğini bildiren Zhou ve ark. [32]'nin bulgularıyla uyumludur. Farklı tekniklerle paketlenen farklı boyutlardaki ceviz örneklerinin iyot değerleri ve sabunlaşma sayılarının 4 ve 20°C'deki depolama süreçlerinde değişmediği ve 21 haftalık depolama süresi sonunda bu değerlerin sırasıyla 154.30-159.24 ve 191.97-192.25 aralığında olduğu tespit edilmiştir.



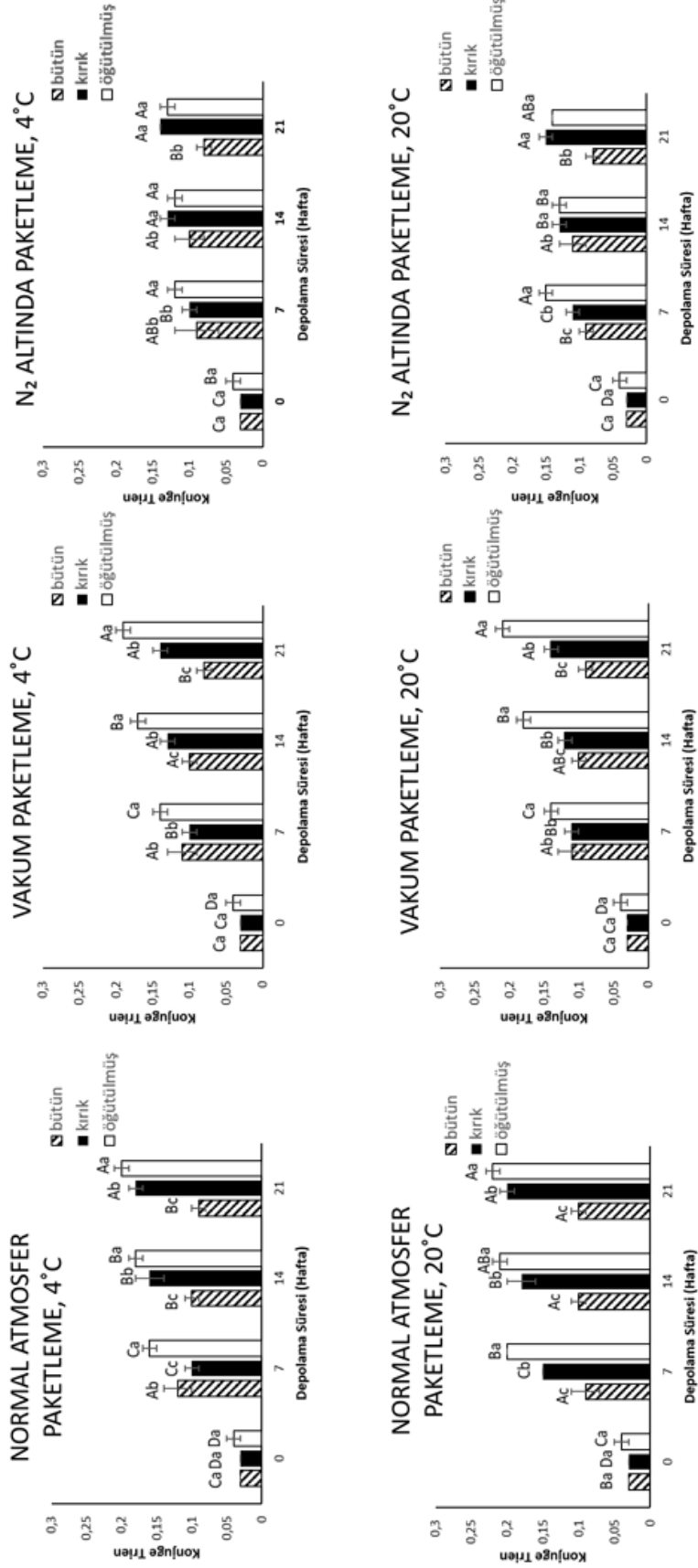
Şekil 3. Farklı tekniklerle paketlenip farklı sıcaklıklarda depolanan farklı boyutlardaki ceviz örneklerinin peroksit değerlerindeki değişim^{*, **}.
^{*}: Aynı sıcaklık, aynı paketleme tekniği ve aynı ceviz boyutu için; farklı haftalarda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar (n=4) arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).
^{**}: Aynı sıcaklık, aynı paketleme tekniği ve aynı örneklem zamanı için; farklı ceviz boyutlarında farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar (n=4) arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Figure 3. Changes in the peroxide values of walnut kernels with different sizes packaged with different techniques and stored at different temperatures^{*, **}.
^{*}: For the same temperature, the same packaging technique and the same kernel size; the differences among the values of different weeks (n=4) with upper-case letters are significant (p<0.05).
^{**}: For the same temperature, the same packaging technique and the same sampling day; the differences among the values of different kernel sizes (n=4) with lower-case letters are significant (p<0.05).



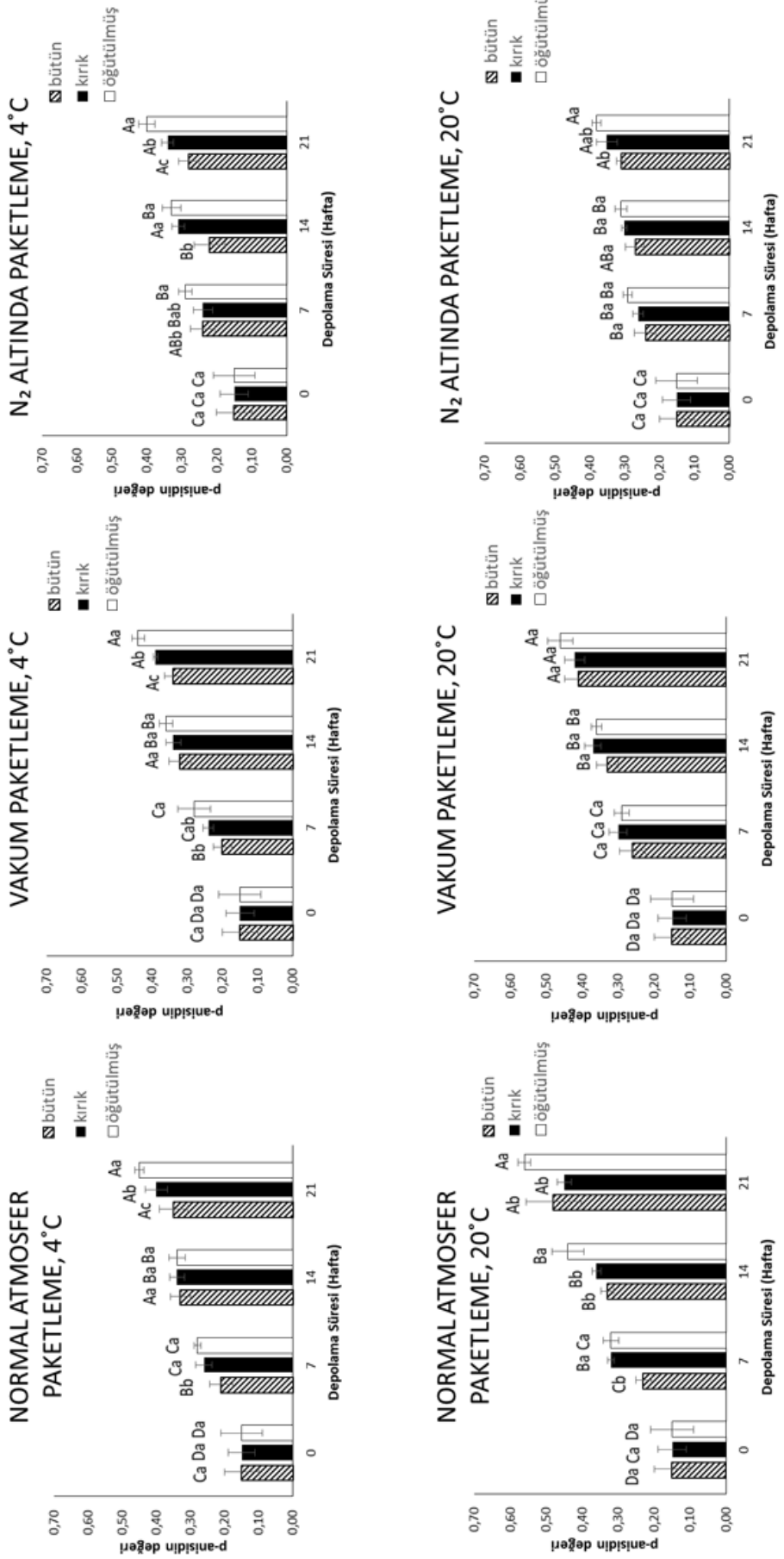
Şekil 4. Farklı tekniklerle paketlenip farklı sıcaklıklarda depolanan farklı boyutlardaki ceviz örneklerinin konjuje dien değerlerindeki değişim^{*,**}
^{*}: Aynı sıcaklık, aynı paketlenme tekniği ve aynı ceviz boyutu için; farklı haftalarda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar (n=4) arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).
^{**}: Aynı sıcaklık, aynı paketlenme tekniği ve aynı örnekleme zamanı için; farklı ceviz boyutlarında farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar (n=4) arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Figure 4. Changes in the conjugated diene values of walnut kernels with different sizes packaged with different techniques and stored at different temperatures^{*,}**
^{*}: For the same temperature, the same packaging technique and the same kernel size; the differences among the values of different weeks (n=4) with upper-case letters are significant (p<0.05).
^{**}: For the same temperature, the same packaging technique and the same sampling day; the differences among the values of different kernel sizes (n=4) with lower-case letters are significant (p<0.05).



Şekil 5. Farklı tekniklerle paketlenip farklı sıcaklıklarda depolanan farklı boyutlardaki ceviz örneklerinin konjuge trien değerlerindeki değişim^{*},^{**}
^{*}: Aynı sıcaklık, aynı paketleme tekniği ve aynı ceviz boyutu için; farklı haftalarda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar (n=4) arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).
^{**}: Aynı sıcaklık, aynı paketleme tekniği ve aynı örnekleme zamanı için; farklı ceviz boyutlarında farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar (n=4) arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Figure 5. Changes in the conjugated triene values of walnut kernels with different sizes packaged with different techniques and stored at different temperatures^{*},^{**}
^{*}: For the same temperature, the same packaging technique and the same kernel size; the differences among the values of different weeks (n=4) with upper-case letters are significant (p<0.05).
^{**}: For the same temperature, the same packaging technique and the same sampling day; the differences among the values of different kernel sizes (n=4) with lower-case letters are significant (p<0.05).



Şekil 6. Farklı tekniklerle paketlenip farklı sıcaklıklarda depolanan farklı boyutlardaki ceviz örneklerinin p-anisidin değerlerindeki değişim^{*,**}
^{*}: Aynı sıcaklık, aynı paketlenme tekniği ve aynı ceviz boyutu için; farklı haftalarda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar (n=4) arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).
^{**}: Aynı sıcaklık, aynı paketlenme tekniği ve aynı örnekleme zamanı için; farklı ceviz boyutlarında farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar (n=4) arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).
Figure 6. Changes in the p-anisidine values of walnut kernels with different sizes packaged with different techniques and stored at different temperatures^{*,}**
^{*}: **For the same temperature, the same packaging technique and the same kernel size; the differences among the values of different weeks (n=4) with upper-case letters are significant (p<0.05).**
^{**}: **For the same temperature, the same packaging technique and the same sampling day; the differences among the values of different kernel sizes (n=4) with lower-case letters are significant (p<0.05).**

Tablo 1. Farklı tekniklerle paketlenen farklı boyutlardaki ceviz örneklerinin iki farklı sıcaklıkta 21 hafta depolanması sürecinin başında ve sonunda yağ asitleri bileşimleri (%)*
Table 1. Fatty acid compositions (%) of walnut kernels with different sizes packaged with different techniques before and after storage at two different temperatures for 21 weeks*

Boyut	Depolama süresi	Depolama sıcaklığı	Paketleme tekniği	Palmitik asit (C16:0)	Stearik asit (C18:0)	Oleik asit (18:1)	Linoleik asit (18:2)	Linolenik asit (18:3)	Diğer yağ asitleri		
Bütün	Başlangıç	-	-	6.2±0.2	3.0±0.1	14.9±0.3	60.8±0.3	13.9±0.3	1.2±0.1		
				4°C	Normal atm.	6.0±0.1	3.0±0.0	13.2±0.1	62.3±0.3	14.5±0.3	1.0±0.2
					Vakum N ₂	6.3±0.2	3.0±0.1	14.7±0.5	60.2±1.4	14.7±0.5	1.1±0.3
Kırık	Başlangıç	-	-	6.2±0.1	3.0±0.2	13.9±0.3	61.3±0.9	14.6±0.5	1.0±0.1		
				20°C	Normal atm.	6.3±0.1	3.0±0.0	13.7±0.7	61.7±0.8	14.3±0.2	1.0±0.1
					Vakum N ₂	6.1±0.0	2.9±0.0	13.7±0.6	61.9±0.7	14.4±0.1	1.0±0.1
Öğütülmüş	Başlangıç	-	-	6.0±0.1	3.0±0.1	14.1±0.6	61.9±1.0	14.0±0.3	1.0±0.2		
				4°C	Normal atm.	5.8±0.1	3.1±0.1	14.1±0.2	61.6±0.3	14.3±0.3	1.1±0.2
					Vakum N ₂	6.0±0.0	3.0±0.0	15.0±0.1	61.2±0.0	13.8±0.2	1.0±0.0
Öğütülmüş	Başlangıç	-	-	6.1±0.1	2.9±0.0	15.4±0.4	60.8±0.2	13.6±0.2	1.2±0.1		
				20°C	Normal atm.	6.1±0.0	3.0±0.0	15.0±0.4	60.9±0.2	13.8±0.1	1.2±0.2
					Vakum N ₂	6.1±0.0	2.9±0.0	15.1±0.2	61.1±0.2	13.7±0.1	1.0±0.1
Öğütülmüş	Başlangıç	-	-	6.2±0.0	2.9±0.0	15.4±0.3	60.6±0.3	13.9±0.3	1.1±0.2		
				4°C	Normal atm.	5.9±0.1	2.9±0.1	13.8±0.4	61.3±0.5	14.4±0.3	1.7±0.3
					Vakum N ₂	4.6±0.0	2.3±0.0	14.9±0.1	63.0±0.1	14.2±0.0	1.0±0.2
Öğütülmüş	Başlangıç	-	-	5.4±0.0	2.7±0.2	14.9±0.4	61.7±0.6	14.2±0.4	1.1±0.2		
				20°C	Normal atm.	5.3±0.5	2.7±0.1	14.7±0.1	62.1±0.5	14.1±0.1	1.1±0.3
					Vakum N ₂	4.9±0.2	2.5±0.1	14.8±0.2	62.7±0.2	14.0±0.1	1.1±0.2
Öğütülmüş	Başlangıç	-	-	5.2±0.4	2.6±0.1	14.8±0.1	62.3±0.5	14.0±0.1	1.1±0.2		
				4°C	Normal atm.	5.2±0.3	2.6±0.1	14.7±0.0	62.3±0.3	14.1±0.1	1.1±0.3
					Vakum N ₂	5.2±0.3	2.6±0.1	14.7±0.0	62.3±0.3	14.1±0.1	1.1±0.3

*: Tabloda sunulan veriler birbirinden farklı 4 adet ceviz örneğinden elde edilen verinin ortalamasıdır (± standart sapması).

*: **Data presented in the table are the means (± standard deviations) of 4 individual walnut samples.**

Tablo 2. Farklı tekniklerle paketlenen farklı boyutlardaki ceviz örneklerinin iki farklı sıcaklıkta 21 hafta depolanması sürecinin başında ve sonunda sabunlaşma sayıları ve iyot değerleri *

*Table 2. Saponification numbers and iodine values of walnut kernels with different sizes packaged with different techniques before and after storage at two different temperatures for 21 weeks **

Boyut	Depolama süresi	Depolama sıcaklığı	Paketleme tekniği	Sabunlaşma sayısı	İyot değeri
Bütün	Başlangıç	-	-	192.22±0.05	154.60±0.84
				Normal atm.	192.20±0.02
	Depolama sonu (21. hafta)	4°C	Vakum	192.25±0.04	155.44±0.60
			N ₂	192.22±0.03	156.39±0.42
		20°C	Normal atm.	192.25±0.02	156.22±0.36
			Vakum	192.22±0.01	156.78±0.64
Kırık	Başlangıç	-	-	192.16±0.02	156.45±0.41
				Normal atm.	192.17±0.01
Depolama sonu (21. hafta)	4°C	Vakum	192.22±0.06	154.30±0.58	
		N ₂	192.21±0.06	154.88±0.59	
	20°C	Normal atm.	192.18±0.01	154.93±0.08	
		Vakum	192.19±0.00	154.70±0.56	
Öğütülmüş	Başlangıç	-	-	192.23±0.03	156.07±0.23
				Normal atm.	191.97±0.01
Depolama sonu (21. hafta)	4°C	Vakum	192.10±0.06	156.95±1.05	
		N ₂	192.08±0.07	157.33±1.02	
	20°C	Normal atm.	192.01±0.04	158.26±0.37	
		Vakum	192.07±0.06	157.37±1.02	
			N ₂	192.07±0.04	154.64±0.71

*: Tabloda sunulan veriler birbirinden farklı 4 adet ceviz örneğinden elde edilen verinin ortalamasıdır (± standart sapması).

*: *Data presented in the table are the means (± standard deviations) of 4 individual walnut samples.*

SONUÇ

Bu çalışmada; farklı tekniklerle paketlenip farklı sıcaklıklarda depolanan bütün, kırık ve öğütülmüş ceviz örneklerinin oksidasyon göstergeleri 21 haftalık depolama sürecinde incelenmiştir. Lipitlerde hidroliz göstergesi olan serbest yağ asitliği değerleri ve oksidasyon göstergesi olan peroksit, konjuge dien ve konjuge trien değerleri tüm ceviz örneklerinde depolama boyunca genel olarak artış göstermiştir. Serbest yağ asitliği, peroksit ve konjuge dien değerlerindeki artışlar, depolama sıcaklığının 20°C'de olması halinde, 4°C'dekinden bariz bir şekilde daha yüksek seviyede gerçekleşmiştir. Kırık ceviz örnekleriyle bütün haldeki ceviz örneklerinin serbest yağ asitliği ve konjuge trien değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Ancak en yüksek serbest yağ asitliği ve peroksit değerlerine, istisnasız her koşulda, öğütülmüş ceviz örneklerinin sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum; boyut küçültme işleminin, depolanan cevizlerde yağ hidrolizi ve oksidasyonu üzerine etkili olduğunu göstermektedir. Denenen farklı paketleme teknikleri, cevizlerde serbest yağ asitliği değişimi üzerinde etkili bulunmamıştır. Ancak

N₂ gazı altında paketleme uygulaması peroksit ve konjuge trien değerlerindeki artışı, vakum paketleme uygulaması ise 20°C'deki depolamada konjuge dien seviyesinin ve kırık ceviz örneklerinin konjuge trien seviyesinin kontrolünde etkili bulunmuştur. İncelenen tüm örneklerin *p*-anisidin değerlerinde depolama boyunca bir artış eğilimi gözlenmiş, ancak en fazla artış öğütülmüş boyuttaki ceviz örneklerinde tespit edilmiştir. Depolamanın başında ve sonunda belirlenen yağ asitleri bileşimleri, sabunlaşma sayısı ve iyot değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmemiştir. Bu çalışma kapsamında test edilen vakum ve N₂ gazı altında paketleme uygulamalarının normal atmosferde paketlemeye göre ceviz içlerinin kalitesinin korunmasında bazı üstünlükler gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca depolama sıcaklığının düşük (4°C'de) tutulması cevizlerde kalitenin korunması için gerekli görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen 2018 FEBE 014 nolu "Modifiye Atmosfer Paketleme

Tekniğinin Ceviz Meyvesinde Kullanımı ve Ürün Kalitesi Üzerine Etkisi” başlıklı proje kapsamında üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Bakkalbaşı, E. (2009). Farklı Ambalaj Materyalleri ve Depo Koşullarının Ceviz İçi Bileşimine Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.
- [2] Mexis, S.F., Badeka, A.V., Kontaminas, M.G. (2011). Effect of Packaging Material O₂ Permeability, Light, Temperature and Storage Time on Quality Retention of Raw Ground Almond (*Prunus dulcis*) and Walnut (*Juglans regia* L.) Kernels. In Nuts: Properties, Consumption and Nutrition, Edited by I.M. Davis, Nova Science Publishers Inc. the USA, 107-128p.
- [3] Nizamlıoğlu, N.M. (2015). Kavurma ve Depolama Koşullarının Bademin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, Türkiye.
- [4] Özçandır, S., Yetim, H. (2010). Akıllı ambalajlama teknolojisi ve izlenebilirlik. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1), 1-11.
- [5] Rao, D.V., Sachindra, N.M. (2002). Modified atmosphere and vacuum packaging of meat and poultry products. *Food Reviews International*, 18(4), 263-293.
- [6] Özoğul, Y., Özoğul, F., Küley, E. (2006). Modifiye edilmiş atmosfer paketlemenin balık ve balık ürünlerine etkisi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1-2), 193-200.
- [7] AOCS (2009). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Official Method Ca 5a-40: Free Fatty Acids, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- [8] AOCS (2003). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Official Method Cd 8–53: Peroxide Value Acetic Acid-Chloroform Method, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- [9] AOCS (2001). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Official Method Ch 5-91: Determination of Specific Extinction of Oils and Fats, Ultraviolet Absorption, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- [10] AOCS (1997). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Official Method Cd 18-90: *p*-Anisidine Value, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- [11] AOCS (1997). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Official Method Ce 2-66: Preparation of Methyl Esters of Fatty Acids, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- [12] AOCS (1993). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Official Method Cd 125: Iodine Value of Fats and Oils-Wijs Method, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- [13] AOCS (1993) Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Official Method Cd 3-25: Saponification Value, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- [14] Mokwena, K.K., Tang, J. (2012). Ethylene vinyl alcohol: A review of barrier properties for packaging shelf stable foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52, 640–650.
- [15] Jensen, P.N., Sørensen, G., Brockhoff, P., Bertelsen, G. (2003). Investigation of packaging systems for shelled walnuts based on oxygen absorbers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4941–4947.
- [16] Mexis, S.F., Badeka, A.V., Kontaminas, M.G. (2009). Quality evaluation of raw ground almond kernels (*Prunus dulcis*): Effect of active and modified atmosphere packaging, container oxygen barrier and storage conditions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 580–589.
- [17] Ghirardello, D., Contessa, C., Valentini, N., Zeppa, G., Rolle, L., Gerbi, V., Botta, R. (2013). Effects of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 81, 37-43.
- [18] Raei, M., Jafari, S.M. (2013). Influence of modified atmospheric conditions and different packaging materials on pistachio (*Pistacia vera* L.) oil quality. *Latin American Applied Research*, 43(1), 43-46.
- [19] Keme, T., Messerli, M., Shejbal, J., Vitali, F. (1983). The storage of hazelnuts at room temperature under nitrogen (II). *CCB- Review for Chocolate Confectionery and Bakery*, 8(1-2), 15-20.
- [20] Martin, M.B.S., Garcia, T.F., Romero, A., Lopez, A. (2001). Effect of modified atmosphere storage on hazelnut quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 25(5), 309-321.
- [21] Evren, S. (2011). Naturel Fındık Ununun Depolama Stabilitesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye.
- [22] Bakkalbaşı, E., Menteş Yılmaz, Ö., Javidipour, I., Artık, N. (2012). Effects of packaging materials, storage conditions and variety on oxidative stability of shelled walnuts. *LWT- Food Science and Technology*, 46(1), 203-209.
- [23] Lin, X., Wu, J., Zhu, R., Chen, P., Huang, G., Li, Y., Ye N., Huang, B., Lai, Y., Zhang, H., Lin, W., Lin, J., Wang, Z., Zhang H., Ruan, R. (2012). California almond shelf life: Lipid deterioration during storage. *Journal of Food Science*, 77(6), 583-593.
- [24] Vanhanen, L.P., Savage, G.P. (2006). The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging. *Food Chemistry*, 99(1), 64-69.
- [25] Uncu, E.B. (2008). Farklı Lamine Ambalajların Ögütülmüş Fındıklarda Oksidasyon ve Toplam Tokoferol Düzeyi Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.
- [26] Casal, S., Malheiro, R., Sendas, A., Oliveira, B.P.P., Pereira, J.A. (2010). Olive oil stability under deep-frying conditions. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2972-2979.
- [27] Martinez, M.L., Penci, M.C., Ixtaina, V., Ribotta, P.D., Maestri, D. (2013). Effect of natural and

- synthetic antioxidants on the oxidative stability of walnut oil under different storage conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 51(1), 44-50.
- [28] Raisi, M., Ghorbani, M., Mahoonak, A.S., Kashaninejad, M., Hosseini, H. (2015). Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long term storage. *Journal of Stored Products Research*, 62, 16-21.
- [29] Mu, H., Gao, H., Chen, H., Tao, F., Fang, X., Ge, L. (2013). A nanosized oxygen scavenger: Preparation and antioxidant application to roasted sunflower seeds and walnuts. *Food Chemistry*, 136(1), 245-250.
- [30] Vidrih, R., Hribar, J., Solar, A., Zlatic, E. (2012). The influence of atmosphere on the oxidation of ground walnut during storage at 20°C. *Food Technology and Biotechnology*, 50(4), 454-460.
- [31] Korkut, A.Y., Kop, A., Demir, P. (2007). Balık yemlerinde kullanılan balık yağı ve özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24(1-2), 195-199.
- [32] Zhou, X., Gao, H., Mitcham, E.J., Wang, S. (2017). Comparative analyses of three dehydration methods on drying characteristics and oil quality of in-shell walnuts. *Drying Technology*, 36(4), 477-490.
-

Polisakkarit ve Protein Bazlı Aktif Biyokompozit Malzemelerin Gıda Ambalajlama Açısından Değerlendirilmesi

Eylem Karakuş , Esra Kibar Balballı , İlknur Ara , Zehra Ayhan  ✉

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Serdivan, Sakarya

Geliş Tarihi (Received): 26.04.2020, Kabul Tarihi (Accepted): 08.03.2021

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): zehraayhan@sakarya.edu.tr (Z. Ayhan)

☎ +90 264 295 3858 📠 +90 264 295 5601

ÖZ

Petrol türevi polimerlerin gıda ambalaj malzemesi olarak kullanımı hem sürdürülebilir değildir hem de kalıcı çevre problemlerine sebep olmaktadır. Bu nedenle son yıllarda biyobozunur ve biyobazlı polimerlerin geliştirilmesi önem kazanmıştır. Biyobazlı polimerler mikrobiyolojik ve biyoteknolojik yollarla elde edilebileceği gibi gıda sanayi yan ürünlerinden ya da doğada bulunan diğer kaynaklardan da elde edilebilmektedir. Nişasta, kitin, pektin ve proteinleri biyobozunur polimer kaynağı olarak kullanmak ambalaj kaynaklı atık problemlerini ve çevre kirliliğini azaltmak için alternatif olarak görülmektedir. Bu derleme makalede polisakkarit ve protein bazlı biyobozunur polimerlerin üretim yöntemleri, mekanik, bariyer, termal ve antimikrobiyal özellikleri irdelenerek sürdürülebilir gıda ambalajlama açısından potansiyelleri değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, Biyobozunur malzemeler, Polisakkarit, Protein, Nanopartiküller, Gıda ambalajlama

Assessment of Polysaccharide and Protein-Based Active Biocomposite Materials for Food Packaging

ABSTRACT

Petroleum based polymers as food packaging materials are not sustainable and also cause environmental problems. Therefore, biodegradable and biobased polymers have been developed in recent year. Biobased polymers can be obtained by microbiological and biotechnological methods or produced from food industry wastes or the other sources in nature. Starch, chitin, pectin and protein based biodegradable polymer sources could be an alternative to reduce packaging waste and environmental problems. This paper reviews the production methods, mechanical, barrier, thermal and antimicrobial properties of polysaccharide and protein based biodegradable polymers to project their potential for sustainable food packaging.

Keywords: Biomass, Biodegradable materials, Polysaccharide, Protein, Nanoparticles, Food packaging

GİRİŞ

Gıda endüstrisinde ambalaj malzemesi, gıdayı çevreden kaynaklanabilecek sorunlardan koruyan bir bariyer olmakla birlikte ürünü tüketiciye tanıtan, ürünün taşınmasını, depolanmasını, satılmasını ve gerekli durumlarda geri toplanmasını sağlayan bir sistemin ilk basamağıdır.

Gıda ambalajlanmasında genellikle petrol bazlı polimerler kullanılır. Bu polimerler uygun mekanik, bariyer (oksijen, su buharı, aroma), transparanlık, kolay işlenebilirlik ve düşük maliyet özellikleri sebebiyle tercih edilmesine rağmen hem sürdürülebilir değildir hem de çevreye kalıcı zarar vermektedir [1]. Petrol bazlı ambalaj malzemelerinin doğada çözünme süresi yaklaşık olarak

600 yıl olduğu için bu malzemeler uzun vadede katı atık problemine sebep olmaktadır [2]. Ayrıca petrol kaynaklarının önümüzdeki 11 yıl içinde azalacağı, taşınma ve işleme maliyetlerinin artacağı bu nedenle kullanımının da azalacağı tahmin edilmektedir [3]. Bu nedenle malzeme özelliklerinin seçimi, ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre yapılırken; günümüzdeki biyobozunurluk, geri dönüşüm, tekrar kullanılabilirlik, sürdürülebilirlik, sıfır atık yaklaşımı ve karbon ayak izini azaltmaya dair küresel bakış açıları ambalajın özelliklerini değiştiren nedenler haline gelmektedir [4]. Biyobozunur polimerler elde edilme yöntemine göre 3 sınıfta incelenebilir. Bunlar biyokütle ürünlerinin kullanılmasıyla, mikroorganizmalar yardımıyla ve biyoteknolojik yöntemlerle elde edilen biyobozunur polimerlerdir [5]. Biyokütleden elde edilen biyobozunur polimerler polisakkarit (nişasta, aljinat, kitin/kitosan, pektin) ve protein (soya, gluten, jelatin) bazlı; mikroorganizmalar yoluyla üretilenler polihidroksibütirat (PHB) ve polihidroksialkonatlar (PHA), biyoteknolojik yöntemlerle elde edilenler polilaktik asit (PLA) bazlı biyobozunur polimerlerdir. Biyobozunur polimerler sürdürülebilir ve doğada bol miktarda bulunmaları sebebiyle alternatif birer gıda ambalaj malzemesi kaynağı olarak görülmelerine rağmen günümüzde kullanılan petrol türevi malzemelerin gösterdiği üstün mekanik, bariyer ve termal özellikleri gösterememektedirler. Bu nedenle ambalaj malzemesi olarak petrol türevi malzemelerle rekabet edememektedirler. Biyobozunur malzemelerin plastik endüstrisinde kullanılma oranı %10-30 arasındadır [6]. Literatürde biyobozunur polimerlerin zayıf mekanik özelliklerini geliştirmeye yönelik pek çok farklı uygulama mevcuttur. Bu uygulamalardan biri organik/inorganik nanopartiküllerin ve killerin malzeme yapısına eklenmesidir. Nanoteknolojik çalışmalar ambalaj malzemesinin yapısında moleküler düzeyde değişiklik yapılmasına olanak vermektedir [5]. Film formülasyonuna eklenen nanopartiküller oksijen, karbondioksit ve su buharı geçirgenliğini azaltarak ambalaja önemli bir bariyer özelliği kazandırmaktadır [7]. Ayrıca aktif ambalajlama için malzemenin yapısına antimikrobiyal/antioksidan özellik gösteren nanopartiküllerin eklenmesinin yanısıra esansiyel yağların eklenmesi de gelecek vaat eden bir teknik olarak görülmektedir [8].

Bu derleme makalenin amacı, polisakkarit ve protein bazlı farklı biyopolimer kaynaklarının kullanımını, üretim yöntemlerini, bu malzemelerin farklı dolgu maddeleri ile mekanik, bariyer, termal ve aktif özelliklerinin geliştirilmesini ve gıdalarda kullanılma potansiyelini ve raf ömrüne etkisini tartışmaktır.

POLİSAKKARİT BAZLI BİYOBOZUNUR POLİMERLER

Nişasta bazlı biyobozunur polimerler

Nişasta doğada en çok bulunan polisakkarittir [9]. Genellikle pirinç, patates, buğday ve mısır gibi tarımı ve üretimi en fazla yapılan doğal ürünlerden elde edilmektedir. Nişasta sadece ekmek ve kek gibi ürünlerin ana maddesi olarak değil aynı zamanda gıda

endüstrisinde stabilizatör, nem tutucu, parlatma ve yapı oluşturma gibi amaçlar için de kullanılmaktadır [10]. Nişasta doğada diğer polisakkaritlerden farklı olarak granül halde bulunmakta ve suda çözünmemektedir. Nişasta, amiloz ve amilopektin monomerlerinden meydana gelmektedir. Amiloz doğrusal bir yapıya sahipken, amilopektin yüksek derecede dallanmış bir yapıya sahiptir. Kimyasal yapısı sayesinde nişasta film oluşturabilme özelliğine sahip bir polisakkarittir. Laboratuvar ortamında hem yenilebilir hem de yenilebilir olmayan nişasta bazlı film üretimi gerçekleştirilebilmiştir [11]. Polimer matrisi olarak kullanılan nişasta iyi film oluşturma özelliğine sahip olmasına rağmen yüksek hidrofilik yapısı ve zayıf mekanik özelliklerinden dolayı tek başına gıda ambalaj malzemesi olarak üretimi uygun değildir [8]. Bu nedenle nişastanın farklı polimerler veya farklı materyaller ile kompozit hale getirilerek zayıf olan özellikleri geliştirilebilmektedir. Yapının kuvvetlendirilmesinde polivinilalkol (PVA), sodyum montmorillonit (MMT), titanyum dioksit (TiO₂), karboksimetil selüloz (CMC), lisin, ksantan ve guar gam gibi dolgu maddeleri kullanılmaktadır. İncelenen çalışmalarda kullanılan nişasta kaynağı, dolgu maddeleri, film üretim yöntemi ve elde edilen filmin özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir.

PVA ve mısır nişastasının film matrisi olarak kullanıldığı bir çalışmada film formülasyonuna selüloz eklenmesinin filmlerin mekanik ve bariyer özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada dolgu maddesi olarak selüloz, plastikleştirici olarak sitrik asit ve glüteraldehit kullanılmıştır [8]. Bu çalışmada film formülasyonuna %5 mısır nişastası, %5 PVA ve toplam katı polimerin (mısır nişastası ve PVA'nın) ağırlıkça %0-30'u kadar selüloz eklenmiş ve çözelti dökme yöntemi ile film üretimi yapılmıştır. FTIR ve SEM analizleri sonucunda filmi oluşturan malzemelerin birbirleriyle karıştığı ve film yüzeylerinin homojen bir yapı gösterdiği belirtilmiştir. Doğada çözünürlüğü incelendiğinde ise 120 gün sonunda film yapısının bütünlüğünün bozulduğu, filmlerin kırılabilirliğinin arttığı ve kütlelerinin %45 azaldığı rapor edilmiştir. Katkılı ve katkısız filmler karşılaştırıldığında %25 selüloz katkılı filmin katkısız filme göre çekme direnci %135, kopma anındaki uzama oranı ise %165 artmıştır. Film formülasyonuna eklenen selüloz oranı arttıkça filmlerin çekme direnci değerinde ve kopma anındaki uzama oranında artış olmasına rağmen selüloz oranı %25'in üzerine çıktığında mekanik özelliklerin zayıfladığı tespit edilmiştir [8].

Biyopolimerlerin zayıf mekanik özelliklerini geliştirmek için kullanılan bir diğer madde sodyum montmorillonit (MMT) kilidir. MMT'nin film yapısına esneklik ve dayanıklılık kazandırarak filmin mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirdiği belirtilmiştir [12]. Film formülasyonu hazırlanırken %1'lik nişasta solüsyonuna %0 ile %7 oranları arasında MMT eklenmiş, filmler 100°C sıcaklıkta 30 kPa basınçta sıcak presleme yöntemiyle üretilmiştir. FTIR ve SEM analizleri sonucunda filmi oluşturan malzemelerin birbiri ile karışabilir olduğu ve film yüzeyinin homojen bir yapıda olduğu gösterilmiştir. Yapılan mekanik analizler sonucunda %5 MMT katkılı nişasta filminin katkısız filme

göre çekme direnci değerinde %30, elastikiyet katsayısı değerinde ise %65 artış rapor edilmiştir. Bu çalışmada nişasta filmine eklenen dolgu maddesi oranı %5'i geçtiğinde esneklik katsayısı ve çekme direnci değerinin azaldığı belirtilmiştir [12].

Nişastanın hidrofilik doğası ve zayıf mekanik özellikleri dikkate alındığında nişastadan elde edilen filmlerin de düşük stabiliteye sahip olduğu bilinmektedir. Nişasta filmin mekanik ve bariyer özelliklerini güçlendirmek amacıyla film formülasyonuna MMT ve nano TiO₂ gibi dolgu maddeleri eklenmektedir. MMT ucuz ve çevre dostu olduğundan nano TiO₂'nin ise az miktarlarda bile mekanik ve bariyer özellikleri geliştirdiği bilindiğinden film formülasyonuna eklenmektedir. Yapılan bir çalışmada nişasta matriksine eklenen sodyum montmorillonit kili ile TiO₂ dolgu maddeleri arasındaki sinerjik etkileşim araştırılmıştır [13]. Filmler çözelti dökme yöntemine göre üretilmiştir. XRD ve FTIR analizlerine göre, MMT ve TiO₂ arasında sinerjik bir etkileşim olduğu ve nişastanın yapısıyla karışabildiği belirtilmiştir. Termal analizler sonucunda MMT ve TiO₂ dolgu maddelerinin bir arada kullanılmasının filmin termal özelliklerini olumlu etkilediği ve en iyi film yapısını %3 MMT ve %2 TiO₂ katkılı nişasta filmin oluşturduğu ortaya konulmuştur. Mekanik özellikler incelendiğinde %3 MMT ve %2 TiO₂ katkılı nişasta filmin katkısız filme göre çekme direnci değeri %12 artış gösterirken kopma anındaki uzama oranı %15.57 azalış göstermiştir. Bu çalışma optimum sinerjik etkileşimi %3 MMT ve %2 TiO₂ katkılı filmin gösterdiğini ortaya koymuştur [13].

Nişastanın mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirmek için inorganik dolgu maddelerinin yanı sıra CMC gibi organik dolgu maddeleri de kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada manyok ve mısır nişastasına CMC eklenmesinin mekanik ve hidrofilik özellikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır [14]. İki ayrı film matriksi olan manyok ve mısır nişastası solüsyonuna %50 CMC eklenerek çözelti dökme yöntemiyle iki farklı film üretilmiştir. Yapılan geçirgenlik analizleri sonucunda CMC'nin her iki filmde de su buharı geçirgenliğini azalttığı belirtilmiştir. FTIR ve XRD analizleri sonucunda ise CMC'nin iki tür nişasta ile de iyi karışabildiği ve filmlerin kristallenme derecesini azalttığı rapor edilmiştir. CMC'nin film formülasyonuna eklenmesi ile filmlerde daha pürüzsüz yapı sağlandığı ve daha az hava kabarcığı oluşumu gözlemlendiği belirtilmiştir. CMC kullanılması ana matriksi mısır nişastası olan filmde çekme direnci değerinde %206, ana matriksi manyok nişastası olan filmde ise %51 oranında artış sağlamıştır. Kopma anındaki uzama oranında ise sırasıyla %89 ve %74 artış olduğu ve film formülasyonuna CMC'nin eklenmesi ile mekanik ve bariyer özelliklerin geliştiği ve mısır nişastasının manyok nişastasına göre daha iyi bir film yapısı sağladığı belirtilmiştir [14].

Nişasta filmlerin doğada bozunur olma özelliğini koruyabilmek için doğal kaynaklardan elde edilen katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu doğal katkı maddelerinden bir tanesi yüksek antimikrobiyal etkinliğe sahip ve toksik olmayan ε-poly-L-lisin (ε-PL)'dir. Yapılan çalışmada ana matriksi mısır nişastası olan filmlerde ε-PL'nin katkı maddesi olarak kullanılmasının filmlerin mekanik, bariyer ve antimikrobiyal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır [15]. Film formülasyonları hazırlanırken %4 oranında jelatinize olmuş mısır nişastasına %0, 2, 4, 6, 8 ve 10 oranlarında ε-PL eklenmiş ve filmler çözelti dökme yöntemine göre üretilmiştir. Yapılan FTIR analizi sonucunda nişastanın yapısındaki hidroksil grubu ile ε-PL dolgu maddesindeki amino grubu arasında etkileşim olduğu ve yapıyı güçlendirdiği rapor edilmiştir. Yapılan termal analiz sonucunda diferansiyel taramalı kalorimetre eğrilerinde görülen keskin endotermik piklerin nişasta ile ε-PL arasındaki yoğun etkileşimi kanıtladığı belirtilmiştir. Nişasta ve ε-PL filmlerin *Esheria coli*, *Bacillus subtilis* ve *Aspergillus niger* mikroorganizmalarına karşı etkisi incelendiğinde %2 ε-PL katkılı filmin diğer filmlere göre daha etkin bir sonuç gösterdiği belirtilmiştir. Film formülasyonundaki ε-PL oranı arttıkça çekme direnci değerinin %114 ve kopma anındaki uzama oranının %127 arttığı rapor edilmiştir. Üretilen filmlerin mikrobiyolojik özellikleri ile mekanik özellikleri birlikte incelendiğinde optimum film formülasyonunun %2 ε-PL içeren solüsyon olduğu ifade edilmiştir [15].

Dünya çapında en çok tüketilen tropikal meyvelerden bir tanesi olan mangonun yaklaşık olarak %40'ı atığa dönüşmektedir. Yapılan bir çalışmada ksantan ve guar gamın mango çekirdeğinden elde edilen nişasta matriksli filmin mekanik ve bariyer özelliklerine etkisi incelenmiştir [16]. Bu çalışmada %2'lik nişasta solüsyonuna %10, 20 ve 30 oranlarında ksantan veya guar gam eklenmiş ve film üretiminde çözelti dökme yöntemi kullanılmıştır. Yapılan SEM analizleri sonucunda ksantan veya guar gam ile üretilen filmler arasında bir fark olmadığı, bütün filmlerin pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğu ve nişasta ile uyumluluk gösterdiği rapor edilmiştir. XRD analizi sonucunda ise yarı kristal yapıda olan katkısız nişasta filmin yapısına ksantan veya guar gam eklendiğinde filmlerin amorf yapı gösterdiği ve nişasta ile dolgu maddelerinin birbirleri ile karışabildiği belirtilmiştir. Geçirgenlik analizleri sonucunda %10 katkılı filmlerin en düşük oksijen ve su buharı geçirgenliğine sahip olduğu, dolgu maddesi fark etmeksizin dolgu oranı artışının bütün filmlerin çekme direncini arttırdığı kopma anındaki uzamayı ise azalttığı ortaya konulmuştur. %10 guar gam katkılı filmde çekme direnci değerinde %141, %10 ksantan gam katkılı filmdeki çekme direnci değerinde ise %105 artış rapor edilmiştir [16].

Tablo 1. Nişasta kaynaklarından elde edilen filmlerin üretim yöntemleri ve malzeme özellikleri
 Table 1. Production methods and material properties of films obtained from starch sources

Nişasta Kaynağı	Dolgu Malzemesi/Aktif Bileşen	Film/Malzeme Üretim Yöntemi	Önemli Bulgular	Kaynak
Mısır Nişastası	Polivinil Alkol (PVA)	Saf su, %5 mısır nişastası, %5 PVA, %25 sitrik asit, %20 selüloz ve %0.15 gluteralehit ilavesi, 1500 rpm'de 5 dakika karıştırma, çözelti dökme yöntemiyle film üretimi, oda sıcaklığında 72 saat kurutma	Bileşenlerde karışabilirlik, homojen yapı, toprakta 120 gün sonunda partikül boyutunda azalma, toplam kütlede azalma ve selüloz ilavesiyle çekme direncinde %135, kopma anındaki uzamada ise %165 artış	8
Mısır Nişastası	Kitosan/ MMT	%1'lik asetik asit, nişasta, kitosan, %0-7 MMT ilavesi, 60°C'de 24 saat karıştırma, sıcak pres yöntemiyle 100°C sıcaklıkta ve 30 kPa basınçta film üretimi	Elastikiyet katsayısında %65 artış, çekme direncinde %30 artış, FTIR ve SEM analizleri sonucunda bileşenlerde iyi karışabilirlik ve film yüzeyinde homojen bir yapı	12
Nişasta	Montmorillonit ve TiO ₂	Saf su, nişasta, gliserol, sıcak su banyosunda 90°C'de 30 dakika 500 rpm'de çalkalama, farklı oranlarda MMT (%0,3,5) ve TiO ₂ (%0.5,1,2) ilavesi, çözelti dökme yöntemiyle film üretimi, 60°C'de'de 15 saat kurutma, 25°C'de'de %55 bağıl nemde 48 saat şartlandırma	XRD ve FTIR'a göre MMT ve TiO ₂ arasında sinerjik bir etkileşim varlığı, %3 MMT ve %2 TiO ₂ katkılı nişasta filmin çekme direnci değerinde %12 artış, kopma anındaki uzama miktarında %15.57 azalış	13
Manyok veya Mısır Nişastası	Karboksimetil selüloz (CMC)	Manyok ve mısır nişastası, %30 gliserol ilavesi, 90°C'de 1 saat karıştırma, %50 CMC ilavesi, çözelti dökme yöntemiyle film üretimi, 50°C'de 17 saat kurutma	CMC dolgu maddesinin su buharı geçirgenliğini azaltması, ana matriksi mısır nişastası olan filmde çekme direnci değerinde %206, ana matriksi manyok nişastası olan filmde %51 oranında artış, kopma anındaki uzama miktarlarında ise sırasıyla %89 ve %74 artış	14
Mısır Nişastası	ε-poly-L-lisin (ε-PL)	Saf su, mısır nişastası, 100°C'de 40 dakika karıştırma, %3 gliserol ve farklı oranlarda ε-PL ilavesi, çözelti dökme yöntemiyle film üretimi, 50°C'de 4 saat kurutma	FTIR ve DSC analizi sonucunda nişasta ile ε-PL dolgu maddesi arasında etkileşim varlığı, yapıyı güçlendirme, ε-PL katkı oranı arttıkça çekme direnci değerinde %114 ve kopma anındaki uzama miktarında %127 artış, en etkin film yapısının %2 ε-PL katkılı film olması	15
Mango Çekirdeği Nişastası	Ksantan Gam veya Guar Gam	Saf su, %2'lik nişasta solüsyonu, %40 gliserol ve %10, 20 ve 30 oranlarında ksantan gam ve/veya guar gam ilavesi, 90°C'de 30 dakika karıştırma, çözelti dökme yöntemiyle film üretimi, 45°C'de 24 saat kurutma	SEM ve XRD analizi sonucunda her iki dolgu maddesinin de amorf yapı sağladığı ve nişasta ile karışabilirlik, %10 katkılı filmde oksijen ve su buharı geçirgenliğinin minimum olması, %10 guar gam katkılı filmde çekme direnci değerinde %141, %10 ksantan gam katkılı filmdeki çekme direnci değerinde ise %105 artış	16

Sonuç olarak yapılan çalışmalar nişastanın özellikle bariyer ve mekanik özelliklerinin nanodolgular, kitosan, karboksimetil selüloz vb. dolgu maddeleri ile geliştirilebileceğini göstermektedir. Nişastanın özellikle hidrofilik olduğu ve nem içeriği yüksek gıdalar için ambalajlamada sorun çıkarabileceği dikkate alındığında yapıya ilave edilen dolgularla geçirgenliğin azaltılabileceği dikkat çekmektedir. İncelenen çalışmalarda genellikle gıda uygulamalarının yer almadığı ve film üretiminin endüstriyel üretim yöntemleriyle (ekstrüzyon, sıcak presleme vb) değil laboratuvar ölçeğinde gerçekleştiği görülmektedir.

Kitin Bazlı Biyobozunur Polimerler

Kitosan polimeri biyoyumlu, biyobozunur, film oluşturma kabiliyeti ve doğal antibakteriyel ve antifungal özelliklerinden dolayı araştırmacıların ilgisini çeken aktif ambalaj malzemelerinden biridir [17, 18, 19]. Kabuklu deniz hayvanları ve mantarların hücre duvarından elde edilen kitinin deasetilasyonu ile elde edilir. Selülozdan sonra yeryüzünde en çok bulunan ikinci polisakkarit bazlı biyopolimer kitosandır [20]. Ayrıca ABD, AB ve Çin'de güvenli gıda koruyucusu olarak sınıflandırılmıştır [21]. Katkısız kitosan filminin mekanik ve bariyer özellikleri gıda ambalajı uygulamaları için yeterli değildir [22]. Kitosan bazlı gıda ambalaj malzemelerinin mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirmek için film matriksine nanomalzemeler eklenmektedir. Nano gümüş (nanoAg), nano çinko oksit (nano-ZnO), nano titanyum dioksit (nano-TiO₂) ve nanokiller en çok eklenen nanomalzemelerdir. İncelenen çalışmalarda kitosan matriksine eklenen farklı katkı maddeleri, film üretim yöntemleri ve elde edilen filmlerin özellikleri Tablo 2.'de verilmiştir.

Nano gümüş birçok mikroorganizmaya karşı yüksek antimikrobiyal aktivite göstermesiyle araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Kitosan ve nano gümüş filmlerinin mekanik, bariyer ve antimikrobiyal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada %0.5 kitosan ve farklı oranlarda nano gümüş kullanılarak çözelti dökme yöntemiyle filmler hazırlanmıştır. Nano gümüş konsantrasyonuna bağlı olarak filmlerin çekme direnci artmış, su buharı geçirgenliği %30 azalmıştır. %15 nano gümüş katkılı filmlerin en yüksek antimikrobiyal etkinliği *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* ve *Enterococcus Faecalis* bakterilerine karşı gösterdiği belirtilmiştir [23].

Nano gümüş katkılı kitosan matriksine farklı oranlarda laponit eklenmesinin filmlerin karakteristik özellikleri ve kral meyvesinin raf ömrü üzerine etkisi araştırılmıştır [24]. Yapılan çalışmada film formülasyonuna kitosan, nano gümüş, laponit ve plastikleştirici olarak da gliserol eklenmiş, filmler çözelti dökme yöntemine göre üretilmiştir. Filmlerin SEM analizleri dikkate alındığında laponit ve nano gümüş katkılı filmlerin katkısız filmlere göre daha homojen olduğu belirtilmiştir. En yüksek çekme direnci değerini %2 laponit katkılı filmlerin gösterdiği, formülasyona %5 laponit eklendiğinde ise çekme direnci değerinin azaldığı rapor edilmiştir. %2 laponit içeren filmin en düşük su buharı ve oksijen geçiş hızına sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca laponitin

nano gümüş partiküllerini absorbe etmesi sonucu antimikrobiyal etkinliğini azalttığı ortaya konulmuştur. Katkısız kitosan film, %2 katkılı film ve ticari polietilen kullanılarak kral meyvesi ambalajlanmıştır. Ambalajlanmamış meyve 3. günden sonra, katkısız kitosan ve ticari polietilenle ambalajlanmış meyve 5. günden sonra bozulmaya başlarken %2 katkılı filmle ambalajlanan meyve ise 7. güne kadar tazeliğini korumayı başarmıştır [24].

Bir başka araştırmada nano gümüş katkılı kitosan-jelatin matriksli filmlerin mekanik, bariyer özellikleri ve siyah üzümün raf ömrü üzerine etkisi araştırılmıştır. Film formülasyonuna kitosan, jelatin, farklı oranlarda nano gümüş, plastikleştirici olarak polietilen glkol eklenmiş ve filmler çözelti dökme yöntemiyle hazırlanmıştır. Optik analizler (renk, opaklık) sonucunda kitosan-jelatin filminin diğer filmlere kıyasla daha şeffaf bir yapı oluşturduğu belirtilmiştir. Filmlerin mekanik özellikleri incelendiğinde nano gümüş oranı arttıkça kopma ve çekme direnci değerlerinin arttığı rapor edilmiştir. Filmlerin çekme dirençlerinin yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) (22–23 MPa) ve düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) (19–44 MPa) gibi ticari plastik filmlerle karşılaştırılabilir olduğu belirtilmiştir. Kitosan-jelatin içerikli filmlerin homojen dağılım gösterdiği, nano gümüş katkılı filmlerin ise pürüzlü ve heterojen dağılım gösterdiği ortaya konulmuştur. Raf ömrü analizi için kırmızı üzümler ticari polimer, kitosan-jelatin ve nano gümüş katkılı kitosan-jelatin filmler ile ambalajlanarak 37°C'de 14 gün boyunca depolanmıştır. Ticari polimerlerde bulunan üzümlerin küflendiği, keskin çürük koku oluştuğu, kitosan-jelatin filminde küflenme gözlemlendiği, nano gümüş katkılı kitosan-jelatin filmlerinde ise üzümlerin raf ömrünün 18. güne kadar uzatıldığı rapor edilmiştir [25].

Titanyum dioksit (TiO₂) düşük maliyetli, kimyasal olarak kararlı ve biyoyumlu olmasıyla çevre ve enerji alanlarında en çok kullanılan inorganik nanomateryaldir [26]. Ayrıca TiO₂ nanopartikülleri yüksek antimikrobiyal etkinliği ile aktif ambalajlamada önemli bir rol oynamaktadır [15]. Kitosan matriksli nano-TiO₂ katkılı filmin antimikrobiyal etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada kitosan ve nano-TiO₂ kullanılmış ve çözelti dökme yöntemiyle filmler hazırlanmıştır. Spektral ve morfolojik analizlerde filmlerin homojen yapıda olduğu tespit edilmiştir. Filmlerin mantar (*Candida albicans*), Gram negatif (*Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris*) ve Gram pozitif (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumonia*) bakteriler üzerinde antimikrobiyal etkisi incelenmiştir. Kitosan-nano TiO₂ kompozitinin hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakterileri inhibe ettiği ve katkısız kitosana göre daha yüksek antimikrobiyal aktivite sergilediği bu çalışma ile ortaya konulmuştur [27].

Yapılan başka bir çalışmada kitosan matriksine nano-TiO₂ ilavesinin filmin mekanik, bariyer özellikleri ve gıdalarda raf ömrü üzerine etkileri araştırılmıştır [20]. Karides kabuğundan %90 deasetilasyon ile elde edilen kitosandan 0.5 g ve 50-80 nm partikül boyutuna sahip nanoTiO₂'dan 0.05 g kullanılmış ve çözelti dökme yöntemiyle filmler üretilmiştir. Film formülasyonuna TiO₂

eklendiğinde filmlerde morfolojik olarak herhangi bir topaklanma olmadığı ve kitosan-nanoTiO₂ filminin çekme direncinin polietilen (13-28 MPa) ve katkısız kitosan filmine kıyasla 2 kat arttığı rapor edilmiştir [19]. Filmlerin antimikrobiyal etkinliğini tespit etmek için gıdalarda bozulmaya neden olan *E. coli*, *S. aureus*, *C. albicans* ve *A. niger* mikroorganizmaları tercih edilmiştir. Kitosan-TiO₂ filmi 12 saat içinde %99.9 bakterisidal etki göstermiştir. Bu çalışmada filmlerin raf ömrüne etkisini incelemek için siyah üzümler kullanılmıştır. Üzümler katkısız kitosan, kitosan-TiO₂ ve ticari polietilenle ambalajlanarak 37°C'de depolanmıştır. Ticari ambalajdaki üzümlerin 6. günde bozulmaya başladığı, katkısız kitosan filmin 15 gün, kitosan-TiO₂ filmi ise 22 gün üzümleri muhafaza edebildiği belirtilmiştir [20].

Son zamanlarda metal oksit nanopartikülleri, termal kararlılıkları ve antimikrobiyal aktiviteleri sebebiyle araştırmacıların dikkatini çekmiştir [28]. Nano çinko oksit parçacıkları, antimikrobiyal aktivitelerine ek olarak mekanik dayanım, bariyer özellikleri ve stabilite gibi ambalaj özelliklerinin gelişmesini sağlayabilmektedir [29]. Kitosan matriksli nano çinko oksit katkılı filmin mekanik, bariyer ve antimikrobiyal etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada kitosan çözeltisine farklı oranlarda nano çinko oksit eklenmiş ve çözelti dökme yöntemiyle filmler oluşturulmuştur. Elde edilen filmlerin homojen bir yapı gösterdiği, katkı maddesi oranı arttıkça su buharı geçiş hızının azaldığı, çekme direncinin %32-77 oranında arttığı, elastikliğin ise %56 azaldığı rapor edilmiştir. Kitosan matriksine nano çinko oksit eklenmesiyle yüksek antimikrobiyal etkinlik görüldüğü, %2 katkılı filmin antimikrobiyal etkinliğinin *E.coli* bakterisine karşı 1.5 kat, *B. subtilis* bakterisine karşı 2 kat arttığı belirtilmiştir [30].

Montmorillonit gibi nanokiller, polimerik matrikslerin termal ve mekanik özelliklerini geliştirmek için yaygın olarak kullanılan malzemelerdendir [31]. Kitosan matriksli montmorillonit içeren filmlerin mekanik ve bariyer özellikleri incelenmiştir. Kitosan matriksine farklı oranlarda kil eklenerek çözelti dökme yöntemiyle filmler hazırlanmıştır. Morfolojik analizler sonucunda hazırlanan filmlerin homojen yapıda olduğu fakat kil oranının artmasının yüzey pürüzlülüğüne sebep olduğu belirtilmiştir. %5 kil katkılı filmde oksijen geçiş hızının %90 azaldığı, %1 kil katkılı filmde su buharı geçiş hızının %22 azaldığı ve kil oranı arttıkça opaklığın arttığı rapor edilmiştir. Filmlerin mekanik özelliklerinde ise kil oranı arttıkça çekme direncinin arttığı, kopma anındaki uzama oranının ise azaldığı ortaya konulmuştur. Bu çalışma ile katkılı filmlerin katkısız kitosan filminden daha iyi termal stabilite sergilediği ve %1 ve %2.5 kil içeren filmlerin gıda ambalajı olarak kullanılabilir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir [32].

Sonuç olarak, kitosan biyopolimerine eklenen nanopartiküller/nanokiller ve nano metal oksitler ambalaj malzemelerinin mekanik (çekme-gerilme direnci, kopma anındaki uzama oranı) ve bariyer özelliklerini (su buharı ve oksijen geçirgenliği) ve antimikrobiyal etkinliğini geliştirmektedir. Nanokompozit gıda ambalajları biyobozunur olmaları sebebiyle hem çevre kirliliğini önleyebilecek hem de gıdaların raf ömrünü uzatmak için kullanılabilirler. İncelenen araştırmalardaki yöntemler kitosan matriksli nanokompozitlerin potansiyel gıda ambalaj malzemesi olarak uygulanabilir olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak endüstriyel ölçekte bu malzemelerin üretilmeleri önem taşımaktadır.

Pektin Bazlı Biyobozunur Polimerler

Pektin bitkilerin hücre duvarında doğal olarak bulunan bir heteropolisakkarittir. Başlıca pektin kaynakları turuncgiller, elma, şeker pancarı, muz ve kavun gibi meyvelerin et ve kabuk kısımlarıdır [33]. Pektin gıda endüstrisinde emülsifiyer, jelleştirme ajanı ve kıvam verici olarak kullanılmakta olup yenilebilir ve biyobozunur gıda ambalaj malzemesi olarak kullanılma potansiyeli de bulunan bir polisakkarittir. Yapısındaki homogalakturonan, galakturonik asit ünitelerinin birleşmesiyle oluşan dallanmış bir polimerdir [34]. Biyobozunurluk, biyoyumluluk, fiziksel ve kimyasal özellikleri dikkate alındığında pektin biyobozunur ve aktif ambalaj teknolojileri için sürdürülebilir bir polimer matriks kaynağıdır [35]. Pektinden elde edilen filmler meyve ve sebze ambalajlanmasında kullanıldığında solunum ve oksidasyon hızlarını azalttığı rapor edilmiştir [36]. Ayrıca pektinin jel oluşturabilme özelliği pektinden elde edilen filmlere mekanik özellik kazandırmaktadır [37]. İncelenen çalışmalarda pektinin kaynağı, dolgu maddesi, film üretim yöntemi ve elde edilen malzeme özellikleri Tablo 3.'te verilmiştir.

Fenolik maddeler mikroorganizmaların gelişimini engellediği ve dolayısıyla gıdanın raf ömrünü uzattığı için aktif ambalaj uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Yüksek metoksilli pektinin ve yeşil konjak bitkisinden elde edilen glukomannan bileşeninin matriks olarak kullanıldığı bir çalışmada filmlere aktif özellik kazandırmak için farklı konsantrasyonlarda çay fenoller eklenmiştir. Eklenen fenol oranı arttıkça filmlerin nem içeriğinde düşüş olduğu belirtilmiştir. Ayrıca su buharı geçirgenliği değerleri karşılaştırıldığında %3 katkılı film 1.37×10⁻¹²g cm/cm²sP iken %5 katkılı filmde bu değer 2.04 10⁻¹²g cm/cm²sP olarak tespit edilmiştir. İlave edilen fenol oranının artmasıyla filmlerin antioksidan etki gösterme özelliğinde 8 kata kadar artış ve *E.coli* ve *S.aureus* mikroorganizmalarına karşı kuvvetli antimikrobiyal etki rapor edilmiştir [38].

Tablo 2. Kitosan bazlı filmlerin üretim yöntemleri ve malzeme özellikleri
 Table 2. Production methods and material properties of chitosan-based films

Ana Matriks	Dolgu Malzemesi/Aktif Bileşen	Film/Malzeme Üretim Yöntemi	Önemli Bulgular	Kaynak
Kitosan	Nano TiO ₂	Karides kabuğundan %90 oranında deasetilasyon yoluyla elde edilen kitosandan 0.5g ve 50-80 nm parçacık boyutlarına sahip 0.05 g nanoTiO ₂ kullanılarak çözelti dökme yöntemiyle filmler hazırlanmıştır.	Filmin çekme dayanımı 24.4 MPa'dan 46.33 MPa, elastikliği %15.23'ten %25.77' ye kadar artma. <i>E.coli</i> , <i>S.aureus</i> , <i>C.albicans</i> ve <i>A.niger</i> mikroorganizmalara karşı %99 bakterisidal etki. 6 gün içerisinde bozulan kırmızı üzümün raf ömrünü 22 güne kadar uzatma	15
Kitosan	Nano Ag	%0.5 Kitosan çözeltisine 0.015, 0.03, 0.06 ve 0.15 M nanoAg eklenerek çözelti dökme yöntemiyle 40°C'de vakum altında kurutulmuş filmler hazırlanmıştır.	Çekme direncinde 60 MPa'dan 100 MPa'a artış, su buharı geçirgenliğinde %30 azalma, <i>E.coli</i> , <i>S.aureus</i> , <i>B.cereus</i> , <i>E.faecalis</i> mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal etkide artış	23
Kitosan	Nano Ag, laponit	%1 kitosan solüsyonuna %1, 2, 5, 10 laponit-nanoAg eklenip çözelti dökme yöntemiyle 40°C'de 24 saat kurutulmuş filmler hazırlanmıştır.	Homojen dağılım, kimyasal yapı olarak uyumlu, laponit-nanoAg oranının artmasıyla çekme direncinde azalma, sudaki çözünürlükte %2 artış, sudaki şişme de %90 azalma, su buharı ve oksijen geçirgenliğinde azalma, antimikrobiyal etkide <i>S. aureus</i> , <i>E.Coli</i> , <i>A. Niger</i> , <i>P. citrinum</i> mikroorganizmalarına karşı katkısız kitosan filmine göre artış, kral meyvesinin raf ömrünü 7 güne kadar uzatma	24
Kitosan Jelatin	Nano Ag	2 gram kitosanı %2 asetik asit ile 2 gram jelatini koloidal gümüş çözeltisi ile karıştırılıp kitosan çözeltisinden 90 ml, jelatin-Ag çözeltisinden 10 ml alınıp çözelti dökme yöntemiyle filmler hazırlanmıştır.	Homojen dağılımda azalma, Ag nanopartikül konstrasyonuna bağlı olarak opaklıkta azalma, gerilme direncinde azalma (28 MPa'dan 21 MPa'ya), elastiklikte %10 artış, kırmızı üzümün raf ömrünü 18. güne kadar uzatma	25
Kitosan	Nano TiO ₂	%1 Kitosan matrisi içerisine 1 gram nano TiO ₂ eklenerek çözelti dökme yöntemiyle 80°C de 5 saat kurutulmuş filmler hazırlanmıştır.	Malzemelerin birbiri ile morfolojik ve kimyasal yapı olarak uyumu, <i>S.aureus</i> , <i>S.pneumonia</i> , <i>P.aeruginosa</i> , <i>P.Vulgaris</i> , <i>C.albicans</i> mikroorganizmalarına karşı yüksek antimikrobiyal aktivite	27
Kitosan	Nano ZnO	%2 Kitosan çözeltisinin içerisine %1 ve %2 ZnO çözeltisi eklenip 12 saat karıştırıldıktan sonra çözelti dökme yöntemiyle filmler hazırlanmıştır.	Homojen dağılım, kimyasal yapı olarak uyumlu, termal kararlılık, su buharı bariyer özelliğinde artış (%100), çekme direncinde %43 artış, gerilme direncinde %77 artış, kopma anında uzamada %56 azalma, antimikrobiyal etkide <i>B.subtilis</i> bakterisine karşı 2 kat, <i>E.coli</i> bakterisine karşı 1.5 kat artış	30
Kitosan	Montmorillonit	%2 kitosan çözeltisine %0.5-5 montmorillonit eklenip karıştırıldıktan sonra çözelti dökme yöntemiyle filmler hazırlanmıştır.	Homojen dağılım, kimyasal yapıda uyumlu, saydamlıkta azalma, oksijen geçirgenliğinde %90 azalma, su buharı geçirgenliğinde %22 azalma, çekme direncinde artış (19.9 Mpa'dan 25 MPa'a), elastiklikte %3 azalma, termal stabilitede %12 artış	32

Pektinin kullanıldığı başka bir çalışmada düşük metoksilli pektin ve glutenin farklı oranlarda kombinasyonunun biyobozunur filmin mekanik ve bariyer özelliklerine etkisi incelenmiş ve filmlerin karakterizasyonu yapılmıştır. Katkısız gluten filminde çekme direnci 2.5 MPa, katkısız pektin filminin çekme direnci değeri 6 Mpa iken, iki bileşeni de içeren filmlerin çekme direnci değerlerinin 11-14 MPa arasında değiştiği belirtilmiştir. Katkısız gluten filmi %82 uzama gösterirken gluten/pektin filmlerinde bu değer en fazla %30 olarak tespit edilmiştir. En düşük su buharı geçirgenliği değeri ise pektin:gluten oranı 1:3.75 olan film formülasyonunda ortaya çıkmıştır [39].

Mısır sapı, yaprakları, kabukları ve koçanı yüksek oranda antioksidan madde içermesine rağmen hasattan sonra atık olarak çevresel kirliliğe sebep olmaktadır [40]. Yapılan bir çalışmada pektin matrisli film formülasyonuna mısır kabuğundan elde edilen fiberlerin (MKF) farklı konsantrasyonlarda (%0, 1, 3, 5, 8) ilavesinin biyobozunur filmin mekanik ve antimikrobiyal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. %3 (w/v)'lük pektin solüsyonuna gliserol, potasyum sorbat ve farklı konsantrasyonlarda hazırlanan MKF solüsyonu eklenmiştir. Filmlerin kopma anındaki uzama değerlerinde herhangi bir değişim olmadığı, çekme direnci değerlerinde ise yalnızca %5 katkılı filmin kontrol filme göre daha yüksek değere sahip olduğu belirtilmiştir. Su buharı geçirgenliği değerleri karşılaştırıldığında %1'den daha fazla MKF içeren filmlerin su buharı geçirgenliğini azalttığı, ayrıca MKF konsantrasyonu arttıkça filmlerin antioksidan özelliklerinin arttığı rapor edilmiştir [41].

Biyopolimerlerin zayıf olan mekanik özelliklerini geliştirmek için organik nanopartiküller sıklıkla kullanılmaktadır. Pek çok nanopartikül arasından kristal nanoselüloz partikülleri hem mekanik özellikler üzerindeki üstün etkileri hem de kolay bulunabilirliğiyle dikkat çekmektedir. Pektin matrisli filmin mekanik, bariyer ve termal özelliklerini geliştirebilmek için film formülasyonuna %2, 5 ve 7 oranlarında kristal nanoselüloz eklenmiştir. Kristal nanoselüloz konsantrasyonunun %5'ten fazla olması durumunda polimer matrisi ve nanopartikül arasındaki bağın zayıfladığı ve buna bağlı olarak çekme direnci değerinde düşüş olduğu belirtilmiştir. Kontrol filmde çekme direnci değeri 7.12 MPa iken %5 katkılı filmde bu değer 13.15 MPa olarak belirtilmiştir. Kopma anındaki uzama değeri de kristal nanoselüloz konsantrasyonundan etkilenmiştir. %2 katkılı film kontrol filme göre %110 daha fazla uzama göstermiştir. Filmlerin bariyer özellikleri incelendiğinde kontrol filmin su buharı geçirgenliği $1.28 \cdot 10^{-10}$ g/msPa iken %5 katkılı filmde bu değer $9.3 \cdot 10^{-11}$ g/msPa olarak belirtilmiştir. Kristal nanoselüloz partikülleri film yapısında dolambaçlı bir yol oluşturmuş ve su buharı geçirgenliğini azaltmıştır [43].

Elma suyu üretiminden sonra meyvenin yaklaşık %30'u atığa (kabuk, posa ve sap) dönüşmektedir. Yapılan bir çalışmada elma kabuğundan pektin ekstrakte edilerek bir polimer çözeltisi hazırlanmış ve farklı konsantrasyonlarda (%23, 33 ve 44) gliserol ilave edilmiştir. Bu çözelti farklı basınçlarda (138, 172 ve 207

MPa) homojenize edilmiş ve filmler çözelti dökme yöntemine göre üretilmiştir. Homojenizasyon basıncının ve gliserol konsantrasyonunun pektin filminin mekanik ve bariyer özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Her üç homojenizasyon basıncında gliserol konsantrasyonunun artması ile filmlerin su buharı ve oksijen geçirgenliğinin arttığı belirtilmiştir. 138 MPa basınç için gliserol konsantrasyonunun artmasıyla su buharı geçirgenliğinde %36, oksijen geçirgenliğinde %209 artış rapor edilmiştir. Gliserol konsantrasyonu sabit tutulup homojenizasyon basıncının artması da yine su buharı ve oksijen geçirgenliği artırmıştır. Çekme direnci ve kopma anındaki uzama oranları dikkate alındığında homojenizasyon basıncı fark etmeksizin gliserol konsantrasyonu %23 olduğunda filmlerin en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiştir. 138 MPa'da homojenize edilen film 9.18 Mpa çekme direnci değeri verirken 207 MPa'da bu değer 4.63 MPa olarak belirlenmiştir [43].

Sonuç olarak pektinin jelleşme özelliğinden dolayı kolaylıkla film yapısı oluşturabildiği, elde edilen filmlerin homojen yapı oluşturduğu, film solüsyonu hazırlarken hem kullanılan yöntemin hem de formülasyona ilave edilen dolgu maddelerinin mekanik ve bariyer özellikleri geliştirebildiği, pektinin dolgu maddeleriyle biyoyumluluk gösterdiği ve aktif bileşenleri taşıyabilecek bir matris olduğu literatürdeki çalışmalarla ortaya konulmuştur.

PROTEİN BAZLI BİYOBOZUNUR POLİMERLER

Proteinler farklı aminoasit kompozisyonlarına sahip olan üç boyutlu doğrusal hetero biyopolimerlerdir [44]. Proteinlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri yapı taşları olan aminoasitlerin çeşidine ve sıralanmasına bağlı olarak değişmektedir. Doğada 100'den fazla aminoasit mevcuttur ve 20 farklı aminoasit farklı kombinasyonlarda bir araya gelerek peptit bağlarıyla bağlanıp proteinleri meydana getirmektedir. Proteinlerin 3 boyutlu ağ yapısı kovalent, hidrojen, hidrofobik, disülfid ve kovalent olmayan farklı kimyasal bağlarla oluşmaktadır [45]. Protein bazlı biyopolimerlerin film formülasyonları hazırlanırken proteinlerin yapılarındaki bu bağların denatürasyona uğratılarak modifiye edilmesiyle polimerlerin mekanik ve bariyer özellikleri geliştirilmektedir. Protein kaynaklarından biyopolimer elde edebilmek için temel polipeptit zincirleri arasındaki çapraz bağları modifiye etmek gerekmektedir. Protein filmlerini modifiye ederken polipeptit zincirlerinin uygun bir çözücü ile kısmi denatürasyonu, asit ya da baz ilavesiyle pH değişimleri, çapraz bağları meydana getirecek bir elektrodun varlığı, sıcaklık ve radyasyon gibi çeşitli kimyasal yöntemler uygulanır [46, 47, 48]. Bu şekilde peptit zincirlerinde yeni bir moleküller arası etkileşim meydana gelir. Ayrıca hammaddenin partikül boyutunun küçültülmesi, ultrasonik su banyosunda sonike etmek gibi fiziksel uygulamalar da protein filmlerinin yapısını geliştirmektedir.

Tablo 3. Pektin bazlı filmlerin üretim yöntemleri ve malzeme özellikleri

Table 3. Production methods and material properties of pectin-based films

Ana Matriks	Dolgu Malzemesi/ Aktif Bileşen	Film/Malzeme Üretim Yöntemi	Önemli Bulgular	Kaynak
Yüksek Metoksilli Pektin/ Glukomannan	Çay Fenolleri	Saf su, %2'lik pektin solüsyonu, %2'lik glukomannan, gliserol, 40°C'de 30 dakika karıştırma, çay fenollerini ekleme, çözelti dökme yöntemine göre film üretimi, 45°C'de 10 saat kurutma, 25°C'de %50 bağıl nemde şartlandırma	Kontrol filme göre %2 katkılı filmin çekme direnci değerinde %25 ve kopma anındaki uzama oranında %45 artış, katkı oranının artmasıyla <i>E.coli</i> ve <i>S.aureus</i> bakterilerine karşı artan antimikrobiyal etki	38
Düşük Metoksilli Pektin	Gluten	Saf su ve etanol, pektin ve gluten ilavesi, 25°C'de 30 dakika karıştırma, gliserol ilavesi, 25°C'de 6 dakika santrifüjleme 40°C'de 15 saat kurutma, soyma, %2'lik CaCl ₂ çözeltisine daldırma, 40°C'de kurutma, 25°C'de %58 bağıl nemde şartlandırma	Filmlerde gluten konsantrasyonu arttıkça su buharı geçirgenliğinde %33 ve suda çözünmede %36 azalma, pektin konsantrasyonu arttıkça artan çekme direnci değeri (2.5 MPa'dan 13 MPa'a) ve kopma anındaki uzama miktarlarında %52 artış	39
Pektin	Mısır Kabuğu Fiberi (MKF)	Saf su, farklı konsantrasyonlarda MKF solüsyonu, 18 saat boyunca vorteks işlemi, %3'lük pektin solüsyonunun hazırlanması, pektin solüsyonuna potasyum sorbat ve gliserol ilavesi, kalsiyum klorür ilavesi, 85°C'de karıştırma, 20 saniye vakum altında degaze işlemi, çözelti dökme yöntemiyle film üretimi, 60°C'de 3 saat kurutma, 25°C'de %57.7 bağıl nemde şartlandırma	Homojen ve pürüzsüz film yapısı, %5 MKF ilavesiyle çekme direnci değerinde %55 artış, su buharı geçirgenliğinde %20 azalma, MKF konsantrasyonu arttıkça toplam fenolik madde miktarında artış ve buna bağlı olarak filmlerin antioksidan özelliklerinde artış	41
Pektin	Kristal nanoselüloz	Saf su, %5'lik pektin solüsyonu, 70°C'de karıştırma, %1.5 gliserol ilavesi, 1 saat karıştırma, %2.5 ve 7'lik kristal nanoselüloz solüsyonu, oda sıcaklığında 1 saat karıştırma, kristal nanoselüloz solüsyonunun 25 kHz'de 30 dakika sonike etme, iki solüsyonu 3:2 oranında karıştırma, 200 mbar'da 2 saat degaze işlemi, çözelti dökme yöntemiyle film üretimi, 25°C'de %52.8 bağıl nemde 48 saat kurutma.	%5 katkılı filmin çekme direnci değerinde kontrol filme göre %85, kopma anındaki uzama oranında %60 artış, su buharı geçirgenliğinde ise %69 azalma	42
Elma Pektini	Kabuğu	%3'lük elma kabuğu solüsyonu, 22000 rpm'de 5 dk homojenizasyon, 2 saat karıştırma, yüksek basınçlı homojenizatörde 138, 172 ve 207 Mpa'da homojenizasyon, sıcak su banyosunda 90°C'de 30 dakika karıştırma, buz içinde 5°C'ye soğutma, gliserol ilavesi, 23°C'de %35 bağıl nemde 32 saat kurutma, 23°C'de %52 bağıl nemde şartlandırma	Homojenizasyon basıncının artmasıyla filmlerin oksijen ve su buharına karşı duyarlılığının artması, çekme direnci ve kopma anındaki uzama miktarlarında azalma	43

Biyobozunur polimerler arasında proteinler, hidrofilik ve kırılğan bir yapıya sahip olmalarına rağmen doğada bol miktarda bulunmaları, hayvan (keratin, kolajen, jelatin, balık miyofibril proteini, yumurta beyazı proteini, kazein ve peynir altı suyu proteini) ve bitki (mısır zeini, buğday gluteni, soya proteini, ayçiçeği proteini) kökenli olmaları [49], aminoasit çeşidi ve dizilimi açısından farklılık göstermeleri, peptit zincirleri arasında çapraz bağlanma yaparak ağısı özellikte olmaları, gıda sanayi atıklarından elde edilebildikleri için düşük maliyette olmaları, besin değerlerinin yüksek olması, biyoyoumluluk göstermeleri ve iyi film oluşturabilme özellikleri sebepleriyle diğer biyobozunur polimerlere göre daha fazla tercih edilmektedir. Ayrıca protein filmleri antioksidan maddeleri ve aroma bileşenlerini yapısında tutup gıdaya kontrollü bir şekilde geçişini de sağlamaktadır [47].

Protein bazlı filmler polisakkarit ve lipid bazlı filmlere göre daha yüksek bariyer özelliğe sahip olmaları nedeniyle araştırmacıların ilgisini en fazla çeken grup olarak yer almaktadır. Buna karşın düşük mekanik özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir [50]. Protein bazlı filmlerin bariyer ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi için film solüsyonuna montmorillonit, ZnO, TiO₂ ve nanogümüş partikülleri gibi inorganik kil ve partiküller; nanoselüloz kristalleri ve nanozein gibi organik partiküller; polilaktik asit (PLA), pektin, nişasta, kitosan, pullulan gibi biyopolimerler ve esansiyel yağlar eklenmektedir. İncelenen çalışmalarda kullanılan protein kaynağı, dolgu maddeleri, film üretim yöntemi ve elde edilen filmin özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Protein kaynağı olarak en çok kullanılan hammaddelerden biri %90'dan fazla protein içeriği ile soya proteindir [51]. Soya proteinin matriks olarak kullanıldığı bir çalışmada filmlerin mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirmek ve filmlere antifungal özellik kazandırmak için film solüsyonuna %1(w/w) çinko oksit partikülleri eklenmiştir. Katkısız filmlerde yapılan çekme direncinin 1.68 MPa'dan 2.24 MPa'ya, kopma anındaki uzama oranının da %133.6'dan %171.7'ye artış gösterdiği rapor edilmiştir. Filmlerin bariyer özellikleri karşılaştırıldığında çinko oksit eklenen filmlerin oksijen geçirgenliği katkısız filmlere göre çok daha düşükken, su buharı geçirgenliğinde herhangi bir değişim olmadığı belirtilmiştir. Katkılı filmlerin kontrol filmine göre UV'ye karşı bariyer özelliğinde de artış tespit edilmiştir. Filmlerin antifungal özellikleri disk difüzyon yöntemiyle incelenmiş ve katkısız filmlerde antifungal özellik yokken, çinko oksit içeren filmlerde *Aspergillus niger*'e karşı antifungal etki olduğu rapor edilmiştir [52].

Soya proteinin ve laktik asidin matriks olarak kullanıldığı başka bir çalışmada ise dolgu maddesi olarak nanoselüloz fiberleri ve çam iğnesi özü kullanılmıştır [54]. Bu iki dolgu maddesi soya/laktik asit karışımına tek tek ve birlikte olmak üzere eklenmiştir. Çalışmada soya/laktik asit, soya/laktik asit/çam iğnesi özü, soya/laktik asit/nanoselüloz fibrilleri ve soya/laktik asit/çam iğnesi özü/nanoselüloz fibril olmak üzere dört farklı film oluşturulmuş ve filmlerin mekanik, optik ve antimikrobiyal özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre çam iğnesi özü ekstraktı eklenen filmlerin diğer filmlere göre daha koyu olduğu tespit

edilmiştir. Bu durumun botanik bitki özlerinin yüksek oranda içerdiği fenolik maddelerden ileri geldiği belirtilmiştir [53]. Araştırmacılar filmlerin SEM görüntülerine dayanarak nanoselüloz fibrillerinin yapıdaki porları doldurduğunu ileri sürmüştür. Bunun bir sonucu olarak nanoselüloz fibril içeren filmlerin çekme direncinin nanoselüloz fibril içermeyen filmlere göre yaklaşık olarak %30 arttığı, kopma anındaki uzamada ise filmler arasında istatistiksel olarak bir fark ortaya çıkmadığı belirtilmiştir. Filmlerin optik özellikleri incelendiğinde katkılı filmlerin kontrol filme göre daha opak ve dolayısıyla ışığa karşı daha yüksek bariyer özellik gösterdiği belirtilmiştir. Özellikle nanoselüloz fibrilleri yapıdaki boşlukları doldurduğu için ışığın yansımaları engelleyerek filmlerin opaklığına çam iğnesi özünden daha fazla katkı sağlamıştır. Filmlerin *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *S. typhimurium* ve *L. monocytogenes* patojenlerine karşı antimikrobiyal özelliğinin laktik asit ve çam iğnesi özünden ileri geldiği rapor edilmiştir [54].

Peynir altı suyu (PAS) proteini peynir üretimi sırasında açığa çıkan özün içindeki proteinlerdir. PAS proteinlerinden oluşturulmuş filmlerin oksijene karşı bariyer özellik gösterdiği ve aroma maddelerini taşıyıcı bir yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Buna karşın zayıf mekanik özellikleri ve hidrofilik yapısı sebebiyle su buharına karşı bariyer özelliği geliştirilmelidir. Karragenan ise kırmızı deniz yosunlarından elde edilen ve sülfatlanmış bir polisakkarittir [55]. Film oluşturabilme özelliği ve mekanik direnci olmasına rağmen bariyer özelliği zayıftır. PAS proteinleri ve karragenanın birlikte kullanıldığı bir çalışmada nar çekirdeği yağı katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Aynı ayrı hazırlanan PAS proteinleri ve karragenan solüsyonları 1:1 oranında karıştırılmıştır. Bu çalışmada PAS proteinleri gliserolle ve karragenan D-sorbitolle daha iyi yapı oluşturduğu için iki farklı plastikleştirici kullanılmıştır. Çalışma bulgularına göre çekme direncinin en yüksek olduğu filmin saf karragenan filmi, en düşük olduğu filmin ise PAS proteinleri filmi olduğu belirtilmiştir. Filmlere nar çekirdeği yağı eklendiğinde ise karragenan filminin çekme direncinin %10 azaldığı, saf PAS proteini içeren filmlerin çekme direncinin yaklaşık olarak %50 arttığı, nar çekirdeği yağı eklenen filmlerin su buharı geçirgenliğinin ise azaldığı rapor edilmiştir [56].

Protein kaynağı olarak ayçiçeği proteinin kullanıldığı bir çalışmada film solüsyonuna aktif bileşen olarak karanfil esansiyel yağı eklenmiştir [57]. Ayçiçeği proteinleri yağ endüstrisinde açığa çıkan ve düşük maliyetli yan ürünlerden ekstrakte edilir. Esansiyel yağlar ise antimikrobiyal ve antioksidan özellikleriyle bilinmelerine rağmen direkt gıdaya eklenmesi sonucunda istenmeyen tat ve aromaya sebep olabilmektedir. Bu nedenle gıdanın ambalajlanacağı malzemenin üretimi sırasında formülasyona düşük oranlarda esansiyel yağ eklenerek kontrollü bir geçiş sağlanabilmektedir. Karanfil esansiyel yağının *L. monocytogenes*, *S. enteritidis*, *E. coli* ve *S. aureus* mikroorganizmalarına karşı etkili olduğu bilinmektedir [58]. Çalışmada karanfil esansiyel yağı katkılı ve katkısız filmler arasında mekanik özellikler açısından bir farklılık olmadığı belirtilmiştir. Besiyerinde antimikrobiyal özellik gösteren filmlerin gıda

uygulanmasında antimikrobiyal etki göstermediği rapor edilmiştir. Filmlerin gösterdiği antioksidan özellik göz önüne alındığında hem ayçiçeği proteininden elde edilen filmde hem de katkılı filmlerde antioksidan özellik tespit edilmiştir. Bu durumun sebebi her iki komponentin de yapısında yüksek oranda fenolik bileşiklere sahip olmasıdır. Film formülasyonuna karanfil esansiyel yağının eklenmesiyle antioksidan özelliklerde önemli derecede artış olduğu belirtilmiştir. Bu durum ayçiçeği protein izolatı ile karanfil esansiyel yağının birbiriyle uyumlu olduğunu göstermektedir. Elde edilen filmlerle sardalya köfteleri ambalajlandığında katkılı filmlerin lipid otooksidasyonunu geciktirdiği belirtilmiştir [57].

Protein bazlı biyopolimerlerden bir diğeri de jelatindir. Jelatinin oksijen ve ışığa karşı bariyer özelliği vardır [59]. Domuz ve sığır jelatini hem dini hem de sosyal kaygılar taşıdığı için balık jelatini alternatif bir ambalaj malzemesi kaynağı olarak görülmektedir [60]. Ayrıca balık endüstrisinde atıkların büyük çoğunluğu balık derisinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle balık derisinin jelatin kaynağı olarak kullanılması atık problemine de çözüm olarak görülmektedir. Matriks olarak balık jelatini kullanılan filmlerde mekanik özellikler zayıf ve su içinde çözünürlük yüksektir. Bir çalışmada balık jelatini filmlerinin bariyer karakteristiğini ve zayıf mekanik özelliklerini geliştirebilmek için film formülasyonuna kitosan nanopartikülleri eklenmiştir [60]. Bu çalışmada biyokompozit filmler hazırlanırken balık jelatini suda çözündürülmüş ve karışıma gliserol eklenmiştir. Daha sonra karışıma %2, 4, 6 ve 8 oranlarında kitosan nanopartikülleri ilave edilerek çözelti dökme yöntemiyle filmler oluşturulmuştur. Filmlerin mekanik özellikleri incelendiğinde %2 ve %4 oranında katkı içeren filmlerde önemli bir değişiklik olmadığı, %8 oranında katkı içeren filmin çekme direnci değerinde %51 artış, kopma anındaki uzama oranında ise %70 azalma ortaya çıktığı rapor edilmiştir. Film formülasyonundaki kitosan nanopartikülleri oranı artıkça filmlerin suda çözünürlüğünün azaldığı belirtilmiştir. Bu durum kitosan nanopartiküllerinin balık jelatini matriksiyle kuvvetli hidrojen bağları oluşturması ile açıklanmıştır. Filmlerin bariyer özellikleri incelendiğinde ise su buharı geçirgenliğinin %62 azaldığı tespit edilmiştir [60].

Kaplama olarak kazein ve montmorillonit kilinin kullanıldığı bir çalışmada kazeinden elde edilen biyopolimerin bariyer özellikleri geliştirilmiş ve elde edilen katkılı ve katkısız filmler çilek kaplanmasında kullanılmıştır [61]. Katkısız filmlerin su buharı geçirgenlik hızı $70.76 \text{ gh}^{-1}\text{m}^{-2}$ iken %5 oranında montmorillonit eklenmesiyle bu değer $56.80 \text{ gh}^{-1}\text{m}^{-2}$ 'ye düşmüştür. Çileklerdeki ağırlık kaybı miktarlarına bakılarak kaplamanın çilek üzerindeki etkisi incelenmiştir. Hem kaplanmış hem de kaplanmamış çileklerde ağırlık kaybı olmasına rağmen kaplanmış çileklerde daha az kayıp ortaya çıktığı belirtilmiştir. Bu durum kaplamanın neme

karşı bariyer özellikte olduğunu, dehidrasyonun ve meyvenin büzüşmesinin geciktirildiğini göstermektedir. Kaplanmamış çileklerin duyusal olarak 6.günün sonunda tercih edilmediği, katkılı filmle kaplanmış çileklerin ise 9.günden sonra bile kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir [62].

Sonuç olarak protein kaynaklarından biyobozunur film elde edilebildiği, aminoasit çeşitliliği sayesinde filmlerin farklı özelliklere sahip olduğu, filmlere eklenen aktif bileşenlerin antimikrobiyal ve antioksidan gibi fonksiyonel özellikler kattığı ve eklenen dolgu maddelerinin filmlerin çekme direnci, kopma anındaki uzama, elastik modül gibi mekanik özellikleri geliştirdiği, gaz ve su buharına karşı bariyer özellik kazandırdığı literatür çalışmalarıyla desteklenmektedir.

SONUÇ

Çevre dostu, yenilenebilir ve sürdürülebilir plastik üretiminde nişasta türevleri ve proteinler gibi doğal biyopolimerlerin petrol türevi sentetik polimerlere alternatif olabileceği görülmektedir. Doğal biyopolimerlerin mekanik ve bariyer özelliklerinin geliştirilmesinin yanında filmlere antimikrobiyal ve antioksidan özellikler kazandırılarak aktif ambalaj malzemeleri elde edilebilmektedir. Ayrıca hem nişasta ve türevlerinden hem de proteinlerden elde edilen filmler, yapılarına eklenen aktif bileşenlerin ve aroma maddelerinin kontrollü bir şekilde gıdaya geçişini sağlayarak gıdaların raf ömürlerini de uzatmaktadır. Nişasta ve türevlerinden ve proteinlerden elde edilen filmlerin yapısına organik/inorganik kil ve partiküllerin, nano dolguların, nano metal oksitlerin, esansiyel yağların, bitki tohumu yağlarının ve diğer biyopolimerlerin eklenmesiyle kompozit/nano kompozit filmler oluşturulmaktadır. Film formülasyonuna eklenen dolgu malzemelerinin/aktif bileşenlerin tanecik boyutunun nano düzeylere kadar inmesi, kullanılan plastikleştiricilerin farklı kombinasyonları ve farklı film üretim yöntemlerinin uygulanması, elde edilen filmlerin gıda ambalajlama açısından özelliklerini geliştirebilmektedir. Günümüzde direkt gıda ambalaj malzemesi olarak olmasa da biyopolimerlerden farklı üretim yöntemleriyle elde edilen çatal, bardak, tabak ve pipet gibi günlük hayatta çok fazla kullanılan malzemeler de üretilmektedir. Bu açıdan her geçen gün gelişen teknolojinin de sağladığı imkanlardan yararlanarak çevre dostu doğal polimerlerin günlük hayatımızda daha fazla yer edeceği bir gerçektir. Bunun dışında biyopolimerlerin sanayi atıklarından elde edilmesiyle hem çevreye verilen zarar minimuma indirilmekte hem de atıkların değerlendirilmesiyle ekonomiye katkı sağlanması mümkün olabilmektedir.

Tablo 4. Protein bazlı filmlerin üretim yöntemleri ve malzeme özellikleri
Table 4. Production methods and material properties of protein-based films

Protein Kaynağı	Dolgu Malzemesi/Aktif Bileşen	Film/Malzeme Üretim Yöntemi	Önemli Bulgular	Kaynak
Soya Proteini	ZnO partikülleri	Saf su, soya proteini, 80°C'de karıştırma, gliserol ilavesi, oda sıcaklığında %1 ZnO partiküllerini ekleme, homojenizasyon, çözelti dökme yöntemi ile film üretimi, 50°C'de 24 saat kurutma, 45°C ve %45 bağıl nemde şartlandırma	ZnO eklenmesiyle çekme direnci değerinde %33, kopma anındaki uzama değerinde %39 artış ve <i>A.niger</i> 'e karşı antifungal etki	52
Soya proteini	Valeks Taneni	Saf su, %3 (w/v) gliserol ve %3 soya proteini, 30°C'de karıştırma, farklı oranlarda valeks taneni ilavesi, NaOH ile pH ayarlanması, 80°C'de karıştırma, sıcak su banyosunda bekletme, çözelti dökme yöntemi ile film üretimi, 50°C'de 12 saat kurutma, %43 bağıl nemde şartlandırma	Tanen oranının artmasıyla UV ışınlarına karşı daha iyi bariyer özellik, oksijen geçirgenliğinde düşüş, çekme direncinde ve su buharı geçirgenliğinde artış, pH'nın artmasıyla artan transparan özellik	53
Soya Proteini	Laktik asit Çam İğnesi Özütü Selüloz Nanofibril	Saf su, %60 (w/w) soya proteini, gliserol, %3 (w/w) laktik asit, 85°C'de 30 dk karıştırma, %15 çam iğnesi özütü, %15 selüloz nanofibril, karıştırma, çözelti dökme yöntemi ile film üretimi, 37°C'de 72 saat kurutma	Selüloz nanofibril eklenmesiyle çekme direnci değerinde artış, çam iğnesi özütü ilavesiyle hem Gram (+) hem de Gram (-) mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etki ve oksijen geçirgenliğinin azaltılması.	54
Peyniraltı suyu proteini (PAS)	Karragenan/Nar Çekirdeği Yağı	Saf su, %1 (w/w) karragenan, 80°C'de 15 dk karıştırma, %35 gliserol ve %17.5 D-sorbitol ilavesi, farklı bir solüsyon olarak %5 (w/w) PAS proteininin saf suda çözündürme, 90°C'de 25 dk karıştırma, pH=8 olarak ayarlama, %35 gliserol ve %17.5 D-sorbitol ilavesi, iki solüsyonu 1:1 oranında karıştırma, %1(w/v) nar çekirdeği yağı ilavesi, 1000 rpm'de 5 dk homojenize etme, çözelti dökme yöntemine göre film üretimi 25°C'de 48 saat kurutma, 25°C ve %50 bağıl nemde şartlandırma	Nar çekirdeği yağı ilavesiyle filmlerin su buharı geçirgenliğinde %64 azalma ve <i>L.monocytogenes</i> 'e karşı antimikrobiyal etkinlik, karragenan ilavesiyle ise çekme direnci değerinde %17 artış	56
Ayçiçeği Proteini	Karanfil Esansiyel Yağı	Saf su, %5 (w/v) ayçiçeği proteini, %1.5 (w/v) gliserol, 25 °C'de 30 dk karıştırma, pH=11 olarak ayarlama, karanfil esansiyel yağı ilavesi, 20.000 rpm'de 2 dk homojenizasyon, çözelti dökme yöntemi ile film üretimi, 60°C'de 5 saat kurutma, 20°C ve %58 bağıl nemde 48 saat şartlandırma	Filmlerin antioksidan özelliklerindeki artışa bağlı olarak sardalya köftelerindeki lipit oksidasyonunu geciktirme	57
Peyniraltı suyu proteini (PAS)	Montmorillonit	Saf su, %7(w/v) PAS proteinleri, %7 kalsiyum kazeinat, %0.5 potasyum sorbat, %3.75 (w/v) gliserol, %5 montmorillonit, karıştırma, çözelti dökme yöntemi ile film üretimi, 40°C'de 24 saat kurutma, 25°C'de polietilen torbada şartlandırma	%5 montmorillonit ilavesiyle su buharı geçiş hızında %20 azalmasına bağlı olarak çileklerin raf ömrünü 6 günden 9 güne uzatma	62

KAYNAKLAR

- [1] Tawakkal, I.S., Cran, M.J., Miltz, J., Bigger, S.W. (2014). A review of poly (lactic acid)-based materials for antimicrobial packaging. *Journal of Food Science*, 79(8), R1477-R1490.
- [2] Kayan, A. (2018). Çevre Sorunlarına Eğitimle Farkındalık Oluşturma. *J. Awareness (JoA)*, 3(Special), 481-496.
- [3] Wang, L., Kerry, J.P. (2018). "Edible, Biodegradable Packing for Food." *New Food Magazine*, www.newfoodmagazine.com/article/215/edible-biodegradable-packaging-for-food/.(01.05.2018).
- [4] Keskin, B., Altay, B.N., Akyol, M., Meral, G., Uyar, O. (2018). Global Packaging Trends. 6. *Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu* 01-03 Kasım, İstanbul Türkiye, 483-503.
- [5] Dursun, S., Erkan, N., Yesiltas, M. (2010). Doğal biyopolimer bazlı (biyobozunur) nanokompozit filmler ve su ürünlerindeki uygulamaları. *Journal of Fisheries Sciences*, 4(1), 50-77.
- [6] Javidi, Z., Hosseini, S.F., Rezaei, M. (2016). Development of flexible bactericidal films based on poly (lactic acid) and essential oil and its

- effectiveness to reduce microbial growth of refrigerated rainbow trout. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 251-260.
- [7] Saklar, A.S. (2008). Ambalaj ve Nanoteknoloji. http://www.gidabilimi.com/index.php?option=com_content&view=veid=1553&Itemid=57. (06.01.2008).
- [8] Priya, B., Gupta, V.K., Pathania, D., Singha, A.S. (2014). Synthesis, characterization and antibacterial activity of biodegradable starch/PVA composite films reinforced with cellulosic fibre. *Carbohydrate Polymers*, 109, 171-179.
- [9] Ivonkovic, A., Zeljko, K., Talic, S., Lasic, M. (2017). Biodegradable packaging in the food industry. *Journal of Food Safety and Food Quality*, 68, 26-38.
- [10] Fennema, O.R., Damodaran, S., Parkin, K.L. (2017). Introduction to food chemistry. In Fennema's Food Chemistry, CRC Press, Florida, USA.
- [11] Jiménez, A., Fabra, M.J., Talens, P., Chiralt, A. (2012). Edible and biodegradable starch films: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2058-2076.
- [12] Chung, Y.L., Ansari, S., Estevez, L., Hayrapetyan, S., Giannelis, E.P., Lai, H.M. (2010). Preparation and properties of biodegradable starch-clay nanocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 79(2), 391-396.
- [13] Oleyaei, S.A., Almasi, H., Ghanbarzadeh, B., Moayedi, A.A. (2016). Synergistic reinforcing effect of TiO₂ and montmorillonite on potato starch nanocomposite films: Thermal, mechanical and barrier properties. *Carbohydrate Polymers*, 152, 253-262.
- [14] Tavares, K.M., de Campos, A., Mitsuyuki, M.C., Luchesi, B.R., Marconcini, J.M. (2019). Corn and cassava starch with carboxymethyl cellulose films and its mechanical and hydrophobic properties. *Carbohydrate Polymers*, 223, 115055 (1-11).
- [15] Zhang, X., Xiao, G., Wang, Y., Zhao, Y., Su, H., Tan, T. (2017). Preparation of chitosan-TiO₂ composite film with efficient antimicrobial activities under visible light for food packaging applications. *Carbohydrate Polymers*, 169, 101-107.
- [16] Nawab, A., Alam, F., Haq, M.A., Haider, M.S., Lutfi, Z., Kamaluddin, S., Hasnain, A. (2018). Innovative edible packaging from mango kernel starch for the shelf life extension of red chili powder. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 626-631.
- [17] Bie, P., Liu, P., Yu, L., Li, X., Chen, L., Xie, F. (2013). The properties of antimicrobial films derived from poly (lactic acid)/starch/chitosan blended matrix. *Carbohydrate Polymers*, 98(1), 959-966.
- [18] Hu, Z., Hong, P., Liao, M., Kong, S., Huang, N., Ou, C., Li, S. (2016). Preparation and characterization of chitosan-agarose composite films. *Materials*, 9(10), 816.
- [19] Tan, Y.M., Lim, S.H., Tay, B.Y., Lee, M.W., Thian, E.S. (2015). Fonksiyonel kitosan bazlı greyfurt çekirdeği, gıda paketlenme teknolojisindeki uygulamalar için kompozit filmler çıkarır. *Malzeme Araştırma Bülteni*, 69, 142-146.
- [20] Zhang, X., Xiao, G., Wang, Y., Zhao, Y., Su, H., Tan, T. (2017). Preparation of chitosan-TiO₂ composite film with efficient antimicrobial activities under visible light for food packaging applications. *Carbohydrate Polymers*, 169, 101-107.
- [21] Al-Naamani, L., Dobretsov, S., Dutta, J. (2016). Chitosan-zinc oxide nanoparticle composite coating for active food packaging applications. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 38, 231-237.
- [22] Aljawish, A., Muniglia, L., Klouj, A., Jasniewski, J., Scher, J., Desobry, S. (2016). Characterization of films based on enzymatically modified chitosan derivatives with phenol compounds. *Food Hydrocolloids*, 60, 551-558.
- [23] Zarei, A., Ebrahimiasl, S., Jafarirad, S. (2014). International Multidisciplinary Microscopy Congress, Development of Bactericidal Ag/Chitosan Nanobiocomposites for Active Food Packaging. Edited by Polychroniadis, E.K., Oral, A.Y., Özer, M. Springer, Cham, Switzerland, 154, 225-260.
- [24] Wu, Z., Huang, X., Li, Y.C., Xiao, H., Wang, X. (2018). Novel chitosan films with laponite immobilized Ag nanoparticles for active food packaging. *Carbohydrate Polymers*, 199, 210-218.
- [25] Kumar, S., Singh, M., Halder, D., Mitra, A. (2016). *Lippia javanica*: a cheap natural source for the synthesis of antibacterial silver nanocolloid. *Applied Nanoscience*, 6(7), 1001-1007.
- [26] Tian, F., Chen, W., Cai, E., W., Kou, X., Fan, G., Li, T., Wu, Z. (2019). Preservation of Ginkgo biloba seeds by coating with chitosan/nano-TiO₂ and chitosan/nano-SiO₂ films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 126, 917-925.
- [27] Karthikeyan, K.T., Nithya, A., Jothivenkatachalam, K. (2017). Photocatalytic and antimicrobial activities of chitosan-TiO₂ nanocomposite. *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 1762-1773.
- [28] Sharma, V.K., Yngard, R.A., Lin, Y. (2009). Silver nanoparticles: green synthesis and their antimicrobial activities. *Advances in Colloid and Interface Science*, 145(1-2), 83-96.
- [29] Boura-Theodoridou, O., Giannakas, A., Katapodis, P., Stamatis, H., Ladavos, A., Barkoula, N.M. (2020). Performance of ZnO/chitosan nanocomposite films for antimicrobial packaging applications as a function of NaOH treatment and glycerol/PVOH blending. *Food Packaging and Shelf Life*, 23, 100456 (1-9)
- [30] Priyadarshi, R., Negi, Y.S. (2017). Effect of varying filler concentration on zinc oxide nanoparticle embedded chitosan films as potential food packaging material. *Journal of Polymers and the Environment*, 25(4), 1087-1098.
- [31] Souza, V.G.L., Pires, J.R., Vieira, É.T., Coelho, I.M., Duarte, M.P. Fernando, A.L. (2019). Activity of chitosan-montmorillonite bionanocomposites incorporated with rosemary essential oil: From in vitro assays to application in fresh poultry meat. *Food Hydrocolloids*, 89, 241-252.
- [32] Kasirga, Y., Oral, A., Caner, C. (2012). Preparation and characterization of chitosan/montmorillonite-K10 nanocomposites films for food packaging applications. *Polymer Composites*, 33(11), 1874-

- 1882.
- [33] Atalay, D., Türken, T., Erge, H.S. (2018). Pektin; Kaynakları ve ekstraksiyon yöntemleri, *Gıda*, 43(6), 1002-1018.
- [34] Thakur, S., Chaudhary, J., Kumar, V., Thakur, V.K. (2019). Progress in pectin based hydrogels for water purification: Trends and challenges. *Journal of Environmental Management*, 238, 210-223.
- [35] Batista, R.A., Espitia, P.J.P., Quintans, J.D.S.S., Freitas, M.M., Cerqueira, M.Â., Teixeira, J.A., Cardoso, J.C. (2019). Hydrogel as an alternative structure for food packaging systems. *Carbohydrate Polymers*, 205, 106-116.
- [36] Ciolacu, L., Nicolau, A.I., Hoorfar, J. (2014). Global Safety of Fresh Produce, Edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables, Edited by Hoorfar, J., Woodhead Publishing, England, 233-244.
- [37] Ezati, P., Rhim, J.W. (2020). pH-responsive pectin-based multifunctional films incorporated with curcumin and sulfur nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 230, 115638 (1-8).
- [38] Lei, Y., Wu, H., Jiao, C., Jiang, Y., Liu, R., Xiao, D., Li, S. (2019). Investigation of the structural and physical properties, antioxidant and antimicrobial activity of pectin-konjac glucomannan composite edible films incorporated with tea polyphenol. *Food Hydrocolloids*, 94, 128-135.
- [39] Sartori, T., Feltre, G., do Amaral Sobral, P.J., da Cunha, R.L., Menegalli, F.C. (2018). Properties of films produced from blends of pectin and gluten. *Food Packaging and Shelf Life*, 18, 221-229.
- [40] Olagunju, A., Onyike, E., Muhammad, A., Aliyu, S., Abdullahi, A.S. (2013). Effects of fungal (*Lachnocladium* spp.) pretreatment on nutrient and antinutrient composition of corn cobs. *African Journal of Biochemistry Research*, 7(11), 210-214.
- [41] Bernhardt, D.C., Pérez, C.D., Fissore, E.N., De'Nobili, M.D., Rojas, A.M. (2017). Pectin-based composite film: Effect of corn husk fiber concentration on their properties. *Carbohydrate polymers*, 164, 13-22. compounds. *Food Hydrocolloids*, 60, 551-558.
- [42] Chaichi, M., Hashemi, M., Badii, F., Mohammadi, A. (2017). Preparation and characterization of a novel bionanocomposite edible film based on pectin and crystalline nanocellulose. *Carbohydrate Polymers*, 157, 167-175.
- [43] Sablani, S.S., Dasse, F., Bastarrachea, L., Dhawan, S., Hendrix, K.M., Min, S.C. (2009). Apple peel-based edible film development using a high-pressure homogenization. *Journal of Food Science*, 74(7), 372-381.
- [44] Zubair, M., Ullah, A. (2020). Recent advances in protein derived bionanocomposites for food packaging applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(3), 406-434.
- [45] Rahmani, H., Najafi, S.H.M., Saffarzadeh-Matin, S., Ashori, A. (2014). Mechanical properties of carbon fiber/epoxy composites: Effects of number of plies, fiber contents, and angle-ply layers. *Polymer Engineering and Science*, 54(11), 2676-2682.
- [46] Shankar, S., Teng, X., Li, G., Rhim, J.W. (2015). Preparation, characterization, and antimicrobial activity of gelatin/ZnO nanocomposite films. *Food Hydrocolloids*, 45, 264-271.
- [47] Gupta, P., Nayak, K.K. (2015). Characteristics of protein-based biopolymer and its application. *Polymer Engineering and Science*, 55(3), 485-498.
- [48] Janjarasskul, T., Krochta, J.M. (2010). Edible packaging materials. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1, 415-448.
- [49] Dursun, S., Erkan, N. (2014). The effect of edible coating on the quality of smoked fish. *Italian Journal of Food Science*, 26(4), 370.
- [50] Türkas. (2016). 2016 yılı sebze ve meyve sektörü. Tüm ürün kap ve ambalaj standartları sempozyumu, 5-6 Ekim, 2016, İstanbul, Türkiye, 1-120.
- [51] Denavi, G.A., Pérez-Mateos, M., Añón, M.C., Montero, P., Mauri, A.N., Gomez-Guillen, M.C. (2009). Structural and functional properties of soy protein isolate and cod gelatin blend films. *Food Hydrocolloids*, 23(8), 2094-2101.
- [52] Wu, J., Sun, Q., Huang, H., Duan, Y., Xiao, G., Le, T. (2019). Enhanced physico-mechanical, barrier and antifungal properties of soy protein isolate film by incorporating both plant-sourced cinnamaldehyde and facile synthesized zinc oxide nanosheets. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 180, 31-38.
- [53] Yu, Z.L., Zeng, W.C. (2013). Antioxidant, antibrowning, and cytoprotective activities of *Ligustrum robustum* (Roxb.) Blume extract. *Journal of Food Science*, 78(9), C1354-C1362.
- [54] Jahangirian, H., Azizi, S., Rafiee-Moghaddam, R., Baratvand, B., Webster, T.J. (2019). Status of Plant Protein-Based Green Scaffolds for Regenerative Medicine Applications. *Biomolecules*, 9(10), 619.
- [55] Zia, K.M., Tabasum, S., Nasif, M., Sultan, N., Aslam, N., Noreen, A., Zuber, M. (2017). A review on synthesis, properties and applications of natural polymer based carrageenan blends and composites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 96, 282-301.
- [56] Sogut, E., Balqis, A.I., Hanani, Z.N., Seydim, A.C. (2019). The properties of κ-carrageenan and whey protein isolate blended films containing pomegranate seed oil. *Polymer Testing*, 77, 105886 (1-8).
- [57] Salgado, P.R., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C., Mauri, A.N., Montero, M.P. (2013). Sunflower protein films incorporated with clove essential oil have potential application for the preservation of fish patties. *Food Hydrocolloids*, 33(1), 74-84.
- [58] Mytle, N., Anderson, G.L., Doyle, M.P., Smith, M.A. (2006). Antimicrobial activity of clove (*Syzygium aromaticum*) oil in inhibiting *Listeria monocytogenes* on chicken frankfurters. *Food Control*, 17(2), 102-107.
- [59] Gomez-Estaca, J., Gomez-Guillen, M.C., Fernandez-Martín, F., Montero, P. (2011). Effects of gelatin origin, bovine-hide and tuna-skin, on the properties of compound gelatin-chitosan films. *Food Hydrocolloids*, 25, 1461-1469
- [60] Bae, H.J., Park, H.J., Hong, S.I., Byun, Y.J., Darby, D.O., Kimmel, R.M., Whiteside, W.S. (2009). Effect of clay content, homogenization RPM, pH, and

ultrasonication on mechanical and barrier properties of fish gelatin/montmorillonite nanocomposite films. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1179-1186.

[61] Hosseini, S.F., Rezaei, M., Zandi, M., Farahmandghavi, F. (2015). Fabrication of bio-nanocomposite films based on fish gelatin reinforced with chitosan nanoparticles. *Food*

Hydrocolloids, 44, 172-182.

[62] Junqueira-Gonçalves, M.P., Salinas, G.E., Bruna, J.E., Niranjana, K. (2017). An assessment of lactobiopolymer-montmorillonite composites for dip coating applications on fresh strawberries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(6), 1846-1853.

Propolis ve Sağlık Üzerine Etkileri

Aylin Seylam Küşümler , Ayça Çelebi  ✉

İstanbul Okan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Tuzla, İstanbul

Geliş Tarihi (Received): 18.06.2020, Kabul Tarihi (Accepted): 02.01.2021

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ayccelebi@outlook.com.tr (A. Celebi)

☎ 0 216 677 1630 📠 0 216 677 1647

ÖZ

Propolis, bal arıları tarafından bitkilerden özellikle de çiçek ve tomurcuklardan toplanan belirli miktarda balmumu ve reçine karışımı ve esansiyel yağları içeren ve kovan içerisinde birçok amaca uygun olarak kullanılan doğal bir arı ürünüdür. İnsan sağlığı üzerinde yapılan çalışmalarda antioksidan, anti-mikrobiyal, anti-tümör, anti-inflamatuvar başta olmak üzere birçok biyolojik aktiviteye sahiptir. Son beş yıla dönük çalışmalara bakıldığında, propolis ve yapısında bulunan kafeik asit bileşeninin antioksidan ve antiinflamatuvar etkiye sahip olduğu, bağışıklık sistemi ve diğer sağlık durumları üzerine etki gösterdiği gözlenmiştir. Özellikle stres ve inflamatuvar sitokin artışının olduğu mekanizmalarda kafeik asit bileşeninin mekanizmadaki etkin enzimlerin inhibisyonunu sağladığı gözlenmiştir. Bağışıklık sistemi üzerine etkili olabilmesi için alınması gereken doz konusunda tam netlik olmasa bile yapılan randomize kontrollü çalışmalar sonucunda belirlenen günlük alımda güvenilir olan doz 70 mg/kg olup, 15 g üstü alım toksik doz olarak belirlenmiştir. Propolisin bağışıklık sistemi üzerine etkisi, yan etkileri ve güvenilir dozu ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Önümüzdeki dönemlerde yapılan çalışmalarla birlikte bağışıklık sistemi üzerindeki etkinlik mekanizmaları ve doz konusundaki bilgiler kanıt düzeyinde anlamlılık kazanacaktır. Buna bağlı olarak propolisin başta bağışıklık sistemi ve bütüncül olarak insan sağlığına etkilerinin tanımlanması önemlidir. Bu çalışmanın amacı; propolisin özellikleri, tüketim dozu ve insan sağlığı üzerine etkileri konusunda yapılan çalışmaların özetlenerek, aktarılmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Propolis, Antioksidan, İnsan sağlığı

Propolis and Effects on Human Health

ABSTRACT

Propolis is a natural product collected by honeybees from plants, especially their flowers and buds, by mixing with wax and resin, and used for various purposes in hive. Several scientific studies have shown that propolis can be used to treat various diseases in conventional medicine since ancient times and has biological activities such as antioxidant, antimicrobial, antitumor, anti-inflammatory. Studies in the last five years have shown that phenolic compounds especially caffeic acid esters (CAPE) in propolis have high antioxidant and anti-inflammatory activity levels. Especially, some studies have demonstrated that CAPE may inhibit oxidative stress mechanisms and suppress cytokine production. To ensure its effectiveness on human immune system, even though its effective intake dose is not clear, its reliable dose is 70 mg/kg, and any intake above 15 g is regarded as a toxic dose. Studies on propolis and its efficacy, side effects and reliable dose are increasing day by day, especially its effect on human immune system. In future studies, the mechanisms of its activity on immune system and more information on its effective doses are going to be significant at the level of evidence. Accordingly, it is important to define the effects of propolis on human immune system and overall health. In this study, it is aimed to summarize the studies on the properties of propolis, its consumption dose and its effects on human health.

Keywords: Propolis, Antioxidant, Human health

GİRİŞ

Geçmişten günümüze, tüketicilerin gıda endüstrisinin ve bilim insanlarının insan sağlığının korunmasında etkili olabileceğine inanılan, alternatif tıbbın da getirdiği gıda takviyelerine ilgisi artmıştır. Sağlıklı ve dengeli beslenme hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde önemli rol oynamaktadır. Yeterli ve dengeli beslenme bireyin makro besin öğelerini gerektiği kadar almasının yanında mikro besin öğelerinin de vücut işlevlerini sağlayabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Son beş yıla dönük yapılan çalışmalarda gıda takviyeleri üzerine bağışıklık sistemini güçlendirmek amacıyla yeni ürünlerin üretilmesi ve geliştirilmesinde önemli bir yol katedilmiştir. Bal ve bal kaynaklı ürünlerin bağışıklık sistemi, kalp ve damar hastalıkları, diyabet ve metabolik sendrom hastalıklarına kadar pek çok hastalıkta olumlu sonuçlarının elde edilmesi üzerine bu konu hakkında yapılan çalışmalar üzerinde yoğunlaşmıştır. Özellikle bal ürünlerinden propolisin içerdiği fenolik bileşenlerin antioksidan ve anti-inflamatuvar özelliğinin bağışıklık sistemi üzerindeki etkisi en fazla çalışılan konular arasında yer almıştır [1]. Elde edilen bulguların çoğunlukla propolisin insan sağlığına bütüncül olarak yaklaştığı ve özellikle bağışıklık sistemi üzerine yapılan çalışmalarda mekanizmasını daha belirgin gösterdiği vurgulanmıştır. Bu derlemenin amacı; propolisin genel özellikleri ve tüketim dozuyla birlikte insan sağlığı üzerine etkinliğinin gösterildiği bilimsel çalışmaların genel anlamıyla bir özeti aktarılmasıdır.

PROPOLİS

Propolis; çam, kozalaklı salgılar, reçineler, kavak, müsülaj ve yaprak tomurcukları gibi çeşitli bitkilerden bal arıları tarafından toplanan doğal bir maddedir. Propolis sözcük anlamına bakıldığında kökenini Yunanca'dan alan "pro"; önünde veya giriş ve "polis"; topluluk veya şehir anlamına gelmektedir [1]. Propolis bal arıları tarafından kovanlarında meydana gelen çatlakları onarmak ve sızdırmaz hale getirmek için büyük bir özenle toplanır ve kovana getirilir. Arıların propolis oluşturmasının temel amacı; arı kovanının mikrobiyal enfeksiyonlardan ve davetsiz misafirlerden

korunmasının sağlanması için antiseptik olarak kullanılmasıdır. Arılar için büyük öneme sahip olan propolis, geleneksel ve alternatif tıpta, hastalık tedavisinde ve bağışıklık sisteminin desteklenmesinde kullanılmaktadır. Propolisin kimyasal bileşimi; bitki kaynaklarına, coğrafi bölgeye ve mevsimlere göre farklılık göstermektedir. Yapılan analizler sonucunda propolisin içeriğinde 300'den fazla bileşik tanımlanmış olup bunlar; fenolik bileşikler, aromatik asitler, uçucu yağlar, balmumu ve amino asitler olarak adlandırılmaktadır. Propolis biyoaktivitesinin temelini fenolik bileşiklerinden başlıca flavonoidler ve hidrosinamik asit türevleri oluşturmaktadır [2]. Günümüzde yapılan çalışmalarda propolisin üzerinde durulan özellikleri arasında anti-bakteriyel, anti-inflamatuvar, anti-viral, antioksidan, anti-protozoal, anestezik, anti-tümöral, anti-kanserojenik, anti-mantar, antiseptik, anti-hepatotoksik olarak sitotoksik aktivitesi gibi birçok özelliğinin bulunduğu doğrultusunda çalışmalar mevcuttur [3].

Propolisin Kimyasal Yapısı

Propolis, arı ürünlerinin önemli bir çeşididir. Esas olarak reçine, balmumu, uçucu yağlar, polen ve diğer organik bileşiklerden oluşur. Fenolik bileşikler, esterler, flavonoidler, terpenler, beta-steroidler, aromatik aldehitler ve alkoller propoliste bulunan önemli organik bileşiklerdir [4]. Propolis yapısında bulunan on iki farklı flavonoid, elektroforez yöntemi ile tespit edilmiştir. Bunlar; pinosebrin, akasetin, krisin, bisabolol, luteolin, kaempferid, apigenin, luteolin, kuersetin, artepilin C, galangin ve kuersetin olup ayrıca propolis özütleri iki fenolik asit (kafeik asit ve sinamik asit) ve resveratrol adı verilen bir stilben türevi de içermektedir [5-7]. Tablo 1'de ise propolisin fenolik kimyasal içeriğine ve tanımlanan bileşik sayısına detaylı değinilerek içeriğinin zenginliği kanıtlanmıştır. Fenolik içeriğinde tanımlanan bileşikler; hidroksiflavonlar, hidroksiflavononlar, kalkonlar, benzoik asit ve türevleri, asitler, esterler, benzaldehit türevleri, sinamil alkol, sinamik asit ve türevleri, diğer asit ve türevleri, alkoller, ketonlar, fenoller ve heteroantik bileşikler, terpen ve seskiterpen alkol ve türevleri, alifatik hidrokarbonlardır.

Tablo 1. Propolisin fenolik kimyasal içeriği [7]
Table 1. Phenolic chemical content of propolis [7]

Gruplar	Tanımlanan Bileşik Sayısı
Flavonoidler	38
Hidroksiflavonlar	27
Hidroksiflavononlar	11
Kalkonlar	2
Benzoik asit ve türevleri	12
Asitler	8
Esterler	4
Benzaldehit türevleri	2
Sinamil alkol, Sinamik asit ve türevleri	14
Diğer asit ve türevleri	8
Alkoller, Ketonlar, Fenoller ve Heteroantik bileşikler	12
Terpen ve Seskiterpen alkol ve türevleri	7
Seskiterpen ve triterpen hidrokarbonlar	11
Alifatik hidrokarbonlar	6

Propolis ayrıca B1, B2, B6, C ve E vitaminler gibi önemli vitaminleri ve magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), potasyum (K), sodyum (Na), bakır (Cu), çinko (Zn), manganez (Mn) ve demir (Fe) gibi vücut için önemli mineralleri de içermektedir [5]. Ek olarak, propoliste süksinik dehidrojenaz, glikoz-6-fosfataz, adenosin trifosfataz (ATPaz) ve asit fosfataz gibi enzimler bulunur. Bu enzimler hücrelerin yaşamsal işlevlerini gerçekleştirebilmesi için önemli enzimlerdir [7]. Propolisin kimyasal bileşenleri iklime göre değişiklik gösterebilmektedir; ılıman iklimde üretilen propolis çeşitlerinde krisin, galangin, pinosembirin ve pinobanksin tespit edilmiştir. Tropikal bölgelerde bulunan propolisin kimyasal bileşimi fenil-propanoidleri (artepillin C) içerirken, Pasifik ve Afrika iklim bölgelerinde bulunan propolis karakteristik bileşikler olarak geranil flavanonları içerir. Propolisin rengi, reçinenin kaynağına bağlı olarak açık sarıdan koyu kahverengiye doğru farklılık gösterebilmektedir. Propolis yapı bakımından sıcaklığa göre de değişiklik göstermektedir. 25-45°C sıcaklıklarda, yumuşak, esnek ve çok yapışkan bir formda, 15°C'den az sıcaklıklarda kısmen donmuş olup, sert ve kırılabilir bir hale gelmektedir. 45°C'nin üzerinde yapışkanlığı artar, 60-70 °C'de sıvı hale geçer. Fakat bazı örneklerde erime noktası 100°C'yi bulabilmektedir. Saf propolisin üretilebilmesi için toplanacak kovanın bulunduğu alan, çevrede çeşitli nedenlerle kullanılan boya, metal malzemeleri, propolis toplanmasında kullanılan metal kaşık, metal kaplar, çivi ve benzeri madde, kullanılan propolis tuzaklarının yapıldığı madde, propolisin depolandığı kap ve ortam propolise ağır metallerin karışmasına neden olmakta ve kalitesine etki etmektedir [8].

PROPOLİS VE HASTALIKLARIN TEDAVİSİ İLE İLİŞKİSİ

Propolis, anti-tümör, antioksidan, anti-mikrobiyal, anti-inflamatuvar ve immünolojik etkileri antik çağlardan itibaren geleneksel tıpta kullanılan doğal bir üründür. Propolisin biyolojik aktivitelerde önemli rol oynamasının temeli yapısındaki çeşitli flavonoid bileşenleridir.

Antioksidan Etkisi

ılıman iklimde yetişen propolis ana bileşen olarak kafeik asit fenil ester (CAPE) içermektedir. CAPE, propolisin aktif bir bileşendir ve güçlü bir antioksidan özelliği sahiptir. CAPE; lipoksijenaz, siklooksijenaz-1 ve siklooksijenaz-2 (COX-1, COX-2) glutatyon S-transferaz ve ksantin oksidaz gibi çeşitli enzim aktivitelerini önleme özelliği gösterir. Ayrıca propolis ve bileşenleri nükleer transkripsiyon faktörü-kB (NF-kB) aktivasyonunun güçlü ve spesifik bir inhibitörüdür [9]. Propolisin antioksidan aktivitesi, oksidatif stres ürünlerinin artışı azaltabilmektedir. Özellikle endojen antioksidan sistemindeki süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz ve katalaz (CAT) enzimlerinin etkinliğini arttırmaktadır. Yapılan çalışmalarda propolisin oksidatif stres biomarkeri olan malondialdehit (MLA) konsantrasyonunu azalttığı gözlenmektedir [10]. CAPE kanser olmayan normal dokularda kemo-terapötik ilaçlara bağlı toksik etkiyi azaltabilir. Apoptoz yani programlanmış hücre ölümleri dahil olmak üzere çeşitli

mekanizmaları indükleyerek kemoterapötik ilaçların kanser hücrelerindeki toksitesini artırabilir. Laboratuvar ortamında yapılan deneysel bir çalışmada CAPE ve türevlerinin sentezi yapılarak kanser hücreleri üzerindeki etkisi ve mTOR aktivasyonu gözlenmiştir. mTOR, fosfatidilinositol 3-kinaz (PI3K) ilişkili protein kinaz ailesine ait bir serin/treonin kinazdır. mTOR başta hücre büyümesi, metabolizması ve proliferasyonu dâhil olmak üzere bir dizi hücre fonksiyonunun düzenlenmesinde ve hücre homeostazinin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Kanserde önemli olduğu saptanan temel yollarından biri de (PI3K) /AKT kinaz yarı iletim yoludur. Bu yolağın sıklıkla kanserde işleyişi bozulur ve bu yüzden de mTOR önemli bir anti-tümör hedef olmuştur. Sonuçlara bakıldığında, CAPE'in mTOR aktivasyonundan NF-kB ve PI3K'ye kadar çeşitli yarı yollarını, *in vitro* ve *in vivo* ortamda normal hücrelere karşı toksite olmadan düzenlediği bildirilmiştir [11, 12]. Yapılan çalışmalarda, propolisin antioksidan aktivitesinin serbest radikalleri yakalama özelliğine sahip olduğu ve bu sayede propolisin antioksidan potansiyelinin hücre içindeki mekanizmalarda etkili olduğu gösterilmiştir [13]. Yapılan çalışmalarda propolisin etanol özütlerinin antioksidan ve radyoprotektörler gibi davrandığı, dokunun rejenerasyonunu uyardığı ve immüno-modülatör özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Başka çalışmalarda da yanıkların, venöz ülserasyonların, süpüratif osteitin ve artiritin yanı sıra postoperatif yara komplikasyonlarının tedavisinde de propolisin antioksidan özelliğinden yararlandığı görülmektedir [14].

Anti-İnflamatuvar Etkisi

Propolis, miyeloperoksidaz (MPO), Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat (NADPH) oksidaz ve ornitin dekarboksilaz aktivitesi üzerinde anti-inflamatuvar etkilere sahiptir. Bu anti-inflamatuvar aktivite, aktif flavonoidlerin ve sinamik asit türevlerinin varlığına bağlıdır. Propoliste bulunan polifenollerin kan damarlarını stabilize ettiği ve güçlendirdiği görülmüştür. Yapılan çalışmaların doğrultusunda propolisin bileşiminde yer alan polifenolik bileşenler "kanama, ekimoz, varisli damarlar ve aterosklerozun tedavisi ve önlenmesi için kullanılabilir" sonucuna varılmıştır [15]. Yapılan *in vivo* çalışmalarda, romatoid artritli (eklem iltihabı) fareler üzerinde uygulanan propolis takviyesinin anti-inflamatuvar özelliğinin, prostoglandin sentezini önleyici etkisi sayesinde farelerde iyileşme gözlenmiştir. Propolis içerdiği yüksek miktarda polifenol içeriği ile kronik ve akut inflamasyon bulgularının azaltılmasında önemli rol oynamaktadır [16]. Propolisin vazo-protetik aktivitesi, bakır iyonlarının çelasyonu ile ilişkilidir. Bakır iyonları hiyaluronik asidi depolimerize eder ve elastini de hidrolize uğratar. Bunun sonucunda damar endotelini güçlendiren ve geçirgenliği azaltan bir enzim olan hiyalüronidazın inhibisyonuna neden olur. Böylece kan damarlarının geçirgenliği, katekol-o-metiltransferazın inaktivasyonu ile katekolaminlerin metabolizmasını önlemesi sonucu olarak, dolaylı da olsa azaltılır. Bu özelliği propolisin kalp ve tansiyon hastalarında alternatif ek bir tedavi olarak kullanılmasına imkân sağlamaktadır [17]. Polifenoller koroner dolaşım üzerinde de yararlı bir etki gösterir ve endotel nitrik oksit (NO) sentezinin

aktivitesi üzerinde olumlu bir etki yapar. Bu durum nitrik oksidin biyoyararlılığını artırarak vazodilatör bir etki sağlar ve hipertansiyonun önüne geçebilir. Yapılan son çalışmalarda propolis ve içerdiği flavonoidlerin anjiyotensin dönüştürücü enzimin (ACE) inhibisyonu, trombosit agregasyonunu ve tromboksan konsantrasyonunu azaltan vazodilatör bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir [18]. 2003 yılında yapılan bir çalışmada kuarsetin, kaempferol ve rhamnetin gibi propoliste bulunan bazı flavonoidlerin, sitoplazmada hücre zarları boyunca kalsiyumun taşınmasını engellediği; vazodilatasyona ve kan basıncının düşmesine neden olduğu kaydedilmiştir. Ek olarak propolis özütlerinin periton içi uygulaması ile tedavi edilen farelerde indüklenen kardiyomyopati durumlarında kalp koruyucu etkileri olduğu gözlemlenmiştir [19].

Kan Şekeri ve Kan Yağ Seviyesi Üzerinde Düzenleyici Etkisi

Literatürde propolis ile ilgili yapılan çalışmalara göre, propolisin en iyi bilinen özelliklerinden biri anti-diyabetik aktiviteye sahip olmasıdır. Bazı çalışmalarda, propolisin sulu özütlerinin, interlökin-1- β (IL-1- β) inhibisyonunu ve NO sentaz üretimini indükleyen streptozotisin toksisitesine karşı pankreas β -hücrelerini önlemesi üzerine bir etkiye sahip olduğu kanıtlanmıştır [20]. Sprague-Dawley fare türünde yapılan kontrollü deney çalışmasında propolis özütleri oral olarak uygulanmıştır. Sonuç olarak propolis verilen fare grubunun %38'inde kontrol grubuna göre kan şekerinde önemli ölçüde azalma gözlenmiştir [21]. 2014 yılında diyabetli fareler üzerinde yapılan bir çalışmada propolisin, yağ peroksidasyonu önleyici ve serbest radikal oluşumunu engelleyici etkisinin yanı sıra, kan şekeri ve kan yağ düzeylerini pozitif olarak düzenleyebileceği görülmüştür [22]. Ayrıca diyabet ve propolis üzerinde yapılan son çalışmalarda diyabet kalp hastalıkları üzerinde olumsuz etki yaratırken, propolisin içeriğindeki CAPE bileşeninin diyabetin yaratacağı oksidatif stresin önüne geçebileceği ve antioksidan özelliği sayesinde SOD ve CAT yollarını önleyerek, oksidatif stresi azalttığı gösterilmiştir [23]. 2007 yılında elde edilen sonuçları destekleyen bir diğer çalışmada fruktoz tüketen fareler üzerinde propolis tedavisinin anlamlı düzeyde plazma insülin seviyesini düşürdüğü gözlenmiştir. Ancak kan glukozu ve total kolesterol seviyesinde herhangi bir azalış kaydedilmemiştir. Araştırmada elde edilen bulgular propolisin insülin direnci gelişimini engelleyebileceği sonucunu göstermiştir [24]. 2010 yılında yapılan diğer bir çalışmada propolis ve anti-diyabetik etkisinin Hepg-2 geninin glukoneojenik enzim olan glukoz-6-fosfataz ekspresyonu ile aktivitesi mekanizmalar üzerinden gözlemlenmiştir. Propolisin glukoz-6-fosfatazın ekspresyonunu ve enzimatik aktivitesini önemli ölçüde azalttığını ve tip-2 diyabetin tedavisi için potansiyel bir anti-diyabetik ajan olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Çin ve Brezilya'da diyabetik fareler üzerinde yapılan çalışmalarda oral propolis takviyesinin kilo kaybına ve yüksek kan şekeri düzeylerinin düzenlenmesine destek olduğu görülmüştür [25]. Çin'de propolis ile tedavi edilen farelerde, tedavi edilmemiş diyabetik farelere kıyasla glikozitlenmiş hemoglobin seviyelerinde bir azalma

görülmüştür. Propolis verilen farelerde kan yağ düzey ölçümünde diyabetik fareler dislipidemi belirtileri göstermiştir. Ancak propolis ile tedavinin etkisinin toplam kolesterol seviyesini düşürdüğü gözlenmiştir [26].

Anti-Fungal ve Anti-Viral Etkisi

Propolisin antiviral özelliği özütlerinin; bitkiler (salatalık mosaik, tütün benek, tütün kangren gibi), hayvanlar ve insanlar üzerinde virüslerin neden olduğu enfeksiyonların gelişmesinde engelleyici etkisi olduğu gözlenmiştir. Propolis, *in vitro* deneysel ortamda influenza virüsüne (tip A) karşı öldürücü etki göstermekte, sulu propolis özütleri ise çiçek hastalığı virüsünün etkisini 15 dakika içinde büyük oranda azaltmaktadır [27]. Propolisin, aralarında herpes simplex virüs (tip 1 ve 2), adenovirus tip 2, kabarcıklı ağız iltihabı virüsü ve poliovirus (tip 2)'nin de bulunduğu çeşitli DNA ve RNA virüslerine karşı laboratuvar ortamında etkili olduğu bildirilmiştir [28]. İnsan sağlığı açısından, bal arısı propolisi solunum yolu hastalıkları, grip, sinüzit, otitis, larenjit, bronşit, bronşiyal astım, kronik pnömoni ve akciğer tüberkülozu tedavisinde kullanılmıştır. Diş hekimliği alanında da yaygın olarak kullanılmaya başlanan propolis, bakteri, mantar ve virüsler üzerine etkilidir. Ayrıca yara, ülser, proteze bağlı stomatitis, aftöz stomatitis, periodontitis, gingivitis, diş hassasiyeti ve çürükler üzerine kullanılmaktadır [29]. 2007 yılında Ferreira ve ark. [30] propolisin etanol özütlerinin bazı bakteri türleri arasından *Prevotella nigrescens*, *Fusobacterium nucleatum*, *Actinomyces israelii* ve *Clostridium perfringens* gibi anaerobik bakteriler ve *E. faecalis* üzerine anti-bakteriyal etkinliği üzerinde çalışmalar yapmıştır. Sonuçlarda propolis çözeltisinin tüm mikroorganizmalar üzerine etkili olduğu gözlenmiş ve anti-bakteriyal özelliği kanıtlanmıştır.

Nöroprotektif Etkisi

Propolis ve bileşenleri diğer beyin dokularında meydana gelen oksidatif stres tahribatını önleyebilir. Sinir sistemi organlarından beyin dokusunda gözlenen oksidatif stres akut ve kronik yaralanmalara neden olur ve nöronal hasarın patogeneğinde önemli bir rol oynar. Propolis ve türevleri antioksidan enzim aktivitelerini artırarak, yağ peroksidasyonunun oluşumunu azaltır. Serbest radikal oluşumunu önleyerek, radyasyona maruz kalan beyin dokusunda oksidatif stresi önlediği görülmektedir [31]. Fareler üzerinde yapılan klinik çalışmalarda propolisin bileşenlerinden olan pinosembirin maddesinin fare beynini hem *in vivo* hem de *in vitro* iskemi-reperfüzyonun neden olduğu oksidasyona ve apoptozise karşı koruduğu ileri sürülmüştür [32]. 2014 yılında pinosembirin maddesi verilen Alzheimer riski taşıyan transgenik farelerde yapılan deneysel bir çalışmada, deneklere her gün 40 mg/kg pinosembirin maddesi verilerek 12 hafta boyunca izlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; Alzheimer hastalığında oluşan amiloid plakların ana bileşeni olan amino asit peptidlerinde azalış ve oksidatif stresin koruyucu bileşenlerinden olan glutatyon ve SOD aktivitesinin arttığı gözlenmiştir [33]. Bunun yanında multipl skleroz, serebral arter tıkanıklık, Parkinson hastalığı, iskemi ve epilepsi gibi nörolojik hasta gruplarında propolisin antioksidan içeriğinin

kullanılması uygulanabilecek alternatif bir seçenektir. Dozunun ve etkinliğinin kesin olarak belirlenmesi için daha çok çalışmaya gereksinim vardır [34].

Yara Tedavisi Üzerindeki Etkisi

Propolis uygulamasının erken ve geç dönem yara iyileşmesinde önemli yeri olduğu görülmüştür. 2006 yılında yapılan çalışmada sekonder yanıklar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Farelerin sırtlarından biyopsiyle alınan doku örneklerinde çalışılan erken ve geç dönem yara iyileşmesi markerlarının immuno-histokimyasal verileri değerlendirilmiştir. Propolis uygulanan grupta büyüme faktörlerinden sadece fibroblast büyüme faktörü (FGF-2) ve vasküler endotelial büyüme faktöründe (VEGF) artış gözlenirken, kollajen tip-1 artışı ve MCP-1 düzeyindeki azalma da diğer gruplardakine benzer şekilde gözlenmiştir. Tüm gruplardan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, mezenkimal kök hücrelerin lokal propolis tedavisi ile beraber verildiği gruplarda iyileşmenin daha hızlı olduğu gözlenmiştir [35]. Diğer bir çalışmada 2003 yılında Wistar albino fareleri üzerinde oluşturulan insizyon yara modelinde propolisin etkisi incelenmiştir. Kontrol ve propolis verilen gruplar karşılaştırıldığında propolisin epitelizasyonu hızlandırıcı etkisinin bulunduğu ve yara iyileşmesini hızlandırdığı belirlenmiştir [36].

Bağışıklık Sistemi Üzerine Etkisi

Propolis içeriğindeki aktif merkez bileşeni CAPE ve diğer polifenoller sayesinde antioksidan özelliği olduğu bilinmektedir. Antioksidan sığasının yüksek oluşu ile bağışıklık sistemi üzerine olumlu etkilerini içeren birçok kontrollü-deney çalışması yapılmıştır. Özellikle propolisin bağışıklık sistem destekleyici özelliği yara bakımı üzerinde yapılan çalışmalarda belirgin şekilde kanıtlanmıştır. Yapılan çalışmalarda gözlemediği gibi propolis doğal bağışıklığı uyarmakta ve bu özelliği fagositlerin ve lenfositlerin, özellikle de T lenfositlerin uyarılması şeklindedir. Bu uyarı sonucunda, örneğin sennamik asit gibi bazı fenolik bileşikler IL-1, IL-6 and IL-8 sitokinlerin, artepillin C ise IL-12 sitokininin salınmasını uyarır; ayrıca interferon γ (IFN- γ) üretimini de arttırmaktadır. Propolis kullanımında fagositlerin IFN- γ etkisine daha hassas olduğu ve daha çok fagositin etkin hale geldiği görülmektedir. Ancak bu etkisinin propolisin yüksek dozlarında görülemeyebileceği; yüksek dozlarının özellikle B lenfositlerin çoğalmasını azaltarak, bağışıklık sisteminin direncini düşürebildiği bildirilmektedir [37]. Yapılan çalışmalar incelendiğinde birçok doku ve organ düzeyinde çalışma görülmektedir. Yaraların iyileşmesinde sitokin üretimi ve salınımı büyük önem taşımaktadır. 2013 yılında yapılan bir çalışma, bal uygulanan yaralarda, kontrol gruplarına göre daha fazla proinflatuvar sitokin salınımının (Tümör nekroz faktör- alfa (TNF- α), IL-1 β , interlökin-6 (IL-6)) uyarıldığını göstermiştir. Ayrıca, hücre kültüründe yapılan çalışmalarda, B ve T lenfositlerinin uyarılmasında propolisin önemli rol oynadığı gözlenmiştir [38]. Araştırmalarda ek olarak deney grubundaki hastalarda prostaglandin sentezinin de azaldığı ve propolisin bu etkisinin zamanla arttığı gösterilmiştir. Propolisin, prostaglandinlerin T ve B

lenfositlerinin etkinliğini baskıladığı, antikor üretimini azalttığı ve immün cevabı önlediği bilindiğinden, prostaglandinin etkisini engelleyemesiyle immün cevabı tetikleyebildiği belirlenmiştir. Prostaglandin inhibisyonunun hem COX-1 hem de COX-2 üzerinden olduğu düşünülmektedir. Ek olarak yapılan çalışmalarda, NO çok önemli bir immün-mediator olduğundan, yara yerinde ve serumdaki değişimleri immün-aracılı birçok yolağa ya da mekanizmaya etki gösterebilir [39]. Propolis ve bal ürünlerinin bağışıklık sistemi üzerinde yapısında bulunan NO kaynaklı vazodilatör etkisine bağlı olarak gösterdiği kan dolaşımının regülasyonunu desteklemesinin yanında reaktif oksidatif stres mekanizmasında da rolü olduğu düşünülmektedir.

Bağırsak Sağlığı Üzerindeki Etkisi

Propolis içeriğindeki polifenoller bağırsak florasındaki patojenik bakteri oluşumunu önleyebilir. Alkhalidy ve ark. [40] tarafından yapılan randomize kontrollü çalışma propolisin *Clostridium*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacteriosides* bakterilerinin patojen türlerinin gastrointestinal sistemde oluşumunu önlediğini göstermiştir. Yapılan çalışmada ek olarak propolisin bağırsak duvarındaki patojen bakteri adezyonunu önlediği ve doğal bağışıklık sistemi hücrelerinden doğal öldürücü (natural killer- NK) hücrelerin aktivitesini arttırdığı rapor edilmiştir. Haddin ve ark. [41] tarafından yapılan çalışmada ortamda az miktarda *Bifobacterium* bakteri türlerinin bulunması ve propolis eklenmesinin kısa zincirli yağ asitlerinin oluşumunu arttırdığı gözlenmiştir. Bunun sonucunda propolisin probiyotik özellik gösterdiği, ancak daha fazla çalışma gerektiği rapor edilmiştir. Propolisin bağırsak sağlığını destekleme potansiyeli olsa da, araştırma başlangıç aşamasındadır ve klinik olarak önermeden önce daha fazla araştırma gerektirir [42].

PROPOLİS ve TÜKETİM DOZU

Propolis ve önerilen dozu ile ilgili araştırmalar halen devam etmekte olup, şu ana kadar elde edilen bilgiler deneysel düzeydedir. Yapılan hayvan deneylerinde ve genel olarak gözlenen sağlıklı insanlarda güvenilir dozun 70 mg/gün olduğu rapor edilmiştir [43]. Ancak bazı çalışmalar propolisin yapısındaki ana flavonoidi pinosebrin içeriğinin günlük 150 mg verilmesini güvenilir olarak bulmaktadır [44]. Fare deneylerinde ortalama öldürücü dozun ise 7,34 g/kg (LD 50) olduğu ve genel olarak ticari propolis ürünlerinin güvenilir düzeyde olduğu gözlenmektedir [43, 45]. Doz ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda hastalığa özgü bilgiler rapor edilmiştir. Özellikle diş ve ağız sağlığı ile ilgili oral ve ağız gargarları konusunda klinik çalışmalarda önemli sonuçlara varılmıştır [46]. Ayrıca solunum yolları ve boğaz ağrısını önlemek amacıyla yapılan çalışmalarda doz konusunda aydınlatıcı veriler elde edilmiştir. 2004 yılında yapılan randomize-kontrollü klinik çalışmasında solunum yolları enfeksiyonunu önlemek amacıyla 1-3 ve 4-5 yaş aralığındaki çocuklara sırasıyla 5 ve 7,5 ml kadar 50 mg propolis ekli sulu çözelti (C vitamini ve ekinezya ekli) 12 hafta boyunca verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında propolisin soğuk algınlığı ve solunum yolu

enfeksiyonları üzerinde %62 oranında tedavi edici etkisinin olduğu gözlenmiştir [47]. 2017 yapılan ufak çaplı pilot çalışmada propolisin, *Helicobacter pylori* üzerindeki anti-bakteriyel özelliğini ölçmek üzere 20 damla etanolik prepatlı brazyl yeşili propolis günde üç defa olmak üzere 18 hastaya 7 gün boyunca denenmiştir. Etkili bir sonuç gözlenememesine karşılık; *in vitro* deney modellerinde aynı yöntemle bakteriyel büyümenin önüne geçildiği gözlemlenmiştir [48]. Aynı yıl içerisinde yapılan diğer bir çalışmada Tip-2 diyabetli bireyler üzerinde 300 mg propolis ilaveli tablet formları günde üç defa 12 hafta boyunca uygulanmıştır. Sonuçlara bakıldığında açlık kan şekeri ve HbA1c seviyelerinde ve kan yağ düzeylerinde anlamlı düzeyde düşüş kaydedilmiştir [49]. Hamileler ve emzirenler üzerindeki etkin ve güvenilir günlük dozu ile ilgili kesin bir sonuca varılamamıştır [50].

İLAÇ ETKİLEŞİMİ

Propolis ve ilaç etkileşimi ile ilgili yapılan klinik çalışmalar sınırlı sayıdadır. 2009 yılında yapılan Ehrlich karsinomalı 128 fare üzerinde kullanılan propolis ve rutin aldıkları ilaçların bileşiminde bulunan bleomisin bileşeninin etkileşimi gözlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında propolis ve bleomisin maddesinin etkileştiği ve bundan dolayı farelerin yaşam süresinin azaldığı kaydedilmiştir [51].

PROPOLİSİN YAN ETKİSİ

İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalar üzerinde yan etkisi üzerine herhangi bir semptomla rastlanılmamıştır [52]. Ayrıca arılar için yapılan deneylerde de arılar için propolisin detoksifikasyonu indükleyici ve arı mortalitesini azalttığına dair çalışmalar gözlenmiştir. Astım hastaları üzerinde yapılan bazı propolis öncülü çalışmalarında olumlu etkisi gözlenirken, genel popülasyonun dışında kişi bazında bakıldığında nefes darlığı ya da kaşıntıya sebep olabildiğine dair çalışmalar mevcuttur [53]. Propolis bazı kozmetik ürünlerinin bileşiminde yer almaktadır. 2015 yılında yapılan vaka çalışmasında 69 yaşında bir kadın hasta üzerinde bal ilaveli ve %10 propolis ekli kozmetik ürününün kullanımıyla egzama gözlenmiş, ancak vaka sunumunun öncesi hastanın önceden alerjik dermatitisinin olduğu belirtilmiştir. Bunun sonucunda alerjik bireylerde kullanımında öncelikli olarak az dozların test edilmesinin önemi vurgulanmıştır [54]. Genellikle yapılan klinik çalışmaların ortak sonucunda propolisin yan etkisinin 15 g üzerinde günlük alımında gözlemlendiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca damla şeklinde kullanılan propoliste günde 20 damlaya kadar üç kez alımında 7 gün içinde bazı hastalarda orta şiddette mide bulantısı ve epigastrik ağrı tespit edilmiştir [55].

PROPOLİS ve TOKSİK ETKİSİ

Propolis ve toksik etkisini açıklayan araştırmalar oldukça yetersizdir. Ancak fareler üzerinde yapılan deneyler sonucunda ortalama olarak toksik dozu 2-7,3 g/kg olarak belirlenirken insanlar üzerindeki tahmini toksik dozu tam olarak belirlenememiştir. John ve ark. [56] tarafından yapılan çalışma sonucunda insanlarda toksik

etkisinin bulunmadığı güvenilir doz olarak tanımlanan 70 mg/kg günlük olacak şekilde kullanılmasının uygun olabileceği bulunmuştur.

SONUÇLAR

Propolis, arıların farklı bitkisel salgılardan ürettikleri, kovanlarını korumak için kullandıkları kuvvetli yapıştırıcı özelliğe sahip reçinemsî bir maddedir. Propolis içerdiği fenolik ve flavonoid bileşenler sayesinde antibakteriyel, antifungal, antiviral, antiprotozoa, lokal anestetik, anti inflamatuvar ve bağışıklığı uyarıcı gibi çok farklı biyolojik ve farmakolojik özelliklere sahiptir [49]. Yapısındaki CAPE, apigenin ve triterpenes bileşenlerinin Alzheimer, inflamatuvar hastalıklar, diyabet, hipertansiyon, obezite ve kanser gibi hastalıklarda etkinliğini gösteren onkojenik kinaz PAK-1 blokerini önlediği gözlenmiştir [54]. Bağışıklık sistemiyle ilgili mekanizması tam netlik kazanmasada yapılan çalışmalarda proinflamatuvar sitokin salınımı TNF- α , IL-1 β , IL-6 uyardığını göstermiştir. Bununla beraber NO çok önemli bir immün-mediatör olduğundan, yara yerinde ve serumdaki değişimleri immün-aracılı birçok yolak ya da mekanizmada etki gösterebilmektedir. Propolis üzerine yapılan çalışmalarda bulunan herhangi bir yan etkisi olmamakla birlikte arı ürünlerine alerjisi olan bazı kişilerde alerjik reaksiyonlara neden olabileceği düşünülmektedir. Bundan dolayı az miktarda test edilerek kullanımı uygun olacaktır. Ayrıca ham propolis kullanılmadan önce mutlaka saflaştırılmalıdır ve kullanım dozuna da dikkat edilmesi gerekir. Günümüzde propolis yaygın olarak kullanılan bir gıda takviyesi olarak kapsül, krem ve toz halinde bulunabilmektedir. Piyasada bulunan tüm propolis ürünlerinin belirli bir standart üzerinden halka sunulmaktadır. Güvenilirlik ve ürünün içeriği ilgili kuruluşlar tarafınca denetlenmektedir. Ancak unutulmamalıdır ki propolis beslenmede enerji verici ya da tek başına besin kaynağı olarak kullanılmaz. Sağlıklı beslenme programlarına dahil edilebilir. Propolisin bağışıklık sistemi üzerine etkisi ve insan sağlığına faydaları üzerine yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Gelecek dönemlerde daha fazla çalışma yapılması, propolis kullanımının insan sağlığına etkisine, bağışıklık sistemi üzerindeki etkinlik mekanizmasının çözülmesine ve önerilen günlük dozunun belirlenmesine ışık tutacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Al-Hariri, M.T. (2011). Propolis and its direct and indirect hypoglycemic effect. *Journal Family Community Medicine*, 18(3), 152-154.
- [2] 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(1), 1695-1703.
- [3] Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez J.A. (2008). Functional properties of honey, propolis, and royal jelly. *Journal of Food Sciences*, 73(9), 117-124.
- [4] Gómez-Caravaca, A., Gómez-Romero, M., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A., Fernández-

- Gutiérrez, A. (2006). Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41(4), 1220-1234.
- [5] Huang, S., Zhang, C.-P., Wang, K., Li, G.Q., Hu, F.L. (2014). Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules*, 19(12), 19610-19632.
- [6] Li, A., Xuan, H., Sun, A., Liu, R., Cui, J. (2016). Preparative separation of polyphenols from water-soluble fraction of Chinese propolis using macroporous absorptive resin coupled with preparative high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography. B, Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 1012-1013, 42-49.
- [7] Türkiye Arı Yetiştiricileri Merkez Birliği (TAB). (2020). <http://www.tab.org.tr/propolis> Erişim tarihi: 24.04.2020.
- [8] Olszewska, M. (2003). Flavonoids and their use in therapy. *Farmacja Polska*, 59(1), 391-402.
- [9] Doğan, N., Hayoğlu, İ. (2012). Propolis ve kullanım alanları. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 16(3), 39-48.
- [10] Park, Y.K., Alencar, S.M., Aguiar, C.L. (2002). Botanical origin and chemical composition of Brazilian propolis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(9), 2502-2506.
- [11] Lotfy, M. (2006). Biological activity of bee propolis in health and disease. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 7(1), 22-31.
- [12] Cho, M.S., Park, W.S., Jung, W.K., Qian, Z.J., Lee, D.S., Choi, J.S., Lee, D.Y., Park, S.G., Seo, S.K., Kim, H.J., Won, J.Y., Yu, B.C., Choi, I.W. (2014). Caffeic acid phenethyl ester promotes anti-inflammatory effects by inhibiting MAPK and NF- κ B signaling in activated HMC-1 human mast cells. *Pharmaceutical Biology*, 52(7), 926-932.
- [13] Anjaly, K., Tiku, A.B. (2018). Radio-Modulatory Potential of Caffeic Acid Phenethyl Ester: A Therapeutic Perspective. *Anti-cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 18(4), 468-475.
- [14] Volpi, N. (2004). Separation of flavonoids and phenolic acids from propolis by capillary zone electrophoresis. *Electrophoresis*, 25(12), 1872-1878.
- [15] Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J.A. (2008). Functional properties of honey, propolis, and royal jelly. *Journal of Food Science*, 73(9), 117-124.
- [16] Saad, M.A., Abdel Salam, R.M., Kenawy, S.A., Attia, A.S. (2015). Pinocembrin attenuates hippocampal inflammation, oxidative perturbations and apoptosis in a rat model of global cerebral ischemia reperfusion. *Pharmacological Reports*, 67(1), 115-122.
- [17] Woo, K.J., Jeong, Y.J., Inoue, H., Park, J.W., Kwon, T.K. (2005). Chrysin suppresses lipopolysaccharide-induced cyclooxygenase-2 expression through the inhibition of nuclear factor for IL-6 (NF-IL6) DNA-binding activity. *FEBS Letters*, 579(3), 705-711.
- [18] Choo, Y.K., Kang, H.Y., Lim, S.H. (2008). Cardiac problems in mad-honey intoxication. *Circulation journal: Official Journal of the Japanese Circulation Society*, 72(7), 1210-1211.
- [19] Braakhuis, A. (2019). Evidence on the health benefits of supplemental propolis. *Nutrients*, 11(11), 2705.
- [20] Matsui, T., Ebuchi, S., Fujise, T., Abesundara, K.J., Doi, S., Yamada, H., Matsumoto, K. (2004). Strong antihyperglycemic effects of watersoluble fraction of Brazilian propolis and its bioactive constituent, 3,4,5-tricaffeoylequinic acid. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 27(11), 1797-1803.
- [21] Afsharpour, F., Javadi, M., Hashemipour, S., Koushan, Y., Haghghighian, H.K. (2019). Propolis supplementation improves glycemic and antioxidant status in patients with type 2 diabetes: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Complementary Therapies in Medicine*, 43, 283-288.
- [22] Kang, L.J., Lee, H.B., Bae, H.J., Lee, S.G. (2010). Antidiabetic effect of propolis: reduction of expression of glucose-6-phosphatase through inhibition of Y279 and Y216 autophosphorylation of GSK-3 α/β in HepG2 cells. *Phytotherapy Research*, 24(1), 1554-1561.
- [23] Okutan, H., Ozcelik, N., Yilmaz, H.R., Uz, E. (2005). Effects of caffeic acid phenethyl ester on lipid peroxidation and antioxidant enzymes in diabetic rat heart. *Clinical Biochemistry*, 38(2), 191-196.
- [24] Lee K.W., Chun K.S., Lee J.S., Kang K.S., Surh Y.J., Lee H.J. (2004). Inhibition of cyclooxygenase-2 expression and restoration of gap junction intercellular communication in H-ras-transformed rat liver epithelial cells by caffeic acid phenethyl ester. *Annals of New York Academy Science*, 1030, 501-507.
- [25] Cho, M.J., Howard, L.R., Prior, R.L., Clark, J.R. (2004). Flavonoid glycosides and antioxidant capacity of various blackberry, blueberry and red grape genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(13), 771-1782.
- [26] Fuliang, H., Hepburn, H.R., Xuan, H., Chen, M., Daya, S., Radloff, S.E. (2005). Effects of propolis on blood glucose, blood lipid and free radicals in rats with diabetes mellitus. *Pharmacological Research*, 51(2), 147-152.
- [27] Kwon, Y.S., Park, D.H., Shin, E.J., Kwon, M.S., Ko, K.H., Kim, W.K., Jhoo, J.H., Jhoo, W.K., Wie, M.B., Jung, B.D., Kim, H.C. (2004). Antioxidant propolis attenuates kainate-induced neurotoxicity via adenosine A1 receptor modulation in the rat. *Neuroscience Letters*, 355(3), 231-235.
- [28] Meng, F., Liu, R., Gao, M., Wang, Y., Yu, X., Xuan, Z., Sun, J., Yang, F., Wu, C., Du, G. (2011). Pinocembrin attenuates blood-brain barrier injury induced by global cerebral ischemia-reperfusion in rats. *Brain Research*, 1391, 93-101.
- [29] Liu, R., Li, J.Z., Song, J.K., Zhou, D., Huang, C., Bai, X.Y., Xie, T., Zhang, X., Li, Y.J., Wu, C.X., Zhang, L., Li, L., Zhang, T.T., Du, G.H. (2014). Pinocembrin improves cognition and protects the

- neurovascular unit in Alzheimer related deficits. *Neurobiology of Aging*, 35(6),1275-1285.
- [30] Alkis, H.E., Kuzhan, A., Dirier, A.,Tarakcioglu, M., Demir, E., Saricicek, E.,Demir, T., Ahlatci,A., Demirci, A.,Cinar, K. (2015). Neuroprotective effects of propolis and caffeic acid phenethyl ester (CAPE) on the radiation-injured brain tissue. *International Journal of Radiation Research*, 13(4), 297-303.
- [31] AL-Waili, N., Al Ghamdi, A., Ansari, M.J., Al-Attal, Y., Al-Mubarak, A., Salom, K. (2013). Differences in composition of honey samples and their impact on the antimicrobial activities against drug multiresistant bacteria and pathogenic fungi. *Archives of Medical Research*, 44(4), 307-316.
- [32] Gao, W., Wu, J., Wei, J., Pu, L., Guo, C., Yang, J., Yang, M., Luo, H. (2014). Brazilian green propolis improves immune function in aged mice. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 55(1), 7-10.
- [33] Nakajima, Y., Shimazawa, M., Mishima, S., Hara, H. (2009). Neuroprotective effects of Brazilian green propolis and its main constituents against oxygen-glucose deprivation stress, with a gene-expression analysis. *Phytotherapy Research*, 23(10), 1431-1438.
- [34] Braakhuis A. (2019). Evidence on the health benefits of supplemental propolis. *Nutrients*, 11(11), 2705.
- [35] Batista, L.L.V., Campesatto, E.A., Assis, M.L.B., Barbosa, A.P.F., Grillo, L.A.M., Dornelas, C.B. (2012). Comparative study of topical green and red propolis in the repair of wounds induced in rats. *Journal of the Brazilian College of Surgeons*, 39(6), 515-520.
- [36] Baktır, G. (2011). Yara iyileşmesi ve deneysel yara modelleri. *Experimed*, 9(3), 130-137.
- [37] Stewart, J.A., McGrane, O.L., Wedmore, I.S. (2014). Wound care in the wilderness: is there evidence for honey? *Wilderness Environmental Medicine*, 25(1), 103-110.
- [38] Tolba, M.F., Azab, S.S., Khalifa, A. E., Abdel-Rahman, S.Z., Abdel-Naim, A.B. (2013). Caffeic acid phenethyl ester, a promising component of propolis with a plethora of biological activities: a review on its anti-inflammatory, neuroprotective, hepatoprotective, and cardioprotective effects. *IUBMB Life*, 65(8), 699-709.
- [39] Swamy, M., Suhaili, D., Sirajudeen, K.N., Mustapha, Z., Govindasamy, C. (2014). Propolis ameliorates tumor necrosis factor- α , nitric oxide levels, caspase-3 and nitric oxide synthase activities in kainic acid mediated excitotoxicity in rat brain. *African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines*, 11(5), 48-53.
- [40] Alkhalidy, A., Edwards, C.A., Combet, E. (2019). The urinary phenolic acid profile varies between younger and older adults after a polyphenol-rich meal despite limited differences in in vitro colonic catabolism. *European Journal of Nutrition*, 58(3), 1095-1111.
- [41] Haddadin, M., Nazer, I., Jamal, S., Raddad, A., Robinson, R. (2008). Effect of propolis on two bacterial species with probiotic potential. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(2), 391-394.
- [42] Wang, K., Jin, X., Chen, Y., Song, Z., Jiang, X., Hu, F. (2016). Polyphenol-rich propolis extracts strengthen intestinal barrier function by activating AMP-K and ER-K signaling. *Nutrients*, 8(5), 272.
- [43] Kanbur, M., Erarslan, G., Silici, S. (2009). Antioxidant effect of propolis against exposure to propetamphos in rats. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(3), 909-915.
- [44] Silva, R., Andrade, V., Rego, E., Doria, G., Lima, B., Silva, F.(2015). Acute and sub-acute oral toxicity of Brazilian red propolis in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 170, 66-71.
- [45] Koo, H., Cury, J.A., Rosalen, P.L., Ambrosano, G.M., Ikegaki, M., Park, Y.K. (2002). Effect of a mouthrinse containing selected propolis on 3-day dental plaque accumulation and polysaccharide formation. *Caries Research*, 36(6), 445-448.
- [46] Feres, M., Figueiredo, L.C., Barreto, I.M., Coelho, M.H., Araujo, M.W., Cortelli, S.C. (2005). In vitro antimicrobial activity of plant extracts and propolis in saliva samples of healthy and periodontally-involved subjects. *Journal of the International Academy of Periodontology*, 7(3), 90-96.
- [47] Cohen, H.A., Varsano, I., Kahan, E., Sarrell, E.M., Uziel, Y. (2004). Effectiveness of an herbal preparation containing echinacea, propolis, and vitamin C in preventing respiratory tract infections in children: a randomized, double-blind, placebo-controlled, multicenter study. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 158(3), 217-221.
- [48] Samadi, N., Mozaffari-Khosravi, H., Rahmadian, M., Askarishahi, M. (2017). Effects of bee propolis supplementation on glycemic control, lipid profile and insulin resistance indices in patients with type 2 diabetes: a randomized, double-blind clinical trial. *Journal of Integrative Medicine*, 15(2), 124-134.
- [49] Coelho, L.G., Bastos, E.M., Resende, C.C., Paula e Silva, C.M., Fernandes Sanches, B.S., José de Castro, F., Moretzsohn, L.D., Luiz dos Santos Vieira, W., Trindade, O.R. (2007). Brazilian green propolis on *Helicobacter pylori* infection. a pilot clinical study. *Helicobacteria*, 12(5), 572-574.
- [50] Ernst, E. (2002). Herbal medicinal products during pregnancy: are they safe? *BJOG*, 109(3), 227-235.11950176.
- [51] Sawaya, A.C.F. (2009). Composition and antioxidant activity of propolis from three species of Scaptotrigona stingless bees. *Journal of Apiprodukt and Apimedical Science*, 1(2), 37-42.
- [52] Campos, J.F., dos Santos, U.P., Macorini, L.F., de Melo, A.M., Balestieri, J.B., Paredes-Gamero, E.J., Cardoso, C.A., de Picoli Souza, K., dos Santos, E.L. (2014). Antimicrobial, antioxidant and cytotoxic activities of propolis from *Melipona orbignyi* (Hymenoptera, Apidae). *Food and Chemical Toxicology*, 65, 374-380.
- [53] Khayyal, M.T., el-Ghazaly, M.A., el-Khatib, A.S., Hatem, A.M., de Vries, P.J., el-Shafei, S., Khattab, M.M. (2003). A clinical pharmacological study of the potential beneficial effects of a propolis food product as an adjuvant in asthmatic patients.

Fundamental of Clinical Pharmacology, 17(1), 93-102.

- [54] Burdock, G.A.(1998). Review of the biological properties and toxicity of bee propolis. *Food Chemistry Toxicology*, 36(4), 347-363.
- [55] Barbarić, M., Mišković, K., Bojić, M. (2011). Chemical composition of the ethanolic propolis extracts and its effect on HeLa cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 135(3), 772-778.
- [56] Abd-El-Rhman, A.M. (2009). Antagonism of *Aeromonas hydrophila* by propolis and its effect on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish and Shellfish Immunology*, 27(3), 454-459.
- [57] Banskota, A.H., Nagaoka, T., Sumioka, L.Y., Tezuka, Y., Awale, S., Midorikawa, K., Matsushige, K., Kadota, S. (2002). Antiproliferative activity of the Netherlands propolis and its active principles in cancer cell lines. *Journal of Ethnopharmacology*, 80(1), 67-73.
-

Popüler Diyet Akımlarının Vücut Ağırlığı ve Sağlık Üzerine Etkileri

Sefa Can Küçük , Artun Yıbar  ✉

Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 16059, Görükle, Bursa

Geliş Tarihi (Received): 14.07.2019, Kabul Tarihi (Accepted): 14.02.2021

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): sefa_can_kucuk@hotmail.com (S.C. Küçük)

☎ 0 224 294 1359 📠 0 224 441 1714

ÖZ

Obezite, küresel boyutta önemli bir halk sağlığı sorunudur. Hafif şişmanlık ve obezite; kardiyovasküler hastalıklar ve tip 2 diyabet başta olmak üzere kısa ve uzun süreli sağlık sorunlarına zemin hazırlayarak morbidite ve mortalite oranını arttırmaktadır. Dünyadaki birçok kişi vücut ağırlığını azaltmak veya korumak için çeşitli diyetler yapmaktadır. Ancak, insanlar daha hızlı zayıflamanın yolları ile daha yakından ilgilenmektedir. İnsanların estetik kaygılarını, daha az çaba ile daha iyi görünme ve daha iyi hissetme zaafalarını bilen kişilerce popüler diyetler ön plana çıkmaktadır. Bu derlemede, güncel literatür eşliğinde popüler diyet uygulamalarının kısa ve uzun dönemdeki vücut ağırlığı ve sağlık üzerine olası etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Popüler diyetler, Detoks diyeti, Glutensiz diyet, Ketojenik diyet, Aralıklı oruç diyeti

Effect of Popular Diet Trends on Body Weight and Health

ABSTRACT

Obesity is an important public health problem on a global scale. Overweight and obesity increase the morbidity and mortality rates leading up to short and long-term health problems, especially cardiovascular diseases and type 2 diabetes. However, people are more interested in techniques to lose weight faster. At the same time, people are looking for ways to lose weight more quickly. Popular diets come to the forefront by people who know the aesthetic concerns of people, the weaknesses of good-looking and feeling better with less effort. In this review, it is aimed to evaluate the possible effects of popular dietary practices on short and long-term body weight and health in the light of current literature.

Keywords: Popular diets, Detox diet, Gluten-free diet, Ketogenic diet, Intermittent fasting diet

GİRİŞ

Obezite, küresel boyutta önemli bir halk sağlığı sorunudur. Fazla kiloluluk ve obezite; metabolik [1], kardiyovasküler [2], ortopedik [3] ve psikiyatrik [4] sorunlara yol açabilir ve erken ölüme katkıda bulunabilir [1]. Optimal beslenme, daha iyi sağlık ve refah için ve kronik hastalıklarda dahil olmak üzere beslenme ile ilişkili sağlık durumlarının riskini azaltmak için önemlidir [5]. Türkiye’de Sağlık Bakanlığı, Türkiye Beslenme Rehberi’ni (TÜBER) kanıta dayalı bilimsel verilere dayanarak beslenme ile ilişkili hastalıkların önlenmesini,

bireylerin sağlıklı beslenmesini ve toplumun sağlıklı olmasını sağlamak için yayımlamaktadır [6]. Ancak obezite, dünyada ve ülkemizde sıklığı giderek artan bir sorun olmaya devam etmektedir [7, 8]. Dünyadaki birçok kişi vücut ağırlığını azaltmak veya korumak için çeşitli diyetler yapmakla birlikte daha hızlı zayıflamanın yolları ile daha yakından ilgilenmektedir [9]. İnternette sağlık ve beslenme bilgisi arayışı yaygın bir olgudur. Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre, yetişkinlerin yaklaşık %60’ının internetten sağlık bilgisi araştırması yapmakta olduğu bildirilmiştir [10]. İnternetteki diyet, beslenme, vitaminler

ve besin destekleri ile ilgili bilgiler, insanların interneti kullanmasının en yaygın nedenlerinden biri olarak bildirilmiştir [11]. Ayrıca, insanların estetik kaygılarını, minimum çaba ile daha iyi görünme ve daha iyi hissetme zaafalarını bilen kişilerce, sağlığa yararlı olduğu iddia edilen ancak bilimsel dayanağı olmayan popüler diyetler ticari amaçlarla piyasaya sürülmektedir [12]. Beslenme rehberleri titiz bir çalışma ile bilimsel verilere dayandırılarak hazırlanmasına rağmen yapılan bir çalışmada, katılımcıların birçoğu beslenme rehberlerinin kafa karıştırıcı olduğunu belirtmektedir [13]. Bu karışıklık, çelişkili ve değişen beslenme bilgilerine maruz kalmakla daha da artmaktadır. Beslenme bilimindeki kanıtların sürekli gelişme halinde olması ve medyada yer alan yanlış beslenme bilgileri, “bilimin değişmeye devam ettiği” algısına katkıda bulunmaktadır [5].

Bu derlemede, güncel literatür eşliğinde popüler diyet uygulamalarının kısa ve uzun dönemdeki vücut ağırlığı ve sağlık üzerine olası etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

SEBZE-MEYVE SUYU ve DETOKS DİYETLERİ

Küresel sanayileşme, maruz kaldığımız kimyasalların sayısında belirgin bir artışa neden olmaktadır. Bazı

kimyasallar, doza bağlı olarak belirli bir süre maruziyet sonucunda hedef organda toksik etki gösterebilir [14]. Örneğin, kalıcı organik kirleticiler (KOK), yağ içeren dokularda birikerek sağlık üzerinde zararlı etkilere neden olan endüstriyel kimyasallardır [15]. KOK'lara kıyasla ftalatlar ve bisfenol A (BPA) insanlarda nispeten kısa yarılanma ömrüne sahiptir. Kısa yarılanma ömrü olmasına rağmen bu kimyasallar, kozmetikler, kişisel bakım ürünleri, deterjanlar, oyuncaklar, plastik şişeler gibi günlük hayatta yoğun olarak kullanılan ürünlerde yer aldığından dolayı insanlar ömürleri boyunca bu kimyasallar ile karşılaşabilmektedir [16, 17].

Detoksifikasyon veya detoks diyetleri, vücuttaki toksinleri ortadan kaldırmak, sağlığı korumak ve vücut ağırlığı kaybına yardımcı olmak için tasarlanmış kısa süreli müdahalelerdir. Detoks diyetleri kapsamında “toksin” terimi; çevre kirliliğine yol açan maddeleri, sentetik kimyasalları, ağır metalleri, işlenmiş gıdaları ve modern yaşamın diğer potansiyel zararlı ürünlerini kapsamaktadır. Detoksifikasyon idrar, dışkı, sebum ve ter yoluyla beden kimyasal maddeleri ve metabolitlerini attığı bir süreçtir. Yaygın olarak bilinen bazı detoks diyetleri Tablo 1’de gösterilmiştir [18].

Tablo 1. Yaygın olarak bilinen bazı detoks diyetleri [18]

Table 1. Some commonly known detox diets [18]

Detoks Diyeti	Diyet Planı	Diyet Süresi	Belirtilen Faydalar
The Master Cleanse diyeti/ Limonlu detoks diyeti	Yemeklerin yerini limon suyu, arıtılmış su, acı biber ve akçaağaç şurubu içeren bir içeceklerle değiştiren bir programdır. Deniz tuzundan oluşan tuzlu su karışımı ve bitkisel laksatif çaylar da tüketilmektedir.	10 gün	Toksinlerin atılması, ağırlık kaybı, parlak cilt, parlak saçlar, güçlü tırnaklar
Karaciğer temizleme diyeti	Katılımcılar diyet süresi boyunca çoğunlukla sebze, yüksek lifli, az yağlı, süt içermeyen, minimum işlenmiş yiyecekleri tüketirler. Karaciğer tonikleri ve Epsom tuzu da diyetle dahil edilebilir.	8 hafta	Geliştirilmiş karaciğer fonksiyonu, enerji artışı, toksinlerin uzaklaştırılması, inflamasyon ve dejeneratif hastalıkların azaltılması, daha iyi bağışıklık fonksiyonu, etkin yağ metabolizması ve ağırlık kontrolü
Martha'nın vineyard detoks diyeti®	Katılımcılar diyet süresi boyunca sebze ve meyve suyu, sebze çorbası, bitki çayı, özel formüle edilmiş toz karışımı, enzim tabletlerinin yer aldığı bir programı uygular.	21 gün	Ağırlık kaybı, toksinlerin uzaklaştırılması ve zindelik artışı
Clean cleanse diyeti®	Katılımcıların kahvaltısı ve akşam yemeği için “arındırıcı karışımlar”, “arındırıcı takviyeler” ve probiyotik kapsülleri kullanmasını sağlayan bir programdır. Öğle yemeği süt, gluten, işlenmiş şeker, soya, mısır, sığır eti, domuz eti ve bazı meyve ve sebzeleri içermemesi gereken katı bir yemektir.	21 gün	Şişkinlik, kabızlık, baş ağrısı ve eklem ağrılarında azalma ile toksinlerin uzaklaştırılması, iyileşmiş cilt, uyku, sindirim, enerji ve zihinsel berraklık
Dr. Öz'ün 48 saatlik hafta sonu diyeti	Katılımcılar, menüde kinoa, sebze, meyve suları ve smoothieler, sebze çorbası ve karahindiba kökü çayının olduğu bir program uygular.	48 saat	Toksinlerin uzaklaştırılması ve karaciğer, böbrek ve kolon fonksiyonlarının iyileştirilmesi
BluePrint cleanse diyeti®	Katılımcıların her gün önceden hazırlanmış sebze ve meyve sularını içerek geçirdiği bir programdır.	3 gün	Toksinlerin uzaklaştırılması
Fat Flush diyeti®	Katılımcılar limonlu sıcak su, kızılıklık suyu, çeşitli besin takviyeleri (GLA, multivitamin ve mineral), özel kokteyller, protein ve sebze miktarı fazla olan bir program uygular.	2 hafta	Toksinlerin uzaklaştırılması, düşük stres seviyesi, geliştirilmiş karaciğer fonksiyonu ve ağırlık kaybı
Hubbard'ın arındırıcı diyeti	Katılımcılar A, D, C, E ve B vitaminlerini tüketirler. Kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, manganez, bakır ve iyot gibi minerallerin yanı sıra sodyum ve potasyum elektrolitleri ile çoklu doymamış yağların bir karışımı tüketilir. Katılımcıların “dengeyi yemekler” yemelerine izin verilir ancak, günlük egzersiz yapmaları, uyuşturucu ve alkol almaktan kaçınmaları ve günde 5 saate kadar saunada zaman geçirmeleri gerekir.	Genellikle birkaç hafta	Hafızanın iyileştirilmesi, IQ düzeyinin artması, reaksiyon sürelerinin artması, kolesterol seviyelerinin azalması, kan basıncının azalması ve toksinlerin uzaklaştırılması

Detoks diyetleri, enerji alımının düşük olması ve aynı zamanda laksatif kullanımı ve saunada zaman geçirilmesi dahil edildiğinde sıvı ve dışkı kaybı yoluyla vücut ağırlığında bir azalmaya neden olur. Detoks diyetlerinin başlıca sağlık riskleri aşırı enerji kısıtlaması ve beslenme yetersizliği ile ilgilidir. Bu diyetlerin bazıları o kadar kısıtlıdır ki günde sadece 400 kcal enerji alımına izin verir [19]. Akut veya uzun süreli enerji kısıtlaması, hipotalamustaki çeşitli nöropeptitlerin ekspresyonunda değişikliklere neden olarak iştahı artırır ve metabolik hızı azaltır. Bu değişikliklerin vücut yağ oranı çok düşük veya obez hayvanlarda ve insanlarda kaybedilen vücut ağırlığının geri kazanımına neden olduğu gösterilmiştir [20]. Bununla birlikte kalori alımını aşırı kısıtlamak strese neden olabilir. Aşırı stresin kortizol düzeyini artırarak iştahı uyarması ve böylece vücut ağırlığı kaybını zorlaştırması mümkündür [21]. Böbrekler, vücutta oksalat birikiminin öncelikli ve en yoğun gözlemlendiği organdır. Yüksek oksalat içerikli sebze ve meyve suyunun aşırı tüketimi hiperoksalüriye ve akut oksalat nefropatisine neden olan oksalat emilimini artırır. Kronik böbrek hastalığı olan hastalar yüksek oksalat içerikli bir diyetle akut böbrek hasarı riski altındadır [22, 23]. Detoks diyetlerini klinik olarak değerlendiren verilerin azlığı nedeniyle kısa ve uzun vadeli potansiyel sonuçları bilinmemektedir. Sağlığı olumsuz yönde etkileyen

olayların bireysel raporları bildirilmiştir. Normal böbrek fonksiyonuna sahip bir olguda 10 günlük oksalat açısından zengin bir sebze ve meyve suyu diyetinin, geri dönüşümsüz akut oksalat nefropatisine ve son dönem böbrek hastalığına neden olduğu belirlenmiştir [23]. 1970'lerin sonunda, düşük kalorili sıvı protein formülü olan "Son Şans Diyeti"ni denerken en az 60 kişinin öldüğü bildirilmiştir [24]. Ayrıca, 50 yaşında bir erkeğin karaciğer temizleme diyetinin bir parçası olan Epsom tuzlarını tükettikten sonra manganez zehirlenmesinden öldüğü de kayıtlara geçmiştir [25].

GLUTENSİZ DİYET

Gluten tüketimi, bugüne kadar birçok farklı hastalık ve sağlık problemi ile ilişkilendirilmiştir. Bunlardan en çok bilineni ve en yaygın olanı çölyak hastalığıdır [26]. Çölyak hastalığı, genetik olarak duyarlı kişilerde, buğday, arpa, çavdar ve yulaf gibi tahıllardaki gluten proteinine karşı duyarlılık sonucu gelişir. Glutensiz diyet, çölyak hastaları için mevcut olan ve hastaların çoğunda semptomların giderilmesini sağlayan tek tedavidir [27]. Glutensiz diyetle tüketilmesi gereken, tüketilebilen ve tüketirken dikkat edilmesi gereken bazı gıdalar Tablo 2'de verilmiştir [28].

Tablo 2. Glutensiz diyetle tüketilmesi gereken, tüketilebilen ve tüketirken dikkat edilmesi gereken bazı besinler [28]

Table 2. Some foods that should be consumed on a gluten-free diet, which can be consumed and should be considered while consuming [28]

Tüketilmemesi gerekenler	Tüketilmesine izin verilenler	Tüketirken dikkat edilmesi gerekenler
Tüm buğday türleri (kepek, kuskus, durum, irmik vb.), buğday içeren her türlü gıda (un, bulgur, makarna vb.), buğday nişastası, arpa, çavdar ve tritikale*	Pirinç, patates, mısır, darı, amarant, karabuğday, fasulye, mercimek, sorgum, et, tavuk, balık, tüm meyve ve sebzeler, soya fasulyesi, yulaf** ve şeker	Bazı yağ ikameleri, gıda nişastası, krema şekeri, malt ekstratları (tatlandırıcı, özüt, şurup), beyaz sirke, salata sosları ve bazı ilaçlar

*Tritikale, buğdayla çavdarın melezlenmesinden elde edilen yeni bir tahıl cinsi olarak tanımlanmaktadır. **Yulaf, son yıllarda glutensiz diyet tedavisinde tüketilebilir gıdalar arasında yer almaktadır.

Glutensiz diyetin gluten duyarlılığı veya çölyak hastalığı olmayan kişilerde ağırlık kaybı sağladığını gösteren yayımlanmış bir rapor bulunmamasına rağmen [29] dünya çapında artan sayıda tüketici tarafından tercih edilen popüler diyet akımlarından biri haline gelmiştir [30]. Yapılan bir araştırmaya göre, tüketicilerin %82'si çölyak hastalığı teşhisi konulmadan başka nedenlerle glutensiz ürünleri seçmektedir [29]. Beslenme endüstrisi, glutensiz ürünlerin satışlarının 2014 yılında, son beş yıllık döneme göre, %34'lük bir büyüme oranına sahip olduğunu ve yıllık satışların 1 milyar dolara yakın olduğunu göstermektedir [31]. Küresel glutensiz ürünler piyasası büyüklüğünün 2024 yılına kadar da 8 milyar dolara ulaşması beklenmektedir [32].

Özellikle zayıflama amacıyla kullanılmasına karşın birçok glutensiz gıda, gluten içeren ürünlere kıyasla artmış yağ içeriği ve kalori yoğunluğuna sahiptir [29, 33]. Gluten içermeyen diyetle başlayan bazı çölyak hastalarının da ağırlık kazanması bu şekilde açıklanmaktadır [34]. Ayrıca, glutensiz diyetin standart diyetle göre daha az protein, düşük diyet posası ve daha çok doymuş yağ içerdiği bilinmektedir. Glutensiz diyetin

daha az protein içermesi, glutenin buğdayın ana proteini olmasına; yüksek yağ içermesi, glutensiz ürünlere yapı ve lezzet katmak için eklenen bazı maddelere; düşük diyet posası içermesi ise bu diyetdeki ekmek ve tahılların farklı nitelikte ve miktarda olmasına dayandırılmaktadır [28]. Farklı çalışmalarda, çölyak hastalarında protein, diyet posası, vitamin ve minerallerde yetersizlikler olduğu saptanmıştır [35-38]. Birçok glutensiz gıda da zenginleştirilmediğinden dolayı glutensiz diyet uygulayan kişilerde B grubu vitaminleri, demir ve diğer mikro besin öğeleri eksiklikleri ortaya çıkabilmektedir [29, 33].

Glutensiz diyetin bağırsak mikrobiyotasını etkilediği bilinmektedir. Sağlıklı bireylerde glutensiz diyetin bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkisini incelemek için yapılan çalışmalarda, glutensiz diyetten sonra polisakkarit alımındaki azalmaya paralel olarak faydalı bağırsak bakteri türlerinin (*Bifidobacterium* spp., *B. longum*, *Lactobacillus* spp.) sayısının azaldığı ve patojenlerin (*E. coli*, *Enterobacteriaceae*) sayısının arttığı belirlenmiştir [39, 40]. Glutensiz diyet ve geleneksel, alışılmış diyetin mikrobiyotaya etkileri

incelemek için sağlıklı katılımcılarla yapılan başka bir çalışmada, glutensiz diyet süresince faydalı bakteri türlerinin (*Ruminococcus bromii* ve *Roseburia faecis*) sayılarının azalırken patojen bakteri ailelerinin (*Victivallaceae*, *Clostridiaceae*, *ML615J-28*, *Slackia* ve *Coriobacteriaceae*) sayılarında anlamlı bir artış olduğu belirtilmiştir [41].

Aynı zamanda gluten içermeyen diyet, civa ve arsenik gibi daha yüksek toksik metal riskine sahiptir. Pirinç ve pirinç bazlı ürünlerin civa, kurşun ve arsenik konsantrasyonları buğday, yulaf ve arpa gibi diğer tahıllara göre daha yüksektir [42]. Pirincin gluten içermeyen diyetlerdeki birincil tahıl kaynağı olmasından dolayı pirinç ve pirinç bazlı ürünlerin tüketimi yüksek toksik metal konsantrasyonlarının vücuda alınmasına neden olabilmektedir [43]. İtalya'da yapılan bir çalışmada, glutensiz beslenen bireylerin, balık tüketimi ve amalgam dolgularının sayısından bağımsız olarak, kontrol grubuna göre civa kan düzeylerinde dört kat artış olduğu gösterilmiştir [44]. ABD'de yapılan başka bir çalışmada, glutensiz beslenen katılımcıların idrarlarındaki ortalama arsenik ve civa seviyelerinin diğer katılımcılara göre daha yüksek çıktığı saptanmıştır [43]. Benzer bir çalışmada, glutensiz beslenen katılımcıların civa, kurşun, kadmiyumun kan düzeyleri ve idrardaki arsenik seviyelerinin diğer katılımcılara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır [33]. Gluten içermeyen diyetlerin artan popülaritesi sebebiyle, bu bulgular önemli sağlık sorunlarına neden olabilir. Gıda kaynaklı düşük seviyeli civa ve arsenik maruziyetinin sağlık etkileri belirsizdir ancak, kanser ve diğer kronik hastalıkların riskini arttırabilir [43].

Dünyanın farklı yerlerinde yapılan çalışmalarda, glutensiz ürünlerin gluten içeren standart alternatiflerine göre çok daha yüksek fiyatlı olduğu gösterilmiştir. Bireylerin uyguladığı glutensiz diyetin maliyetinin yüksek olması bazı zorluklar yaratabilmektedir [45-48].

KETOJENİK DİYET

Ketojenik diyet; yeterli protein, düşük karbonhidrat ve yüksek yağ içeren bir diyettir. İlk kez 1921 yılında Russel Wilder tarafından epilepsiyi tedavi etmek için uygulanmaya başlanmıştır. Ketojenik diyetlerde karbonhidratlar sınırlandırıldığında beyin başlıca enerji kaynağı olan glikozu daha fazla kullanamamaktadır. Metabolizma değişikliği nedeniyle beyin alternatif bir enerji kaynağı olarak yağlardan keton cisimciklerini elde etmektedir [49].

Ketojenik oran, diyet içeriğindeki yağın, protein ve karbonhidrat toplamına oranı olarak hesaplanmaktadır. Klasik ketojenik diyet 4:1'lik bir makro besin oranından oluşur. Yaş, protein gereksinimi, bireysel tolere edilebilirlik, ketozis seviyesine bağlı olarak 3:1, 2:1 ya da 1:1 gibi daha düşük oranlar kullanılabilir. Ketojenik diyet, içerdiği yüksek yağ nedeniyle tolere edilebilirliği zor olan bir diyet olduğundan dolayı tolere edilebilirliği ve lezzeti arttırmak için orta zincirli trigliserit (MCT) diyeti, modifiye Atkins diyeti ve düşük glisemik indeks tedavisi geliştirilmiştir. MCT diyetinde günlük yağlardan gelen enerji gereksiniminin %30-60'ı orta zincirli, %11-45'i

uzun zincirli yağ asitlerinden sağlanmaktadır. Diyet enerjisinin %10'u proteinler ve %15-19'u karbonhidratlar ile karşılanmaktadır. 2003 yılında kullanılmaya başlanan modifiye Atkins diyetinde 1-2:1 ketojenik oranı kullanılırken, karbonhidratlar 10-20 g/güne kadar kısıtlanmıştır. Düşük glisemik indeks tedavisinde, glisemik indeksi 50'nin altında olan 40-60 g/gün karbonhidrata izin verilmektedir. Bu diyetle günlük enerjinin %60'ı yağlardan ve %20-30'u proteinlerden sağlanmaktadır [50, 51].

Ketojenik diyetler 1970'lerde ağırlık kaybı tedavisinde özellikle de Atkins diyeti olarak popüler hale gelmiştir [52]. Ketojenik diyetlerin ağırlık kaybı üzerindeki etkilerinin altında yatan mekanizmalar hala bir tartışma konusudur. Bu hipotez mekanizmaları; proteinlerin yorgunluk etkisinin daha fazla olması, iştahı düzenleyen hormonların üzerindeki etkileri, keton cisimciğinin olası doğrudan iştah bastırıcı etkisi nedeniyle iştahın azalması; lipogenezde azalma ve lipolizin artması; dinlenme metabolizma hızında değişiklik olmaksızın solunum katsayısında azalma ve yağ oksidasyonunun artması; glikoneogenezin artan metabolik maliyeti ve proteinlerin termik etkisi olarak özetlenebilir [53]. Vücut ağırlığı kaybının ötesinde çeşitli klinik koşullarda mekanizmalarını ve kullanımlarını anlamak için araştırmalar ortaya çıkmıştır. Nörolojik, endokrin, metabolik bozukluklarda ve kanserlerde ketojenik diyet kullanımını destekleyen çalışmalar [54-58] olmasına rağmen bu diyetler tamamen güvenli değildir ve tartışmalar devam etmektedir [59].

Genel olarak, ketojenik diyet türleri çalışmalar arasında farklılık göstermektedir. Ayrıca, düşük karbonhidratlı diyetlerin makro besin bileşimi de farklı olabilir. Örneğin, yüksek yağ oranına karşı yüksek protein içeriğine sahip olabilir, bu da çalışmalar arasında bazı farklılıklara neden olabilmektedir. Bununla birlikte, diyet bileşimindeki yağların yağ asitleri kompozisyonu da (doymuş ve doymamış yağ asitlerinin farklı oranları) çalışmalar arasında büyük ölçüde farklılık göstermektedir [60-65].

Ketojenik diyetin olumsuz yan etkileri kısa ve uzun süreli olarak sınıflandırılabilir. En yaygın ve nispeten kısa süreli yan etkileri yorgunluk, baş ağrısı, baş dönmesi, uykusuzluk, bulantı, kusma, kabızlık, letarji, asidoz ve hipoglisemi gibi belirtileri içermektedir. Uzun süreli yan etkileri arasında ise dislipidemi, artmış trigliserit seviyeleri, şiddetli hepatik steatoz, hipoproteinemi, vitamin ve mineral eksiklikleri, redoks dengesizliği, kardiyomiyopati ve nefrolitiazis yer almaktadır [49, 66].

Ketojenik diyetlerin uzun süreli etkinliği, güvenliği ve sağlık faydaları sınırlı literatür nedeniyle iyi bilinmemekle birlikte ketojenik diyetlere uyum zayıf görünmektedir [67, 68].

ARALIKLI AÇLIK DİYETİ

Belirli bir süre yiyecek ve içeceklerden kaçınma durumu olan oruç, birçok dini ve etnik kültürün ayrılmaz bir parçası olmuştur. Aralıklı açlık diyetlerinin farklı türleri vardır. Alternatif gün oruç, modifiye oruç diyetleri, zaman

kısıtlı beslenme ve Ramazan orucu bunlardan bazılarıdır [69].

Alternatif Gün Oruç

Alternatif gün oruç tutmak, yiyecek ve içeceklerin ad libitum (isteğe göre) tüketildiği günler ile birlikte enerji içeren yiyecek ve içeceklerin tüketilmediği oruç günlerini içerir [70]. Alternatif gün oruç ile ilgili sınırlı veriler olmasına rağmen, bu veriler alternatif gün orucun kısa dönemde hafif bir ağırlık kaybına yol açabileceğini ve trigliserit seviyelerinin, LDL kolesterol seviyelerinin azalmasına, HDL kolesterol seviyelerinin artmasına ve açlık insülin seviyelerinin artmasına katkıda bulunabileceğini göstermektedir [71, 75]. Ancak, oruç günlerinde bildirilen aşırı açlık raporları ve açlığın zamanla azalmaması alternatif gün orucun uygulanabilir bir halk sağlığı müdahalesi olmayabileceğini göstermektedir [73, 76]. Ayrıca, Appleton ve Baker tarafından [77] yapılan bir çalışmada da, oruç tutulmayan günlere kıyasla oruç günlerinde, açlıktan bağımsız olarak, dikkat dağınıklığı ile birlikte olumsuz ruh halinin daha fazla ve algılanan iş performansının daha düşük olduğu bildirilmiştir.

Modifiye Oruç Diyetleri

Modifiye oruç diyetleri genellikle düzenli olarak planlanan, oruç günlerinde enerji gereksiniminin %20-25'inin karşılandığı bir yöntemdir. Çalışmalarda oruç terimi, enerji alımı yerine sınırlı enerji alım sürelerini tanımlamak için kullanılır [78-80]. Aralıklı enerji kısıtlaması olarak da adlandırılan bu diyet, haftada 2 ardışık olmayan gün için enerji kısıtlaması içeren ve diğer 5 günü normal düzeyde enerji alan popüler 5:2 diyetinin temelidir [81].

Modifiye oruç diyetlerinin müdahale denemelerinden elde edilen sonuçlar; bu yeme alışkanlıklarının insülin, açlık kan şekeri, LDL kolesterol, trigliserit seviyelerini azalttığını ve ağırlık kaybına yol açtığını göstermektedir. Bununla birlikte modifiye oruç diyetlerinin standart enerjisi kısıtlanmış diyetlere göre daha fazla ağırlık kaybına veya metabolik değişikliklere neden olduğunu gösteren çok az kanıt vardır [82].

Zaman Kısıtlı Beslenme

Zaman kısıtlı beslenmede besin alımı her gün belirli zaman aralıkları içerisinde (3-4 saat, 7-9 saat veya 1-12 saat) olup besin kalitesi veya miktarını değiştirmek için herhangi bir müdahale içermemektedir [83, 84].

Hayvan ve insan çalışmalarından elde edilen bulgular, zaman kısıtlı beslenmenin vücut ağırlığını azaltmak ve plazma lipitleri, açlık glukozu ve insülin seviyeleri, insülin duyarlılığı ve bazı enflamatuar sitokinler dahil olmak üzere çeşitli metabolik risk faktörlerini iyileştirmek için etkili bir diyet müdahalesi olabileceğini düşündürmektedir [85-90]. Bununla birlikte, zaman kısıtlı beslenmenin vücut ağırlığı üzerindeki etkisi çalışmalar arasında farklılık göstermektedir ve vücut ağırlığındaki

değişikliklerin metabolik hastalık riskine olan etkisi henüz belirlenmemiştir [83].

Ramazan Orucu

İslam'ın beş temel şartından biri, yetişkin sağlıklı Müslümanların Ramazan ayı boyunca şafaktan gün batımına kadar oruç tutma gerekliliğidir. Ayrıca sıvı alımı, sigara içimi ve ilaçlar yasaktır. Ülkenin coğrafi konumuna ve mevsimine bağlı olarak gün ortası 11 ile 22 saat arasında değişebilmektedir. Ramazan ayında İslami oruç tutmak enerji kısıtlaması gerektirmez. Bununla birlikte, besin ve sıvı alımının sıklığı azaldıkça vücut ağırlığında değişiklikler meydana gelebilmektedir [81].

Ramazan, zaman kısıtlı beslenmenin en yaygın şekli ve ağırlık kaybına yol açmaktadır. Ancak, azalan vücut ağırlığının Ramazan ayının ardından kademeli olarak geri kazanıldığı rapor edilmiştir [91]. Ayrıca, Ramazan orucunun HDL kolesterol, LDL kolesterol, trigliserit ve açlık glukoz seviyeleri üzerindeki etkileri için de farklı sonuçlar gösterilmiştir [92, 93]. Bununla birlikte, bu beslenme şekli insan sirkadiyen ritimlerine biyolojik olarak uymamaktadır ve bu nedenle arzu ağırlık kaybı müdahalesi olarak kullanılması için yeterli düzeyde kanıt bulunmamaktadır [82].

Yapılan birçok çalışma aralıklı oruç diyetlerinin ağırlık kaybı, vücut kompozisyonu, kardiyovasküler belirteçler ve yaşlanma üzerinde yararlı etkileri olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, oksidatif strese karşı direnci artırabilir, inflamasyonu azaltabilir ve uzun ömürlülüğü destekleyebilir [93-95]. Ancak, çalışmalarda aralıklı oruç diyetlerinin tanımları, öngörülen protokolü, süresi ve araştırılan hedef popülasyonlar büyük ölçüde farklılık göstermektedir. [71,72, 94,95].

Aralıklı oruç diyetlerinin hangi formunun en etkili olduğu bilinmemektedir. Aralıklı oruç diyetleri üzerine yapılan araştırmaların yetersizliği nedeniyle uzun dönem başarılı kilo vermede güvenilir bir yöntem olarak uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca, aralıklı oruç diyetlerinin yeme sıklığını kısıtlaması ve açlık üzerindeki etkileri nedeniyle, özellikle sosyal etkinliklere sık katılan bireylerde, uzun dönemde sürdürülebilir olması mümkün değildir. Araştırma sonuçları da, sağlık profesyonellerinin standart uygulama olarak hastalara aralıklı oruç diyetlerini tavsiye etmesi gerektiğini ileri sürece kadar güçlü ve yeterli değildir [76, 95].

AKDENİZ DİYETİ

Akdeniz diyeti, yüksek düzeyde sebze, meyve, tahıl, kurubaklagil, yağlı tohumlar, zeytin tüketimi; temel yağ kaynağı olarak zeytinyağı tüketimi; orta düzeyde balık ve deniz ürünleri tüketimi; düşük düzeyde kırmızı et ve et ürünlerinin tüketimi ve başta kırmızı şarap olmak üzere ılımlı alkol tüketimi ile dengeli bir beslenme modelidir [1, 96]. UNESCO tarafından 2010 yılında insanlığın somut olmayan kültürel mirası olarak kabul edilen Akdeniz diyeti daha sağlıklı ve uzun yaşam ile ilişkilendirilmektedir [97]. Yapılan çalışmalarda, Akdeniz diyetine uygun beslenmenin tip 2 diyabet, obezite,

metabolik sendrom, kardiyovasküler hastalıklar, nörodejeneratif hastalıklar ve kanser riskinin azalması ile ilişkilendirilmektedir [98-100]. Akdeniz diyetinin sağlık üzerine koruyucu etkileri; posa, doymamış yağ asitleri, antioksidan bileşenler ile ortaya çıkmaktadır. Akdeniz diyeti besin çeşitliliği açısından zengin bir beslenme modeli olduğundan besin ögesi yetersizlikleri nadir görülmektedir [1,99].

SONUÇ

Obezite, küresel boyutta önemli bir halk sağlığı sorunudur. Bundan dolayı, dünyadaki birçok kişi vücut ağırlığını azaltmak için kanıta dayalı bilimsel diyetler yerine hızlı zayıflama yöntemine dayalı popüler diyetler ile daha yakından ilgilenmektedir. Detoks diyetleri, glutensiz diyet, ketojenik diyet ve aralıklı açlık diyetleri popüler diyetlerdir. Ancak, ağırlık kaybı ve korunması için bu popüler diyetler hala tartışmalıdır. Detoks diyetlerinin başlıca sağlık riskleri aşırı enerji kısıtlaması ve beslenme yetersizliği ile ilgilidir. Aşırı enerji kısıtlaması özellikle protein ve vitamin eksikliklerine, elektrolit dengesizliğine, laktik asidoza ve hatta ölüme yol açabilir. Glutensiz diyetin sağlık etkileri ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmasına rağmen, glutensiz diyetin sağlıklı bireylere sağlayacağı avantajlar net değildir. Ketojenik diyetin uzun süreli etkinliği, güvenliği ve sağlık faydaları sınırlı literatür nedeniyle iyi bilinmemektedir. Aralıklı oruç diyetlerinin hangi formunun en etkili olduğu bilinmemektedir. Araştırma sonuçları, sağlık profesyonellerinin standart uygulama olarak hastalara aralıklı oruç diyetlerini tavsiye etmesi gerektiğini ileri sürecek kadar güçlü değildir. Popüler diyetlerin güçlü etkilerinin muhtemel nedenleri basit mesajlarının olması (örneğin; karbonhidratlardan kaçınım) ve bunların medyada ve ticari reklamlarda sık sık ortaya çıkmasıdır. Ancak, popüler diyetlerin topluma uygulanması için yeterli bilimsel kanıt bulunmamaktadır.

Obezitede beslenme tedavisinin amacı; diyetisyen/beslenme uzmanı bireyin enerji ve besin öğeleri gereksinimlerini yeterli ve dengeli bir şekilde karşılayan beslenme programı oluşturmak olmalıdır. Beslenme programı; bireyin yaşına, cinsiyetine, fiziksel aktivite durumuna göre, sosyo-ekonomik durumu, özel durumları, biyokimyasal bulguları da dikkate alınarak kişiye özel olarak hazırlanmalıdır. Akdeniz diyeti; besin çeşitliliği, çevresel, ekonomik ve sosyo-kültürel boyutları ve kanıta dayalı sağlıklı bir diyet olması nedeniyle sürdürülebilir bir diyet modelidir [101-103]. Sağlıklı beslenme alışkanlığı sürdürülebilir yaşam tarzı haline getirilip fiziksel aktivite ile desteklenmelidir. Beslenme uzmanlarının; popüler diyetlerin sağlık açısından olumsuz etkilerinin olduğu ve topluma uygulanması için bilimsel olarak kanıtlanmadığına ilişkin halkı bilgilendirmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Daniele, N.D., Noce, A., Vidiri, M.F., Moriconi, E., Marrone, G., Annicchiarico-Petruzzelli, M., D'Urso, G., Tesaro, M., Rovella, V., Lorenzo, A. (2017). Impact of Mediterranean diet on metabolic

syndrome, cancer and longevity. *Oncotarget*, 8(5), 8947-8979.

- [2] Bhupathiraju, S.N., Hu, F.B. (2016). Epidemiology of obesity and diabetes and their cardiovascular complications. *Circulation Research*, 118(11), 1723-1735.
- [3] Collins, K.H., Herzog, W., MacDonald, G.Z., Reimer, R.A., Rios, J.L., Smith, L.C., Zernicke, R.F., Hart, D.A. (2018). Obesity, metabolic syndrome, and musculoskeletal disease: Common inflammatory pathways suggest a central role for loss of muscle integrity. *Frontiers in Physiology*, 112(9), 1-25.
- [4] Jantarantotai, N., Mosikanon, K., Lee, Y., McIntyre, R.S. (2017). The interface of depression and obesity. *Obesity Research and Clinical Practice*. 11(1), 1-10.
- [5] Ramachandran, D., Kite, J., Vassallo, A.J., Chau, J.Y., Partridge, S., Freeman B., Gill, T. (2018). Food trends and popular nutrition advice online-Implications for public health. *Online Journal of Public Health Informatics*, 10(2), 1-15.
- [6] Türkiye Halk Sağlığı Kurumu. Türkiye Beslenme Rehberi 2015 (TÜBER). (Erişim Tarihi:28.01.2019) Erişim adresi: https://okulsagligi.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2017_01/27102535_TYrkiye_Beslenme_Rehberi.pdf.
- [7] Ural, D., Kılıçkap, M., Göksülük, H., Karaaslan, D., Kayıkçıoğlu, M., Özer, N., Barçın, C., Yılmaz, M.B., Abacı, A., Şengül, Ş., Arınsoy, T., Erdem, Y., Sanioğlu, Y., Şahin, M., Tokgözoğlu, L. (2018). Data on prevalence of obesity and waist circumference in Turkey: Systematic review, meta-analysis and meta regression of epidemiological studies on cardiovascular risk factors. *Türk Kardiyoloji Derneği*, 46(7), 577-590.
- [8] World Health Organization. (2020). Obesity and overweight. [Erişim Tarihi: 10.03.2020] Erişim adresi: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/obesity-and-overweight>.
- [9] Navruz, S., Acar-Tek, N. (2014). Yüksek proteinli diyet akımlarının vücut ağırlığının korunması ve sağlık üzerine kısa ve uzun dönemli etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(1), 656-673.
- [10] Pew Research Center. (2011). The social life of health information, 2011. [Erişim Tarihi: 10.03.2020] Erişim adresi: <https://www.pewresearch.org/internet/2011/05/12/the-social-life-of-health-information-2011/>.
- [11] Pew Research Center. (2006). Online Health Search 2006. [Erişim Tarihi: 10.03.2020] Erişim adresi <https://www.pewresearch.org/internet/2006/10/29/online-health-search-2006/>.
- [12] Bryngelsson, S., Asp, N.G. (2005). Popular diets, body weight and health: What is scientifically documented? *Scandinavian Journal of Nutrition*, 49(1), 15-20.
- [13] Boylan, S., Louie, J.C., Gill, T.P. (2012). Consumer response to healthy eating, physical activity and weight-related recommendations: a systematic review. *Obesity Reviews*, 13(7): 606-617.

- [14] Genuis, S.J. (2011). Elimination of persistent toxicants from the human body. *Human and Experimental Toxicology*, 30(1), 3-18.
- [15] İstanbulluoğlu, H., Tekbaş, Ö.F. (2013). Kalıcı organik kirleticiler (KOK). *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 70(3), 163-174.
- [16] Hengstler, J.G., Forth, H., Gebel, T., Kramer, P.J., Liliensblum, W., Schweinfurth, H., Völkel, W., Wollin, K.M., Gundert-Remy, U. (2011). Critical evaluation of key evidence on the human health hazards of Exposure to bisphenol A. *Critical Reviews in Toxicology*, 41(4), 263-291.
- [17] Durmaz, E., Koçer-Giray, B. (2013). Çevresel bir endokrin bozucu: Bisfenol A ve toksik etkilerinin değerlendirilmesi. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 56(4), 192-199.
- [18] Klein, A.V., Kiat, H. (2014). Detox diets for toxin elimination and weight management: A critical review of the evidence. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 28(6), 675-686.
- [19] Obert, J., Pearlman, M., Obert, L., Chapin, S. (2017). Popular weight loss strategies: A review of four weight loss techniques. *Current Gastroenterology Reports*, 19(12), 1-4.
- [20] Sainsbury, A., Zhang, L. (2010). Role of the arcuate nucleus of the hypothalamus in regulation of body weight during energy deficit. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 316(2), 109-119.
- [21] Tomiyama, A.J., Mann, T., Vinas, D., Hunger, J.M., DeJager, J., Taylor, S.E. (2010) Low calorie dieting increases cortisol. *Psychosomatic Medicine*, 72(4), 357-364.
- [22] Getting, J.E., Gregoire, J.R., Phul, A., Kasten, M.J. (2013). Oxalate nephropathy due to 'juicing': Case report and review. *The American Journal of Medicine*, 126(9), 768-772.
- [23] Makkapati, S., D'Agati, V.D., Balsam, L. (2018). "Green smoothie cleanse" causing acute oxalate nephropathy. *American Journal of Kidney Diseases*, 71(2), 281-286.
- [24] Isner, J.M., Sours, H.E., Paris, A.L., Ferrans, V.J., Roberts, W.C. (1979). Sudden, unexpected death in avid dieters using the liquid-protein-modified-fast diet. *Circulation*, 60(6), 1401-1412.
- [25] Sanchez, B., Casalots-Casado, J., Quintana, S., Arroyo, A., Martin-Fumado, C., Galtes, I. Fatal manganese intoxication due to an error in the elaboration of Epsom salts for a liver cleansing diet. *Forensic Science International*, 223, e1-e4.
- [26] Lebwohl, B., Cao, Y., Zong, G., Hu, F.B., Green, P.H.R., Neugut, A., Rimm, E.B., Sampson, L., Dougherty, L.W., Giovannucci, E., Willett, W.C., Sun, Q., Chan, A.T. (2017). Long term gluten consumption in adults without celiac disease and risk of coronary heart disease: Prospective cohort study. *BMJ*, 357(2), 1-40.
- [27] Larretxi, I., Simon, E., Benjumea, L., Miranda, J., Bustamante, M.A., Lasa, A., Eizaguirre, F.J., Churrua, I. (2019). Gluten-free-rendered products contribute to imbalanced diets in children and adolescents with celiac disease. *European Journal of Nutrition*, 58(2), 775-783.
- [28] Alpat, İ., Dumlu-Bilgin, G. (2018). Glutensiz diyet: Trend mi yoksa tedavi yöntemi mi? *Uluslararası Hakemli Beslenme Araştırmaları Dergisi*, 12, 83-116.
- [29] Gaillard, L.A. (2016). Navigating gluten-related health disorders and Nutritional considerations of gluten-free diets. *North Carolina Medical Journal*, 77(3), 180-182.
- [30] Choung, R.S., Unalp-Arida, A., Ruhl, C.E., Brantner, T.L., Everhart, J.E., Murray, J.A. (2018). Less hidden celiac disease but increased gluten avoidance without a diagnosis in the USA: Findings from the National Health and Nutrition Examination Surveys from 2009 to 2014. *Mayo Clinic Proceedings*, 92(1), 30-38.
- [31] Igbinedion, S.O. Ansari, J., Vasikaran, A., Gavins, F.N., Jordan, P. Boktor, M., Alexander, J.S. (2017). Non-celiac gluten sensitivity: All wheat attack is not celiac. *World Journal of Gastroenterology*, 23(40), 7201-7210.
- [32] ReportLinler (2018). Global gluten free products market analysis (2018-2024). [Erişim Tarihi:28.01.2019] Erişim adresi: <https://www.reportlinker.com/p05593685/Global-Gluten-Free-Products-Market-Analysis.html>.
- [33] Patel, N.K., Lacy, B.E. (2018). Another reason to avoid the gluten-free fad? *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 16(2), 184-185.
- [34] Diamanti, A., Capriati, T., Basso, M.S., Panetta, F., Laurora, V.M.C., Bellucci, F., Cristofori, F., Francavilla, R. (2014). Celiac disease and overweight in children: An update. *Nutrients*, 6(1), 207-220.
- [35] Saturni, L., Ferretti, G., Bacchetti, T. (2010). The gluten-free diet: Safety and nutritional quality. *Nutrients*, 2(1), 16-34.
- [36] Vici, G., Belli, L., Biondi, M., Polzonett, V. (2016). Gluten free diet and nutrition deficiencies: A review. *Clinical Nutrition*, 35(6): 1236-1241.
- [37] Sue, A., Dehlsen, K., Ooi, C.Y. (2018). Pediatric patients with coeliac disease on a gluten-free diet: Nutritional adequacy and macro-and micronutrient imbalances. *Current Gastroenterology Reports*, 20(1), 2.
- [38] Kikut, J., Konecka, N., Szczuko, M. (2019). Quantitative assessment of Nutrition and nutritional status of patients with celiac disease aged 13-18. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 70(4), 359-367.
- [39] Palma, G.D., Nadal, I., Collado, M.C., Sanz, Y. (2009). Effects of a gluten-free diet on gut microbiota and immune function in healthy adult human subjects. *The British Journal of Nutrition*, 102(8), 1154-1160.
- [40] Sanz, Y. (2010). Effects of a gluten-free diet on gut microbiota and immune function in healthy adult humans. *Gut Microbes*, 1(3), 135-137.
- [41] Bonder, M.J., Tigchelaar, E.F., Cai, X., Trynka, G., Cenit, M.C., Hrdlickova, B., Zhong, H., Vatanen, T., Gevers, D., Wijmenga, C., Wang, Y., Zhernakova, A. (2016). The influence of a short-term gluten-free diet on the human gut microbiome. *Genome Medicine*, 45(8), 1-11.
- [42] Punshon, T., Jackson, B.P. (2018). Essential micronutrient and toxic trace element

- concentrations in gluten containing and gluten-free foods. *Food Chemistry*, 252(30), 258-264.
- [43] Bulka, C.M., Davis, M.A., Karagas, M.R., Ahsan, H., Argos, M. (2017). The unintended consequences of a gluten-free diet. *Epidemiology*, 28(3), 24-25.
- [44] Elli, L., Branchi, F., Tomba, C., Villalta, D., Norsa, L., Ferretti, F., Roncoroni, L., Bardella, M.T. (2015). Diagnosis of gluten related disorders: Celiac disease, wheat allergy and non-celiac gluten sensitivity. *World Journal of Gastroenterology*, 21(23), 7110-7119.
- [45] Tennyson, C.A., Simpson, S., Lebwohl, B., Lewis, S., Green, P.H. (2013). Interest in medical therapy for celiac disease. *Therapeutic Advances in Gastroenterology*, 6(5), 358-364.
- [46] Shah, S., Akbari, M., Vanga, R., Kelly, C.P., Hansen, J., Theethira, T., Tariq, S., Dennis, M., Leffer, D.A. (2014). Patient perceptions of treatment burden is high in celiac disease compared with other common conditions. *The American Journal of Gastroenterology*, 109(9), 1304-1311.
- [47] Burden, M., Mooney, P.D., Blanshard, R.J., White, W.L., Cambay-Deakin, D.R., Sanders, D.S. (2015). Cost and availability of gluten-free food in the UK: in store and online. *Postgraduate Medical Journal*, 91(1081), 622-626.
- [48] Missbach, B., Schwingshackl, L., Billmann, A., Mystek, A., Hickelsberger, M., Bauer, G., König, J. (2015). Gluten-free food database: the nutritional quality and cost of packaged gluten-free foods. *Peer J*, 3, e1337.
- [49] Masood, W., Uppaluri, K.R. (2018). Ketogenic Diet. StatPearls. [Erişim Tarihi: 28.01.2019] Erişim adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499830/>.
- [50] Neal, E.G., Cross, J.H. (2010). Efficacy of dietary treatments for epilepsy. *Journal of Human Nutrition Diet*, 23(2), 113-119.
- [51] McDonald, T.J.W., Cervenka, M.C. (2018). The expanding role of ketogenic diets in adult neurological disorders. *Brain Sciences*, 8(8), 1-16.
- [52] Paoli, A., Rubini, A., Volek, J.S., Grimaldi, K.A. (2013). Beyond weight loss: A review of the therapeutic uses of very-low-carbohydrate (ketogenic) diets. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(8), 789-796.
- [53] Paoli, A. (2014). Ketogenic Diet for obesity: Friend or foe? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(2), 2092-2107.
- [54] Bueno, N.B., Melo, I.S., Oliveira, S.L., Rocha, A.T. (2013). Very-low-carbohydrate ketogenic diet v. low-fat diet for long-term weight loss: a meta-analysis of randomised controlled trials. *The British Journal of Nutrition*, 110(7): 1178-1187.
- [55] Davidson, T.L., Hargrave, S.L., Swithers, S.E., Sample, C.H., Fu, X., Kinzig, K.P., Zheng, W. (2013). Inter-relationship among diet, obesity and hippocampal-dependent cognitive function. *Neuroscience*, 253: 110-122.
- [56] Kemper, M.F., Srivastava, S., Todd, K.M., Clarke, K., Veech, R.L., Pawlosky, R.J. (2015). An ester of β -hydroxybutyrate regulates cholesterol biosynthesis in rats and a cholesterol biomarker in humans. *Lipids*, 50(12): 1185-1193.
- [57] Gibson, A.A., Seimon, R.V., Lee, C.M., Ayre, J., Franklin, J., Markovic, T.P., Caterson, I.D., Sainsbury, A. (2015). Do ketogenic diets really suppress appetite? A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 16(1): 64-76.
- [58] Goday, A., Bellido, D., Sajoux, I., Crujeiras, A.B., Burguera, b., Garcia-Luna, P.P., Oleaga, A., Moreno, B., Casanueva, F.F. (2016). Short-term safety, tolerability and efficacy of a very low-calorie-ketogenic diet interventional weight loss program versus hypocaloric diet in patients with type 2 diabetes mellitus. *Nutrition & Diabetes*, 6(9): e230.
- [59] Kosinski, C., Jornayvaz, F.R. (2017). Effects of ketogenic diets on cardiovascular risk factors: Evidence from animal and human studies. *Nutrients*, 9(5), 1-16.
- [60] Tay, J., Luscombe-Marsh, N.D., Thompson, C.H., Noakes, M., Buckley, J.D., Wittert, G.A., Yancy, W.S., Brinkworth, G.D. (2015). Comparison of low- and high-carbohydrate diets for type 2 diabetes management: a randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 102(4), 780-790.
- [61] Ellenbroek, J.H., van Dijck, L., Töns, H.A., Rabelink, T.J., Carlotti, F., Ballieux, B.E., de Koning, E.J. (2014). Long-term ketogenic diet causes glucose intolerance and reduced β - and α -cell mass but no weight loss in mice. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 306(5), 552-558.
- [62] Paoli, A., Moro, T., Bosco, G., Bianco, A., Grimaldi, K.A., Camporesi, E., Mangar, D. (2015). Effects of n-3 polyunsaturated fatty acids supplementation on some cardiovascular risk factors with a ketogenic Mediterranean diet. *Marine Drugs*, 13(2), 996-1009.
- [63] Cicero, A.F., Benelli, M., Brancaleoni, M., Dainelli, G., Merlini, D., Negri, R. (2015). Middle and long-term impact of a very low-carbohydrate ketogenic diet on cardiometabolic factors: A multi-center, cross-sectional, clinical study. *High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention*, 22(4), 389-394.
- [64] Tay, J., Luscombe-Marsh, N.D., Thompson, C.H., Noakes, M., Buckley, J.D., Wittert, G.A., Yancy, W.S., Brinkworth, G.D. (2014). A very low-carbohydrate, low-saturated fat diet for type 2 diabetes management: a randomized trial. *Diabetes Care*, 37(11), 2909-2918.
- [65] Holland, A.M., Kephart, W.C., Mumford, P.W., Mobley, C.B., Lowery, R.P., Shake, J.J., Patel, R.K., Healy, J.C., McCullough, D.J., Kluess, H.A., Huggins, K.W., Kavazis, A.N., Wilson, J.M., Roberts, M.D. (2016). Effects of a ketogenic diet on adipose tissue, liver, and serum biomarkers in sedentary rats and rats that exercised via resisted voluntary wheel running. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 311(2), 337-351.
- [66] Gupta, L., Khandelwal, D., Kalra, S., Gupta, P., Dutta, D., Aggarwal, S. (2017). Ketogenic diet in endocrine disorders: Current perspectives. *Journal of Postgraduate Medicine*, 63(4), 242-251.

- [67] Brouns, F. (2018). Overweight and diabetes prevention: Is a low-carbohydrate-high-fat diet recommendable? *European Journal of Nutrition*, 57(4), 1301-1312.
- [68] Heikura, I.A., Burke, L.M., Hawley, J.A., Ross, M.L., Garvican-Lewis, L., Sharma, A.P., McKay, A.K.A., Leckey, J.J., Welvaert, M., McCall, L., Ackerman, K.E. (2019). A short-term ketogenic diet impairs markers of bone health in response to exercise. *Frontiers in Endocrinology*, 10, 880.
- [69] Patterson, R.E., Laughlin, G.A., Sears, D.D., LaCroix, A.Z., Marinac, C., Gallo, L.C., Hartman, S.J., Natarajan, L., Senger, C.M., Martinez, M.E., Villasenor, A. (2015). Intermittent fasting and human metabolic health. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(8), 1203-1212.
- [70] Varady, K.A., Hellerstein, M.K. (2007). Alternate-day fasting and chronic disease Prevention: A review of human and animal trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 86(1), 7-13.
- [71] Bhutani, S., Klempel, M.C., Kroeger, C.M., Trepanowski, J.F., Varady, K.A. (2013). Alternate day fasting and endurance exercise combine to reduce body weight and favorably alter plasma lipids in obese humans. *Obesity*, 21(7), 1370-1379.
- [72] Varady, K.A., Dam, V.T., Klempel, M.C., Horne, M., Cruz, R., Kroeger, C.M., Santosa, S. (2015). Effects of weight loss via high fat vs. low fat alternate day fasting diets on free fatty acid profiles. *Scientific Reports*, 5, 7561.
- [73] Heilbronn, L.K., Smith, S.R., Martin, C.K., Anton, S.D., Ravussin, E. (2005). Alternate-day fasting in nonobese subjects: Effects on body weight, body Composition, and energy metabolism. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 69-73.
- [74] Horne, B.D., Muhlestein, J.B., Lappe, D.L., May, H.T., Carlquist, J.F., Galenko, O., Brunisholz, K.D., Anderson, J.L. (2013). Randomized cross-over trial of short-term water-only fasting: Metabolic and cardiovascular consequences. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases*, 23(11), 1050-1057.
- [75] Antoni, R., Johnston, K.L., Collins, A.L., Robertson, M.D. (2016). Investigation into the acute effects of total and partial energy restriction on postprandial metabolism among overweight/obese participants. *The British Journal of Nutrition*, 115(6), 951-959.
- [76] Trepanowski, J.F., Kroeger, C.M., Barnosky, A., Klempel, M.C., Bhutani, S., Hoddy, K.K., Gabel, K., Freels, S., Rigdon, J., Rood, J., Ravussin, E., Varady, K.A. (2017). Effect of alternate-day fasting on weight loss, weight Maintenance, and cardioprotection among metabolic healthy obese adults. *JAMA Internal Medicine*, 177(7), 930-938.
- [77] Appleton, K.M., Baker, S. (2015). Distraction, not hunger, is associated with lower mood and lower perceived work performance on fast compared to non-fast days during intermittent fasting. *Journal of Health Psychology*, 20(6), 702-711.
- [78] Varady, K.A., Bhutani, S., Klempel, M.C., Kroeger, C.M., Trepanowski, J.F., Haus, J.M., Hoddy, K.K., Calvo, Y. (2013). Alternate day fasting for weight loss in normal weight and overweight subjects: a randomized controlled trial. *Nutrition Journal*, 12, 146.
- [79] Harvie, M., Wright, C., Pegington, M., McMullan, D., Mitchell, E., Martin, B., Cutler, R.G., Evans, G., Whiteside, S., Maudsley, S., Camandola, S., Wang, R., Carlson, O.D., Egan, J.M., Mattson, M.P., Howell, A. (2013). The effect of intermittent energy and carbohydrate restriction v. daily energy restriction on weight loss and metabolic disease risk markers in overweight women. *The British Journal of Nutrition*, 110(8), 1534-1547.
- [80] Eshghinia, S., Mohammadzadeh, F. (2013). The effects of modified alternate-day fasting diet on weight loss and CAD risk factors in overweight and obese women. *Journal of Diabetes and Metabolic Disorders*, 12, 4.
- [81] Patterson, R.E., Laughlin, G.A., Sears, D.D., LaCroix, A.Z., Marinac, C., Gallo, L.C., Hartman, S.J., Natarajan, L., Senger, C.M., Martinez, M.E., Villasenor, A. (2015). Intermittent fasting and human metabolic health. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(8), 1203-1212.
- [82] Patterson, R.E., Sears, D.D. (2017). Metabolic Effects of intermittent fasting. *Annual Review of Nutrition*, 37, 371-93.
- [83] Rothschild, J., Hoddy, K.K., Jambazian, P., Varady, K.A. (2014). Time-restricted fasting and risk of metabolic disease: A review of human and animal studies. *Nutrition Reviews*, 72(5), 308-318.
- [84] Longo, V.D., Panda, S. (2016). Fasting, circadian rhythms, and time restricted fasting in healthy lifespan. *Cell Metabolism*, 23(6), 1048-1059.
- [85] Sherman, H., Frumin, I., Gutman, R., Chapnik, N., Lorentz, A., Meylan, J., Coutre, J., Froy, O. (2011). Long-term restricted fasting alters circadian expression and reduces the level of inflammatory and disease markers. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 15(12), 2745-2759.
- [86] Chung, H., Chou, W., Sears, D.D., Patterson, R.E., Webster, N.J., Ellies, L.G. (2016). Time-restricted feeding improves insulin resistance and hepatic steatosis in a Mouse model of postmenopausal obesity. *Metabolism*, 65(12), 1743-1754.
- [87] Moro, T., Tinsley, G., Bianco, A., Marcolin, G., Pacelli, Q.F., Battaglia, G., Palma, A., Gentil, P., Neri, M., Paoli, A. (2016). Effects of eight weeks of time-restricted fasting (16/8) on basal metabolism, maximal strength, body composition, inflammation, and cardiovascular risk factors in resistance-trained males. *Journal of Translational Medicine*, 14(1), 290.
- [88] Sundaram, S., Yan, L. (2016). Time-restricted feeding reduces adiposity in mice fed a high-fat diet. *Nutrition Research*, 36(6), 603-611.
- [89] Olsen, M.K., Choi, M.H., Kulseng, B., Zhao, C.M., Chen, D. (2017). Time-restricted fasting on weekdays restricts weight gain: A study using rat models of high-fat diet-induced obesity. *Physiology & Behavior*, 173, 298-304.
- [90] Woodie, L.N., Luo, Y., Wayne, M.J., Graff, E.C., Ahmed, B., O'Neill, A.M., Greene, M.W. (2018). Restricted fasting for 9h in the active period partially abrogates the detrimental metabolic

- effects of a Western diet with liquid sugar consumption in mice. *Metabolism*, 82, 1-13.
- [91] Sadeghirad, B., Motaghipisheh, S., Kollahdooz, F., Zahedi, M.J., Haghdoost, A.A. (2014). Islamic fasting and weight loss: A systematic review and meta-analysis. *Public Health Nutrition*, 17(2), 396-406.
- [92] Kul, S., Savaş, Ö., Öztürk, Z.A., Karadağ, G. (2014). Does Ramadan fasting alter body weight and blood lipids and fasting blood glucose in a healthy population? A meta-analysis. *Journal of Religion and Health*, 53(3), 929-942.
- [93] Mattson, M.P., Longo, V.D., Harvie, M. (2017). Impact of intermittent fasting on health and disease processes. *Ageing Research Reviews*, 39, 46-58.
- [94] Tinsley, G.M., Forsse, J.S, Butler, N.K., Paoli, A., Bane, A.A., La Bounty, P.M., Morgan, G.B., Grandjean, P.W. (2017). Time-restricted feeding in young men performing resistance training: A randomized controlled trial. *European Journal of Sport Science*, 17(2), 200-207.
- [95] Stockman, M.C., Thomas, D., Burke, J., Apovian, C.M. (2018). Intermittent fasting: Is the wait worth the weight? *Current Obesity Reports*, 7(2), 172-185.
- [96] Zurita-Ortega, F., Roman-Mata, S.S., Chacon-Cuberos, R., Castro-Sanchez, M., Muros, J.J. (2018). Adherence to the Mediterranean Diet in associated with physical activity, self-concept and sociodemographic factors in University student. *Nutrients*, 10(8), 1-11.
- [97] Medina, F.X. (2009). Mediterranean diet, cultures and heritage: Challenges for a new conception. *Public Health Nutrition*, 12(9A), 1618-1620.
- [98] Martinez-Gonzalez, M.A., Hershey, M.S., Zazpe, I., Trichopoulou, A. (2017). Transferability of the Mediterranean Diet to Non-Mediterranean countries. What is and what is not the Mediterranean Diet. *Nutrients*, 9(11), 1-14.
- [99] Azzini, E., Maiani, G., Turrini, A., Intorre, F., Feudo, G.L., Capone, R., Bottalico, F., Bilali, H.E., Polito, A. (2018). The health-nutrition dimension: A methodological approach to assess the nutritional sustainability of typical agro-food products and the Mediterranean diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(10), 3684-3705.
- [100] Galbete, C., Schwingshackl, L., Schwedhelm, C., Boeing, H., Schulze, M.B. (2018). Evaluating Mediterranean diet and risk of chronic disease in cohort studies: An umbrella review of meta-analysis. *European Journal of Epidemiology*, 33(10), 909-931.
- [101] Dernini, S., Berry, E.M. (2015). Mediterranean diet: from a healthy diet to a sustainable dietary pattern. *Frontiers in Nutrition*, 2, 15.
- [102] Romagnolo, D.F., Selmin, O.I. (2017). Mediterranean diet and prevention of chronic diseases. *Nutrition Today*, 52(5), 208-222.
- [103] Berry, E.M. (2019). Sustainable food systems and the Mediterranean diet. *Nutrients*, 11(9), 2229.
-

COVID-19 ve Beslenme Arasındaki İlişkiye Güncel Bir Bakış

Ruya Kuru Yasar , Özlem Üstün Aytekin  

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul

Geliş Tarihi (Received): 03.09.2020, Kabul Tarihi (Accepted): 10.03.2021

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ozlem.aytekin@sbu.edu.tr (Ö. Üstün Aytekin)

📞 0 216 346 36 36 📠 0 216 346 36 40

ÖZ

CoronaVirus Disease-2019 (COVID-19), Çin'de ortaya çıkıp giderek tüm dünyaya yayılan, dünya genelinde 2.5 milyondan fazla kişinin yaşamını kaybetmesine neden olan bir salgındır. Şu ana kadar yapılan araştırmalarda herhangi bir diyetin, gıdanın veya besin ögesinin direkt olarak COVID-19'u önlediği veya tedavi ettiğine dair yeterli bir kanıt yoktur. Ancak literatürde, optimal beslenmenin ölümcül virüslere karşı önleyici bir "ön rehabilitasyon" şekli olabileceği düşünülmektedir. Bu derlemenin amacı, COVID-19 ile beslenme arasındaki ilişkiyi bilimsel verileri gözden geçirerek irdelemektir. Bu bağlamda, bu makalede, literatürde özellikle vurgulandığı için diyet proteini, biyoaktif bileşikler, çinko, selenyum, C ve D vitaminleri, omega-3, probiyotikler ve Akdeniz diyetinin COVID-19 ile olan ilişkisine odaklanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, Koronavirüs, Beslenme, Makro ve mikro besin öğeleri, Diyet, Bağışıklık

Current Overview of Relationship between COVID-19 and Nutrition

ABSTRACT

CoronaVirus Disease-2019 (COVID-19) is a pandemic that started in China and influenced the whole world, causing more than 2.5 million people to die. There is not enough evidence to date that any diet, food, or nutrient prevents or treats COVID-19. However, it is thought that optimal nutrition can be a preventive form of "pre-rehabilitation" against deadly viruses. This paper aims to review the latest scientific data that examine the relationship between COVID-19 and nutrition. In this context, this study focuses on the relationship of COVID-19 with dietary protein, bioactive compounds, zinc, selenium, vitamins C and D, omega-3, probiotics, and the Mediterranean diet, which are particularly emphasized in the literature.

Keywords: COVID-19, Coronavirus, Nutrition, Macro and micronutrients, Diet, Immunity

GİRİŞ

Beslenme, enfeksiyonlar ve bağışıklık sisteminin birbirleri ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir. Enfeksiyonlar hem immüniteyi hem de gıda alımını etkilediğinden, neden sonuç ilişkisini anlamak oldukça güçtür. Suboptimal beslenme, immün sistem fonksiyonlarında baskılanmaya ve enfeksiyon hastalıklarında artışa neden olurken, enfeksiyonlar

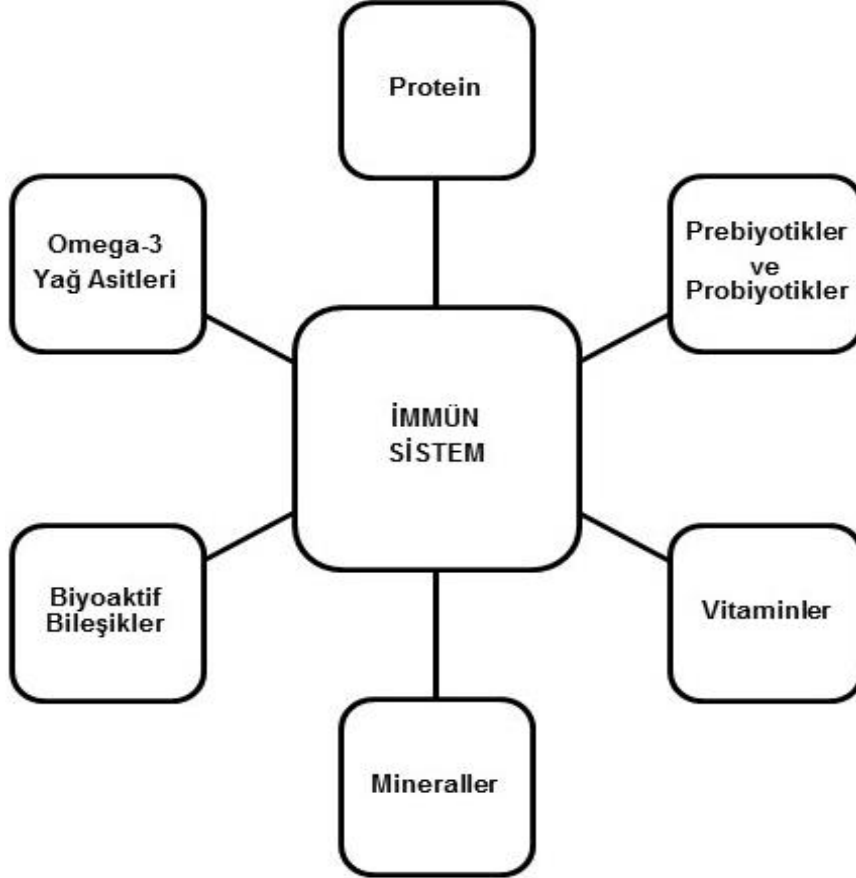
sırasında yetersiz beslenme ise bağışıklık sistemini olumsuz etkileyebilmektedir [1].

İmmün sistem ile güçlü ilişkisi olduğu bilinen gıda bileşenleri, Şekil 1'de özetlenmiştir (Şekil 1). Bazı besin öğelerinin bağışıklık sistemi hücrelerinin yapımında fonksiyonları bulunmaktayken bazıları antioksidan etkileri ile immün sistem fonksiyonlarını düzenlemekte, bazıları ise inflamatuvar yanıtta görev almaktadır. Örneğin; arjinin amino asiti makrofajlar tarafından nitrik

oksitein üretimi için gereklidir, çinko ise hücre bölünmesini düzenleyen bir besin öğesidir ve bağışıklık sistemi hücrelerinin proliferasyonunda önemli rolü bulunmaktadır [2].

COVID-19'da önemi literatürde özellikle vurgulanan makro besin öğeleri arasında protein, mikro besin öğeleri arasında ise D ve C vitaminleri ile çinko ve selenyum mineralleri gelmektedir [3-5]. Son yıllarda yapılmış çalışmalarda, probiyotiklerin de konakçı bağışıklık tepkisini düzenlediği ve viral enfeksiyonlarda terapötik potansiyelinin olduğu gösterilmiştir [6]. Ayrıca

gıdalarda bulunan çeşitli biyoaktif bileşiklerin bağışıklık sistemi üzerinde düzenleyici etkisinin olduğu rapor edilmektedir [7]. Omega-3 yağ asitlerinin anti-inflamatuar etkileri sayesinde immün sistemi düzenlediği bilinmektedir [8]. Bu sebeplerden dolayı yukarıda sayılan besin öğeleri, probiyotikler, omega-3 ve biyoaktif bileşikler, COVID-19 profilaksisinde ve/veya tedavisinde bir strateji olarak görülmektedir ve bu konu ile ilgili çalışmalar hız kazanmaktadır. Bu doğrultuda bu makale ile amacımız, literatürde COVID-19 ile beslenme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaları irdelemek ve sonuçlarını değerlendirmektir.



Şekil 1. İmmün sistem ile güçlü ilişkili gıda bileşenleri
Figure 1. Food components strongly associated with the immune system

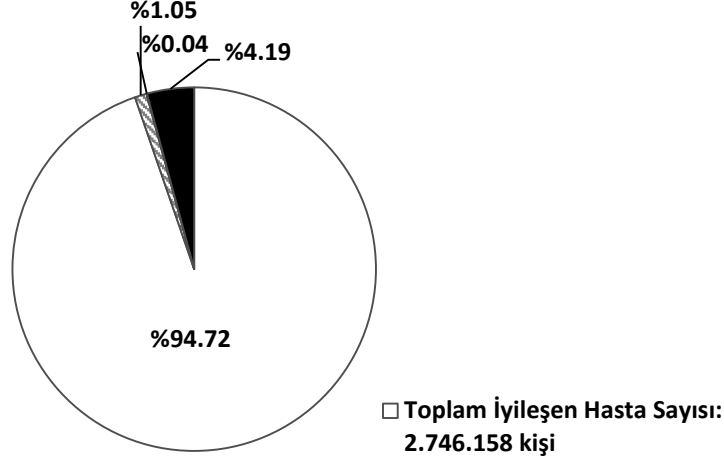
KORONAVİRÜS VE COVID-19 SALGINI

Koronavirüsler, insanları ve hayvanları enfekte eden, zarflı, pozitif tek sarmallı RNA virüsü ailesidir. Alfa, beta, gama ve delta olmak üzere dört alt aileden oluşmaktadırlar. Yüzeylerinde bulunan spike proteinleri (Spro) ile karakterize edilirler. Bu virüsler toplumda yaygın görülen hafif enfeksiyon tablosundan, Ağır Akut Solunum Sendromu (Severe Acute Respiratory Syndrome, SARS) ve Orta Doğu Solunum Sendromu (Middle East Respiratory Syndrome, MERS) gibi daha kritik enfeksiyon tablolarına da neden olabilmektedir [9].

COVID-19 salgını, Çin'de ortaya çıkıp giderek tüm dünyaya yayılan, dünya genelinde 115 milyondan fazla

kişinin enfekte olmasına sebebiyet veren bir sağlık krizidir [10]. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Çin Ülke Ofisi, 31 Aralık 2019'da Çin'in Hubei eyaletinin Wuhan şehrinde sağlık yetkililerinin dikkatini çeken ve etiolojisi bilinmeyen pnömoni vakalarını bildirmişti. Bu vakalara sebep olan etken, 7 Ocak 2020'de insanlarda daha önce tespit edilmemiş yeni (novel) bir *coronavirüs* (2019-nCoV) olarak tanımlanmıştır. Daha sonra 2019-nCoV hastalığının adı COVID-19 olarak kabul edilmiş, virüs SARS CoV'e yakın benzerliğinden dolayı SARS-CoV-2 olarak isimlendirilmiştir. DSÖ, COVID-19 salgınına 30 Ocak 2020'de "uluslararası boyutta halk sağlığı acil durumu" olarak sınıflandırmış, ilk salgının başladığı Çin dışında 113 ülkede de COVID-19 vakalarının görülmesi, virüsün yayılımı ve şiddeti nedeniyle 11 Mart'ta küresel

salgın olarak tanımlanmıştır. Ülkemizde ilk COVID-19 vakası 11 Mart 2020'de görülmüştür [9]. Ülkemizde 05.03.2021 tarihi itibarıyla toplam vaka sayısı 2.746.158 olmuştur. Bu tarihte Türkiye'de COVID-19'un güncel durumu Şekil 2'de gösterilmiştir (Şekil 2) [11].



Şekil 2. Türkiye'de COVID-19 hasta sayıları ve dağılımları
Figure 2. Number and distribution COVID-19 patients in Turkey

SARS-CoV-2 ile enfekte olan kişilerin çoğu hastalığı hafif, asemptomatik veya komplikasyonsuz geçirirken, şiddetli vakalarda, Akut Solunum Sıkıntısı Sendromu (Akut Respiratuvar Distress Sendromu, ARDS), sepsis ve septik şok, akut böbrek yetmezliği ve kalp yetmezliği dahil olmak üzere çoklu organ yetmezliği gibi komplikasyonlar gelişebilmektedir. COVID-19'un yaygın belirtileri; solunum semptomları, ateş, öksürük ve dispnedir. Başağrısı, boğaz ağrısı, burun akıntısı, kas ve eklem ağrıları, aşırı halsizlik, koku ve tat alma duyusu kaybı, ishal gibi belirtiler de görülebilmektedir. Yaşlılar, hipertansiyon, kalp ve damar hastalıkları veya diyabet gibi altta yatan tıbbi sorunları olanların ciddi hastalık geliştirme olasılığı daha yüksektir [9].

Literatürde beslenme ve COVID-19 arasındaki etkileşimi açıklayabilmek için yeterli bir veri bulunmamaktadır. Kullanılan halk sağlığı stratejilerinin çoğu şu anda reaktiftir. Ancak, optimal beslenmenin immün sistemi güçlendirerek COVID-19 virüsü gibi ölümcül virüslere karşı önleyici bir "ön rehabilitasyon" şekli olabileceği düşünülmektedir [3]. İmmün sistemi güçlendiren stratejiler sırası ile aşağıda tartışılmıştır.

COVID-19 ve DİYET PROTEİNİ

Amino asitlerin immün yanıtı düzenlemede çeşitli rollerinin bulunduğu gösterilmiştir. Bunlar: T ve B lenfositlerin, doğal öldürücü (NK, natural killer) hücrelerin ve makrofajların aktivasyonu; hücre redoks durumunu, gen ekspresyonu ve lenfosit proliferasyonu düzenleme; antikorların, sitokinlerin ve diğer sitotoksik maddelerin üretimidir. Diyet proteininin yetersiz alımının immün sistemin işlevlerini baskıladığı ve insanların enfeksiyonlara duyarlılığını arttırdığı bilinmektedir. Ayrıca enfeksiyonlar, protein gereksiniminde artışa

SARS-CoV-2, sahip olduğu Spro ile başta Tip 1 ve 2 pnömositler olmak üzere, miyokart, özofagus, böbrek proksimal tübül, ileum epitel hücreleri ve mesane ürotelyal hücrelerinde bulunan anjiyotensin dönüştürücü enzim-2 (ACE-2) reseptör proteinine bağlanarak enfeksiyonu başlatmaktadır [12].

neden olmaktadır [13]. Bu nedenle, COVID-19'dan korunmada ve tedavide günlük yeterli protein alımının sağlanması elzemdir [5].

COVID-19 ve BİYOAKTİF BİLEŞİKLER

Biyoaktif bileşikler, başta meyve, sebze ve kepekli tahıllarda olmak üzere gıdalarda bulunan ve temel besin değerinin ötesinde sağlık üzerine çeşitli yararları olan yapılarıdır. Literatürde biyoaktif maddelerin COVID-19 enfeksiyonunda önleyici ajanlar veya tedavi hızlandırıcılar olarak fonksiyon görebilecekleri öne sürülmektedir [7].

Virüslerin replikasyonunda proteazların önemi bilinmektedir. SARS-CoV-2'nin ana proteazı (Main protease: Mpro) kristalleştirilmiştir. Bu proteaz, virüsün replikasyonunun inhibisyonu için potansiyel bir hedef olarak görülmektedir [14]. Bir moleküler modelleme çalışmasında kaempferol, kuersetin, luteolin-7-glukozit, dimetoksikurkumin, naringenin, apigenin-7-glukozit, oleuropein, kurkumin, kateşin ve epikateşin-gallatın Mpro'ya bağlanabileceği gösterilmiştir [15]. Bu biyoaktif maddelerden kaempferolün Mpro'ya bağlanma affinitesinin en yüksek olduğu gösterilmiş ve bu biyoaktif maddelerin COVID-19'da potansiyel tıbbi kullanımlarını araştırmak için daha fazla çalışma yapılması önerilmiştir.

Bir molekül simülasyon çalışmasında ise kurkumin ve kateşinin koronavirüsün ACE-2 reseptörlerine bağlanmasını sağlayan viral Spro'ya bağlanabileceği gösterilmiştir ve yazarlar bu iki biyoaktif maddenin koronavirüs tedavisinde kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir [16]. Horne ve ark. [17] ise resveratrolün, koronavirüsün ACE-2 reseptörüne bağlanmasını engelleyebileceğini vurgulamaktadır. Meneguzzo ve ark.

[18] hesperidinin ACE-2 reseptörüne affinitesinin yüksek olduğunu dolayısıyla COVID-19 profilaksisinde ve/veya tedavisinde kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir.

Literatürde belirtilen biyoaktif bileşiklerin bilinen gıda kaynakları Tablo 1’de verilmiştir [19, 20]. Tablo 1’de yer alan gıdaların ülkemizde sofralarımızda yer edinen gıdalar olduğu da görülmektedir. Sağlıklı bireylerin bu tablodaki gıdaları tüketmesi, bağışıklık sisteminin desteklenmesinde ve dolayısı ile COVID-19’dan korunmada önemli olabilir. Ayrıca farklı gıda grupları ile beslenmenin, meyve ve sebze tüketiminin, zeytinyağ

tüketiminin bağışıklığın desteklenmesi için ne kadar önemli olduğu da Tablo1’de görülmektedir. Ancak bu bileşiklerin gıdalarla alındıkları zaman biyoyararlanımlarının etkilenip etkilenmediği de başka bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Çeşitli kronik hastalıkları olan ve ilaç kullanan kişilerde bu gıdalardan zengin bir diyetin uygulanmasının veya bu bileşiklerin takviye olarak tüketilmesinin olumlu veya olumsuz etkileri henüz net değildir. Bu sebeple Amerikan Beslenme Derneği (American Nutrition Association, ANA) hasta kişilerde mutlaka “kişiselleştirilmiş beslenme planının” uygulanması gerektiğini vurgulamaktadır [21].

Tablo 1. COVID-19 profilaksisi ve/veya tedavisinde kullanılabileceği öne sürülen biyoaktif bileşikler ve bilinen gıda kaynakları

Table 1. Bioactive compounds and known food sources suggested for use in COVID-19 prophylaxis and / or treatment

Biyoaktif Bileşik	Gıda Kaynakları
Apigenin-7-glukozit	Maydanoz, ıspanak, kereviz
Kurkumin	Curcuma Longa (zerdeçal)
Epikateşin-gallat	Yeşil çay
Hesperidin	Limon ve Portakal (özellikle kabukları ve membranöz kısımları)
Kaempferol	Siyah çay, brokoli, elma, çilek, taze fasulye
Kuersetin	Meyve ve Sebzeler (özellikle soğan ve elma)
Luteolin-7-glukozit (Cynaroside)	Enginar
Naringenin	Narenciye, bergamot, domates
Oleuropein	Zeytin yaprakları, zeytin ve zeytinyağı
Resveratrol	Üzüm, yer fıstığı, yaban mersini, siyah üzüm suyu

COVID-19 ve ÇİNKO

Çinko, insan vücudunda 1000’den fazla transkripsiyon faktörünün, 300’den fazla enzimin fonksiyon gösterebilmesi için gerekli bir mikro besin ögesidir. Gen ekspresyonu, DNA sentezi, protein ve nükleik asit sentezi, nörotransmisyon, hormonların depolanması ve sekresyonu gibi pek çok metabolik olaya katılmaktadır [22].

Çinko, yüksek proliferatif kapasitesi olan bağışıklık sistemi hücreleri için oldukça önemlidir. Bağışıklık sistemi hücreleri, özellikle enfeksiyon sırasında çok daha hızlı çoğalmaktadır. Çinko yetersizliği, immün yanıtta bozulmalara neden olmakta, oksidatif stresi arttırmakta ve proinflamatuvar sitokinlerin artışına neden olmaktadır. Çinko yetersizliğinde viral enfeksiyonlara yakalanma riskinin arttığı bilinmektedir. 17 klinik çalışmanın dahil edildiği bir metaanalizde çinko takviyesinin üst solunum yollarında meydana gelen hastalıkların semptom şiddetini ve süresini azalttığı ortaya konmuştur [23].

Antimalaryal ilaç olan klorokin ve metabolit hidroksiklorokin, SARS-CoV-2 aracılı morbidite ve mortaliteyi sınırlamak için potansiyel adaylar olarak çeşitli klinik çalışmalarda test edilmektedir. Doğrudan antiviral etkilerinin yanı sıra bu ilaçlar, hücre dışı çinkoyu hücre içi lizozomlara spesifik olarak hedefleyerek koronavirüsün RNA-bağımlı RNA polimeraz aktivitesini ve replikasyonunu inhibe etmektedir. Buna bağlı olarak COVID-19’un önlenmesinde ve tedavisinde çinko desteğinin kullanılması bir seçenek olarak sunulmaktadır [24].

Yaşa bağlı olarak bağışıklık sisteminde çeşitli değişiklikler olmakta, enfeksiyonlara duyarlılık artmakta ve otoimmün bozukluklar ortaya çıkmaktadır. Bu süreç “bağışıklık yaşlanması” “immunosenescence” olarak adlandırılmaktadır. Altmış beş yaş üstü kişilerin ölüm nedenlerinin ilk onunda ise pnömoni, influenza ve hastane enfeksiyonları yer almaktadır. Yaşlıların, hipertansiyon, kalp ve damar hastalıkları veya diyabet gibi altta yatan tıbbi sorunları olan kişilerin COVID-19’da ciddi hastalık geliştirme olasılıkları daha yüksek olduğu bilinmektedir [25]. Mikro besin eksikliklerinin COVID-19 aşılarının etkinliğini azaltabileceği düşünülmektedir [26]. 2012 yılında yapılmış randomize kontrollü bir çalışmada, düşük miktarda sebze ve meyve (≤ 2 porsiyon/gün) tüketen 65-85 yaş arasındaki 82 kişinin 16 hafta boyunca sebze ve meyve tüketimlerinin artırılmasının (≥ 5 porsiyon/gün) Pneumovax II aşısına olan antikor yanıtını iyileştirdiği gösterilmiştir [27]. Bu nedenlerle bu kişilerin yeterli ve dengeli beslenmelerinin sağlanması oldukça önemli bir husustur. Özellikle çinko eksikliği; sıklıkla yaşlılarda, kardiyovasküler hastalığı, kronik akciğer hastalığı veya diyabeti olan hastalarda ortaya çıktığından, çinko desteğinin COVID-19 morbiditesi ve mortalitesinde etkili olabileceğinden literatürde bahsedilmektedir. Bu nedenle bu kişilerin günlük yeterli çinko alımlarının sağlanması önemli olacaktır [24].

COVID-19 ve SELENYUM

Viral patojenlerin konakçıda oksidatif stresi indüklediği bilinmektedir. Selenyum, antioksidan savunmanın bir parçası olan glutatyon peroksidaz ve tiyoredoksin reduktaz gibi selenoproteinlerin yapısına katılmaktadır.

Bu sayede oksidatif stresi kontrol etmede önemli bir rol oynamaktadır. Selenyum eksikliği, selenoprotein ekspresyonunun azalmasına ve bu nedenle bulaşıcı hastalıklara karşı savunmanın zayıflamasına neden olmaktadır. Levander ve Beck, selenyum eksikliği olan farelerde Cocksackie virüsünün virülansının artabileceğini göstermişlerdir. Keshan hastalığı, Çin'in selenyum eksikliği olduğu bilinen Kuzeydoğu/Güneybatı kuşağında meydana gelen bir miyokardittir [28]. Bu viral hastalığın prevalansı, selenyum alımının artmasıyla önemli ölçüde azalmıştır. Çin'de yapılmış güncel bir çalışmada, düşük selenyum alımı olan bölgelerde COVID-19'un sebep olduğu mortalitelerin, yüksek selenyum alımı olan bölgelere göre daha fazla olduğu gösterilmiştir [29]. Hindistan'da sağlıklı kişilerin serum selenyum seviyesinin, COVID-19 hastalarına göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu ($p=0.0003$) rapor edilmiştir [30].

COVID-19'da mikro pıhtı oluşumuna yol açan kanama bozuklukları önemli bir ölüm nedeni olmaktadır. Selenyumun tromboz oluşumunu önlediği bilinmektedir. Bu nedenle sodyum selenitin özellikle ağır seyri riski altında olan COVID-19 hastalarında tromboz oluşma riskini azaltabileceği düşünülmektedir [4].

COVID-19 ve C VİTAMİNİ

C vitamini, biyosentez ve gen ekspresyonunun düzenlenmesinde yer alan çeşitli enzimler için bir kofaktör rolü üstlenen bir antioksidandır. C vitamini, epitelyal bariyer fonksiyonu, fagosit hücrelerinin kemotaksisi ve antimikrobiyal aktiviteleri, NK hücrelerinin fonksiyonu ve lenfosit proliferasyonu ve farklılaşması dahil olmak üzere hem doğal hem de edinsel bağışıklık sisteminin çeşitli yönlerini destekleyerek insan immün sisteminin işlevini düzenler. İnsanlarda C vitamini eksikliği, bağışıklık yanıtlarında bozulmalar, enfeksiyona karşı artan duyarlılık ile ilişkilendirilirken, C vitamini takviyesi enfeksiyonları önlemek ve tedavi etmek için yararlı görünmektedir [31].

Çin'de yapılan bir çalışmada 50 orta ve şiddetli COVID-19 hastasına 7-10 gün boyunca, 8-10 saatte bir 10-20 g/gün arası C vitamini (iv) verilmiştir. Tüm hastalar iyileşip taburcu edilmiş ve mortalite görülmemiştir. Ayrıca, herhangi bir yan etki bildirilmemiştir. C vitamini takviyesi alan kişilerin hastanede kalış süreleri 3-5 gün azalmıştır [32]. COVID-19 tedavisinde yüksek doz C vitamini (iv) tedavisinden literatürde sıklıkla bahsedilmiştir ancak istatistiksel olarak doğruluğunun kanıtlanabilmesi için yeterli veri yoktur ve devam eden çalışmalar bulunmaktadır [33].

COVID-19 ve D VİTAMİNİ

D vitamini, COVID-19'da literatürde adı en çok geçen vitaminlerden birisidir. COVID-19 enfeksiyonunun bir sonucu olarak, birçok hasta çoklu organ hasarına yol açabilecek ARDS geliştirir. Bu semptomlar, tetiklenmiş T helper1 (Th1) hücre yanıtlarına neden olabilecek bir sitokin fırtınası sendromu ile ilişkilidir. $1,25$ (OH) $_2$ D vitamini, Th1 hücrelerinin çoğalmasını baskılamaktadır ve sitokinlerin (interferon (IFN)- γ ve interlökin (IL)-2)

üretimini azaltmaktadır. Th2 hücrelerinden ise IL-4 ve inflamatuvar T hücre aktivitesini baskılayan transforming growth factor (TGF- α) üretimini arttırmaktadır. D vitamini, enfeksiyonlarda bir immünomodülatör olarak tedavi protokollerinde yer alabilme potansiyeli taşımaktadır [34].

Retrospektif bir çalışmada, 212 COVID-19 pozitif hastanın serum 25 (OH) D vitamin seviyeleri incelenmiştir. Çalışmada vakalar, hastalığı atlatma zorluklarına göre hafif, olağan, ciddi ve kritik olarak gruplandırılmıştır. Kritik vakalarda serum 25 (OH) D vitamin seviyeleri en düşük bulunurken, hafif vakalarda ise bu gruba göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur [35].

Ülkeler arasındaki verileri karşılaştırmakta zorluklara rağmen, COVID-19'dan ölüm oranı bazı ülkelerde diğerlerine göre açıkça daha yüksektir. Popülasyondaki yaşlıların oranı, genel sağlık, sağlık hizmetlerinin erişilebilirliği, kalitesi ve sosyoekonomik durum da dahil olmak üzere bu farklılıkta birçok faktör rol oynayabilmektedir. Yirmi Avrupa ülkesinin serum 25 (OH) D vitamin seviyelerinin incelendiği bir çalışmada özellikle İspanya, İtalya ve İsviçre'de yaşanan popülasyonda düşük olduğu ve aynı zamanda bu popülasyonun COVID-19 için en savunmasız nüfus grubu olduğu belirtilmiştir [36]. Salgın döneminde, birçok ülkede insanların "evde kalmaları" ve "seyahat etmemeleri" için kurallar getirildiği için, güneş ışığına maruz kalma, bu dönemde sınırlı olmaktadır ve bu sebeple kişilerin D vitamini seviyelerini dikkate almalarının önemli olacağı düşünülmektedir. Örneğin; Büyük Britanya'nın hükümet sağlık kurumları, bu salgın sırasında insanların yaz ve sonbahar boyunca D vitamini takviyeleri almasını önermiştir [37].

COVID-19 ve OMEGA-3

İnflamasyon, immün yanıtın anahtar bir komponentidir. İnflamasyon, spesifik negatif feedback mekanizmalar ile çoğu zaman hızlıca çözünür. Bu mekanizmalardan bir tanesi inflamasyon bölgesinde bulunan omega-3 yağ asitlerinin (eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA)), enzimatik olarak, resolvin, protectin ve maresin gibi mediatörlere dönüşmesidir. Omega-3 yağ asitleri, bu yol ile anti-inflamatuvar etkilerini göstererek immün sistemi düzenlenmektedir. Özellikle, bu esansiyel yağ asitlerindeki diyetteki yetersizliğinin, inflamasyonun iyileşmesinde gecikmeye sebep olduğu bilinmektedir. Bu durumun COVID-19'da ortaya çıkan ARDS ile bağlantı kontrolsüz sitokin fırtınasında oldukça önemli olduğu belirtilmektedir [38].

COVID-19 ile PREBİYOTİK, PROBİYOTİK ve POSTBİYOTİKLER

Yapılan bir araştırmada enfekte hastaların gaitasında SARS-CoV-2 RNA'sının bulunduğu bildirilmiştir [39]. SARS-CoV-2, temel olarak akciğerde tutulum gösteren bir virüs gibi görülse de gastrointestinal sistem ile ilişkili bulgulara da (diyare, emezis, karın ağrıları vb.) yol açtığı görülmüştür. Bunun sebebi 'Sitokin Fırtınası' olarak da

adlandırılan bozulmuş sistemik immün yanıtına dayandırılmaktadır [40]. Ayrıca bağırsak epitel hücrelerinin ACE-2 reseptörlerini eksprese ettiği de bilinmektedir [12].

Koronavirüs enfekte hücrelerin inositol-requiring enzyime-1 (IRE1) yolağı üzerinden endoplazmik retikulum stresi oluşturup otofajiyi ve viral replikasyonu arttırdığı ve bu yolağın inhibisyonu ile de otofajinin ve viral replikasyonun azaldığı gösterilmiştir. Bozkurt [41], hipotetik bir yaklaşımda, SARS-COV2'nin bu yolağı aktive eden interlökin 17 (IL-17) sitokini üzerinden gastrointestinal sistem bulgularına sebebiyet verebileceğini ve IL-17'yi engelleyici etkisi olan bazı Bifidobakteri suşlarının (örneğin; BB-12, Infantis) COVID-19 hastalarında kullanılabileceğini öne sürmektedir.

Prebiyotiklerin COVID-19 ile ilişkisini doğrudan inceleyen bir araştırma bulunmamaktadır. Ancak prebiyotiklerin mikrobiyota kompozisyonunu ve aktivitesini regüle etme yetenekleri sayesinde COVID-19 tedavisinde ve/veya profilaksisinde faydalı olabileceği düşünülmektedir [43]. Bir derlemede, Japonya'da COVID-19'un batılı ülkelere göre daha hafif seyrettiği, bu durumun Japonya'da deniz yosunlarının yaygın tüketilmesi ve deniz yosunlarının fukoidan, laminarin ve porpiran gibi prebiyotik polisakkaritlerden zengin olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir [43].

Çin'de yapılmış bir çalışmada COVID-19 hastalarında bağırsak mikrokolojik dengesinin bozulduğu, *Laktobasillus* ve *Bifidobacterium* gibi bağırsak probiyotiklerinde önemli bir azalma olduğu bildirilmiştir. Bu hastaların bağırsak flora dengesini yeniden normalleştirmek ve enfeksiyon riskini azaltmak adına prebiyotik ve probiyotik takviyeye ihtiyaç duyabilecekleri öne sürülmektedir [44].

Anwar ve ark. [45] bir moleküler modelleme çalışmasında, *Lactobacillus plantarum*'un bir metabolik ürünü olan Plantiricin bileşiklerinin COVID-19'da antiviral aktivite gösterebileceği rapor edilmiştir.

Romano ve ark. [46] uygun antiviral tedavilerle beraber probiyotiklerin tüketiminin COVID-19'da sitokin fırtınasının söndürülmesine katkıda bulunabileceğinden bahsetmektedir. Türkiye Diyetisyenler Derneği'nin COVID-19 hakkında genel önerilerine bakıldığında probiyotik takviyeli yoğurt ve kefir gibi ürünlerin tüketimi önerilmektedir. Ayrıca sağlık personelinin de probiyotik ve prebiyotikler gibi gıda destekleri alması gerektiği vurgulanmaktadır [47].

COVID-19 ile mücadelede prebiyotiklerin, probiyotiklerin ve postbiyotiklerin bağırsak immün bariyerinin güçlendirilmesinde önemli katkı sağlayacağı düşünülse de mikrobiyota kaynaklarının nasıl elde edilip kullanılacağı, uygulama süresi ve dozunun standardizasyonu, öte yandan bununla beraber beslenmenin ne şekilde düzenlenmesi gerektiği ile ilgili pek çok konuda ileri araştırmalara ihtiyaç vardır [48].

COVID-19 ve AKDENİZ DİYETİ

Literatürde COVID-19'dan korunmada adından en sık bahsettiren diyet çeşidi, Akdeniz diyetidir. Birçok otorite bu dönemde meyve ve sebze alımının artmasını, işlenmiş gıda alımının azaltılmasını önermektedir [47, 49]. Akdeniz diyeti, antiinflamatuvar bir diyet olarak bilinmekte ve zeytinyağı, zeytin, meyve ve sebzeler, tam tahıllar, baklagiller ve yağlı tohumlar açısından zengin; yumurta, balık, kümes hayvanları ve süt ürünlerinden orta düzeyde; kırmızı et ve et ürünlerinin tüketiminin ise düşük düzeyde olduğu bir diyettir. Akdeniz diyeti anti-inflamatuvar ve immünomodülatör besin öğelerinden zengin bir diyettir. Ayrıca biyoaktif fenolik bileşiklerden de oldukça zengin bir diyettir. Bu nedenle Akdeniz diyetinin potansiyel olarak bağışıklık üzerindeki etkileri nedeniyle COVID-19 gibi enfeksiyonlara karşı faydalı olabileceği düşünülmektedir [50].

COVID-19 HASTALARINDA BESLENME DESTEK TEDAVİSİ

Akut solunum yolu komplikasyonları, COVID-19 hastalarındaki morbidite ile mortalite nedenlerinden biridir ve yoğun bakım ünitesi (YBÜ) gerektirir. COVID-19 hastalarının durumlarının stabilizasyonu için yoğun bakımda kalış süreleri uzamakta ve daha uzun YBÜ kalışları, malnütrisyona yol açabilmektedir. Bu nedenle, beslenme desteği COVID-19 hastalarının tedavi rutinine mutlaka eklenmelidir. Yüksek mortaliteye sahip hastaların, yaşlı, polimorbiditeye sahip ve yetersiz beslenen bireyler olduğu bildirilmektedir [51]. Akut ve kronik hastalıkların tedavisinde olduğu gibi COVID-19 nedeni ile tedavi alan hastalarda da iyi ve başarılı bir destekleyici bakım tedavinin temel taşı olmaktadır. İyi ve başarılı bir destekleyici tedavinin temel bileşenlerinden biri doğru beslenmenin sağlanmasıdır. Ülkemizde COVID-19 hastalarının beslenme tedavilerinin planlanması için Türk Dahili ve Cerrahi Bilimler Yoğun Bakım Derneği tarafından "COVID-19 Hastalığı Takip Önerileri" ve Türkiye Diyetisyenler Derneği tarafından "COVID-19 Pandemisinde Klinik Beslenme Önerileri" yayınlanmıştır [33, 47].

SONUÇ

Sağlıklı beslenmenin immün sistem üzerine olumlu etkilere sahip olduğu, yetersiz ve dengesiz beslenmede ise immün sistem fonksiyonlarının bozulduğu ve enfeksiyonlara duyarlılığın arttığı bilinmektedir. Bu nedenle COVID-19'un profilaksisinde ve/veya tedavisinde kişilerin yeterli ve dengeli beslenmelerinin sağlanması, vitamin ve mineral gereksinimlerinin karşılanması; immün sistemin normal fonksiyonlarını sürdürebilmesi için elzemdir. COVID-19 profilaksisinde ve/veya tedavisinde, C ve D vitaminleri, selenyum ve çinko mineralleri, probiyotikler, omega-3 ve biyoaktif bileşikler umut olarak görülseler dahi şu anda gıdalarda bulunan herhangi bir bileşenin veya uygulanacak herhangi bir diyetin COVID-19'u kesin olarak önlediği ve/veya tedavi ettiğine dair yeterli bir kanıt yoktur. Ancak, bunlar immün sistemde fonksiyonlarının olduğu bilinen gıda bileşenleridir ve bu nedenle diyetle yeterli miktarlarda alınmalıdır. Ayrıca, bu dönemde bilinçsiz bir

şekilde gıda takviye ürünlerinin kullanımından da kaçınılmalıdır. En iyi immünolojik sonuçlar için en uygun beslenme, bağışıklık hücrelerinin işlevlerini destekleyen, patojenlere karşı etkili yanıtı başlatmalarına izin veren, aynı zamanda gerektiğinde yanıtı hızla çözme ve altta yatan kronik nedeni önleyen beslenme olacaktır. Literatürde bunu sağlayan diyetin Akdeniz diyeti olduğu düşünülse de bu konu ile ilgili araştırmalar devam etmekte olup, zamanla netleşmesi ve önerilerin bu doğrultuda düzenlenmesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Venter, C., Eyerich, S., Sarin, T., Klatt, K.C. (2020). Nutrition and the immune system: a complicated tango. *Nutrients*, 12(3), 818.
- [2] Childs, C.E., Calder, P.C., Miles, E.A. (2020). Diet and immune function. *Nutrients*, 11(8), 1933.
- [3] Derbyshire, E., Delange, J. (2020). COVID-19: is there a role for immunonutrition, particularly in the over 65s?. *BMJ Nutrition, Prevention & Health*, 3(1), 100-105.
- [4] Hiffler, L., Rakotoambinina, B. (2020). Selenium and RNA virus interactions: potential implications for SARS-CoV-2 infection (COVID-19). *Social Science Research*, 7, 164.
- [5] Khayyat-zadeh, S.S. (2020). Nutrition and infection with COVID-19. *Journal of Nutrition and Food Security*, 5(2), 93-96.
- [6] Yan, F., Polk, D.B. (2011). Probiotics and immune health. *Current Opinion in Gastroenterology*, 27(6), 496-501.
- [7] Dabaghian, F., Khanavi, M., Zarshenas, M.M. (2020). Bioactive compounds with possible inhibitory activity of Angiotensin-Converting Enzyme-II; a gate to manage and prevent COVID-19. *Medical Hypotheses*, 143, 109841.
- [8] Gutiérrez, S., Svahn, S.L., Johansson, M.E. (2019). Effects of omega-3 fatty acids on immune cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(20), 5028.
- [9] Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Müdürlüğü. COVID-19 (SARS-CoV-2 enfeksiyonu) (bilim kurulu çalışması) genel bilgiler, epidemiyoloji ve tanı rehberi bilimsel danışma kurulu çalışması. <https://covid19bilgi.saglik.gov.tr/tr/covid-19-rehberi.html>. (Erişim Tarihi: 05.03.2021).
- [10] World Health Organization. COVID-19 Dashboard. <https://covid19.who.int>. (Date of Access: 05.03.2021).
- [11] Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı, Türkiye COVID-19 hasta tablosu. <https://covid19.saglik.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: 05.03.2021).
- [12] Türkiye Solunum Araştırmaları Derneği. (2020). *Coronavirus hastalığı 2019 (COVID-19) ve akciğer: göğüs hastalıkları uzmanlarının bilmesi gerekenler*. *Eurasian Journal of Pulmonology*, Suppl, 2904.
- [13] Li, P., Yin, Y.L., Li, D., Kim, S.W., Wu, G. (2007). Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition*, 98(2), 237-252.
- [14] Mengist, H.M., Fan, X., Jin, T. (2020). Designing of improved drugs for COVID-19: crystal structure of SARS-CoV-2 main protease Mpro. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 5, 67.
- [15] Khaerunnisa, S., Kurniawan, H., Awaluddin, R., Suhartati, S., Soetjipto, S. (2020). Potential inhibitor of COVID-19 main protease (Mpro) from several medicinal plant compounds by molecular docking study. *Preprints*, 2020030226.
- [16] Jena, A.B., Kanungo, N., Nayak, V., Chainy, G., Dandapat, J. (2020). Catechin and curcumin interact with corona (2019-nCoV/SARS-CoV2) viral S protein and ACE2 of human cell membrane: insights from computational study and implication for intervention. *Research Square*, in press.
- [17] Horne, J.R., Vohl, M.C. (2020). Biological plausibility for interactions between dietary fat, resveratrol, ACE2, and SARS-CoV illness severity. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 318(5), E830-E833.
- [18] Meneguzzo, F., Ciriminna, R., Zabini, F., Pagliaro, M. (2020). Review of evidence available on hesperidin-rich products as potential tools against COVID-19 and hydrodynamic cavitation-based extraction as a method of increasing their production. *Processes*, 8(5), 549.
- [19] Uyar, B.B., Sürücüoğlu, M.S. (2010). Besinlerdeki biyolojik aktif bileşikler. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 8(1-2), 69-76.
- [20] Ortega, A.M.M., Campos, M.R.S. (2019). Bioactive Compounds as Therapeutic Alternatives. In *Bioactive Compounds Health Benefits and Potential Applications*, Edited by M.R.S. Campos, Woodhead Publishing, Duxford, 247-264p.
- [21] American Nutrition Association. Personalized nutrition and the COVID-19 era a rapid review for health professionals. <https://theana.org/COVID-19>. (Date of Access: 05.03.2021).
- [22] Akdeniz, V., Kınık, Ö., Yerlikaya, O., Akan, E. (2016). İnsan sağlığı ve beslenme fizyolojisi açısından çinkonun önemi. *Akademik Gıda*, 14(3), 307-314.
- [23] Science, M., Johnstone, J., Roth, D.E., Guyatt, G., Loeb, M. (2012). Zinc for the treatment of the common cold: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Canadian Medical Association Journal*, 184(10), E551-E561.
- [24] Derwand, R., Scholz, M. (2020). Does zinc supplementation enhance the clinical efficacy of chloroquine/hydroxychloroquine to win today's battle against COVID-19?. *Medical Hypotheses*, 142, 109815.
- [25] Altın, Z. (2020). Covid-19 pandemisinde yaşlılar. *Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Dergisi*, 30(Ek sayı), 49-57.
- [26] Rayman, M. P., Calder, P. C. (2021). Optimising COVID-19 vaccine efficacy by ensuring nutritional adequacy. *The British Journal of Nutrition*, in press.
- [27] Gibson, A., Edgar, J. D., Neville, C. E., Gilchrist, S. E., McKinley, M. C., Patterson, C. C., Young, I. S., Woodside, J. V. (2012). Effect of fruit and vegetable consumption on immune function in older people: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 96(6), 1429-1436.

- [28] Levander, O.A., Beck, M.A. (1999). Selenium and viral virulence. *British Medical Bulletin*, 55(3), 528-533.
- [29] Zhang, J., Taylor, E.W., Bennett, K., Saad, R., Rayman, M.P. (2020). Association between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 111(6), 1297-1299.
- [30] Majeed, M., Nagabhushanam, K., Gowda, S., Mundkur, L. (2021). An exploratory study of selenium status in healthy individuals and in patients with COVID-19 in a south Indian population: The case for adequate selenium status. *Nutrition*, 82, 111053.
- [31] Jafari, D., Esmailzadeh, A., Mohammadi, K.M., Rezaei, N. (2019). Vitamin C and the Immune System. In *Nutrition and Immunity*. Edited by M. Mahmoudi, N. Rezaei, Springer, Switzerland, 81-102p.
- [32] Shanghai Clinical Treatment Expert Group for Corona Virus Disease 2019. (2020). Comprehensive treatment and management of corona virus disease 2019: expert consensus statement from Shanghai. *Chinese Journal of Clinical Infectious Diseases*, 38.
- [33] Türk Dahili ve Cerrahi Bilimler Yoğun Bakım Derneği. COVID-19 hastalığı takip önerileri. <https://www.dcyogunbakim.org.tr/tdcy-covid-19-hastaligi-takip-onerileri/>. (Erişim Tarihi: 06.03.2021).
- [34] Aygun, H. (2020). Vitamin D can prevent COVID-19 infection-induced multiple organ damage. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 393, 1157-1160.
- [35] Alipio, M. (2020). Vitamin D supplementation could possibly improve clinical outcomes of patients infected with Coronavirus-2019 (COVID-19). *Social Science Research*, in press.
- [36] Ilie, P.C., Stefanescu, S., Smith, L. (2020). The role of Vitamin D in the prevention of Coronavirus Disease 2019 infection and mortality. *Aging Clinical and Experimental Research*, 32(7), 1195-1198.
- [37] Mitchell, F. (2020). Vitamin-D and COVID-19: do deficient risk a poorer outcome?. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 8(7), 570.
- [38] Calder, P.C., Carr, A.C., Gombart, A.F., Eggersdorfer, M. (2020). Optimal nutritional status for a well-functioning immune system is an important factor to protect against viral infections. *Nutrients*, 12(4), 1181.
- [39] Wu, Y., Guo, C., Tang, L., Hong, Z., Zhou, J., Dong, X., Yin, H., Xiao, Q., Tang, Y., Qu, X., Kuang, L., Fang, X., Mishra, N., Lu, J., Shan, H., Jiang, G., Huang, X. (2020). Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, 5(5), 434-435.
- [40] Dhar, D., Mohanty, A. (2020). Gut microbiota and Covid-19-possible link and implications. *Virus Research*, 285, 198018.
- [41] Bozkurt, H.S. (2020). Otofaji aracılığıyla bifidobakteri türlerinin koronavirüs tedavisine yönelik hipotetik bir yaklaşım. *Türkiye Klinikleri Journal Internal Medicine*, basımda.
- [42] Olaimat, A.N., Aolymat, I., Al-Holy, M., Ayyash, M., Ghoush, M.A., Al-Nabulsi, A.A., Osaili, T., Apostolopoulos, V., Liu, S.Q., Shah, N.P. (2020). The potential application of probiotics and prebiotics for the prevention and treatment of COVID-19. *Science of Food*, in press.
- [43] Tamama, K. (2020). Potential benefits of dietary seaweeds as protection against COVID-19. *Nutrition Reviews*, in press.
- [44] Xu, K., Cai, H., Shen, Y., Ni, Q., Chen, Y., Hu, S., Li, J., Wang, H., Yu, L., Huang, H., Qiu, Y., Wei, G., Fang, Q., Zhou, J., Sheng, J., Liang, T., Li, L. (2020). Management of corona virus disease-19 (COVID-19): the Zhejiang experience. *Journal of Zhejiang University(Medical Sciences)*, 49(1), 147-157.
- [45] Anwar, F., Altayb, H.N., Al-Abbasi, F.A., Al-Malki, A.L., Kamal, M.A., Kumar, V. (2020). Antiviral effects of probiotic metabolites on COVID-19. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, in press.
- [46] Romano, L., Bilotta, F., Dauri, M., Macheda, S., Pujia, A., De Santis, G.L., Tarsitan, M.G., Merra, G., Di Renzo, L., Esposito, E., De Lorenzo, A. (2020). Short report-medical nutrition therapy for critically ill patients with COVID-19. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 24, 4035-4039.
- [47] Türkiye Diyetisyenler Derneği, COVID-19 pandemisinde klinik beslenme önerileri. <http://www.tdd.org.tr/index.php/duyurular/70-corona-klinik-rehberi>. (Erişim Tarihi: 06.03.2021).
- [48] Acarkan, T., Erdogan, D., Kaçar, M. (2020). Covid-19 ile mücadelede akciğer ve bağırsak mikrobiyotalarının rolü. *Anadolu Kliniği Tıp Bilimleri Dergisi*, 25(1), 284-293.
- [49] World Health Organization. Nutrition advice for adults during the COVID-19 outbreak. https://www.who.int/images/default-source/searo---images/countries/bangladesh/infographics/nutrition-advice-during-covid-19/nutrition-advice-for-adults-covid-19-eng.jpg?sfvrsn=a381d953_2. (Date of Access: 05.03.2021).
- [50] Zabetakis, I., Lordan, R., Norton, C., Tsoupras, A. (2020). COVID-19: the inflammation link and the role of nutrition in potential mitigation. *Nutrients*, 12(5), 1466.
- [51] American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. Nutrition therapy in the patient with COVID-19 disease requiring ICU care. <https://www.nutritioncare.org/>. (Date of Access: 05.03.2021).

Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları

Akademik Gıda dergisi gıda bilimi ve teknolojisi alanında hazırlanmış özgün araştırma ve derleme makalelerin yayınlandığı **hakemli** bir dergidir. Araştırma notu, mini derleme, görüş ve editöre mektup gibi yazılar da yayın için değerlendirilir. Dergi 3 ayda bir basılmakta olup 4 sayıda bir cilt tamamlanır. Dergide Türkçe ve İngilizce makaleler yayınlanır.

Akademik Gıda dergisinde yayınlanması istenen çalışmalar derginin www.academicfoodjournal.com web sayfasında bulunan elektronik makale gönderim sistemi üzerinden gönderilmelidir. E-posta ile gönderilen makaleler değerlendirilmeyecektir. Elektronik makale gönderim sistemi ile ilgili sorularınız için ogursoy@yahoo.com e-posta adresinden editörlere irtibata geçebilirsiniz.

- Gönderilecek çalışmanın dergide hangi tür makale olarak (Araştırma Makalesi, Derleme Makale, Araştırma Notu, Mini Derleme, Görüş ve Editöre Mektup) yayınlanması istendiği yazar(lar) tarafından mutlaka belirtilmelidir.
- Yazar(lar) tarafından çalışmayı değerlendirebileceği düşünülen ve yazar(lar)la çıkar çatışması/çakışması olmayan en az 3 potansiyel hakem iletişim bilgileri de (yazışma adresi, e-posta ve telefon numarası) verilerek önerilmelidir. Önerilecek hakemler yazarın kendi kurumu dışından olmalıdır.
- Gönderilecek çalışmalar yazım ve imla hataları içermemelidir. İngilizceden Türkçeye tercüme edilen teknik terimler "Gıda Mühendisliği Teknik Terimler Rehberi"nde [Gıda Mühendisleri Odası, Kitaplar Serisi No: 17, Filiz Matbaacılık, Ankara, 232s, ISBN: 978-9944-89-407-4] tavsiye edilen şekliyle kullanılmalıdır.
- Gönderilen çalışmaların daha önce hiç bir yerde yayınlanmadığı yazar(lar) tarafından garanti edilmelidir.
- Yayın Kurulu yayına kabul edilmiş çalışmalarda gerekli değişiklikleri yapmaya yetkilidir.

Makalelerin Değerlendirilmesi

Yayımlanmak üzere Akademik Gıda dergisine gönderilen çalışmalar öncelikle Editörlerin ön incelemesinden geçmektedir. İlk incelemeyi geçen çalışmalar, değerlendirilmek üzere en az iki bağımsız hakeme gönderilmektedir. Çalışmaların değerlendirilmesinde hakemlerin makale yazar(lar)ını, makale yazar(lar)ının hakemleri görmediği çift-kör (double-blind) değerlendirme sistemi kullanılmaktadır. Editörler (i) dergi kapsamı dışında olan, (ii) teknik açıdan yetersiz, (iii) kendi içerisinde bütünlük ve

tutarlılık arz etmeyen sonuçlar içeren veya (iv) kötü yazılmış çalışmaları doğrudan reddetme hakkına sahiptir.

Yazım Ücreti

Akademik Gıda dergisinde makale yayınlanması için herhangi bir ücret talep edilmemektedir.

Etik Beyanı

Dergi yayın politikası, makalelerin değerlendirilmesi ve etik hususlar ile ilgili detaylı bilgilere Etik Beyanı kısmından ulaşılabilir.

Çalışmaların Hazırlanması

1. Çalışmalar A4 boyutunda hazırlanmalı, üstten 2.45 cm, alttan 2.45 cm, sağ ve soldan 1.75 cm boşluk bırakılmalı ve tek kolon olarak hazırlanmalıdır. Metin çift satır aralıklı yazılmalı, paragraflar arasında tek satır boşluk bırakılmalıdır. Metinde bütün satırlar (sürekli) numaralandırılmalıdır.

2. Çalışma başlığı 14 punto Arial, koyu, küçük harflerle ve ortalanmış olarak yazılmalıdır. Başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılmalı (11 punto); yazar isimleri (yalnızca ilk harfler büyük) 10 punto Arial ve ortalanmış olarak verilmelidir. Yazarların adresleri, telefon ve faks bilgileri ile yazışmalardan sorumlu yazarın e-posta adresi hemen alt satırda 9 punto Arial, ilk harfler büyük olacak şekilde ve ortalanmış olarak yazılmalıdır. Yazarların çalıştıkları kuruluşlar (ve/veya adresler) farklı ise her bir yazar isminin sonuna rakamlarla üst indis konulmalıdır.

3. Metin içindeki kısımların başlıkları (ÖZ, ABSTRACT, GİRİŞ vb.) 10 punto Arial ve koyu olarak büyük harflerle yazılmalı, başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılarak metine geçilmelidir. Alt başlıklarda ilk harfler büyük, 10 punto Arial ve koyu yazı karakteri kullanılmalıdır. ÖZ'ün altına bir satır boşluk bırakıldıktan sonra en fazla 5 adet Anahtar Kelime konmalıdır. Anahtar Kelimelerden sonra bir satır boşluk bırakılarak İngilizce başlık ve altına ABSTRACT ve Keywords yazılmalıdır. Bir satır boşluk bırakılarak ana metine geçilmelidir.

4. Ana metin 9.5 punto Arial olarak hazırlanmalıdır.

5. Çalışma başlıca şu kısımlardan oluşmalıdır: Başlık, Yazar İsimleri, Adresleri, İletişim Bilgileri, Yazışmalardan Sorumlu Yazarın E-posta adresi, Öz,

Abstract, Ana Metin (Giriş, Materyal ve Metot, Bulgular ve Tartışma, Sonuç), Teşekkür (gerekliyse), Kısaltmalar (gerekliyse), Kaynaklar.

6. Öz ve Abstract 250 kelimeyi geçmemeli, çalışmanın amacını, metodunu ve önemli sonuçlarını içermelidir. Öz tek paragraf olarak yazılmalı ve öz içinde kaynaklara atıf yapılmamalıdır.

7. Çalışma içerisinde geçen mikroorganizma isimleri ile Latince ifade ve isimler italik olarak yazılmalı ve kısaltmalarda uluslararası yazım kuralları göz önünde bulundurulmalıdır.

8. Tablo başlıkları tablonun üstüne, şekil başlıkları ise şeklin altına yazılmalı ve numaralandırılmalıdır. Kullanılan tablo ve şekillere metin içinde mutlaka atıf yapılmalıdır. Metin içinde geçen veriler tablo ve şekillerin tekrarı olmamalıdır. Tablo ve şekillerin başlıkları içerikleriyle uyumlu ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller ve resimlerin yüksek çözünürlükte olmasına dikkat edilmelidir. Resimler (ve gerekiyorsa Şekiller) *.jpg formatında metin içerisinde yer almalıdır.

9. Metin içerisinde atıflar köşeli parantez içerisinde rakamlarla yapılmalı [1] ve Kaynaklar bölümünde bu numara sırasıyla detayları yazılmalıdır. Kaynakların numaralandırılması MS Word Numaralandırma Kitaplığı kullanılarak yapılmalıdır.

10. Kullanılan matematiksel denklemler numaralandırılmalı ve metin içerisinde bu denklemlere atıf yapılmalıdır.

11. Kaynaklar kısmı APA yazım stili kullanılarak hazırlanmalıdır. Kaynakların yazımında aşağıdaki örnek yazım biçimleri kullanılmalı ve makalelerin yayınlandığı dergi isimleri kısaltma kullanılmadan ve italik olarak yazılmalıdır. Web adreslerine atıf yapılacağına (mümkün olduğunca Resmi web sayfalarına atıf yapılmalıdır) mutlaka ilgili web adresine erişim tarihi verilmelidir.

Makale

- [1] Bozkurt, H., İçier, F. (2009). İnegöl köfte üretiminde ohmik pişirmenin uygulanabilirliğinin incelenmesi. *Akademik Gıda*, 9(1), 6-12.

Kitap

- [2] Kılıç, S. (2001). Süt Endüstrisinde Laktik Asit Bakterileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, İzmir.

Kitap Bölümü

- [3] Gibson, G.R., Saavedra, J.M., MacFarlane, S., MacFarlane, G.T. (1997). Probiotics and Intestinal Infections. In Probiotics 2: Applications and Practical Aspects, Edited by R. Fuller, Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, England, 212p.

Kongre-Sempozyum Bildirisi

- [4] Gürsoy, O., Akdemir, O., Hepbaşlı, A., Kınık, Ö. (2004). Recent situation of energy consumption in Turkey dairy industry. *International Dairy Symposium: Recent Developments in Dairy Science and Technology*, May 24-28, 2004, Isparta, Turkey, Book of Proceedings, 10-16p.

12. Hakem görüşleri doğrultusunda düzeltilmek üzere yazar(lar)a gönderilen çalışmaların gerekli düzeltmeleri yapılarak yayın ofisine ulaştırılması gereklidir. Editörler tarafından belirtilen süre zarfında gönderilmeyen çalışmalar "ilk defa gönderilmiş çalışma" olarak değerlendirilecektir.

13. Yukarıdaki kurallara uygun olarak hazırlanmamış çalışmalar değerlendirmeye alınmaz.

Guidelines to Authors

Akademik Gıda® (Academic Food Journal) is a peer reviewed journal where original research and review articles are published in the field of food science and technology. Research notes, mini-reviews, opinions and letters to the editor are also considered for publication. The journal is published trimonthly and each volume is composed of 4 issues per year. Journal articles are published either in Turkish or English. Manuscripts in either good American or British English usage are accepted, but not a mixture of these.

Manuscripts for the Akademik Gıda® (Academic Food Journal) must be sent via the electronic article submission system, which can be located in the official website of the journal, www.academicfoodjournal.com. Manuscripts sent by e-mail are not considered for evaluation. For questions related to the electronic article submission system, contact the editor via e-mail at ogursoy@yahoo.com.

- Authors must specify the type of the manuscript (research articles, review articles, research briefs, mini-review articles, comments and letters to the editor).
- Authors should provide at least 3 potential referees and their contact information (mailing address, e-mail address and phone number).
- Manuscripts to be submitted should be free from any spelling or grammatical error.
- Authors must guarantee that the submitted manuscript is not published anywhere previously and will not be submitted to anywhere before the editorial board makes a final decision on the manuscript.
- The editorial board is authorized to make necessary changes in manuscripts accepted for publication.

Peer review policy

Manuscripts pass through initial screening in the editorial office followed by internal review by Editors. After the first evaluation, manuscripts are double-blind-reviewed by a peer review system involving at least two independent reviewers to ensure high quality of manuscripts accepted for publication. The Editors have the right to decline formal review of a manuscript if it is (i) on a topic outside the scope of the Journal, (ii) lacking technical merit, (iii) fragmentary and providing marginally incremental results or (iv) poorly written.

Publication fee

Akademik Gıda® (Academic Food Journal) welcomes article submissions and does not charge a publication fee.

Ethics Statement

Detailed information about journal publication policy, evaluation of manuscripts and ethical issues can be found in the Ethics Statement section.

Preparation of a manuscript

1. Manuscripts should be prepared in A4 size, and the text must be prepared in a single column format. The text must be double-spaced, and a single space should be left between paragraphs. All lines and pages must be continuously numbered.

2. The title must be 14pt Arial, bold, small letters and centered. A blank line should be left after the title, and the names of authors should be given in 10pt Arial and centered. In addition to each author's contact address, the phone and fax numbers and e-mail address of the corresponding author should be provided. If the institutions of the authors are different, superscript numbers should be used to indicate their addresses.

3. The headings (e.g. Abstract, Introduction, Materials and Methods etc.) must be 10pt Arial, and should be typed in bold capital letters. Each heading should appear on its own separate line. A blank line should be left after each heading. A list of keywords, a maximum of 5, should be provided below the abstract section of the manuscript.

4. The main text should be prepared in 9.5pt Arial.

5. Typical articles mainly consist of the following divisions: Title, Author Names, Addresses, Contact Information, Corresponding author's e-mail address, Abstract, Main text (Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions), Acknowledgements (if necessary), Abbreviations (if necessary) and References.

6. The abstract should not exceed 250 words, and the main purpose and method and the most significant result and conclusion should be presented in the abstract. The abstract should be prepared as a single paragraph, and should not include any citation.

7. Latin names in the text should be in italics, and names and abbreviations should follow international rules. If abbreviations that are not standard are unavoidable, they must be defined at their first mention in the text. Consistency of abbreviations throughout the article must be ensured. Internationally accepted rules and conventions must be followed, and the international

system of units (SI) must be used. If other units are mentioned, their equivalents in SI must be provided.

8. Table headings should be on the top of each table and figure captions below each figure. Each table or figure must be numbered consecutively in accordance with their appearance in the text. All figures and tables should be cited in the text. The data presented in the tables and figures should not be repeated in the text. Table headings and figure captions should be self-explanatory. Figures and pictures must be provided in high resolution, and pictures (and, if necessary figures) should be included in the text as *.jpg format.

9. References in the text should be cited in numbers in square brackets [1] and details of the citations must be provided in the Literature or References section with their respective numbers.

10. Mathematical equations should be numbered and cited in the text.

11. References should be given according to the APA manual of style. The following formats should be used for the details of cited references, and the journal names must be typed in italics. References to the Web addresses (if necessary, the official web pages should be preferred) must include full web address and the date of access.

Article

[1] Güzeler, N., Kaçar, A., Say, D. (2011). Effect of milk powder, maltodextrin and polydextrose use on

physical and sensory properties of low calorie ice cream during storage. *Akademik Gıda*, 9(2), 6-12.

Book

[2] Kilic, S. (2001). Lactic Acid Bacteria in Dairy Industry. Ege University Faculty of Agriculture Publications, Ege University Press, Bornova, Izmir, Turkey.

Book Chapter

[3] Gibson, G.R., Saavedra, J.M., MacFarlane, S., MacFarlane, G.T. (1997). Probiotics and Intestinal Infections. In Probiotics 2: Applications and Practical Aspects, Edited by R. Fuller, Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London, England, 212p.

Proceedings of the Congress-Symposium

[4] Gursoy, O., Akdemir, O., Hepbasli, A., Kinik, O. (2004). Recent situation of energy consumption in dairy industry in Turkey. *International Dairy Symposium: Recent Developments in Dairy Science and Technology*, May 24-28, 2004, Isparta, Turkey, Book of Proceedings, 10-16p.

12. A list of the corrections requested by the referees must be provided by the authors, and it must be sent to the editorial office.

13. Studies that are not prepared in accordance with the rules above will not be considered for evaluation.

Etik Beyanı

Akademik GIDA®, gıda bilimi ve teknolojisi alanında orijinal araştırma ve derleme makalelerinin yayınlandığı hakemli bir dergidir. Dergi üç ayda bir Sidas Medya Ltd. Şti. (Çankaya, İzmir, Türkiye) tarafından yayınlanmaktadır. Derginin genel bilimsel kalitesini iyileştirmek için yayıncı tarafından aşağıdaki yönergeler belirlenmiştir.

Yayın Politikası

Akademik Gıda dergisine gönderilen tüm makaleler Dergi Editörleri için Davranış Kuralları ve En İyi Uygulama Kılavuzları ve Dergi Yayıncıları için Davranış Kurallarında ([Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#)) belirtilen Genel Kılavuzlara uygun olarak değerlendirilmektedir. Bilimsel yazılar dergiye gönderilmeden önce derginin Yazım Kurallarının okunmasını önemle tavsiye ederiz. Yazarlar aynı zamanda Avrupa Bilim Editörleri Birliği'nin (EASE) ([European Association of Science Editors](#)) İngilizce olarak basılacak makaleler için "Bilimsel Makalelerin Yazarları ve Çevirmenleri İçin Rehber"e uymalıdır. Yazarlar, insan veya hayvan verilerini içeren araştırmaları için Uluslararası Tıp Dergisi Editörleri Komitesinin ([International Committee of Medical Journal Editors](#)) önerilerini takip etmelidir.

Makalelerin Değerlendirilmesi

Dergiye gönderilen tüm makaleler, bilimsel içeriklerinin özgünlüğü ve kalitesi ölçütlerine göre değerlendirilir.

- Dergiye gönderilen tüm yazılar, ilk olarak yayın ofisindeki (teknik ve genel kalite değerlendirilmesi açısından) eleme işleminden geçer ve ardından teknik ve bilimsel editörler tarafından değerlendirilir.
- İlk değerlendirmeden sonra, editörler (i) dergi kapsamı dışında kalan bir konu hakkında hazırlanmış makaleleri (ii) teknik olarak eksik/yetersiz makaleleri, (iii) kısmi ve marjinal artan sonuçları içeren makaleleri veya (iv) kötü yazılmış makaleleri reddetme hakkına sahiptir.
- İlk inceleme sonucunda makalenin ileri değerlendirme için uygun olduğuna karar verilirse, dergide yayımlanmak üzere kaliteli makalelerin seçimini yapmak amacıyla, makaleler çift-körlü (hakemin ve yazar/yazarların birbirlerini görmedikleri) değerlendirme sistemi ile en az iki bağımsız hakemden oluşan bir değerlendirme sürecinde bilimsel incelemeye alınır.
- Hakemler tarafından talep edilirse, makalenin hakem görüşleri doğrultusunda yazarlar tarafından revize edilmiş versiyonu orijinal hakemler tarafından tekrar değerlendirilir. Değerlendirmelerin ardından

editörler hakem önerileri doğrultusunda makale hakkındaki nihai kararlarını verirler. Gerekirse editörler, hakemlerin istedikleri tüm şartların yerine getirilmesi için yazarlardan ilave revizyon isteyebilir.

- Kabul edilen makalelerin son versiyonu, yayın öncesi taslağın (galley proof) hazırlanması için teknik editörlere gönderilir. Yazarlardan, makalelerinin dizgisi hazırlanmış taslaklarını son kontrol için yayın öncesinde incelemeleri istenir.
- Tüm makaleler, nihai formlarında DOI numarası alması ve çevrimiçi olarak pdf dosyaları halinde yayımlanır. İlgili veritabanlarında bu şekilde indekslenir.

Yayın Ücreti

Akademik Gıda dergisinde makalelerin yayınlanması için herhangi bir yayın ücreti talep edilmemektedir.

Gizlilik

Editörler, Akademik Gıda'ya gönderilen tüm makaleleri tam bir gizlilikle ele alır. Editörler, hakemler haricinde, COPE tavsiyelerine uyulmadığı takdirde, üçüncü şahıslara makale ile ilgili hiçbir bilgi vermezler. Yayımlanmak üzere dergiye gönderilen makaleler hakemler için de gizlidir ve bilimsel değerlendirme için aldıkları makalelerin herhangi bir bölümünü üçüncü şahıslarla paylaşmalarına veya dağıtmalarına izin verilmez. Suiistimal şüphesi olduğunda, hakemlerin derhal gizli bir şekilde yayın ofisine başvurmaları önerilir. Hakemler ayrıca, Dergi Editörleri İçin Davranış Kuralları ve En İyi Uygulama Kuralları ile Dergi Yayıncıları için Davranış Kuralları'nı ([Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#)) takip ederek editöre gizli yorumlarında belirli bir eylem önerebilirler.

Akademik Gıda, çift-kör bir hakem inceleme süreci yürütür, yani çalışmanın eleştirel değerlendirmesini sağlamak için hakemlerin isimleri gizlidir. Hakemlerden, raporlarında adlarını veya irtibat bilgilerini açıklamamaları istenir. Hakem raporları yazarlara gönderilemeden önce bu açıdan kontrol edilir.

Yazarlık

Bir yazar, bir araştırmanın fikrine veya tasarımına, verilerin elde edilmesine, verilerin analizine veya yorumlanmasına büyük ölçüde katkıda bulunan, makalenin hazırlanmasında, yazılmasında veya gözden geçirilmesinde entelektüel içeriğe eleştirel katkı yapan bireydir. Katkıda bulunanlar diğer kişiler makalenin Teşekkür bölümünde belirtilmelidir ve çalışmanın yazarı olarak kabul edilemez. Tüm yazarların doğru ve tam isimleri ile ORCID kimlikleri dergiye gönderilen

makalenin başlık sayfasında yer almalıdır. Yazarların isimlerinin yanında çalıştıkları kurumlar ve yazışmalardan sorumlu yazarın geçerli bir adresi verilmelidir. Yazışmalardan sorumlu yazarın telefon ve faks numaraları ile e-posta adresi makalenin ilk sayfasında belirtilmelidir. Tüm yazarlar, gönderilen makalenin daha önce herhangi bir yerde yayınlanmadığını ve makale hakkında Akademik Gıda dergisi nihai bir karar vermeden önce makaleyi başka bir dergiye göndermeyeceklerini garanti etmelidir.

Destekleyen/Finans Sağlayan Kuruluşlar

Araştırmanın tüm finans kaynaklarına ilişkin detaylar, Teşekkür bölümünde belirtilmelidir. Yazarlar, resmi finansman kurum/larının tam isimlerini ve proje/hibe numaralarını belirtmelidir.

Yazarlarda Değişiklik

Makalenin Akademik Gıda'ya sunulmasından sonra yazar isimlerinde değişiklik ancak revizyon sırasında gerekli olan ek çalışmalar durumunda olabilir. Makalenin yayına kabul edilmesinden sonra herhangi bir değişikliğe izin verilmez. Yazarlıktaki değişiklik, hakem görüşlerine verilen cevaplar sırasında yazışmalarda belirtilmeli ve tüm yazarlar tarafından kabul edilmelidir. Yazışmalardan sorumlu yazar, yazarların sırası da dahil olmak üzere makalenin revize edilmiş versiyonundaki değişikliklerden sorumludur.

Çalışma Verilerinde Düzeltme

Yayınlanan verilerin doğruluğundan tüm yazarlar sorumlu olmalıdır. Verilerin düzeltilmesi için, yazışmalardan sorumlu yazardan yayın öncesi taslağı (galley proof) incelemesi ve makalenin yayınlanmasından 4 gün önce dikkatlice düzeltilmesi istenir.

Makalenin Geri Çekilmesi

Bir makalenin geri çekilmesi, gönderim veya yayın hatalarını düzeltmek için kullanılır. Yazarlar makaleyi geri çekebilir ve bu durumda Yayın Etiği Komitesi (COPE) Geri Çekme Kurallarına [(COPE) retraction guidelines] uymalıdır. Tekrarlanan veya benzerlik oranı yüksek bir yayın, verilerin hileli kullanımı, intihal veya etik dışı araştırma yapılması durumunda, makale editör tarafından geri çekilecek ve geri çekilen makale linklerine bağlantı korunacak ancak elektronik veri tabanına (makale sayfasına) bir geri çekme bildirimi eklenecektir.

Etik Hususlar

Çıkar çatışması:

- Yazar/lar başvuru sırasında herhangi bir çıkar çatışması varsa beyan etmelidir. Yazar/ların başvuru sırasında bilimsel değerlendirme için en az üç potansiyel hakem önermeleri istenir. Önerilen hakemler çalışma arkadaşları, ortak çalıştıkları kişiler veya çalıştıkları kurumların üyeleri olamazlar.
- Hakemler makaleyi değerlendirmelerini önleyen herhangi bir çıkar çatışması olması durumunda

Editörleri bilgilendirmesi ve bu konuda COPE kurallarına uyması tavsiye edilmektedir.

- Editörler Kurulu üyeleri veya kurul üyelerinin ortak çalıştıkları kişiler tarafından dergiye gönderilen makaleler için, değerlendirme sırasındaki önyargıları en aza indirmek amacıyla, değerlendirme süreci ilgili kurul üyelerini dışarıda tutacak şekilde değiştirilerek uygulanır.
- Düzeltmeler (revizyonlar) sırasında, editörler Dergi Editörleri İçin Davranış Kuralları ile En İyi Uygulama Kılavuzu ve Dergi Yayıncıları İçin Davranış Kurallarını (Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers) takip ederler.

İnsan denekleri, hayvan veya bitki içeren araştırmalar

- Araştırmanın insan denekleri veya hayvanları içermesi durumunda, yazarların Uluslararası Tıp Dergisi Editörleri Komitesinin (the International Committee of Medical Journal Editors) yönergelerini izlemeleri önerilir.
- İnsan denekleri içeren çalışmalarda, deneklerin çalışmaya katılmak için imzaladıkları onamlar yazarlar tarafından sağlanmalıdır. 18 yaşın altındaki deneklerin çalışmaya katılmaları için ebeveyn veya velileri tarafından izin verilmelidir.
- Test edilen tüm denekler için, makalenin, ilgili kurallara ve/veya uygun izinlere veya lisanslara uyumunu gösteren belgelerin sunulması gerekir.
- Hayvanlar üzerinde yapılacak her türlü araştırma kurumsal, ulusal veya uluslararası kurallara uygun olmalı ve etik kurul tarafından onaylanmalıdır.
- Bitki materyallerinin toplanması dahil, bitkiler üzerinde yapılan deneysel araştırmalar, kurumsal, ulusal veya uluslararası kurallara uygun olmalıdır.
- Saha çalışmalarını yerel mevzuata uygun olarak yapılmalı ve uygun izinleri ve/veya lisansları belirten bir açıklama makalede yer almalıdır.

Yayın suistimali

- Akademik Gıda dergisi, Dergi Editörleri İçin Davranış Kuralları ile En İyi Uygulama Kılavuzları ve Dergi Yayıncıları İçin Davranış Kurallarını (Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers) takip eder.
- Makalenin aynı anda birden fazla dergiye gönderilmesi, intihal, yayınlanmış makalenin yeniden yayınlanması, etik kuralların ihlali vb. şüpheli bir suistimal durumunda, araştırmacılar, hakemler veya okuyucular Yayın Ofisi (ogursoy@yahoo.com) ile iletişime geçmeye teşvik edilir.
- Makaledeki benzerlik oranı tek bir kaynaktan %10'dan fazla olmamak üzere en fazla %25 ile sınırlandırılmıştır. Bu koşula uymayan makaleler reddedilir. Bu şartların ihlal edilmesi durumunda, COPE (COPE recommendations) tavsiyeleri izlenecek ve ilgili tüm taraflara bildirilecektir.

Telif Hakkı

Akademik Gıda, yayınlanan bütün makalelere orijinal eserin uygun şekilde belirtilmesi ve ticari amaçlarla kullanılmaması şartıyla, herhangi bir ortamda kullanılmasına, dağıtılmasına ve çoğaltılmasına izin veren "Creative Commons Attribution 4.0 CC BY-NC" lisansını ([Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)) tüm yayınlanmış makalelere uygular. Yayınlanmadan önce, Telif Hakkı Devir Formu yazışmalardan sorumlu yazar tarafından imzalanmalı ve derginin yayın ofisine gönderilmelidir. Yayınlanan yazıların telif hakkı Sidas Medya Limited Şirketi'ne (Çankaya, İzmir) aittir. Yazarlar, yayınladıkları makaleleri serbestçe ve ticari olmayan amaçlarla, bütünlüğü korunduğu ve yazarları, alıntı detaylarını ve yayıncıları açıkça belirtildiği sürece kullanma hakkına

sahiptir. Bireysel kullanıcılar, yazarların fikri ve ahlaki haklarının, saygınlığının ve bütünlüğünün tehlikeye atılmaması şartıyla, Akademik Gıda'da yayınlanan yazılara erişebilir, indirebilir, kopyalayabilir, görüntüleyebilir ve uyarlayabilir. Kullanıcılar herhangi bir yeniden kullanım, sahiplerin telif hakkı politikalarına uygun olmasını sağlamalıdır. Yayınlanan yazıların içeriği, ticari olmayan araştırma ve eğitim amaçlı kopyalanır, indirilir veya başka bir şekilde yeniden kullanılırsa, uygun şekilde bir atıf yapılmalı ve ilgili makaleye bir link [yazarlar, dergi unvanı, el yazması adı, cilt, yıl ve sayfa numaraları ve yayınlanan link] Derginin web sitesinde sürüm] sağlanmalıdır. Telif hakkı bildirimleri ve feragatnameler silinmemelidir.

Ethics and Publication Malpractice Statement

Akademik GIDA® is a peer-reviewed journal where original research and review articles are published quarterly by Sidas Media Agency Advertisement Consultation Ltd. (Cankaya, Izmir, Turkey) in the field of food science and technology. In order to improve the overall scientific quality of the journal, following guidelines have been established by the publisher.

Editorial Policy

General Guidelines stated in the [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#) are followed by all papers submitted to Academic GIDA. Prior to submission, authors are highly recommended to read the [Journal's Instructions to Authors](#). Authors should also follow the [European Association of Science Editors \(EASE\) Guidelines for Authors and Translators of Scientific Articles to be Published in English](#). For any research involving human or animal data, the recommendations of the [International Committee of Medical Journal Editors](#) should be followed by the authors of the manuscripts.

Peer Review

All contributions are evaluated according to the criteria of originality and quality of their scientific content.

- All manuscripts pass through an initial screening process (technical and overall quality evaluation) in the editorial office followed by an internal review by the technical and scientific editors.
- After the first evaluation, editors have the right to decline formal review of a manuscript if it is (i) on a topic outside the scope of the Journal, (ii) lacking technical merit, (iii) fragmentary and providing marginally incremental results or (iv) poorly written.
- If the manuscript is considered suitable for further evaluation, manuscripts are double-blind-reviewed by a peer review system involving at least two independent reviewers to ensure high quality of manuscripts accepted for publication.
- If requested, the revised version is evaluated by the reviewers, and editors make a decision about final acceptance based on their suggestions. If necessary, further revision can be asked for to fulfil all the requirements of the reviewers.
- The final version is then sent to the technical editor in order to produce a galley proof, and the authors receive this proof for final check before publishing.
- All manuscripts are posted online as pdf files in their final form, indexed in databases with the assigned DOI numbers.

Publication Fee

Akademik GIDA welcomes article submissions and does not charge any publication fee.

Confidentiality

Editors handle all papers submitted to Akademik GIDA in strict confidence. With the exception of reviewers, they do not disclose any information regarding submissions to third parties, unless in case of a suspected misconduct, where COPE recommendations are followed. Submissions are also confidential for reviewers and they are not allowed to share or distribute any part of the manuscripts which they receive for evaluation to third parties. For a case of suspected misconduct, reviewers are encouraged to contact the editorial office immediately in a confidential manner. Reviewers can also recommend a particular course of action in their confidential comments to the editor, following [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#).

Akademik GIDA conducts a double-blind peer review process, i.e. the names of the reviewers are confidential to ensure the critical evaluation of the work. Reviewers are asked not to disclose their names or contact details in their comments for authors.

Authorship

An author is an individual who substantially contributed to the idea or design of a research, acquisition of data, analysis or interpretation of data, was involved in drafting, writing or revising the manuscript critically for important intellectual content. Other contributors should be mentioned in the Acknowledgements section of the manuscript and cannot be considered as authors of the study. Correct and full names of all authors and their [ORCID](#) IDs should be on the title page of the manuscript. Names of authors must be supplemented with their affiliations and a valid address of the corresponding author. The phone and fax numbers and e-mail address of the corresponding author should be stated in the first page of the manuscript. All authors must guarantee that the submitted manuscript is not published anywhere previously and will not be submitted to anywhere before the editorial board makes a final decision on the manuscript.

Funding Sources

Details for all funding sources of the research should be stated in the Acknowledgements. Authors should provide

the full official funding agency name(s) and grant number(s).

Alteration in Authorship

Alteration in authorship after the submission of the manuscript to Akademik GIDA can be justified only by the additional work required during the revision. Any change is not allowed after the acceptance of the manuscript for publication. Alteration in authorship should be indicated in the responses to reviewers, and should be accepted by all authors. The corresponding author is primarily responsible for any alteration in the revised version of the manuscript, including the order of authors.

Correction of Data

All authors should be responsible for the accuracy of the published data. For the correction of data, the corresponding author receives the galley proof of the paper and is asked to correct it carefully within 4 days before publication.

Retraction of an Article

A retraction of an article is used to correct errors in submission or publication. Authors can retract the paper and should follow the Committee on Publication Ethics (COPE) [retraction guidelines](#). In case of a duplicate or overlapping publication, fraudulent use of data, plagiarism or unethical research, the paper will be retracted by the editor, and a retraction notice will be included into the electronic database while all links to the retracted article will be maintained.

Ethical Considerations

Conflict of interest:

- Authors should declare any conflict of interest in their submission form. Authors are requested to suggest at least three potential reviewers before submission, and these reviewers cannot be their colleagues, collaborators or members of their institutions.
- Reviewers should notify the editors on any conflict of interest which prevents them from reviewing the paper, and they are recommended to follow the [COPE guidelines](#).
- For the manuscripts submitted by the members of the Editorial Board or their collaborators, peer reviewing is modified to exclude them from the entire evaluation process in order to minimize any bias during the evaluation.
- During revision, the editors follow the [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#).

Research involving human subjects, animals or plants:

- If the research involves humans or animals, the authors are recommended to follow the guidelines of the [International Committee of Medical Journal Editors](#).

- In studies involving human subjects, their informed consent to participate in the study should be supplied by the authors. For subjects under the age of 18, their parents or guardians should give the permission for their participation in the study. For all tested subjects, the manuscript must accompany with a statement detailing compliance with relevant guidelines and/or appropriate permissions or licenses.
- Any research on animals must comply with institutional, national or international guidelines and, where possible, should be approved by an ethics committee.
- Any experimental research on plants, including collection of plant materials, must comply with institutional, national, or international guidelines.
- Field studies should be conducted in compliance with local legislation, and a statement specifying the appropriate permissions and/or licences should be included in the manuscript.

Publication misconduct:

- The Journal follows the [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#).
- In a case of a suspected misconduct such as redundant or duplicate submission, plagiarism, text recycling, violation of ethical norms, etc., researchers, reviewers or readers are encouraged to contact the Editorial Office (ogursoy@yahoo.com).
- The overlapping in the manuscript is highly restricted to the maximum of 25% with no more than 10% from a single source; otherwise, the manuscript will be rejected. If these terms are violated, COPE recommendations will be followed and all parties involved will be notified.

Copyright

Akademik GIDA applies the [Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 CC BY-NC license](#) to all published papers, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes. Before publication, the [Copyright Transfer Form](#) must be signed by the corresponding author and returned to the editorial office of the journal. Copyright of published papers is retained by the Sidas Media Agency Advertisement Consultation Ltd. (Cankaya, Izmir, Turkey). Authors have the right to use their published article freely and in noncommercial purposes, as long as its integrity is maintained and its original authors, citation details and publisher are clearly stated. Individual users may access, download, copy, display, and adapt the manuscripts published in Akademik GIDA, provided that the authors' intellectual and moral rights, reputation and integrity are not compromised. Users must ensure that any reuse complies with the copyright policies of the owners. If the content of the published manuscripts is copied, downloaded or otherwise reused for noncommercial research and educational purposes, a link to the appropriate bibliographic citation (authors, journal title, manuscript title, volume, year and page

numbers, and the link to the published version on the [Journal's website](#) should be provided. Copyright notices and disclaimers must not be deleted.

Fevzipaşa Blv. Çelik İş Merkezi No:162 K:3 D:302 Çankaya / İZMİR
Tel: +90 232 441 60 01 Fax: +90 232 441 61 06 E-mail: sidasmedya@gmail.com

SIDAS MEDYA