

ISSN Online 2148-015X

ACADEMIC FOOD JOURNAL

AKADEMİK

**GIDA**



Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademik-gida> Cilt/Volume: 22 Sayı/Number: 2 Nisan - Haziran 2024

**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](mailto:ogursoy@yahoo.com)

---

**Yardımcı Editörler / Associate Editors**

**Özer Kınık**

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



[ozek.kinik@ege.edu.tr](mailto:ozek.kinik@ege.edu.tr)

**Ramazan Gökçe**

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



[rgokce@pau.edu.tr](mailto: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](mailto: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](mailto:handeguler@mehmetakif.edu.tr)

---

**Uluslararası Yayın Kurulu / International Editorial Board**

**Gıda Mühendisliği / Food Engineering**

| Name and Surname                      | Affiliation   | City      | Country |
|---------------------------------------|---|-----------|---------|
| <a href="#">Cynthia Ditchfield</a>    | University of Sao Paolo, Faculty of Animal Science and Food Engineering, Department of Food Engineering | Sao Paolo | Brazil  |
| <a href="#">Arif Hepbaşlı</a>         | Yaşar University, Department of Energy Systems Engineering  | İzmir     | Turkey  |
| <a href="#">Filiz İçier</a>           | Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department                                     | İzmir     | Turkey  |
| <a href="#">Erkan Karacabey</a>       | Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department                        | Isparta   | Turkey  |
| <a href="#">Sami Gökhan Özkal</a>     | Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department                               | Denizli   | Turkey  |
| <a href="#">Konstantinos Petrotos</a> | Technological Educational Institute of Larissa, Department of Agricultural Engineering Technologists    | Larissa   | Greece  |
| <a href="#">Jenny Ruales</a>          | Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología                     | Quit      | Ecuador |
| <a href="#">Yahya Tülek</a>           | Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department                               | Denizli   | Turkey  |

**Gıda Kimyası / Food Chemistry**

| Name and Surname                  | Affiliation   | City      | Country |
|-----------------------------------|---|-----------|---------|
| <a href="#">Fahrettin Göğüş</a>   | Gaziantep University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department                                     | Gaziantep | Turkey  |
| <a href="#">Piotr Koczon</a>      | Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Food Sciences, Department of Chemistry                         | Warsaw    | Poland  |
| <a href="#">Erdoğan Küçüköner</a> | Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department                              | Isparta   | Turkey  |
| <a href="#">Semih Ötles</a>       | Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department   | İzmir     | Turkey  |
| <a href="#">Beraat Özçelik</a>    | Istanbul Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Food Engineering Department | İstanbul  | Turkey  |
| <a href="#">Osman Sağdıç</a>      | Yıldız Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Food Engineering Department   | İstanbul  | Turkey  |
| <a href="#">Romeo Toledo</a>      | Emeritus Professor, University of Georgia, Department of Food Science and Technology                          | Georgia   | USA     |

**Gıda Mikrobiyolojisi & Biyoteknoloji / Food Microbiology & Biotechnology**

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

## Gıda Analizleri / Food Analysis

| Name and Surname                     | Affiliation   | City                    | Country |
|--------------------------------------|---|-------------------------|---------|
| <a href="#">Abdullah Akdoğan</a>     | Pamukkale University, Faculty of Arts and Science, Department of Chemistry  | Denizli                 | Turkey  |
| <a href="#">İsmail Hakki Boyacı</a>  | Hacettepe University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department   | Ankara                  | Turkey  |
| <a href="#">Hale Seçilmiş Canbay</a> | Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Science and Arts, Chemistry Department  | Burdur                  | Turkey  |
| <a href="#">Mustafa Zafer Özel</a>   | University of Hertfordshire, School of Life and Medical Sciences, Department of Clinical, Pharmaceutical and Biological Science | Hatfield, Hertfordshire | UK      |

## Gıda Ambalajlama / Food Packaging

| Name and Surname             | Affiliation  | City      | Country |
|------------------------------|--|-----------|---------|
| <a href="#">Zehra Ayhan</a>  | Sakarya University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department                | Sakarya   | Turkey  |
| <a href="#">Cengiz Caner</a> | Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department | Çanakkale | Turkey  |
| <a href="#">Ayhan Oral</a>   | Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Science, Department of Chemistry         | Çanakkale | Turkey  |

## Süt Teknolojisi / Dairy Technology

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

## Yağ Teknolojisi / Oil and Fat Technology

| Name and Surname            | Affiliation  | City      | Country |
|-----------------------------|--|-----------|---------|
| <a href="#">Aydın Yapar</a> | Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department              | Denizli   | Turkey  |
| <a href="#">Emin Yılmaz</a> | Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department | Çanakkale | Turkey  |

## Hububat Teknolojisi / Cereal Technology

| Name and Surname                   | Affiliation  | City    | Country |
|------------------------------------|--|---------|---------|
| <a href="#">Hülya Gül</a>          | Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department                                 | Isparta | Turkey  |
| <a href="#">Fatma Işık</a>         | Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department  | Denizli | Turkey  |
| <a href="#">Ergun Köse</a>         | Manisa Celal Bayar University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department                               | Manisa  | Turkey  |
| <a href="#">Pichan Prabasankar</a> | CSIR-Central Food Technological Research Institute, Flour Milling Baking and Confectionery Technology Department | Mysore  | India   |



## Et Teknolojisi / Meat Technology

| Name and Surname                        | Affiliation   | City     | Country |
|---|---|----------|---------|
| <a href="#">Nesimi Aktaş</a>            | Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Faculty of Engineering and Architecture, Food Engineering Department                                    | Nevşehir | Turkey  |
| <a href="#">Haluk Ergezer</a>           | Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department   | Denizli  | Turkey  |
| <a href="#">Hüdayi Ercoşkun</a>         | Çankırı Karatekin University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department   | Çankırı  | Turkey  |
| <a href="#">Mükerrem Kaya</a>           | Atatürk University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department   | Erzurum  | Turkey  |
| <a href="#">Semra Kayaardı</a>          | Manisa Celal Bayar University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department  | Manisa   | Turkey  |
| <a href="#">Jung Hoon Lee</a>           | Fort Valley State University, College of Agriculture, Family Sciences and Technology  | Georgia  | USA     |
| <a href="#">Edward Pospiech</a>         | Department of Animal Raw Materials, Institute of Meat Technology, Faculty of Food Sciences and Nutrition, Poznan University of Life Sciences, | Poznan   | Poland  |
| <a href="#">Fatma Meltem Serdaroğlu</a> | Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department   | İzmir    | Turkey  |
| <a href="#">Kapllan Sulaj</a>           | Agricultural University of Tirana, Faculty of Biotechnology and Biotechnology   | Tirana   | Albania |
| <a href="#">İsmail Yılmaz</a>           | Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Food Engineering Dept.  | Tekirdağ | Turkey  |

## Meyve-Sebze Teknolojisi / Fruit and Vegetable Technology

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

## Sağlık, Beslenme, Toksikoloji ve Gıda / Health, Nutrition, Toxicology and Food

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

Akademik Gıda 22 (2) (2024)  
**İÇİNDEKİLER / CONTENTS**

■ Editörden / Editorial

VII-VIII

■ MAKALELER / PAPERS

■ Araştırma Makaleleri / Research Papers

**Effect of Ultrasound Pretreatment on the Retention of Loquat Phenolics and Antioxidants during Tray and Freeze-Drying** / *Ultrases Önışleminin Malta Eriğinin Tepsili ve Dondurarak Kurutulması Sırasında Fenolik ve Antioksidanların Muhafazasına Etkisi* / Manolya Eser Oner, Gulay Ozkan, Ilayda Dogan, Tuba Esatbeyoglu, Esra Capanoglu

78-85

**Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Contamination Levels in Some Commercial Olive Oils Sold on the Markets in Giresun, Türkiye** / *Giresun'da Satılan Bazı Ticari Zeytinyağlarının Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Kontaminasyon Düzeyleri* / Onur Basançelebi

86-95

**Evaluation of Anti-Allergic Property of Mulmina<sup>TM</sup> Mango Juice in In Vivo Models** / *Mulmina<sup>TM</sup> Mango Suyunun Anti-Alerjik Özelliğinin In Vivo Modellerde Değerlendirilmesi* / Rudrappa Nandeesh, Rajesh N. Jagdala, Ashok Kumar, Mouna A., Sunil S. Chuplinkar, Manjunatha E., Veeresh P. Veerapur

96-103

**Investigation of Emulsion Stability and Rheological Properties of Emulsions Prepared with Ozonized Hazelnut Oil** / *Ozonlanmış Fındık Yağı ile Hazırlanan Emülsiyonların Emülsiyon Kararlılığı ve Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi* / Hicran Uzun Karka, Esra Ibanoglu

104-114

**Farklı Yöntemlerle Paketlenmiş Dilimli Kuzu Kokoreçlerin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri** / *Physicochemical and Microbiological Properties of Sliced Lamb Kokoreç Packaged with Different Methods* / Orhan Özünlü, Haluk Ergezer, Ramazan Gökçe

115-124

**Ekstra Geleneksel Aronya Reçeli ve Geleneksel Marmelatının Bazı Fizikokimyasal ve Fitokimyasal Özellikleri** / *Some Physicochemical and Phytochemical Properties of Extra Traditional Jam and Traditional Marmalade Produced from Aronia* / Kader Tokatlı, Işık Hazal Küpcü

125-132

**Yetişkin Bireylerde "Besin Zincirine Katılım" Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanması: Bir Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması** / *Adaptation of "Food Chain Engagement Measurement" Scale for Adults into Turkish: A Validity and Reliability Study* / Aylin Bayındır Gümüş, Sevinç Eşer Durmaz, Fatma Nişancı Kılınç, Biriz Çakır, Çiler Özenir, Ebru Öztürk

133-142

■ Derleme Makaleleri / Review Papers

**Recent Advances in Water-Soluble Edible Pouches: Production Methods, Industrial Applications, and Legal Regulations** / *Suda Çözünebilen Yenilebilir Keselerdeki Son Gelişmeler: Üretim Yöntemleri, Endüstriyel Uygulamalar ve Yasal Düzenlemeler* / Aslıhan Begüm Dadaş, Bahar Demircan, Yakup Sedat Veliöğlü

143-157

**Ultrases İşleminin Enzim Aktivasyonu Üzerine Etkileri** / *Effect of Ultrasonication on Enzyme Activation* / Seval Dağbağlı

158-166

■ Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları / Guidelines to Authors

IX-XII

■ Etik Beyanı / Ethics and Publication Malpractice Statement

XIII-XVIII



Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi

**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: 22

Sayı: 104

Mart- Nisan - Mayıs 2024

ISSN Print 1304-7582

ISSN Online 2148-015X

Akademik Gıda Dergisi

Bir **SİMEDYA** Yayınıdır.

GRUP

Yayın Türü: Yerel Süreli  
Akademik Gıda Dergisi Hakemli Dergidir.

Akademik Gıda dergisinin 22. yayın yılının ikinci sayısında yine sizlerle birlikteyiz. Bu sayımızda 7 araştırma makalesi ve 2 derleme 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.

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>) ulaşılabilir. Ayrıca dergimizde araştırma makalelerinin ve İngilizce olarak yazılan makalelerin değerlendirme ve yayınlanma sürelerinin diğer makalelere kıyasla oldukça kısa olduğunu yazarlarımıza tekrar hatırlatmak istiyoruz.

Daha fazla ulusal ve uluslararası veri tabanı ve indekste dizinlenmek ve derginin uluslararası düzeyde tanınırlığını arttırmak için çalışmalarımızı sürdürdüğümüzü zaman zaman sizlere iletmiştik. Bu çalışmalarımız sonucunda dergimizin 15 Şubat 2022 tarihi itibarıyla SCOPUS veri tabanına kabul edildiğini sizlerle paylaşmaktan mutluluk duyuyoruz. Dergimizin 2022 yılı ve sonrasında yayınlanan sayılarında yer alan makalelere SCOPUS veri tabanı üzerinden ulaşılabilir (Tüm makalelere erişim için Source Title kısmına "Akademik Gıda" yazılması gerekmektedir). Dergimizin kalitesini ve uluslararası alanda saygınlığını arttırabilmemiz için etki faktörünün yükseltilmesi başlıca hedeflerimiz arasındadır. Bu nedenle siz değerli bilim insanlarından gerek dergimize ve gerekse diğer ulusal ve uluslararası dergilere gönderdiğiniz makalelerde Akademik Gıda dergisinde yayımlanan makalelere mümkün olduğunca atıf yapmanızı tekrar rica ediyoruz.

Dergimizin yayıncısı Sidas Medya Limited Şirketi'nin 15 Ocak 2024 tarihli kararı uyarınca, 1 Şubat 2024 tarihinden sonra Akademik Gıda dergisine gönderilen Türkçe makaleler için "kabul/red şartına bağlı olmaksızın" yazar/yazarlar tarafından katkı payı olarak 1000 TL (KDV Dahil) ödenmesinin uygun görüldüğünü tekrar hatırlatmak istiyoruz. Diğer taraftan İngilizce olarak dergiye gönderilen makalelerden 750 TL (KDV Dahil) talep edilecektir (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademik-gida/price-policy>).

Katkılarınızla dergimizin daha iyi noktalara geleceğine yürekten inanıyoruz. Bu sayının oluşmasında katkıda bulunan; çalışmalarını yayımlanmak üzere dergimize gönderen yazarlara ve bu çalışmalarını titizlikle değerlendiren yayın kurulu üyelerimiz ve hakemlerimize teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Saygılarımızla.

**Prof. Dr. Oğuz Gürsoy**  
Baş Editör

**Prof. Dr. Özer Kınık**  
**Prof. Dr. Ramazan Gökçe**  
**Prof. Dr. Yusuf Yılmaz**  
Editörler

**BİLİMSEL ETKİNLİKLER****8. Uluslararası Gıda Güvenliği Kongresi**

Gıda Güvenliği Derneği koordinatörlüğünde düzenlenen 8. Uluslararası Gıda Güvenliği Kongresi 9-10 Mayıs 2024 tarihlerinde, Grand Cevahir Hotel & Convention Center'da (İstanbul) gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://www.gidaguvenglikongresi.org/> adresinden ulaşılabilir.

**3. Uluslararası Geleneksel Gıdalar ve Sürdürülebilir Beslenme Sempozyumu**

Toros Üniversitesi tarafından düzenlenen 3. Uluslararası Geleneksel Gıdalar ve Sürdürülebilir Beslenme Sempozyumu 3-4 Ekim 2024 tarihlerinde online olarak araştırmacı ve akademisyenlerin katılımıyla gerçekleştirilecektir. Sürdürülebilirliğe yönelik küresel zorluklarla mücadele etme yöntemlerinin ana konu olarak belirlendiği sempozyum ile ilgili bilgilere <https://food24.toros.edu.tr/> adresinden ulaşılabilir.

**XI. Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi**

Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü tarafından 30 yılı aşkın süredir düzenlenmekte olan Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongrelerinin on birincisi, Hacettepe Beslenme ve Diyetetik Eğitim Araştırma Derneği çatısı altında 10-12 Ekim 2024 tarihlerinde Hacettepe Üniversitesi Kültür Merkezinde ülkemizden ve dünyadan alanında uzman birçok değerli bilim insanının katılımı ile gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://www.bdk2024.org/> adresinden ulaşılabilir.

**7. Uluslararası Malzeme ve Polimer Bilimi Kongresi**

7. Uluslararası Malzeme ve Polimer Bilimi Kongresi, 10-13 Ekim 2024 tarihleri arasında S Class Hotel Convention Center, Gaziantep'te düzenlenecektir. Malzeme ve Polimer Bilimi alanındaki yeni gelişmelerin paylaşılacağı, sektörün sorunları ve çözüm önerilerinin konuşulacağı, bu alanlardaki sektör temsilcileri ile akademisyenlerin buluşmasının sağlanacağı bu etkinlikle ilgili bilgilere <https://www.iscmp.org/> adresinden ulaşılabilir.







**3. Uluslararası Gıda Araştırmaları Kongresi**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Gıda Çalışmaları Uygulamaları ve Araştırma Merkezi tarafından 16-18 Ekim 2024 tarihleri arasında 3. Uluslararası Gıda Araştırmaları Kongresi (ICONFOOD'24 3. International Congress on Food) isimli kongre gerçekleştirilecektir. Alanında uzman bilim insanları, ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının yetkilileri veya sektör temsilcilerinden oluşan katılımcıların bir araya geleceği kongre ile ilgili bilgilere <https://iconfood.cumhuriyet.edu.tr/index.php> adresinden ulaşılabilir.

**5. YABITED Fats and Oils Congress**

Yağ Bilimi ve Teknolojisi Derneği tarafından 7-9 Kasım 2024 tarihleri arasında Antalya'da gerçekleştirilecek olan kongre ile ilgili bilgilere <https://yabited.org/5th-yabited-fats-and-oils-congress/> adresinden ulaşılabilir.

## Effect of Ultrasound Pretreatment on the Retention of Loquat Phenolics and Antioxidants during Tray and Freeze-Drying


Manolya Eser Oner<sup>1</sup>  , Gulay Ozkan<sup>2</sup> , Ilayda Dogan<sup>2</sup> , Tuba Esatbeyoglu<sup>3</sup> ,  
Esra Capanoglu Guven<sup>2</sup> 



<sup>1</sup> Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Alanya Alaaddin Keykubat University, 07425 Alanya, Antalya, Türkiye

<sup>2</sup> Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, İstanbul Technical University, 34469 Maslak, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup> Department of Food Development and Food Quality, Institute of Food Science and Human Nutrition, Gottfried Wilhelm Leibniz University of Hannover, Am Kleinen Felde 30, 30167 Hannover, Germany

Received (Geliş Tarihi): 28.10.2023, Accepted (Kabul Tarihi): 21.07.2024

 Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): manolya.oner@alanya.edu.tr (M.E. Oner)

 +90 242 510 6120/2590  +90 242 510 6124

### ABSTRACT

In this study, the effect of ultrasound (US) pretreatment (600W for 30 min) prior to tray drying (TD) ( $46\pm 1^\circ\text{C}$  at 1.10 m/s) and freeze drying (FD) ( $-58^\circ\text{C}$  at 0.001 mbar) on the quality characteristics of loquat cubes was investigated. US pretreatment in TD demonstrated a significant decrease in drying time (19.67%) and an increase in drying rates (22.23%,  $p<0.05$ ). With US pretreatment, the effective moisture diffusivity increased from  $7.83\times 10^{-9}$  to  $8.92\times 10^{-9}$   $\text{m}^2/\text{s}$  in TD. The highest rehydration capacity ( $4.47\pm 0.23$  g/g) was found in FD samples with US. In comparison to TD and control samples, FD samples had higher phenolic contents. US pretreatment significantly reduced phenolic contents from  $1551.19\pm 142.12$  to  $1197.03\pm 80.51$  mg GAE/100g and from  $770.12\pm 125.93$  to  $374.78\pm 71.95$  mg GAE/100g for FD and TD, respectively ( $p<0.05$ ). The antioxidant capacity of loquat cubes significantly decreased with TD compared to FD ( $p<0.05$ ). Results indicated that FD is a viable option for drying loquat cubes with a low moisture content, high rehydration capacity, and enhanced phenolic content and antioxidant activity.

**Keywords:** *Eriobotrya japonica*, Drying rate, Quality, Freeze drying, Rehydration capacity

### Ultrases Önişleminin Malta Eriğinin Tepsili ve Dondurarak Kurutulması Sırasında Fenolik ve Antioksidanların Muhafazasına Etkisi

#### ÖZ

Tepsili kurutma (TK) ( $46\pm 1^\circ\text{C}$ , 1.10 m/s) ve dondurarak kurutma (DK) ( $-58^\circ\text{C}$ , 0.001mbar) yöntemleri öncesi uygulanan ultrases (US) (600W, 30 min) tekniğinin kurutulmuş yenedünya (Malta eriği) küplerinin kalitesine etkisi araştırılmıştır. Ultrases önişlem uygulaması ile T kurutma zamanında anlamlı düşme (19.67%) ve kurutma hızında anlamlı yükselme (22.23%,  $p<0.05$ ) belirlenmiştir. Ultrases uygulaması ile TK yönteminde etkin difüzyon katsayısı  $7.83\times 10^{-9}$ 'dan  $8.92\times 10^{-9}$   $\text{m}^2/\text{s}$ 'a yükselmiştir. En yüksek rehidasyon kapasitesi  $4.47\pm 0.23$  g/g ile US uygulaması sonrası DK yöntemiyle kurutulan örneklerde gözlemlenmiştir. DK ile kurutulan örneklerdeki fenolik madde miktarı TK ile kurutulan örneklerle oranla yüksek olduğu belirlenmiştir. Ultrases önişlemi fenolik madde miktarını DK ile kurutulan örneklerde  $1551.19\pm 142.12$ 'den  $1197.03\pm 80.51$ 'e mg GAE/100g, TK ile kurutulan örneklerde de  $770.12\pm 125.93$ 'ten  $374.78\pm 71.95$ 'e mg GAE/100g azaltmıştır ( $p<0.05$ ). Dondurarak kurutma işlemi ile karşılaştırıldığında, TK işlemi uygulanan yenedünya küplerinin antioksidan kapasitesinde anlamlı düşüş gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). Yapılan çalışmanın



sonucuna göre düşük nem oranı, yüksek rehidrasyon kapasitesi, yüksek fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitesi ile yenidoğru küplerine DK tekniğinin uygulanabilir bir opsiyon olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Eriobotrya japonica*, Kurutma hızı, Kalite, Dondurarak kurutma, Rehidrasyon kapasitesi

## INTRODUCTION

The loquat fruit (*Eriobotrya japonica* L.) has taken place in people's lives since ancient times with its nutritional and medicinal value [1]. Besides the antibacterial property, this fruit has significant effects on health by fighting against the inflammation, diabetes, and cancer as well as a remedy of pain, allergy. Loquat fruit from the *Rosaceae* family is mostly grown in oval shape, and yellow/orange color [2]. Although the loquat fruit is generally grown in regions with temperate climates in the world, it is mostly grown in China, Japan, India, Pakistan, Cyprus, Egypt, Greece, Tunisia, and Turkey [3]. Loquats grow in subtropical and tropical climates, particularly in regions where citrus is cultivated. With unique taste and smell, loquat is a special tropical fruit containing plenty amounts of carotenoids, phenolic compounds, antioxidants, minerals, and vitamins [4]. Individual phenolic compounds in loquat fruit were identified as 5-caffeoylquinic acid (chlorogenic acid), neochlorogenic acid, hydroxybenzoic acid, 5-*p*-feruloylquinic acid, protocatechuic acid, 4-caffeoylquinic acid, epicatechin, *o*-coumaric acid, ferulic acid, and *p*-coumaric acid [5]. Yet, the fresh loquat fruit with a 90% moisture content can remain intact only 10 days at a temperature range of 20 to 25°C after harvesting due to its unique texture structure [2].

Drying is the most common technique to preserve the perishable produces long time, which is economical in terms of initial investment cost and energy consumption. Tray drying (TD) is widely used method in which the food product is placed on trays and exposed to the drying medium of circulated hot air by the fan [6]. Whereas, conventional drying processes can reduce the valuable bioactive components including vitamins, carotenoids, antioxidants, phenolics, and aroma compounds in fruits and vegetables, as well as their sensory characteristics. As a novel technology, freeze drying (FD) is an alternative technique especially beneficial for fruits and vegetables drying. During the FD, the food product is exposed to low pressure in the frozen state at the cryogenic temperature and then allowed water to pass from the solid to the gas phase. Therefore, the free water in the product is directly sublimated and removed from the food in gaseous form [7]. According to the researcher study, total phenolic content (TPC) and total flavonoid content (TFC) of freeze dried hawthorn fruit extracts were higher than fresh and oven-dried fruit extracts [8]. Besides, Mishra et al. [9] investigated TD and FD techniques to evaluate changes in chemical composition and sensorial quality of loquat slices. After TD, total phenolics, flavonoids, and antioxidant content of loquat slices significantly decreased when compared to freeze dried and fresh samples. With the porous structure, freeze dried loquats had the highest sensory ratings. Conversely, other researchers [10] found higher amounts of

hydroxycinnamic acids in dried loquats using convective drying than FD. They also reported increasing temperature from 50 to 70°C in convective drying increased antioxidant activity (ABTS and FRAP assays) of dried loquat samples.

Numerous studies have shown that the various dehydration techniques were successfully used for inactivating the enzymes while maintaining the nutritional content of the food. It is necessary to select appropriate drying technique and processing parameter to minimize these undesirable changes in the sample. It is common practice to use ultrasound (US) in conjunction with other drying technologies. Being that the water transfer is primarily enhanced by alternating the expansion and compression cycles, the mechanical energy produced by the application of power ultrasonic helps to reduce both the internal and external resistances to the mass transfer [11]. Some research studies suggested using US as a pretreatment in drying processes since sonicated samples retained better nutrients than untreated ones [12, 13]. In contrast, other researchers have reported US pretreatment resulted in null effect or severe degradation of bioactive compounds in dried products [14, 15]. The purpose of this study was to assess the effect of US treatment prior to TD or FD methods regarding the quality characteristics of loquat cubes such as phenolic content, antioxidant properties, drying behavior, diffusivity, moisture content, and rehydration capacity.

## MATERIALS and METHODS

### Sample Preparation

The loquat (*Eriobotrya japonica* L.) cultivar of 'Ayva Gobek' was supplied from a retail market in Alanya (Antalya, Turkey). The loquat fruits were stored at 4±1°C and 95% relative humidity. Before drying processes, the loquats were washed, stems and seeds were removed, and then cut into cube-shaped pieces (0.9×0.9×0.9 cm). Fresh loquat was used as a control sample.

### Ultrasound Pretreatment

An ultrasonic bath (VWR USC900TH ultrasonic cleaner, VWR Int. Radnor, PA, USA, 100% power: 600 W, 45 kHz) was used. The loquat fruit-to-water ratio was kept constant at 1:4 (w/w, weight basis), and US was used for 30 min. After US treatment, the samples were blotted with adsorbent paper to remove excess solution and then used for tray and freeze-drying processes.

### Tray Drying

The loquat samples were dried in a laboratory-scale tray dryer (Armfield UOP8-G, England) operating at a

uniform air velocity of 1.10 m/s. Loquat cubes were evenly distributed on trays and drying was conducted at  $46 \pm 1^\circ\text{C}$  until sample weight remained constant.

### Determination of Drying Rates during Tray Drying

Drying rate (DR) was evaluated by using Equations 1, 2 and 3.

$$Xt = \frac{w-dw}{dw}, \quad (1)$$

$$X = Xt - Xe, \quad (2)$$

$$MR = \frac{Mt - Me}{Mi - Me}, \quad (4)$$

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp \left[ -(2n-1)^2 \pi^2 \frac{D_{eff}}{4L^2} t \right], \quad (5)$$

$$\ln(MR) = \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \right) - \left( \pi^2 \frac{D_{eff}}{4L^2} t \right); \text{ Slope} = \pi^2 \frac{D_{eff}}{4L^2}. \quad (6)$$

where MR, and  $M_i$ ,  $M_e$ ,  $M_t$  are moisture ratio and moisture content of initial, equilibrium, at any time, respectively;  $t$ ,  $L$ , and  $D_{eff}$  are time (s), thickness of samples (m), and effective diffusivity ( $\text{m}^2/\text{s}$ ), respectively. Assumptions: initial moisture distribution is uniform throughout the sample; diffusivity is constant; sample is considered to be equivalent to thin slabs of constant density, size and shape.

### Freeze Drying

The loquat samples were dried in a laboratory scale freeze dryer (ALPHA 1-2 LD plus, Osterode am Harz, Germany). The loquat samples were remained in the freezer ( $-18^\circ\text{C}$ ) for 24 h, then freeze dried at  $-58^\circ\text{C}$  and 0.001 mbar for 24 h.

### Moisture Content

The moisture content of the samples was measured by using an infrared moisture device (Shimadzu MOC-63U, Japan) Calculations were done based on dry basis [16].

### Determination of Rehydration Capacity

The rehydration capacity (RC) of samples was determined by placing 2 g dry sample in a beaker filled with 50 mL distilled water and left for 24h in water bath (Memmert WNB 22, Schwabach, Germany) at ambient temperature. Then samples were filtered to remove excess water and weighed. The rehydration capacity was calculated using the Eq. 7.

$$\text{Rehydration capacity (RC)} = \frac{W_r}{W_d} \quad (7)$$

where  $W_r$  is weight after rehydration in g and  $W_d$  is weight of dry sample in g.

### Spectrophotometric Analyses

UV-visible spectrophotometer (BioTek Instruments, Winooski, USA) was used for the spectrophotometric analysis. Total phenolic content (TPC) assay was carried out according to the method of Singleton and Rossi [17] by using the Folin-Ciocalteu reagent. The absorbance value was then measured at 760 nm. The calibration curve ( $y=2.8066x-0.0296$ ) was plotted using gallic acid in the range of 0.01–0.4 mg/mL. The TPC

$$DR = - \left( \frac{dw}{A} \right) * \left( \frac{dx}{dt} \right). \quad (3)$$

where  $w$  is weight of wet sample and  $dw$  is weight of dry sample;  $X$ ,  $X_e$ , and  $X_t$  are moisture content free, equilibrium, at any time ( $\text{g H}_2\text{O}/\text{g dm}$ ), respectively;  $A$  is the surface area in  $\text{m}^2$ .

The effective diffusivity of samples ( $D_{eff}$ ) was evaluated using the Fick's second law Equations 4, 5 and 6.

was expressed in milligrams of gallic acid equivalents (GAE) per 100 g of dry weight (dw). The antioxidant capacities were determined by using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay [18] and cupric ion-reducing antioxidant capacity (CUPRAC) assay [19]. Measurements were performed at 450 and 517 nm, respectively. Trolox was used as a standard in the range of 0.01-0.4 mg/mL while calibration curves ( $y=4.0161x+0.0792$  for DPPH,  $y=0.8475x-0.0139$  for CUPRAC) were plotted in the assay. The result was reported as Trolox equivalents (TE) per 100 g of dw.

### Statistical Analysis

All assays were carried out in triplicates and results were expressed as mean  $\pm$  standard deviation. Statistical analysis was performed using JMP software (JMP version 13.0; Cary, NC, USA). Processing conditions were evaluated using one-way analysis of variance (ANOVA) followed by a Tukey's multiple comparison test at the 95% level was performed to evaluate differences between treatments. Coefficient of determination values ( $R^2$ ) of the spectrophotometric analyses were calculated using Excel (Microsoft, USA) software.

## RESULTS and DISCUSSION

### Effect of US Pretreatment on Drying Rates during Tray Drying

During the drying process in the tray dryer, weight reduction of loquat cubes at certain time intervals was given in Figure 1. Regardless of US pretreatment, the weight of the loquat samples decreased exponentially with time. Whereas, application of US creates cavitation and channels obtained by the disruption of cells after cavitation is beneficial for transferring water [20]. In the current study, usage of US as a pretreatment increased the water loss of loquat samples and thereby decreased

drying time in TD process. The drying time was found to be 270 min for the samples with TD only, whereas, after the US pretreatment it was 210 min, indicating application of US prior to TD reduced the drying time significantly by 22.23%.

The moisture content of loquat samples with respect to time are shown in Figure 2. Mostly studies reported that drying times were significantly reduced after US pretreatment compared to untreated samples [21, 22]. Because of the lower pressure above the sample, US pretreatment accelerates the drying rate and encourages water loss. The influence of ultrasound on drying time is caused by asymmetric implosions of cavitation bubbles adjacent to a solid surface, which form microjets in the direction of the surface and can affect mass transfer [23]. Rani and Tripathy [24] indicated that the samples lost moisture throughout the pretreatment process, as a result moisture content at the beginning of the drying process was different for the pretreated and untreated samples. In addition, samples prepared with US pretreatment had faster drying rates, and thereby reduced drying time, compared to untreated ones. Furthermore, US pretreatment was found to be effective on diffusion coefficients, which is calculated for TD and US+TD samples as  $7.83 \times 10^{-9}$  and  $8.92 \times 10^{-9}$   $\text{m}^2/\text{s}$ , respectively, with  $R^2 > 0.95$ . In consistent with our study, US pretreatment raised effective water diffusivity value from  $2.13 \times 10^{-10}$   $\text{m}^2/\text{s}$  to  $2.88 \times 10^{-10}$   $\text{m}^2/\text{s}$  for the hot air drying of yellow cassava [25], from  $1.739 \times 10^{-10}$   $\text{m}^2/\text{s}$  to  $2.052 \times 10^{-10}$   $\text{m}^2/\text{s}$  for microwave-convective drying of basil [15], and from  $6.50 \times 10^{-10}$   $\text{m}^2/\text{s}$  to  $2.11 \times 10^{-9}$   $\text{m}^2/\text{s}$  for hot air drying of nectarine slices [26]. It is noteworthy that effective water diffusivity value may vary due to the products processed under different conditions including drying temperature, moisture content, and physical or chemical pretreatments as well as sample type, composition, and shape.

Changes in drying rate of loquat cubes based on moisture content is presented in Figure 3. According to these findings, drying occurred in the falling rate period rather than the constant rate period. Since water mobility was impacted by the energy that ultrasound waves transferred into the solid. The average drying rate of the TD samples was found to be  $0.0356$   $\text{g H}_2\text{O}/\text{min.m}^2$  while it was  $0.0426$   $\text{g H}_2\text{O}/\text{min.m}^2$  for the US+TD samples. Therefore, the drying rate increased by 19.67% in samples treated by US prior to TD. Similarly, other researchers found pretreatment of persimmon with high-intensity US increased drying rate in hot air drying at  $50^\circ\text{C}$  [27]. Further study suggested that US accelerates the drying rate of heat-sensitive fruits like strawberry [28].

### Moisture Contents and Rehydration Capacities

As presented in Table 1, the moisture content of the fresh cube-shaped loquat pieces reduced from  $87.7 \pm 0.1\%$  to  $30.43 \pm 0.18\%$  for TD and  $30.15 \pm 0.03$  for US+TD processes based on dry basis, indicating US pretreatment had no significant effect on moisture content of TD samples ( $p > 0.05$ ). These results were consistent with a research study by [29] who found no significant difference between the moisture content of dried persimmons after application of US prior to hot air drying ( $p > 0.05$ ). When compared to TD, the FD was more effective process on loquat pieces with a significant decrease in moisture content to  $15.77 \pm 0.12\%$  ( $p < 0.05$ ). A similar trend was found in evaluation of loquat drying methods and FD was the most effective method compared to convective and vacuum-microwave drying [10]. In addition, throughout the treatments, the lowest moisture content ( $13.17 \pm 0.09\%$ ) was determined in loquat samples which were treated with the US prior to FD ( $p < 0.05$ ).

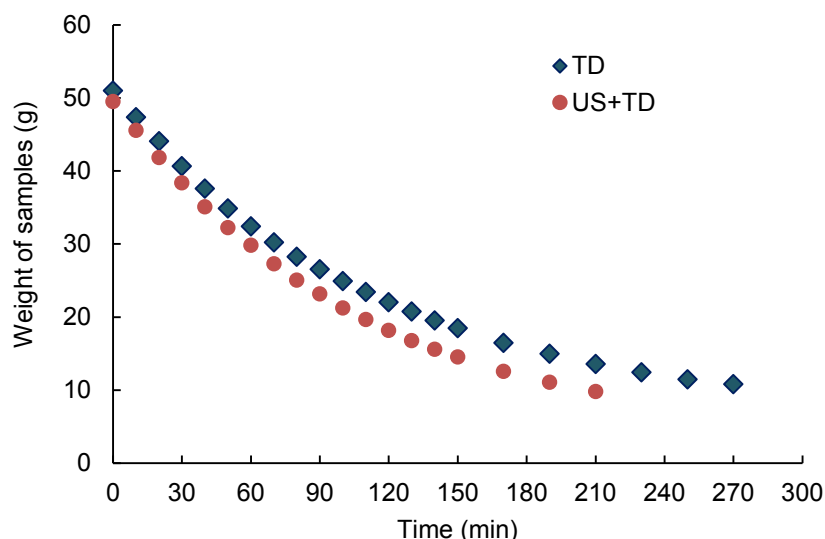


Figure 1. Effect of ultrasound (US) pretreatment on the weight loss of loquat cubes during tray drying (TD)

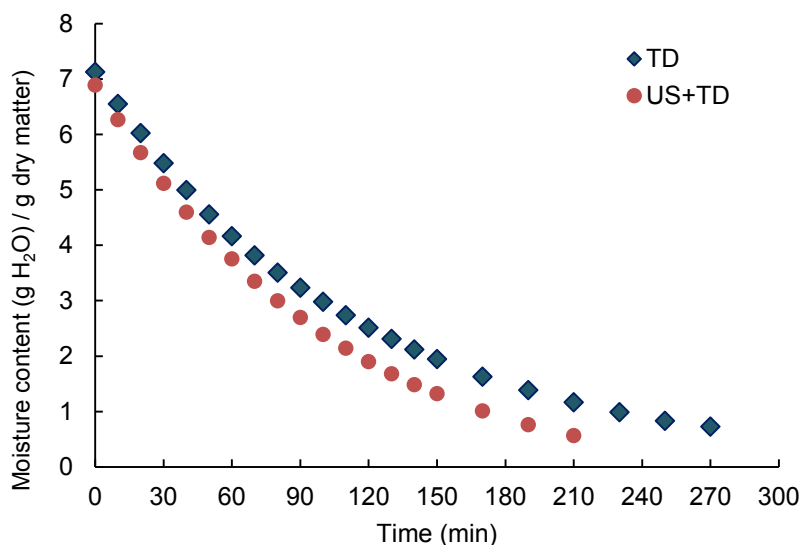


Figure 2. Effect of ultrasound (US) pretreatment on the moisture contents of loquat cubes during tray drying (TD)

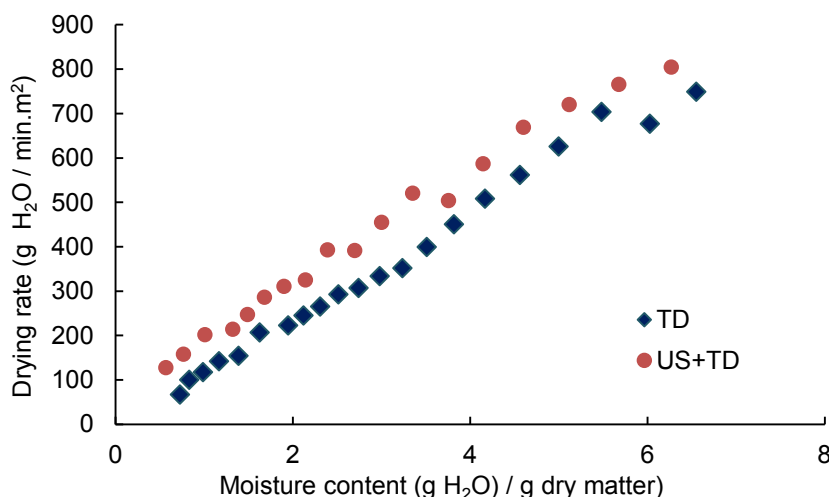


Figure 3. Effect of ultrasound (US) pretreatment on the drying rates of loquat cubes during tray drying (TD)

With regard the value of moisture content, a correlation was found with rehydration capacity of dried loquat cubes. With the lowest moisture content, the highest rehydration capacity ( $p < 0.05$ ) value was found to be  $4.47 \pm 0.23$  in US+FD sample (Table 2). Application of US prior to drying processes affected the rehydration capacity of loquat cubes, which was slightly increased in the TD samples ( $p > 0.05$ ); however, significant increment from  $3.13 \pm 0.26$  to  $4.30 \pm 0.23$  g/g was observed in FD ones ( $p < 0.05$ ). According to the previous studies, button

mushrooms had been treated with US prior to TD had higher rehydration capabilities than the untreated samples, as well as for the cauliflower and brussels sprout samples [21]. In other research study, they found applying osmotic dehydration and ultrasonic pretreatment in a sucrose solution before drying dramatically increased the rehydration capacities of persimmon compared to the untreated group [29]. Overall, application of US as a pretreatment enhanced the rehydration capacities of fruits and vegetables.

Table 1. Moisture content and rehydration capacity of loquat samples

| Treatments <sup>1</sup> | Moisture Content (%) | Rehydration Capacity (g/g) |
|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| C                       | $87.70 \pm 0.10^a$   |                            |
| TD                      | $30.43 \pm 0.18^b$   | $2.46 \pm 0.19^c$          |
| US+TD                   | $30.15 \pm 0.03^b$   | $2.65 \pm 0.18^{bc}$       |
| FD                      | $15.77 \pm 0.12^c$   | $3.13 \pm 0.26^b$          |
| US+FD                   | $13.17 \pm 0.09^d$   | $4.30 \pm 0.23^a$          |

<sup>1</sup> Treatments are indicated as C: Control (Fresh fruit), TD: Tray drying, US+TD: Ultrasound treatment prior to tray drying, FD: Freeze drying, and US+FD: Ultrasound treatment prior to freeze drying. <sup>2</sup> Data in the same column followed by same letter are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 2. Phenolic contents and antioxidant capacities of loquat extracts

| Treatments <sup>1</sup> | Total Phenolic Content<br>(mg GAE/100 g dw) | Antioxidant Capacity<br>(mg TE/100 g dw) |                           |
|-------------------------|---|--|---------------------------|
|                         |   | CUPRAC                                   | DPPH                      |
| C                       | 878.75±97.40 <sup>c</sup>                   | 3094.35±229.05 <sup>c</sup>              | 807.97±40.33 <sup>a</sup> |
| TD                      | 770.12±125.93 <sup>c</sup>                  | 1716.74±128.92 <sup>d</sup>              | 410.84±40.28 <sup>d</sup> |
| FD                      | 1551.19±142.12 <sup>a</sup>                 | 4749.42±545.78 <sup>a</sup>              | 640.46±30.11 <sup>b</sup> |
| US+TD                   | 374.78±71.95 <sup>d</sup>                   | 1080.32±204.24 <sup>d</sup>              | 296.02±44.31 <sup>e</sup> |
| US+FD                   | 1197.03±80.51 <sup>b</sup>                  | 3753.50±474.46 <sup>b</sup>              | 579.88±18.71 <sup>c</sup> |

<sup>1</sup>Treatments are indicated as Control (C): Fresh fruit, TD: Tray drying, US+TD: Ultrasound treatment prior to tray drying, FD: Freeze drying, and US+FD: Ultrasound treatment prior to freeze drying. <sup>2</sup>Data in the same column followed by same letter are significantly different ( $p<0.05$ ).

### Phenolic Contents and Antioxidant Capacities

The effect of US pretreatment on phenolic compounds of TD and FD loquat cubes is presented in Table 2. The highest phenolics was found to be 1551.2±142.1 mg GAE/100 g in FD loquat samples through other treatments ( $p<0.05$ ). Ultrasound pretreatment significantly reduced total phenolics ( $p<0.05$ ) from 1551.2±142.12 mg GAE/100 g to 1197.03±80.51 mg GAE/100 g and from 770.12±125.93 mg GAE/100 g to 374.78±71.95 mg GAE/100 g for FD and TD, respectively, which might be due to loss of nutrients during draining of water out of fruits. According to a recent study [30], significant decrease was observed in total phenolics of apples, which were treated with US prior to convective drying; however, no significant difference was determined in FD samples when pretreated with US. Furthermore, Bozkir et al. [29] found significant loss in phenolics of US pretreated persimmon slices after convective drying. When compared to control samples, there was no significant difference observed in phenolic content of TD loquat cubes; however, phenolics were much higher in FD samples ( $p<0.05$ ). Moreover, phenolic content of FD loquat cubes was significantly higher than TD samples because of thermal degradation during the TD process. Thereby, the nutrient loss was induced by the water transfer that occurred during the application of this treatment [31]. Researchers have reported the decrease of total phenolic contents of mandarins, sour cherries, and blueberries with increasing temperature throughout the drying process [6, 32]. Additionally, Amami et al. [33] indicated that pretreatment with osmo-sonication also resulted in significant losses in total phenolic content of hot air-dried strawberries compared to the untreated samples. Besides the TD and FD conditions, acoustic application duration might affect the losses of phenolics from the loquat cubes. It is important to point out that long sonication periods ended up with significant reduction of phenolics in quince slices [34].

The effect of US treatment prior to TD and FD on antioxidant capacity of loquat cubes are shown in Table 2. Both DPPH and CUPRAC assays revealed that TD decreased the antioxidant capacity of loquat cubes significantly compared to FD and fresh samples. The reason for this situation can be interpreted as prolonged drying exposure of samples during TD may degrade certain phenolic compounds and thereby resulting in a decrease in antioxidant activity. In consistent to our study, López-Lluch et al. [10] have found higher

antioxidant activity in dried loquats using FD than convective drying. According to the results of CUPRAC assay, the highest antioxidant capacity was observed in FD loquat samples when compared to other treatments and untreated sample ( $p<0.05$ ). In addition, significant reduction was determined in FD loquat cubes when pretreated with US; however, their antioxidant capacity was higher than untreated ones ( $p<0.05$ ). Similar result was obtained in application of US prior to TD, which might be due to loss of antioxidants in water bath. Other researchers have also reported decrease in antioxidants of blackberry after application of US in a water bath [35]. Conversely, Šic Žlabur et al. [36] found positive impacts of US pretreatment on vacuum dried honeyberry fruits. In fact, US frequency, power, and pretreatment time, as well as product structure, are effective parameters on bioactive compounds.

### CONCLUSION

Application of US treatment prior to TD enhanced the drying rate and reduced drying time since implosions of cavitation bubbles adjacent to a solid surface forms microjets and then affects the mass transfer. Rehydration capacity of loquat cubes increased with US pretreatment for both TD and FD. Higher phenolic content was determined in FD and US+FD loquat cubes than TD, US+TD and fresh samples. Based in CUPRAC and DPPH assays, antioxidant activity of loquat cubes were higher in FD and US+FD when compared to TD and US+TD samples. According to the results of this study, the important point is that applying US before drying processes may increase the demand on dried fruits by accelerating drying rate thereby shortening the processing time and enhancing the quality. These methods can be evaluated on regionally available subtropical crops to produce value added products.

### REFERENCES



- [1] Cao, S., Zheng, Y., Wang, K., Rui, H., Tang, S. (2009). Effect of 1-methylcyclopropene treatment on chilling injury, fatty acid and cell wall polysaccharide composition in loquat fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 8439-8443.
- [2] Ercişli, S., Gözlekçi, S., Şengül, M., Hegedus, A., Tepe, S. (2012). Some physicochemical characteristics, bioactive content and antioxidant capacity of loquat (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.) fruits from Turkey. *Scientia Horticulturae*, 148, 185-189.

- [3] Pareek, S., Benkeblia, N., Janic, J., Cao, S., Yahia, E. (2014). Postharvest physiology and technology of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 1495–1504.
- [4] Xu, H., Chen, H. (2011). Commercial quality major bioactive compound content and antioxidant capacity of 12 cultivars of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 1057-1063.
- [5] Ding, C.K., Chachin, K., Ueda, Y., Imahori, Y., Wang, C.Y. (2001). Metabolism of phenolic compounds during loquat fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 2883–2888.
- [6] Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., Oszmiański, J. (2014). Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3), 829-841.
- [7] Feng, Y., Ping Tan, C., Zhou, C., Yagoub, A.E.G.A., Xu, B., Sun, Y., Ma, H., Xu, X., Yu, X. (2020). Effect of freeze- thaw cycles pretreatment on the vacuum freeze- drying process and physicochemical properties of the dried garlic slices. *Food Chemistry*, 324, 126883.
- [8] Keskin Çavdar, H., Adal, E. (2023). Effect of freeze-drying and oven-drying on volatiles, bioactive and structural properties of hawthorn (*Crataegus tanacetifolia*) fruit. *Akademik Gıda*, 21(2), 202-210.
- [9] Mishra, A., Upadhyay, A., Jaiswal, P., Sharma, N. (2021). Effect of different drying method on the chemical and microstructural properties of Loquat slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, e15105.
- [10] López-Lluch, D.B., Cano-Lamadrid, M., Hernández, F., Zimmer, A., Lech, K., Figiel, A., Carbonell-Barrachina, A.A., Wojdyło, A. (2020). Hydroxycinnamic acids and carotenoids of dried loquat fruit cv. 'Algar' affected by freeze-, convective-, vacuum-microwave- and combined-drying methods. *Molecules*, 25(16), 3643.
- [11] Rodríguez, O., Santacatalina, J.V., Simal, S., Garcia-Perez, J.V., Femenia, A., Rossello, C. (2014). Influence of power ultrasound application on drying kinetics of apple and its antioxidant and microstructural properties. *Journal of Food Engineering*, 129, 21-29.
- [12] Rodríguez, Ó., Gomes, W., Rodrigues, S., Fernandes, F.A.N. (2017). Effect of acoustically assisted treatments on vitamins, antioxidant activity, organic acids and drying kinetics of pineapple. *Ultrasonics Sonochemistry*, 35, 92-102.
- [13] Cao, X., Islam, M.N., Zhong, S., Pan, X., Song, M., Shan, F., Nie, H., Xu, W., Duan, Z. (2020). Drying kinetics, antioxidants, and physicochemical properties of litchi fruits by ultrasound-assisted hot air-drying. *Journal of Food Biochemistry*, 44(1), e13073.
- [14] Zhang, Z., Liu, Z., Liu, C., Li, D., Jiang, N., Liu, C. (2016). Effects of ultrasound pretreatment on drying kinetics and quality parameters of button mushroom slices. *Drying Technology*, 34(15), 1791-1800.
- [15] Sledz, M., Wiktor, A., Nowacka, M., Witrowa-Rajchert, D. (2017). Drying kinetics, microstructure and antioxidant properties of basil treated by ultrasound. *Journal of Food Process Engineering*, 40(1), e12271.
- [16] AOAC (1995). Official methods of analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- [17] Singleton, V.L., Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- [18] Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211-219.
- [19] Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S.E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970-7981.
- [20] Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A.G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A.S., Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540-560.
- [21] Jambrak, A.R., Mason, T.J., Paniwnyk, L., Lelas, V. (2007). Accelerated drying of button mushrooms, brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties. *Journal of Food Engineering*, 81(1), 88-97.
- [22] Magalhães, M.L., Cartaxo, S.J.M., Gallão, M.I., Garcia-Pérez, J.V., Cárcel, J.A., Rodrigues, S., Fernandes, F.A.N. (2017). Drying intensification combining ultrasound pre-treatment and ultrasound-assisted air drying. *Journal of Food Engineering*, 215, 72-77.
- [23] Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D. (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science and Technology*, 15(5), 261-266.
- [24] Rani, P., Tripathy, P.P. (2019). Effect of ultrasound and chemical pretreatment on drying characteristics and quality attributes of hot air-dried pineapple slices. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 4911-4924.
- [25] Oladejo, A.O., Ekpene, M.A.M., Onwude, D.I., Assian, U.E., Nkem, O.M. (2021). Effects of ultrasound pretreatments on the drying kinetics of yellow cassava during convective hot air drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), e15251.
- [26] Jahanbakhshi, A., Yeganeh, R., Momeny, M. (2020). Influence of ultrasound pre-treatment and temperature on the quality and thermodynamic properties in the drying process of nectarine slices in a hot air dryer. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10), e14818.



- [27] Cárcel, J.A., García-Pérez, J.V., Mulet, A., Riera, E. (2007). Influence of high-intensity ultrasound on drying kinetics of persimmon. *Drying Technology*, 25(1), 185–193.
- [28] Gamboa-Santos, J., Montilla, A., Cárcel, J.A., Villamiel, M., Garcia-Perez, J.V. (2014) Air-borne ultrasound application in the convective drying of strawberry. *Journal of Food Engineering*, 128, 132-139.
- [29] Bozkir, H., Rayman Ergün, A., Serdar, E., Metin, G., Baysal, T. (2019). Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrasonics Sonochemistry*, 54, 135-141.
- [30] Çetin, N., Sağlam, C. (2023). Effects of ultrasound pretreatment assisted drying methods on drying characteristics, physical and bioactive properties of windfall apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(2), 534–547.
- [31] Mothibe, K.J., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Wang, Y.C., Cheng, X. (2014). Effects of ultrasound and microwave pretreatments of apple before spouted bed drying on rate of dehydration and physical properties. *Drying Technology*, 32(15), 1848-1856.
- [32] Akdaş, S., Başlar, M. (2015). Dehydration and degradation kinetics of bioactive compounds for mandarin slices under vacuum and oven drying conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1098–1107.
- [33] Amami, E., Khezami, W., Mezrigui, S., Badwaik, L.S., Bejar, A.K., Perez, C.T., Kechaou, N. (2017). Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of strawberry. *Ultrasonics Sonochemistry*, 36, 286-300.
- [34] Yildiz, G., Izli, G. (2019). The effect of ultrasound pretreatment on quality attributes of freeze-dried quince slices: Physical properties and bioactive compounds. *Journal of Food Process Engineering*, 42(5), e13223.
- [35] Romero, J.C.A., Yépez, V.B.D. (2015). Ultrasound as pretreatment to convective drying of Andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth). *Ultrasonics Sonochemistry*, 22, 205–210.
- [36] Šic Žlabur, J., Colnar, D., Voća, S., Lorenzo, J.M., Munekata, P.E.S., Barba, F.J., Dobričević, N., Galić, A., Dujmić, F., Plietić, S., Brnčić, M. (2019). Effect of ultrasound pre-treatment and drying method on specialized metabolites of honeyberry fruits (*Lonicera caerulea* var. *kamtschatica*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 56, 372-377.
-

## Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Contamination Levels in Some Commercial Olive Oils Sold on the Markets in Giresun, Türkiye

Onur Basançelebi  

Giresun University, Şebinkarahisar School of Applied Sciences, Department of Food Technology, Giresun, Türkiye

Received (Geliş Tarihi): 27.02.2024, Accepted (Kabul Tarihi): 06.08.2024

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [onur.basancelebi@giresun.edu.tr](mailto:onur.basancelebi@giresun.edu.tr) (O. Basançelebi)

☎ +90 454 310 3184 📠 +90 454 310 1717

### ABSTRACT

Olive oil is widely consumed worldwide and well-known for its health beneficial effects. However, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contamination in olive oils has been a serious concern and knowledge regarding PAH concentrations in olive oils is scarce. The aim of this study was the determination and evaluation of PAH contamination levels in olive oils in the market. In this study, commercial olive oils (n=14) available in the markets of Giresun (Türkiye), including extra virgin and riviera olive oil samples, were investigated. Samples were analyzed by a gas chromatography unit coupled with a mass spectrometer. Significant amounts of PAHs were determined in all olive oil samples. The PAH contents of the samples varied between 0.04 µg kg<sup>-1</sup> and 4637.13 µg kg<sup>-1</sup> with the mean content of 264.61 µg kg<sup>-1</sup>. Regarding benzo[a]pyrene, 64.28% of the samples was incompatible with the EU requirements. None of the samples were compatible with the EU requirements in terms of PAH4 components (benzo[a]pyrene, benzo(a)anthracene, chrysene, and benzo[b]fluoranthene). Results showed that commercial olive oils studied in this research might contain PAHs categorized under potential carcinogens.

**Keywords:** Gas chromatography-mass spectrometer (GC-MS), Olive oil, Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), Benzo[a]pyrene, PAH4

### Giresun'da Satılan Bazı Ticari Zeytinyağlarının Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Kontaminasyon Düzeyleri

#### ÖZ

Zeytinyağı dünya çapında yaygın olarak tüketilmektedir ve sağlığa yararları ile bilinmektedir. Ancak zeytinyağındaki polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) kontaminasyonu ciddi bir endişe kaynağıdır ve bu yağların PAH konsantrasyonlarına ilişkin bilgi azdır. Bu çalışmanın amacı, piyasada bulunan zeytinyağlarındaki PAH kontaminasyon düzeylerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesidir. Bu çalışmada Giresun ili marketlerinden rastgele seçilen sızma zeytinyağı ve riviera zeytinyağı örnekleri (n=14) incelenmiştir. Numuneler, kütle spektrometresi ile birleştirilmiş gaz kromatografisi ünitesi ile belirlenmiştir. Yağ örneklerinin tamamında önemli miktarda PAH kalıntısı tespit edilmiştir. PAH tespit edilen örneklerde PAH miktarları 0.04 µg kg<sup>-1</sup> ile 4637.13 µg kg<sup>-1</sup> (ortalama 264.61 µg kg<sup>-1</sup>) arasında değişmektedir. Benzo[a]piren ile ilgili olarak numunelerin %64.28'i AB gereklilikleriyle uyumlu çıkmamıştır. Zeytinyağı örneklerinin hiçbiri PAH4 bileşenleri (benzo[a]piren, benzo(a)antrasen, krizen ve benzo[b]floranten) açısından AB gerekliliklerine uygun çıkmamıştır. Sonuçlar, bu araştırmada incelenen ticari zeytinyağlarının potansiyel kanserojenler kategorisinde yer alan PAH'ları içerebileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS), Zeytinyağı, Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar), Benzo[a]piren, PAH4

## INTRODUCTION

Olive oil is a product from the fruit of the olive tree (*Olea europaea* L.) and it is the primary source of fat in a Mediterranean diet. Olive oil is well-known for its unique composition of monounsaturated fats, antioxidants, and anti-inflammatory properties. Some of the key health benefits of olive oil include reducing the risk of heart diseases [1], containing of powerful antioxidants such as vitamin E and polyphenols [2], anti-inflammatory effects [3], cancer prevention [4], brain health and cognitive functions [5]. The use of olive oil has grown over the past 25 years not just in Mediterranean regions but also globally [6].

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) constitute a class of organic compounds composed of multiple fused aromatic rings, generally ranging from two to six rings. The US Environmental Protection Agency (US-EPA) has listed PAHs as a priority control due to their carcinogenic, mutagenic, and teratogenic properties [7]. Names, chemical structures, molecular weights, and hazard classification of 15 priority PAHs were shown in Table 1. PAH compounds containing 2-4 rings are classified as low molecular weight PAHs (LMW PAHs) or light PAHs (LPAHs), while PAH compounds containing 5 or more rings are classified as high molecular weight PAHs (HMW PAHs) or heavy PAHs (HPAHs) [8, 9].

Table 1. Names, chemical structures, molecular weights and hazard classification of 15 priority PAHs

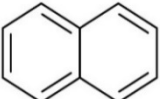
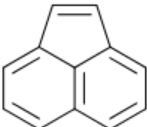
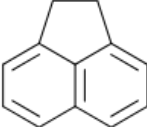
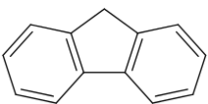
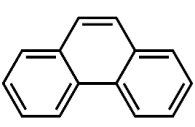
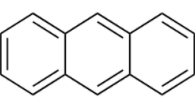
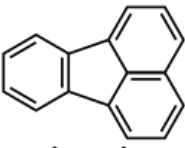
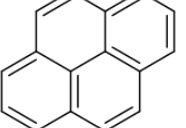
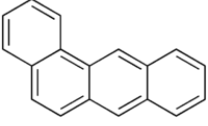
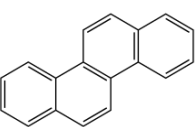
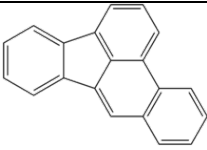
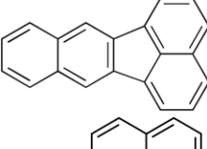
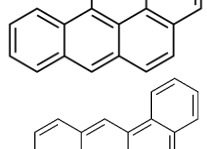
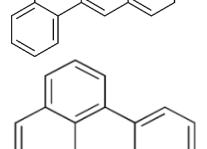
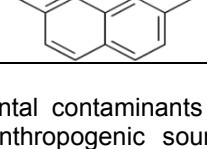
| No | PAH and Abbreviation     | Chemical Structure  | Ring No | MW (g/mol) | Hazard Classification  | Reference        |
|----|--------------------------|---|---------|------------|--|------------------|
| 1  | Naphthalene (Nap)        |    | 2       | 128.2      | Possibly carcinogenic to humans according to IARC (Group 2B)   | [10, 11, 34]     |
| 2  | Acenaphthylene (Acy)     |    | 3       | 154.2      | Acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA   | [10, 11, 12]     |
| 3  | Acenaphthene (Ac)        |   | 3       | 166.2      | Unclassifiable as to carcinogenicity in humans according to IARC (Group 3), acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA | [10, 11, 12, 13] |
| 4  | Fluorene (Fle)           |  | 3       | 178.2      | Unclassifiable as to carcinogenicity in humans according to IARC (Group 3), acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA | [11, 12, 13]     |
| 5  | Phenanthrene (Phe)       |  | 3       | 178.2      | Unclassifiable as to carcinogenicity in humans according to IARC (Group 3), chronic hazardous air pollutant according to EPA           | [10, 11, 12, 13] |
| 6  | Anthracene (Ant)         |  | 3       | 202.3      | Unclassifiable as to carcinogenicity in humans according to IARC (Group 3), acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA | [10, 11, 12, 13] |
| 7  | Fluoranthene (Flu)       |  | 4       | 202.3      | Unclassifiable as to carcinogenicity in humans according to IARC (Group 3), acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA | [10, 11, 12, 13] |
| 8  | Pyrene (Pyr)             |  | 4       | 228.3      | Unclassifiable as to carcinogenicity in humans according to IARC (Group 3), acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA | [10, 11, 12, 13] |
| 9  | Benzo[a]anthracene (BaA) |  | 4       | 228.3      | Possibly carcinogenic to humans according to IARC (Group 2B), acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA               | [10, 11, 12, 13] |
| 10 | Chrysene (Chr)           |  | 4       | 252.3      | Possibly carcinogenic to humans according to IARC (Group 2B), acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA               | [10, 11, 12, 13] |

Table 1. Names, chemical structures, molecular weights and hazard classification of 15 priority PAHs (continuing)

| No | PAH and Abbreviation          | Chemical Structure   | Ring No | MW (g/mol) | Hazard Classification  | Reference        |
|----|-------------------------------|--|---------|------------|--|------------------|
| 11 | Benzo[b]fluoranthene (BbF)    |   | 5       | 252.3      | Possibly carcinogenic to humans according to IARC (Group 2B), acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA               | [10, 11, 12, 13] |
| 12 | Benzo[k]fluoranthene (BkF)    |   | 5       | 252.3      | Possibly carcinogenic to humans according to IARC (Group 2B), chronic hazardous air pollutant according to EPA                         | [10, 11, 12, 13] |
| 13 | Benzo[a]pyrene (BaP)          |   | 5       | 278.4      | Carcinogenic to humans (Group 1) according to IARC, acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA                         | [10, 11, 12, 13] |
| 14 | Dibenzo[a,h]anthracene (DBaH) |   | 5       | 276.3      | Probably carcinogenic to humans (Group 2A) according to IARC, acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA               | [10, 11, 12, 13] |
| 15 | Benzo[g,h,i]perylene (BgHiPe) |  | 6       | 276.3      | Unclassifiable as to carcinogenicity in humans according to IARC (Group 3), acute and chronic hazardous air pollutant according to EPA | [10, 11, 12, 13] |

PAHs are ubiquitous environmental contaminants that arise from both natural and anthropogenic sources, including incomplete combustion of organic matter, industrial processes, vehicular emissions, and natural events such as forest fires and volcanic eruptions [14, 15].

Due to hydrophobicity and electrochemical stability of PAHs, their persistence in nature is high [16]. The significance of PAHs lies in their widespread distribution, persistence in the environment, and potential adverse effects on human health and ecosystems. Due to their lipophilic nature, PAHs can accumulate in various environmental compartments, including soil, sediment, water, and air, leading to long-term exposure risks for organisms across levels [17]. Hydrophobicity, stability, and toxicity properties all rise in direct proportion to their molecular weight of PAHs [16].

Moreover, recent research [18] has shed light on the role of PAHs as persistent organic pollutants with long-range atmospheric transport capabilities, leading to global distribution patterns and bioaccumulation in remote regions, including polar environments.

PAHs are of particular concern due to their known or suspected adverse health effects. Several high molecular weight PAHs, such as benzo[a]pyrene (BaP), have been classified as priority pollutants by regulatory agencies due to their toxicological significance. Exposure to PAHs has been associated with respiratory diseases, cardiovascular disorders, and various types of cancer, particularly in populations living in urban areas or in close proximity to industrial facilities [19].

PAH contamination in foods has recently become a serious issue. In 2001, a processing problem caused a general contamination of European olive pomace oils. In 2005, the European Commission (EC) maximum levels for BaP were adopted for oils and fats. Vegetable oils, naturally free of PAHs, are contaminated by some processes. However, the PAHs' content in vegetable oils can be radically reduced during refining [20].

Various comprehensive studies from different aspects have been conducted on olive oil by researchers such as optimization of olive oil extraction [21, 22], determination of antioxidative capacity of olive oils [23], the effect of some additives on olive oil yield and quality parameters [24]. In the extent of contaminants determination; phthalate residues in olive oils [25], metal contamination on olive oils [26], mycotoxin residues in olive oils [27] and pesticide residues in olive oils [28] were examined in the literature. Studies on the detection of PAH residues in Turkish olive oil are limited. To the best of our knowledge, there are 3 studies [16, 29, 30] carried out in Türkiye for the detection of PAH residues in olive oils which are about BaP levels in olive oil samples.

Understanding the sources, fate, transport, and toxicological effects of PAHs is essential for developing effective mitigation strategies, regulatory policies, and environmental monitoring programs to safeguard human health and ecological integrity.

Advancements in analytical techniques, such as gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) [31, 9] and high-performance liquid chromatography (HPLC) [32, 33], have enabled the accurate detection and

quantification of PAHs in environmental matrices at trace levels. Additionally, molecular and biomarker approaches have provided insights into the sources and transformation pathways of PAHs in various ecosystems [23].

Bertoz et al. [11] stated that information regarding PAH concentrations in olive oils that are widely eaten worldwide is somewhat scarce. It is an important issue to reveal informative findings about PAH contamination of olive oils. The aim of this study was determination and evaluation of PAH contamination levels in olive oils in the market. In this article, a survey of 14 olive oils sampled from the Turkish market included extra virgin olive oil (EVOO) and riviera olive oil (ROO) samples, was done. 15 of 16 USA-EPA priority pollutants were selected for the analyzes. Considerable amounts of PAHs were determined in all the oil samples.

## MATERIALS and METHODS

### Sample Collection

Olive oils (n=14) including EVOO and ROO were analyzed for its PAH content. Refined oils are marketed as blends with unrefined oils because the refining methods negatively impact the flavor, aroma, and color of olive oil [10]. The ROO samples in the current study were blends of refined and extra virgin olive oils. The olive oils were purchased from different grocery stores in Şebinkarahisar district of Giresun province. All of samples were originated from Türkiye. Samplings of the olive oils were performed in triplicate on unopened containers which had been stored at room temperature before the analysis.

### Solvents and Chemicals

Chromatography grade hexane, dichloromethane, acetonitrile, and purified water (Millipore, Bedford, MA, USA) were used. The PAH standard mixture was obtained from Sigma–Aldrich (Missouri, USA) and consisted of 15 compounds (100 ng/mL; 96–99.9% purity). These compounds were as naphthalene (Na) (1000 lg/mL), acenaphthylene (Ap) (2000 lg/mL), acenaphthene (Ac) (1000 lg/mL), fluorene (F) (200 lg/mL), phenanthrene (Pa) (100 lg/mL), anthracene (A) (100 lg/mL), fluoranthene (Fl) (200 lg/mL), pyrene (P) (100 lg/mL), benz-[a]anthracene (BaA) (100 lg/mL), chrysene (Ch) (100 lg/mL), benzo[b]fluoranthene (BbF) (200 lg/mL), benzo[k]fluoranthene (BkF) (100 lg/mL), benzo[a]pyrene (BaP) (100 lg/mL), dibenz[a,h]anthracene (DBaA) (200 lg/mL), benzo[g,h,i]perylene (BghiP) (200 lg/mL).

### Sample Preparation

PAH extraction processes from olive oils were carried out in accordance with a previously validated method [34]. Since various matrix interferences along with PAHs were extracted from the sample, clean-up step of the samples was required for analytical determination. Solid phase extraction (SPE) cartridges containing octadecyl

phase (Chromabond, 5 mL, Macherey-Nagel, Duren, Germany) were used for the cleaning-up step.

Olive oils (2.5±0.001 g) accurately weighed into a 10 mL volumetric flask, and the oil was diluted to 10 mL using n-hexane. Next, 1.0 mL of the sample solution was placed onto a 5-g silica SPE cartridge that had already been cleaned with 20 mL of dichloromethane, vacuum-dried, and conditioned with 20 mL of n-hexane. PAHs were eluted using a 70:30 (v/v) mixture of dichloromethane and n-hexane. Following the discharge of the initial 8 mL of eluate, an 8 mL fraction containing the PAH component was collected in a conical vial. Approximately one drop per second was used to control the flow rate.

Minimizing volatile PAH losses, the collected fraction was concentrated under a nitrogen stream to around 20–30 µL of volume, allowing the leftover solvent to evaporate spontaneously at ambient temperature. After being dissolved in 100 µL of acetonitrile, the residue was introduced into the GC device.

### Instrumental Analysis

The chromatographic separation of the analytes was performed using GC-MS (7890A GC with 5975C Inert MSD, Agilent Technologies) on a HP-5ms capillary column (30 m x 250 µm i.d. x 0.25 µm film thickness, Agilent Technologies, USA). The column was a C18 reversed phase, 250 x 3 mm ID, 5 µm particle size thermostatted at 38°C with a column heater. Head-space equipment (Agilent, 7694E) was used before gas chromatography to capture the PAH compounds.

Purified helium was used as a carrier gas at a constant flow rate of 1.5 mL/min and the pressure was 18.633 psi. The injection port's initial temperature was set to 30°C. The temperature program of the oven was as follows: 55°C held for 1 min, followed by a 25°C/min ramp to 320°C for 5 min.

In a pulsed splitless mode, one microliter of the sample was processed. Data was acquired using selected ion monitoring (SIM) mode. The MS Source and MS Quad temperatures were set to 230°C and 150°C, respectively.

## RESULTS and DISCUSSION

There are limited studies conducted in Türkiye on the investigation of PAH contamination of olive oils [16, 29, 30], and they are only upon the determination of BaP levels in olive oils. In our study, 15 priority PAH active substances were examined unlike other studies. In addition to BaP levels; PAH4 levels also were presented in this study and some evaluations were made by comparing them with regulatory limits and with the results of other researchers.

A collection of 14 samples from commercially available olive oil brands were analyzed using GC-MS. Significant results have been obtained from the samples. Regarding BaP, except for 3 samples of EVOO and 2

samples of ROO, other samples (64.28%) were not compatible with the EU requirements. In terms of the total amount of BaP, BaA, Chr and BbF substances (called PAH4), none of the olive oil samples were not compatible with the EU requirements. The PAH amounts of the samples occurrence detected, varied between  $0.04 \mu\text{g kg}^{-1}$  and  $4637.13 \mu\text{g kg}^{-1}$ . The mean of the occurrence was  $264.61 \mu\text{g kg}^{-1}$  in PAH detected samples.

Heavy PAHs (HPAHs) are typically more stable and hazardous than light PAHs (LPAHs) [11]. In this study, the amounts of LPAHs such as 2-ring and 3-ring in all olive oil samples (especially in EVOO) were higher compared to HMW PAHs. PAHs are compounds with low water solubility, and water solubility tends to decrease with each additional ring in the structure [11].

LMW PAHs with less lipophilic properties and more hydrophilic properties were detected at a higher rate in this study. The results were compatible with the survey of Scientific Committee on Food (SCF) indicated that the low molecular weight PAHs were the most prevalent type of PAHs found in foods [35].

Determination and quantification of the PAH compounds was made in light of their retention times (RT). RTs identified by using standard chromatogram obtained from mix samples of 15 PAH component and evaluation were made by chromatographic comparison with the standard chromatogram. GC-MS standard chromatogram at the concentration of  $100 \mu\text{g kg}^{-1}$  is presented in Figure 1.

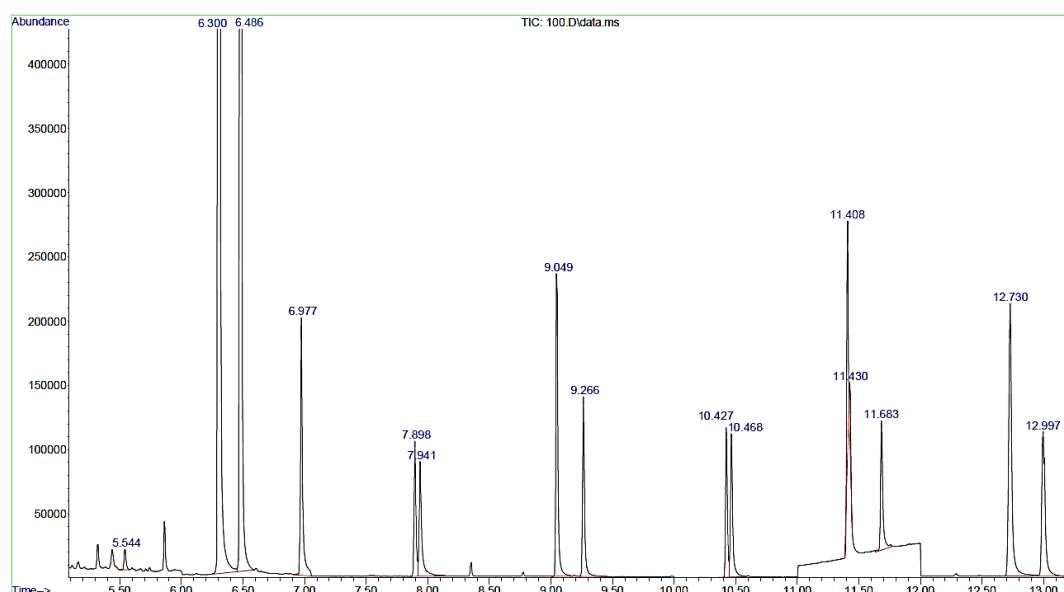


Figure 1. GC-MS spectrum of standard chromatogram ( $100 \mu\text{g kg}^{-1}$ )

The results of PAH concentrations in EVOO samples were presented in Table 2 and the results of PAH concentrations in ROO samples were presented in Table 3.

The highest amount of PAH compounds was Nap in all samples. Nap was detected mostly in B1 brand in both EVOO and ROO samples. The interesting part of the result was that the B1 was a major brand that has a dominating power in the market. The Nap concentrations in samples ranged between  $1054.66 \mu\text{g kg}^{-1}$  and  $2732.59 \mu\text{g kg}^{-1}$  (the mean:  $2698.00 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). The highest amounts of PAH components in all samples after Nap were Ac, Acy and BbF. The mean levels of these PAHs were  $153.62 \mu\text{g kg}^{-1}$ ,  $137.45 \mu\text{g kg}^{-1}$  and  $87.68 \mu\text{g kg}^{-1}$ , respectively.

Phe was the compound detected in the least number of samples. Phe was detected in only one sample as  $14.42 \mu\text{g kg}^{-1}$  in which was EVOO sample of B4 brand. Despite there is no regulatory limit for Phe set by law,  $14.42 \mu\text{g kg}^{-1}$  concentration was a significant amount compared to

threshold limit of PAH4 designated by law as  $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ . Flu followed Phe in being present in the fewest number of samples. Flu was detected in both EVOO and ROO samples of 2 brands coded as B1 and B2. Flu was detected as  $20.09 \mu\text{g kg}^{-1}$  in the EVOO sample of B1 brand and  $21.11 \mu\text{g kg}^{-1}$  in the ROO sample of B1 brand. For B2 brand, Flu was detected as  $6.67 \mu\text{g kg}^{-1}$  in the EVOO sample and  $3.15 \mu\text{g kg}^{-1}$  in the ROO sample.

In terms of detected PAH compound at the lowest amount in all samples, BaA was the lowest. BaA was detected at a minimum level of  $0.04 \mu\text{g kg}^{-1}$  in EVOO samples and detected at a minimum level of  $0.69 \mu\text{g kg}^{-1}$  in ROO samples.

About PAH limit values, the EU Regulation (Regulation No. 835/2011) and the Turkish Food Codex Regulation (Contaminants Regulation No. 28157/2011) are compatible with each other. According to the regulations, the maximum limit was designated  $2 \mu\text{g kg}^{-1}$  for BaP and  $10 \mu\text{g kg}^{-1}$  for the PAH4 compounds consist of BaP, BaA, Chr and BbF.



Table 2. PAHs contents of randomly selected some samples comprising of extra virgin olive oils ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )

| PAHs   | Extra virgin olive oil (EVOO)* |              |              |              |              |             |              |
|--------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
|        | B1-E                           | B2-E         | B3-E         | B4-E         | B5-E         | B6-E        | B7-E         |
| Nap    | 3250.92±0.06                   | 2984.85±0.35 | 2558.86±0.03 | 2531.97±0.36 | 2855.37±0.12 | 2426.7±0.08 | 2519.47±0.23 |
| Acy    | 511.73±0.42                    | 136.62±0.12  | 65.35±0.14   | 58.89±0.07   | 68.25±0.06   | 58.78±0.19  | 62.54±0.34   |
| Ac     | 898.99±0.21                    | 56.22±0.09   | 27.62±0.08   | 19.66±0.18   | 33.78±0.38   | 28.11±0.22  | 10.95±0.14   |
| Fle    | N.D.**                         | 21.89±0.41   | 8.98±0.24    | 7.08±0.02    | 12.00±0.15   | 9.62±0.10   | N.D.         |
| Phe    | N.D.                           | N.D.         | N.D.         | 14.42±0.09   | N.D.         | N.D.        | N.D.         |
| Ant    | 15.35±0.12                     | 16.33±0.17   | 21.52±0.19   | 16.33±0.23   | 17.90±0.08   | 22.29±0.34  | 12.20±0.03   |
| Flu    | 20.09±0.24                     | 6.67±0.15    | N.D.         | N.D.         | N.D.         | N.D.        | N.D.         |
| Pyr    | 21.02±0.06                     | 18.88±0.09   | 14.36±0.05   | 11.61±0.23   | 12.89±0.16   | 11.81±0.02  | 10.35±0.11   |
| BaA    | 8.16±0.14                      | 0.50±0.03    | 6.07±0.21    | 5.61±0.05    | 0.04±0.01    | N.D.        | N.D.         |
| Chr    | 10.71±0.01                     | 11.10±0.14   | N.D.         | N.D.         | N.D.         | 3.59±0.09   | 3.56±0.12    |
| BbF    | 53.43±0.18                     | 46.53±0.07   | 133.89±0.02  | 197.98±0.14  | 36.88±0.03   | 17.74±0.05  | 40.32±0.33   |
| BkF    | 26.54±0.22                     | 24.03±0.16   | 66.54±0.29   | 99.69±0.03   | 19.38±0.17   | 8.81±0.09   | 20.59±0.29   |
| BaP    | 32.50±0.10                     | 14.38±0.29   | 14.99±0.11   | 14.47±0.09   | N.D.         | N.D.        | N.D.         |
| DBahA  | 42.41±0.06                     | N.D.         | 52.16±0.06   | 48.81±0.06   | 48.95±0.06   | 42.54±0.06  | 47.45±0.06   |
| BghiPe | 29.12±0.06                     | 11.04±0.06   | 127.70±0.06  | 11.78±0.06   | 6.08±0.06    | 3.57±0.06   | 7.18±0.06    |

\*Number of replicates = 3, B: Brand, E: Extra virgin olive oil, \*\*N.D., Not Detectable

Table 3. PAHs contents of randomly selected some samples comprising of riviera olive oils ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )

| PAHs   | Riviera olive oil (ROO)* |              |              |              |              |              |              |
|--------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|        | B1-R                     | B2-R         | B3-R         | B4-R         | B5-R         | B6-R         | B7-R         |
| Nap    | 4637.13±0.21             | 2408.31±0.07 | 2444.27±0.19 | 2503.84±0.02 | 2872.97±0.18 | 2722.73±0.41 | 1054.66±0.11 |
| Acy    | 100.49±0.14              | 121.86±0.04  | 61.51±0.17   | 58.68±0.09   | 61.24±0.29   | 56.80±0.27   | 61.27±0.34   |
| Ac     | 77.25±0.01               | 68.81±0.16   | 23.07±0.02   | 18.80±0.26   | 29.79±0.05   | N.D.**       | 3.77±0.38    |
| Fle    | N.D.                     | 22.52±0.36   | 6.83±0.14    | 6.32±0.25    | 11.84±0.43   | 28.58±0.03   | 7.89±0.03    |
| Phe    | N.D.                     | N.D.         | N.D.         | N.D.         | N.D.         | N.D.         | N.D.         |
| Ant    | 52.91±0.19               | 18.32±0.43   | 16.81±0.23   | 11.33±0.23   | 24.66±0.15   | 30.04±0.14   | 22.62±0.14   |
| Flu    | 21.11±0.44               | 3.15±0.06    | N.D.         | N.D.         | N.D.         | N.D.         | N.D.         |
| Pyr    | 20.59±0.19               | 17.71±0.04   | 12.26±0.09   | 11.55±0.06   | 13.18±0.46   | 11.30±0.36   | 12.01±0.23   |
| BaA    | 15.99±0.15               | 14.75±0.12   | 0.69±0.02    | 14.31±0.20   | 6.52±0.24    | N.D.         | N.D.         |
| Chr    | 18.38±0.35               | N.D.         | N.D.         | 19.90±0.08   | 12.49±0.21   | 4.31±0.14    | 2.93±0.08    |
| BbF    | 30.07±0.32               | 42.61±0.07   | 199.32±0.08  | 202.97±0.28  | 31.62±0.22   | 68.51±0.10   | 38.64±0.17   |
| BkF    | 14.95±0.29               | 21.77±0.19   | 99.97±0.34   | 102.06±0.24  | 15.72±0.27   | 34.81±0.23   | 20.00±0.12   |
| BaP    | 3.31±0.05                | 15.16±0.13   | 15.95±0.16   | 14.72±0.10   | N.D.         | N.D.         | 51.17±0.08   |
| DBahA  | 30.16±0.14               | N.D.         | 51.00±0.04   | 43.77±0.29   | 47.24±0.16   | 42.16±0.07   | 52.44±0.19   |
| BghiPe | 39.49±0.22               | 7.17±0.06    | 13.30±0.06   | 3.09±0.05    | 37.34±0.19   | 26.76±0.02   | 5.99±0.04    |

\*Number of replicates = 3, B: Brand, R: Riviera olive oil, N.D., Not Detectable; \*\*N.D. = Not Detected

Based on the evaluation of the PAH profiles in food, SCF recommended using BaP as a marker of presence and impact of the carcinogenic PAHs in food [36]. Despite the fact that maximum BaP level should have been  $2 \mu\text{g kg}^{-1}$  according to the law, commercial brands except for samples B5, B6 and B7 of EVOO samples, did not meet the regulatory threshold levels for BaP. Detected BaP levels above the limit in EVOO samples ranged from  $14.38 \mu\text{g kg}^{-1}$  to  $32.50 \mu\text{g kg}^{-1}$  with the mean  $19.09 \mu\text{g kg}^{-1}$ . Baloğlu and Bayrak [29], found BaP concentrations between  $0.330 \mu\text{g kg}^{-1}$  and  $0.870 \mu\text{g kg}^{-1}$  for 3 samples of 20 extra virgin olive oils in Ankara province. Şekeroğlu et al. [30], found BaP concentrations between  $2.7 \mu\text{g kg}^{-1}$  and  $38.8 \mu\text{g kg}^{-1}$  of 5 olive oil samples in Gaziantep province. Çıtak [16] found BaP concentrations between  $2.6 \mu\text{g kg}^{-1}$  and  $19.2 \mu\text{g kg}^{-1}$  for 7 samples of 9 extra virgin olive oils in İzmir province and found between  $3.0 \mu\text{g kg}^{-1}$  and  $36.1 \mu\text{g kg}^{-1}$  for 14 samples of 15 extra virgin olive oils in Aydın province. In ROO samples in our study, commercial brands except for samples B5 and B6, did not meet the regulatory threshold levels for BaP. Detected BaP levels above the limit in ROO samples ranged from  $3.31 \mu\text{g kg}^{-1}$  to  $51.17 \mu\text{g kg}^{-1}$  with the mean  $20.06 \mu\text{g kg}^{-1}$ . Baloğlu and Bayrak [29], found the BaP levels up to  $2.465 \mu\text{g kg}^{-1}$  in 12 samples of 20 riviera olive oils. Şekeroğlu et al.

[30], found the BaP concentrations between  $16.2 \mu\text{g kg}^{-1}$  and  $74.9 \mu\text{g kg}^{-1}$  of 5 riviera olive oil samples. Çıtak [16] found between  $3.0 \mu\text{g kg}^{-1}$  and  $13.7 \mu\text{g kg}^{-1}$  BaP levels in 2 samples of riviera olive oils. BaP residues of extra virgin olive oils and riviera olive oils in our study were quite high compared to Baloğlu and Bayrak [29]. BaP residues detected in our study were compatible with the results of Şekeroğlu et al. [30] and Çıtak [16].

Elaridi et al. [31] indicated that two different samples of one brand had  $9.45 \mu\text{g kg}^{-1}$  and  $11.9 \mu\text{g kg}^{-1}$  BaP levels from 25 bottled olive oil brands marketed in Lebanon. Similar conditions such as such as SPE and GC-MS were used in the study. The results of Lebanon olive oil samples were above the regulatory limits. Our results were higher than Lebanon olive oil samples in Elaridi et al. [31]'s study.

Fromberg et al. [20] reported that BaP concentrations in 46 EVOO samples were from  $<0.2 \mu\text{g kg}^{-1}$  to  $0.4 \mu\text{g kg}^{-1}$ , and BaP concentrations in 6 olive oil (OO) samples were from  $<0.2 \mu\text{g kg}^{-1}$  to  $0.2 \mu\text{g kg}^{-1}$ . In the study of Fromberg et al. [20], SPE method and GC-MS adopted as in our study and the BaP occurrence in the samples was below the permissible limits.

In the report of EC [37], BaP levels in virgin olive oils (VOO) from 671 samples were varied between 0.015  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 32  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ; BaP levels in olive oils (OO) from 280 samples were ranged between 0.03  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 89  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . EC report indicated that some olive oil samples in the market had lower amounts than the legislation but some of them had higher than the upper BaP limit. The BaP levels of VOO samples were in line with our study.

Van der Wielen et al. [38] revealed the amount of BaP from 170 samples was up to 85  $\mu\text{g kg}^{-1}$  in OO samples. Pupin and Toledo [39] detected BaP concentrations of OO samples from 32 samples ranged between 0.5  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 164  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . These results suggested that the highest BaP concentrations from these two studies were considerably higher than in our study.

BaP concentrations in 6 EVOO samples in the study of Krajian and Odeh [40], ranged from 0.08  $\mu\text{g kg}^{-1}$  to 5.79  $\mu\text{g kg}^{-1}$  with mean value 1.52  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . The BaP levels in EVOO samples were lower than the levels of our study. However, the levels of Krajian and Odeh [40] were higher than the permissible limits of EU. BaP concentrations in Rascón et al. [41] were all lower than the amount of this study. Rascón et al. [41] determined BaP concentrations from 0.018  $\mu\text{g kg}^{-1}$  to 0.075  $\mu\text{g kg}^{-1}$  in 8 EVOO samples. These range of BaP levels were quite low.

Ju et al. [42] found that BaP occurrence in the samples was below the limit levels. BaP concentration in EVOO sample was 0.481  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . In OO sample, BaP level was below Limit of Quantification (LOQ) value in the study of Ju et al. [42]. Shi et al. [43] declared that BaP concentrations obtained from 8 samples were in the range of 0.27  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 0.89  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . These amounts were compatible with the requirements of legislation and quite lower than the levels of our study.

The data obtained in our study about the compounds that constitute of PAH4 was as follows: BaA detected samples from EVOO and ROO samples, had the occurrence level between 0.04  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 15.99  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . BaA was not detectable in B6 and B7 brands both of EVOO and ROO samples. Chr detected samples among of EVOO and ROO varied between 2.93  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 19.90  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . Chr was not detectable in B3, B4 and B5 brands of EVOO samples. In ROO samples, Chr was not detectable in B2 and B3 brands. There was no sample that BbF could not be detected in the study. BbF detected samples among of EVOO and ROO varied between 17.74  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 202.97  $\mu\text{g kg}^{-1}$ .

According to the legislation, PAH4 should not be above 10  $\mu\text{g kg}^{-1}$  in fats and oils for human consumption or used as food ingredients. However, in this study; PAH4 in EVOO samples ranged from 21.33  $\mu\text{g kg}^{-1}$  to 218.06  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . PAH4 in ROO samples ranged from 50.63  $\mu\text{g kg}^{-1}$  to 251.9  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . Even the lowest result of all samples was found to be above the EU Regulation and Turkish Regulation limit value. As a matter of fact, all olive oil brands had PAH4 contamination in their products.

PAH4 amounts in Elaridi et al. [31] were 19.3  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 26.7  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . These values were lower than of our study. However, the values were higher than the permissible limits of combination of 4 PAH components.

Gharbi et al. [8] declared the PAH4 level was between 0.2  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 0.7  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . The PAH4 amounts of EVOO and OO samples in Ju et al. [32], were 2.508  $\mu\text{g kg}^{-1}$  in EVOO sample and 0.540  $\mu\text{g kg}^{-1}$  in OO sample. These levels were quite lower than the amounts of our study, and below the upper limit of legislation. PAH4 concentrations in 6 EVOO samples in the study of Krajian and Odeh [40], ranged from 0.34  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 20.2  $\mu\text{g kg}^{-1}$  with mean value 7.66  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . The PAH4 levels were lower than the levels of our study but some of the samples were higher than the permissible limits of EU.

Rascón et al. [41], PAH4 concentrations were determined between 0.035  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 0.667  $\mu\text{g kg}^{-1}$  in 8 EVOO samples. PAH4 occurrence of 8 samples in Shi et al. [43] was declared as 1.48  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 4.67  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . These amounts were compatible with the requirements of legislation.

The sum of PAH content of 45 compounds in Ekner et al. [9] was from 9.17  $\mu\text{g kg}^{-1}$  to 94.7  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . Krajian and Odeh [40] revealed that the total amount of 16 PAH compounds in 6 EVOO samples ranged from 33.4  $\mu\text{g kg}^{-1}$  to 82.4  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . Rascón et al. [41], the sum of PAH content varied between 0.074  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 4.321  $\mu\text{g kg}^{-1}$  in 8 EVOO samples. In 8 olive oil samples of the study Shi et al. [33], the sum of PAH content ranged from 17.90  $\mu\text{g kg}^{-1}$  to 57.55  $\mu\text{g kg}^{-1}$ .

The highest level for the sum of PAH amount from the literature was determined as 94.7  $\mu\text{g kg}^{-1}$  [9]. In our study, PAH detected samples were ranged from 0.04  $\mu\text{g kg}^{-1}$  to 4637.13  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . 27 results of our study were higher than 94.7  $\mu\text{g kg}^{-1}$  concentration level. This is the rate 16.17% of all the samples and mostly consisting of Nap component.

The results showed that commercially available olive oils contained probably and possibly carcinogenic PAHs. For instance, among 14 olive oil samples, one commercial brand of samples (6.67%) contained residue of PAHs carcinogenic to humans (Group 1), one commercial brand (6.67%) contained residue of PAHs probably carcinogenic to humans (Group 2A), four commercial brands (26.67%) contained residue of PAHs possibly carcinogenic to humans (Group 2B), seven commercial brands (46.67%) contained residue of PAHs unclassifiable as to carcinogenicity in humans (Group 3B). Compared to Elaridi et al. [31], the percentiles were lower in our study concerning to hazard classification.

Considering the results; all olive oil samples analyzed were contaminated with PAH residues little or much. This is an issue that should be taken into consideration seriously. Bertoz et al. [11] stated that PAHs can be found in high levels in edible oils because of their lipophilic nature. Consuming the foods with these occurrence levels will have negative health effects on

people both in the short and in the long term. For instance, PAHs can be metabolized to reactive compounds in the human body that show the ability to damage structural proteins and DNA. This can be resulted in mutations, developmental malformations, tumors, and cancer [44, 45].

It is essential to take precautions to minimize PAH occurrence in olive oils. For this reason, it is useful to be aware of the sources of contamination. According to Rascón et al. [41] environmental pollution, production methods, or the composition of the oil were the main causes of PAHs in olive oils. For instance, particles arising from air pollution and smoke contain PAH components caused olive oil contamination. The PAH components adhere to olive peel through polluted air transferred to the oil when the oil is extracted [41, 46].

Fuel emission from mechanical harvesters was the main source of PAH contamination for olive oils followed by traffic emission [9, 11]. In olive oil production, olive harvesting is carried out in two ways including collecting olives manually from tree or harvesting olives by harvester machines [47]. Incomplete combustion of the fuel from harvester machines releases various PAH compounds. These PAHs accumulate on the surface of olives and cause the contamination of olives.

Using high temperature during the grinding of olives and the extraction of olive pulp may cause PAH formation at the batch. For instance, higher levels of PAHs in the samples may have resulted from the hot-pressing procedure used when processing the olives [31].

Elaridi et al. [31] indicated that the firms close to industrial regions might accounted for the PAH pollution levels in olive oils. In our study, it is difficult to allege that all the production plants of olive oil samples with high PAH contents were generally close to industrial areas. From this angle, it is understood that the main source of contamination in the olive oil samples produced in Akhisar (Manisa) and Ayvalık (Balıkesir), was the automation systems used during harvest or manufacturing conditions. Remarkably, although olive oils factories located in İzmir were more vulnerable to the negative effects of industrialization, the lower levels of PAH occurrence were determined from the samples produced by İzmir plants.

During the manufacturing processes lubricants, extraction solvents, and detergents may also contaminate the olive oil with PAHs. According to Bertoz et al. [11], lubricating oil used during conveyor belt installation, debris exposed during plant maintenance, detergents for cleaning the lines in the factory and so on are the other sources of contamination. Šcimko et al. [47] declared that recycled polyethylenes such as plastic bottles contain PAH residues can contaminate the olive oils by means of diffusion from the bottle. In addition to this, Moret and Conte [48] expressed that the migration of PAHs to olives can be caused by jute olive bags whose jute fibers have been treated with mineral oils.

It is possible to reduce PAH contamination in olive oils through the filtration process during the olive oil production [9, 20, 40]. Before bottling, natural olive oils are physically filtered [49]. For this purpose, the tanks are heated to 20-28°C in the cold months and the oils are aged for ten days to a month. Next; olive oils are filtered through the systems consisting of various materials such as hydrophilic cotton, cellulose and soil (diatomaceous earth, kieselguhr). However; the flavor, aroma, and color of the olive oils are all negatively impacted by the refining operations. Therefore, blending refined olive oils with unrefined olive oils can be a solution to avoid the loss [9].

PAH content in vegetable oils can be decreased by bleaching and deodorization processes [11, 42, 50]. The reasons for the decrease are removing some of PAHs by the adsorption property of bleaching clay in the bleaching step and removal some of PAHs while removing undesirable volatile compounds in the deodorization step. However, these steps are not included in the olive oil production processes. Therefore, outside the olive oil industry, it is possible to reduce the occurrence of PAHs in vegetable oils through bleaching and deodorization processes [11]. While deodorization is an effective method for removing LMW PAHs from crude vegetable oils, neutralization using activated coal or activated earth is a more efficient way to remove HMW PAHs [9, 51, 52, 53].

## CONCLUSION

In this study, commercial olive oil samples (n=14) were analyzed for the presence of various PAHs. Considering the results, all olive oil samples analyzed were contaminated with PAH residues. The PAH amounts of the samples occurrence detected, varied between 0.04  $\mu\text{g kg}^{-1}$  and 4637.13  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (the mean 264.61  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ). Regarding BaP, 64.28% of the samples were not compatible with the EU requirements. None of the olive oil samples were not compatible with the EU requirements in terms of PAH4 compounds. This is an issue that should be taken into consideration seriously. It is clear that consuming the foods with these residue levels will have negative health effects on people both in the short and in the long term. Therefore, it is essential to take necessary precautions to minimize PAH residues in olive oils.

## Conflict of Interests

The authors declare that they have no conflict of interests.








## REFERENCES

- [1] Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M.I., Corella, D., Arós, F., Martínez-González, M.A. (2013). Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet. *New England Journal of Medicine*, 368(14), 1279-1290.
- [2] Köseoğlu, O., Sevim, D., Kadiroğlu, P. (2016). Quality characteristics and antioxidant properties of Turkish monovarietal olive oils regarding stages of olive ripening. *Food Chemistry*, 212, 628-634.

- [3] Bulotta, S., Celano, M., Lepore, S.M., Montalcini, T., Pujia, A., Russo, D. (2014). Beneficial effects of the olive oil phenolic components oleuropein and hydroxytyrosol: focus on protection against cardiovascular and metabolic diseases. *Journal of Translational Medicine*, 12(1), 219.
- [4] Fabiani, R. (2016). Anti-cancer properties of olive oil secoiridoid phenols: A systematic review of in vivo studies. *Food and Function*, 7(10), 4145-4159.
- [5] Kaddoumi, A., Denney Jr, T.S., Deshpande, G., Robinson, J.L., Beyers, R.J., Redden, D.T., Praticò, D., Kyriakides, T.C., Lu, B., Kirby, A.N., Beck, D.T., Merner, N D. (2022). Extra-virgin olive oil enhances the blood–brain barrier function in mild cognitive impairment: A randomized controlled trial. *Nutrients*, 14(23), 5102.
- [6] International Olive Council, (2018). Olive oil production and consumption up by 1 million tonnes in the last 25 years. IOC News. April 19, 2018. <https://www.internationaloliveoil.org/1071-olive-oil-production-and-consumption-up-by-1-million-tonnes-in-the-last-25-years/>. (Accessed January 22, 2020).
- [7] Zaidi, A.J., Ahsan, H., Munshi, A.B. (2021). A review on cancer probability in human beings due to environmental impact of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and remediation. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research Series A: Physical Sciences*, 64(3), 275-286.
- [8] Gharbi, I., Moret, S., Chaari, O., Issaoui, M., Conte, L.S., Lucci, P., Hammami, M. (2017). Evaluation of hydrocarbon contaminants in olives and virgin olive oils from Tunisia. *Food Control*, 75, 160-166.
- [9] Ekner, H., Dreij, K., Sadiqsis, I. (2022). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in commercial olive oils by HPLC/GC/MS–Occurrence, composition and sources. *Food Control*, 132, 108528.
- [10] Ifegwu, O.C., Anyakora, C. (2015). Polycyclic aromatic hydrocarbons: part I. Exposure. *Advances in Clinical Chemistry*, 72, 277-304.
- [11] Bertoz, V., Purcaro, G., Conchione, C., Moret, S. (2021). A review on the occurrence and analytical determination of PAHs in olive oils. *Foods*, 10(2), 324.
- [12] United States Environmental Protection Agency (EPA), “Dose-response assessment for assessing health risks associated with exposure to hazardous air pollutants,” <https://www.epa.gov/fera/dose-response-assessment-assessing-health-risks-associated-exposure-hazardous-air-pollutants>. (Accessed February 6, 2024).
- [13] European Commission (EC), “Standard IARC classification,” [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/en/electromagnetic-fields/glossary/ghi/iarc-classification.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/electromagnetic-fields/glossary/ghi/iarc-classification.htm), (Accessed February 6, 2024).
- [14] Hussain, K., Hoque, R.R., Balachandran, S., Medhi, S., Idris, M.G., Rahman, M., Hussain, F.L. (2018). Monitoring and risk analysis of PAHs in the environment. *Handbook of Environmental Materials Management*, 1-35.
- [15] Aydın, Ö.Ş., Şahan, Y. (2018). Bazı et türlerinde polisiklik aromatik hidrokarbon oluşumuna farklı pişirme yöntemlerinin etkisi. *Akademik Gıda*, 16(4), 387-394.
- [16] Çıtak, D. (2006). Zeytinyağı ve Pirina Yağındaki BAP Kirliliğinin HPLC ile Tespiti. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Denizli.
- [17] Arvanaghi, H.R., Aminfar, Y., Sadeghan, A.A., Dolatabadi, N. (2017). Phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): air-plant-soil interactions. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 10, 178-184.
- [18] Wei, L., Lv, J., Zuo, P., Li, Y., Yang, R., Zhang, Q., Jiang, G. (2024). The occurrence and sources of PAHs, oxygenated PAHs (OPAHs), and nitrated PAHs (NPAHs) in soil and vegetation from the Antarctic, Arctic, and Tibetan Plateau. *Science of The Total Environment*, 912, 169394.
- [19] da Silva Junior, F.C., Felipe, M.B.M.C., de Castro, D.E.F., da Silva Araújo, S.C., Sisenando, H.C.N., de Medeiros, S.R.B. (2021). A look beyond the priority: A systematic review of the genotoxic, mutagenic, and carcinogenic endpoints of non-priority PAHs. *Environmental Pollution*, 278, 116838.
- [20] Fromberg, A., Højgård, A., Duedahl-Olesen, L. (2007). Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetable oils combining gel permeation chromatography with solid-phase extraction clean-up. *Food Additives and Contaminants*, 24(7), 758-767.
- [21] Çevik, S., Aydın, S., Sermet, O.S., Özkan, G., Karacabey, E. (2017). Optimization of olive oil extraction process by response surface methodology. *Akademik Gıda*, 15(4), 337-343.
- [22] Aydar, A.Y., Bağdatlıoğlu, N., Köseoğlu, O. (2017). Effect of ultrasound on olive oil extraction and optimization of ultrasound-assisted extraction of extra virgin olive oil by response surface methodology (RSM). *Grasas y Aceites*, 68(2), 189-189.
- [23] Franco, M.N., Galeano-Díaz, T., López, Ó., Fernández-Bolaños, J.G., Sánchez, J., De Miguel, C., Martín-Vertedor, D. (2014). Phenolic compounds and antioxidant capacity of virgin olive oil. *Food Chemistry*, 163, 289-298.
- [24] Köylüoğlu, F., Özkan, G. (2012). Yardımcı katkı maddeleri kullanımının zeytinyağı verim ve kalite parametreleri üzerine etkisi. *Electronic Journal of Food Technologies*, 7(3), 32-45.
- [25] Kırılan, S.S., Toptancı, İ., Öncül Abacıgil, T., Ramadan, M. F. (2020). Phthalates levels in olive oils and olive pomace oils marketed in Turkey. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(8), 1332-1338.
- [26] Büyükgök, E.B., Ötleş, S. (2011). Metaller ve zeytinyağının etkileşimi. *Zeytin Bilimi*, 2(2), 75-82.
- [27] Karaca, H., Yemiş, O. (2008). Mikotoksin kontaminasyonu: Zeytin ve Ürünlerinde Toksin Riski. I. Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, 17-18.
- [28] García-Reyes, J.F., Ferrer, C., Gómez-Ramos, M.J., Fernández-Alba, A.R., Molina-Díaz, A. (2007). Determination of pesticide residues in olive

- oil and olives. *Trac Trends in Analytical Chemistry*, 26(3), 239-251.
- [29] Baloğlu, Z., Bayrak, A. (2006). Polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH)'lardan benzo(a)pirenin sızma, riviera ve prina zeytinyağlarında belirlenmesi. *Gıda Dergisi*, 31(5), 239-251.
- [30] Şekeroğlu, G., Fadıloğlu, S., Göğüş, F. (2006). Bitkisel Yağlarda Benzo(a)piren Miktarının Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi ile Belirlenmesi. 24-26 Mayıs Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, 9, 855-858.
- [31] Elaridi, J., Fakhro, M., Yamani, O., Dimassi, H., Othman, H., Attieh, Z. (2020). GC-MS analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in bottled olive oil marketed in Lebanon. *Toxicological Research*, 36, 211-220.
- [32] Taghvaaee, Z., Piravivanak, Z., Rezaei, K., Faraji, M. (2016). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in olive and refined pomace olive oils with modified low temperature and ultrasound-assisted liquid-liquid extraction method followed by the HPLC/FLD. *Food Analytical Methods*, 9, 1220-1227.
- [33] Peng, B., Dong, Q., Li, F., Wang, T., Qiu, X., Zhu, T. (2023). A systematic review of polycyclic aromatic hydrocarbon derivatives: Occurrences, levels, biotransformation, exposure biomarkers, and toxicity. *Environmental Science and Technology*, 57(41), 15314-15335.
- [34] Moret, S., Conte, L.S. (2002). A rapid method for polycyclic aromatic hydrocarbon determination in vegetable oils. *Journal of Separation Science*, 25(1-2), 96-100.
- [35] Scientific Committee on Food, (2002). Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of polycyclic aromatic hydrocarbons in food; SCF/CS/CNTM/PAH/29 ADD1 Final; European Commission: Brussels, Belgium.
- [36] European Food Safety Authority, (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons in food. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *The EFSA Journal*, 6(8), 1-114.
- [37] European Commission (EC) (2007). "Report on experts participating in Task 3.2.12," *Collection of occurrence data on polycyclic aromatic hydrocarbons in food 2007*, [http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/scoop\\_3-2-12\\_final\\_report\\_pah\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/scoop_3-2-12_final_report_pah_en.pdf) (Accessed February 6, 2024).
- [38] van Der Wielen, J.C.A., Jansen, J.T.A., Martena, M.J., De Groot, H.N., In't Veld, P.H. (2006). Determination of the level of benzo[a]pyrene in fatty foods and food supplements. *Food Additives and Contaminants*, 23(7), 709-714.
- [39] Pupin, A.M., Toledo, M.C.F. (1996). Benzo(a)pyrene in olive oils on the Brazilian market. *Food Chemistry*, 55(2), 185-188.
- [40] Krajian, H., Odeh, A. (2018). Levels of 15+ 1 EU priority polycyclic aromatic hydrocarbons in different edible oils available in the Syrian market. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 38(4), 369-378.
- [41] Rascón, A.J., Azzouz, A., Ballesteros, E. (2018). Multiresidue determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible oils by liquid-liquid extraction-solid-phase extraction-gas chromatography-mass spectrometry. *Food Control*, 94, 268-275.
- [42] Ju, H., Kim, B., Kim, J., Baek, S.Y. (2020). Development of candidate reference method for accurate determination of four polycyclic aromatic hydrocarbons in olive oil via gas chromatography/high-resolution mass spectrometry using <sup>13</sup>C-labeled internal standards. *Food Chemistry*, 309, 125639.
- [43] Shi, L.K., Zhang, D.D., Liu, Y.L. (2016). Incidence and survey of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible vegetable oils in China. *Food Control*, 62, 165-170.
- [44] Pratt, M.M., John, K., MacLean, A.B., Afework, S., Phillips, D.H., Poirier, M.C. (2011). Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) exposure and DNA adduct semi-quantitation in archived human tissues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(7), 2675-2691.
- [45] Ramesh, A., Archibong, A.E., Niaz, M.S. (2010). Ovarian susceptibility to benzo [a] pyrene: tissue burden of metabolites and DNA adducts in F-344 rats. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 73(23), 1611-1625.
- [46] Rodríguez-Acuña, R., Pérez-Camino, M.D.C., Cert, A., Moreda, W. (2008). Sources of contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in Spanish virgin olive oils. *Food Additives and Contaminants*, 25(1), 115-122.
- [47] Šcimko, P., Khunova, V., Šcimon, P., Hrubá, M. (1995). Kinetics of sunflower oil contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated recycled low density polyethylene film. *International Journal of Food Science and Technology*, 30(6), 807-812.
- [48] Moret, S., Conte, L.S. (2000). Polycyclic aromatic hydrocarbons in edible fats and oils: occurrence and analytical methods. *Journal of Chromatography A*, 882(1-2), 245-253.
- [49] Susamcı, E., Ötleş, S., Diraman, H. (2017). Sofralık zeytin ve zeytinyağı teknolojisi. Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bassaray Matbaası 1. Basım.
- [50] Palamutoğlu, R., Sariçoban, C., Kasnak, C. (2014). Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve et ürünlerinde oluşumu, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3), 47-57.
- [51] Cejpek, K., Hajšlová, J., Kocourek, V., Tomaniová, M., Cmolik, J. (1998). Changes in PAH levels during production of rapeseed oil. *Food Additives and Contaminants*, 15(5), 563-574.
- [52] Larsson, B.K., Eriksson, A.T., Cervenka, M. (1987). Polycyclic aromatic hydrocarbons in crude and deodorized vegetable oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 64(3), 365-370.
- [53] Teixeira, V.H., Casal, S., Oliveira, M.B.P. (2007). PAHs content in sunflower, soybean and virgin olive oils: Evaluation in commercial samples and during refining process. *Food Chemistry*, 104(1), 106-112.

## Evaluation of Anti-Allergic Property of Mulmina™ Mango Juice in *In Vivo* Models

Rudrappa Nandeesh<sup>1</sup> , Rajesh N. Jagdala<sup>2</sup> , Ashok Kumar BS<sup>3</sup> , Mouna A.<sup>4</sup>   
Sunil S. Chuplinkar<sup>5</sup> , Manjunatha E.<sup>1</sup> , Veeresh P. Veerapur<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Department of Pharmacognosy, Sree Siddaganga College of Pharmacy, Tumkur, Karnataka, India

<sup>2</sup>Chairman, Jagadale Industries Pvt Ltd. Bangalore, Karnataka, India

<sup>3</sup>Department of Pharmacognosy, RL Jalappa College of Pharmacy, Sri Devaraj Urs Academy of Higher Education and Research (SDUAHER), Tamaka, Kolar, Karnataka, India

<sup>4</sup>Department of Pharmaceutics, Shridevi College of Pharmacy, Tumakur, Karnataka, India

<sup>5</sup>Research Scholar, JSS Academy of Higher Education & Research (JSSAHER), Mysore, Karnataka, India

Received (Geliş Tarihi): 08.05.2023, Accepted (Kabul Tarihi): 28.07.2024

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [rnandeesh2005@gmail.com](mailto:rnandeesh2005@gmail.com) (R. Nandeesh)

☎ +91 9986946780

### ABSTRACT

Mulmina™ mango juice is the brand name of the formulation containing *Mangifera indica* L., *Centella asiatica*, *Curcuma longa*, essential vitamins and minerals. Mulmina™ is natural immune booster and stress reliever. The present study is to investigate the effect of Mulmina™ mango juice for its anti-allergic property by *in vivo* models like: Compound 48/80 induced mast cell degranulation in rat mesentery, rat peritoneal fluid, milk induced leucocytosis and eosinophilia in mice and systemic anaphylaxis in mice. Mulmina™ mango juice exhibited potential anti-allergic property with marked reduction in number of degranulated cells, reduction in antigen (milk) induced immunological reaction by lowering leucocytes and eosinophil count and showed protection against histamine induced anaphylactic shock. These results constitute the first report of the anti-allergic properties of Mulmina™ mango juice on allergic models, as well as suggesting that this natural fruit juice could be successfully used in the allergic conditions.

**Keywords:** Mulmina mango juice, Allergy, Leucocytes, Eosinophil, Anaphylaxis

### Mulmina™ Mango Suyunun Anti-Alerjik Özelliğinin *In Vivo* Modellerde Değerlendirilmesi

#### ÖZ

Mulmina™ mango suyu, *Mangifera indica* L., *Centella asiatica*, *Curcuma longa*, temel vitaminler ve mineraller içeren formülasyonun marka adıdır. Mulmina™ doğal bağışıklık güçlendirici ve stres gidericidir. Bu çalışmada Mulmina™ mango suyunun anti-alerjik özelliği için etkisi *in vivo* modellerle araştırmaktadır: Bileşik 48/80, fare mezenterinde mast hücre degranülasyonunu, fare periton sıvısını, farelerde süt kaynaklı lökositöz ve eozinofiliyi ve sistemik anafilaksiyi indüklemiştir. Mulmina™ mango suyu, degranüle hücre sayısında belirgin azalmaya neden olmuş, lökosit ve eozinofil sayısını düşürerek antijen (süt) kaynaklı immünolojik reaksiyonda azalma ile potansiyel anti-alerjik özellik sergilemiş ve histamin kaynaklı anafilaktik şoka karşı koruma göstermiştir. Bulgular, Mulmina™ mango suyunun alerjik modeller üzerindeki anti-alerjik özelliklerini bildiren ilk çalışmadır ve bu doğal meyve suyunun alerjik koşullarda başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mulmina mango suyu, Alerji, Lökositler, Eozinofil, Anafilaksi



## INTRODUCTION

The prevalence of allergic diseases in Western countries has risen substantially over the last few decades [1]. Allergy may be defined as the potential for development of immunologically mediated reactions to allergens, which in 80% of the allergy-based clinical diseases in man [2]. Exposure to an antigen sets off an immune-mediated cascade of inflammatory events. First, the allergen is broken down into smaller peptides and exposed to T cells by antigen-presenting cells. The T cells produce cytokines such as interleukin 4 (IL-4) that induce B cells to produce antigen-specific IgE, which binds to high affinity FcεRI receptors on basophils and/or mast cells [3]. On a second encounter with the same allergen, the allergen cross-links the IgE bound to FcεRI receptors, activating them and causing the release of inflammatory mediators such as histamine, prostaglandins, and leukotriene [4]. Preformed mediators, such as histamine, neutral proteases and other enzymes, and chemotactic factors, are present in granules and released by fusion of the granule membranes with the cell membrane. Other substances, such as cytokines, and lipid mediators, such as prostaglandins and cysteinyl leukotrienes (LTC<sub>4</sub>, LTD<sub>4</sub> and LTE<sub>4</sub>) are newly synthesized and secreted following cross-linking. Current treatment of allergic symptoms consists of antihistamines, leukotriene receptor antagonists [5-9], mast-cell stabilizers [10-11], and corticosteroids [12]. Some of the above treatments cause severe adverse effects [11-14].

In recent years, there has been an increasing interest on natural products that possess potential health benefits, particularly those derived from herbal sources. Among these, Mulmina mango herbal juice, manufactured by Jagadale Industries Pvt. Ltd., stands out as a unique product due to its formulation and claimed health benefits. Marketed as the world's first aseptic Tetra Pak product under the label of Vedic nutrition, Mulmina™ mango herbal juice is promoted as a natural immune booster. The primary ingredients of Mulmina mango herbal juice include *Mangifera indica*, *Centella asiatica* extract, *Curcuma longa*, and other nutritional components, including β-carotene, various B vitamins (B1, B2, B3, B5, B6, B9), Vitamin C, Vitamin E, Zinc, Iron, and selenium. These nutrients play crucial roles in supporting immune function, antioxidant defence, and overall health.

*Mangifera indica* L. fruit pulp (Fam. Anacardiaceae) commonly known in India as mango (aam). Mango possess extensive array of nutrients and beneficial phytochemicals. The tropical fruit is rich in essential vitamins such as vitamins (A, C and E), minerals (potassium, magnesium, selenium), polyphenols (mangiferin, quercetin and kaempferol). Studies suggest that due to the presence of polyphenols and flavonoids in mangoes may help to modulate allergic response by reducing the release of histamine and other inflammatory mediators [15]. The pharmacological activities of mango: antiallergic, antifungal, antitumor, antiamebic, spasmolytic, anti-inflammatory, analgesic, antioxidant and immunomodulatory properties [16-19].

*Centella asiatica* Linn, belonging to the Apiaceae family and commonly known as Madukaparni or Gotu Kola, is celebrated for its extensive therapeutic properties that have been recognized in both traditional and modern medicine. *C. asiatica* is recognized for its antiallergic properties, attributed to its rich phytochemicals composition and pharmacological actions [20]. *Centella asiatica* has different therapeutic properties like wound healing, anticancer, anti-allergic, anti-inflammatory, antileprotic antinociceptive and antidiabetic. Important active constituent's presents in *Centella asiatica* are glycoside, triterpenoid saponins, including asiaticoside, centelloside, madecassoside and asiatic acid, rhanmanose. In addition, *Centella* contains other components, including volatile oils, flavonoids, tannins, phytosterols, amino acids and sugars [21-24].

*Curcuma longa* Linn, commonly known as turmeric and belongs to family Zingiberaceae has traditionally been used to treat pain, fever, allergic and inflammatory diseases such as bronchitis, dermatitis and arthritis. Turmeric has been also studied expansively for its pharmacological activities such as antioxidant, anti-inflammatory, anti-cancer, anti-microbial, and neuroprotective effects [25-29]. Curcumin, a main ingredient derived from turmeric, has been also claimed to be an antioxidant and anti-inflammatory agent [30].

The present study aims to evaluate the anti-allergic properties of Mulmina™ mango herbal juice (Figure 1), building upon the rich tradition of using natural remedies to promote health and well-being. By exploring the potential benefits of this herbal formulation, this research seeks to contribute to the growing body of knowledge on natural products in modern healthcare, highlighting their role as complementary or alternative therapies to conventional medicine.



Figure 1. Mulmina™ mango juice

## MATERIALS and METHODS

### Chemicals and Reagents

Compound 48/80, Histamine, ovalbumin, Thiobarbituric acid (TBA) with Malondialdehyde (MDA) Sulphanilamide and N-1-naphthylethylenediamine dihydrochloride (NED) reduced glutathione (GSH), 5,5-dithiobis-2-nitrobenzoic acid, thiobarbituric acid and trichloroacetic acid were purchased from Hi-media Laboratories Pvt. Ltd, Mumbai, India. All the other chemicals used were of analytical grade.

### Animals

Adult albino Wistar rats (180-220 gm), albino mice (18 - 20 gm) were used for the present study. The animals were housed in animal house of Sree Siddaganga College of Pharmacy, Tumkur, Karnataka, India. The animals were maintained under controlled condition of temperature ( $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), humidity ( $50\pm 5\%$ ) and 12 h light-dark cycle. The animals were acclimatized for seven days before the study. The animals were randomly divided into groups and individually housed in a sanitized polypropylene cage. Animals were habituated to laboratory conditions for 48 hours to minimize if any non-specific stress. The animals were free assessed to standard pellets as a basal diet and water *ad libitum*. The experimental protocol was approved by the institutional animal ethical committee and conducted according to CPCSEA guidelines, Govt. of India.

### Mulmina™ Mango Juice Preparation for Studies

Mulmina™ mango juice recommended for human two 400 mL per day as a natural antioxidant and immune booster. The animal dose was calculated by using USFDA dose conversion guidelines ie Animal Effective dose (AED) mg/kg = Human Effective Dose (mg/kg) X Dose conversion factor. Accordingly, Rat dose conversion factor 6.2 and Mouse conversion factor 12.3 were used for the dose calculation for rats and mouse. Rat dose used was 42 mL/kg as high dose and 21 mL/kg as low dose similarly for mouse high dose was 82 mL/kg and low dose of 41 mg/kg body weight used for studies.

### Anti-Allergic Screening of Mulmina Mango Juice

#### Compound 48/80 Induced Mast Cell Degranulation in Rat Mesentery

Male Wistar rats (180-200 g) were selected and acclimatized for 7 days [31]. Randomized into six groups, each containing eight animals. Sensitization with compound 48/80 (1 mg/kg, i.p) on first day after 2 h of treatment except group I and II. Each group received respective treatment up to 7 days. The animals were sacrificed under overdose of anaesthesia. Mesentery was collected and challenged with Compound 48/80. Numbers of intact and degranulated cells were observed and percentage protection was calculated.

#### Compound 48/80 Induced Mast Cell Degranulation in Rat Peritoneal Fluid

The Male Wistar rats (180-200 gm) acclimatized for 7 days and divided into six groups, each containing eight animals [32]. Sensitization with Compound 48/80 (1 mg/kg, i.p) on first day after 2 h of treatment except group I and II. Each group received respective treatment up to 7 days. On 7<sup>th</sup> day after 2 hours of respective treatment, 10 mL of normal saline was injected into rats through peritoneal cavity. After a gentle massage of peritoneal region for a period of 5 minutes, peritoneal fluid was collected. 1 mL of collected peritoneal fluid was mixed in a 2 mL Eppendorf tubes containing 1 mL of RPMI-1640 (Roswell Park Memorial Institute-1640) at pH 7.2-7.4. Then, the tube containing peritoneal fluid with RPMI-1640 media was centrifuged twice at low speed (400-800 rpm) for 10 min. Further, discard the supernatant and the pellets containing mast cells re-suspended in 2 mL RPMI-1640 media. The mast cells suspension placed on fresh and clean glass slide. Smear was prepared on a glass slide, and challenged with compound 48/80 (5 $\mu\text{g}$ / mL) and air-dried. Then, the slides stained with 0.1% toluidine blue in 4% v/v aqueous formalin solution for 10 min. The stained cells were then immersed in xylene for 5-10 min and finally rinsed 2 or 3 times with acetone and was observed under microscope at high power. Total of 100 cells from different regions of different visible areas was counted on prepared slide. Then record the number of intact and degranulated mast cells and percentage protection was calculated.

#### Milk Induced Leucocytosis and Eosinophilia in Mice

Blood samples were collected from each mouse via retro-orbital plexus before drug administration and were collected in an EDTA coated tubes for analysis [33]. (Leucocytosis and eosinophils). After 45 minutes of the respective treatments to the same grouped mice received boiled and cooled cow milk through subcutaneous route except group I and II. After 24 h blood were withdrawn from retro-orbital plexus and were collected in an EDTA coated tubes for count from Group I to VI.

a. Total leukocyte: Samples were diluted with WBC diluting fluid (1:1) using WBC pipette. Diluted blood in a pipette were shaken and kept aside for 5 min and total leucocyte count were determined by using Neubauer's chamber.

b. Eosinophils count: Smear on plane slide was prepared using collected blood samples. Leishman's stain was used for staining the smears. This caused eosinophils to show up as orange-red granules. Then the eosinophil cells were counted under light microscope at 45X and tabulated.

#### Effect of Mulmina Mango Juice on 48/80-Induced Systemic Anaphylaxis

Swiss albino mice (20-25) g of either sex were selected and randomly divided into four groups of ten animals each [34-36]. After the administration of the anaphylactic

shock by compound 48/80 (8 mg/kg, i.p.) the mice were observed for mortality. Over the period of observation throughout 1 h, mortality of animals from all groups were noted. The percentage of mortality were calculated using the formula

$$\text{Percentage mortality} = \frac{\text{The number of dead mice}}{\text{Total number of experimental mice}} \times 100$$

### Statistical Analysis

All experimental data was expressed as Mean  $\pm$  S.E.M (n = 6), Statistical evaluation was done by One-way ANOVA followed by Tukey's post hoc test. a  $p < 0.001$  was considered significant.

### RESULTS

In the model of compound 48/80 induced mast cell degranulation in rat mesentery, the compound 48/80

alone used to sensitize the rats. The isolated mesentery showed extensive degranulation of mast cells and found significantly ( $p < 0.001$ ) high number of degranulated mast cells  $75.5 \pm 3.87$  than the normal control group ( $10.3 \pm 0.65$ ) (Table 1 & Figure 2). It was noteworthy from the that treatment with Mulmina™ mango juice (21 mL/kg & 42 mL/kg) exhibited significant reduction ( $p < 0.001$  &  $p < 0.001$ ) in number of degranulated cells ( $27.4 \pm 1.17$  &  $15.1 \pm 0.54$ ) and the percentage protection was found to be (63.70% & 80.00%) when compare to compound 48/80 alone group. Moreover, rats treated with the standard drug ketotifen fumarate (1mg/kg) showed marked reduction ( $p < 0.001$ ) in number of degranulated cells ( $18.8 \pm 0.64$ ) with 75.09% protection in compare to compound 48/80 alone group. Treatment of Mulmina™ mango juice to chemically induced mast cell degranulation in rat mesentery exhibited comparable protection as that of standard ketotifen fumarate (1mg/kg).

Table 1. Effect of Mulmina™ mango juice in 48/80-induced mast cell degranulation in rat mesentery

| Groups | Treatment*                       | Percentage (%) Intact mast cell | Percentage (%) degranulated mast cell | Percentage (%) protection |
|--------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| I      | Normal control                   | 89.72 $\pm$ 0.65                | 10.3 $\pm$ 0.65                       | NA                        |
| II     | Mulmina™ alone                   | 89.04 $\pm$ 1.14                | 11.0 $\pm$ 1.14                       | NA                        |
| III    | Inducer control (Compound 48/80) | 24.49 $\pm$ 3.86 <sup>###</sup> | 75.5 $\pm$ 3.87 <sup>###</sup>        | NA                        |
| IV     | Mulmina™ (21 mL/kg p.o.)         | 72.64 $\pm$ 1.17 <sup>***</sup> | 27.4 $\pm$ 1.17 <sup>***</sup>        | 63.70                     |
| V      | Mulmina™ (42 mL/kg p.o.)         | 84.86 $\pm$ 0.54 <sup>***</sup> | 15.1 $\pm$ 0.54 <sup>***</sup>        | 80.00                     |
| VI     | Standard (Ketotifen 1 mg/ kg)    | 81.19 $\pm$ 0.64 <sup>***</sup> | 18.8 $\pm$ 0.64 <sup>***</sup>        | 75.09                     |

\*Each value represent the Mean $\pm$ S.E.M (n=6), <sup>###</sup> $P < 0.001$  compared to normal control; <sup>\*\*\*</sup> $P < 0.001$  compared to Compound 48/80 group. NA= Not applicable. Statistical evaluation was done by Tukey's posthoc test.

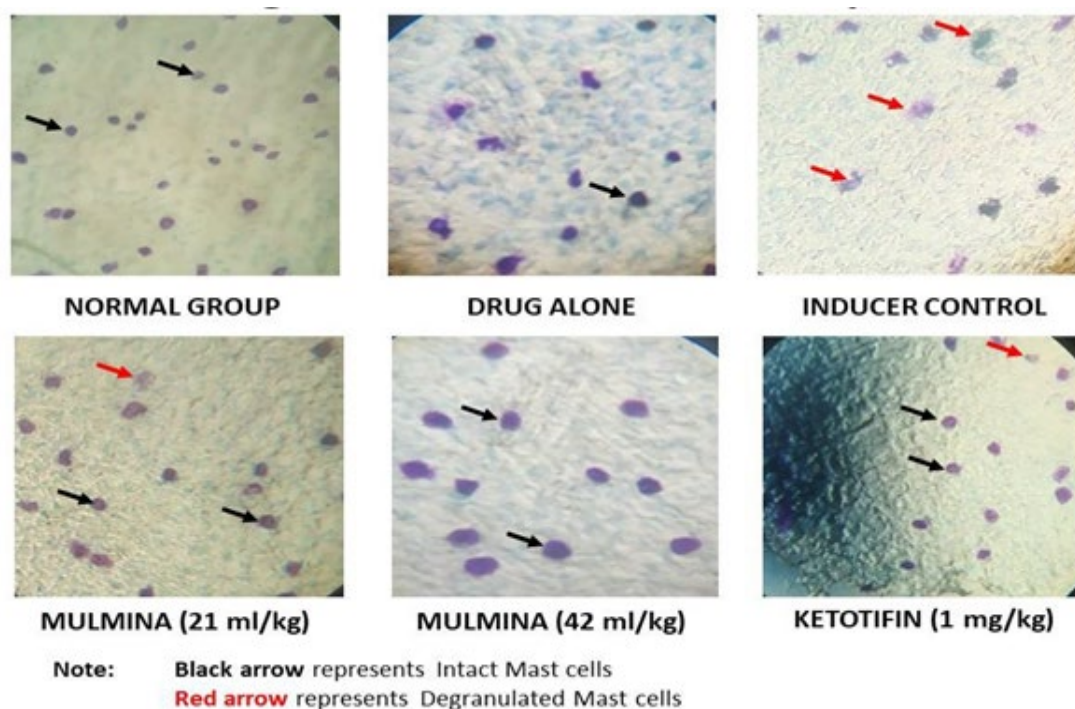


Figure 2. Effect of Mulmina™ mango juice in 48/80-induced mast cell degranulation in rat mesentery



In the experiment model of compound 48/80 induced mast cell degranulation in rat peritoneal fluid, the experimental rats were sensitized and challenged with compound 48/80. The peritoneal fluid of inducer control groups rats showed significant ( $p < 0.001$ ) increase in degranulation of mast cells ( $87.54 \pm 0.46$ ) when compared to normal control group ( $15.34 \pm 0.85$ ) (Table 2 & Figure 3). Treatment with Mulmina™ mango juice (21 ml/kg and 42 mL/kg) showed significant ( $p < 0.001$ ) reduction in number of degranulated cells ( $23.31 \pm 0.88$  &  $13.53 \pm 1.03$  respectively) when compare to the compound 48/80 alone group. Both the treatment doses

showed 73.37% and 84.54% protection against mast cell degranulation challenged with compound 48/80. Tallying with standard drug Ketotifen fumarate (1mg/Kg) which showed significant ( $p < 0.001$ ) decreased number of degranulated mast cells and protection was found to be 77.02% when compared to compound 48/80 group. In comparison with normal rats treated with the higher dose of Mulmina™ mango juice alone did not caused degranulation suggesting the safety of tested formulation. The higher dose of Mulmina™ mango juice showed slightly higher protection in comparison with tested standard compound.

Table 2. Effect of Mulmina™ mango juice in compound 48/80 induced mast cell degranulation in rat peritoneal fluid.

| Treatment*                       | Percentage (%)<br>Intact mast cell | Percentage (%)<br>degranulated mast cell | Percentage (%)<br>protection |
|----------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------|
| Normal control                   | $82.9 \pm 1.86$                    | $15.34 \pm 0.85$                         | NA                           |
| Mulmina™ alone                   | $82.2 \pm 0.51$                    | $11.86 \pm 0.74$                         | NA                           |
| Inducer control (Compound 48/80) | $12.5 \pm 0.46^{###}$              | $87.54 \pm 0.46^{###}$                   | NA                           |
| Mulmina™ (21 mL/kg p.o.)         | $76.70 \pm 0.88^{***}$             | $23.31 \pm 0.88^{***}$                   | 73.37                        |
| Mulmina™ (42 mL/kg p.o.)         | $86.5 \pm 1.03^{***}$              | $13.53 \pm 1.03^{***}$                   | 84.54                        |
| Standard (ketotifen 1 mg/ kg)    | $79.9 \pm 1.17^{***}$              | $20.11 \pm 1.17^{***}$                   | 77.02                        |

\*Each value represent the Mean±S.E.M (n=6), <sup>###</sup> $p < 0.001$  compared to normal control; <sup>\*\*\*</sup> $p < 0.001$  compared to Compound 48/80 group. NA= Not applicable. Statistical evaluation was done by One-way ANOVA followed by Tukey's posthoc test.

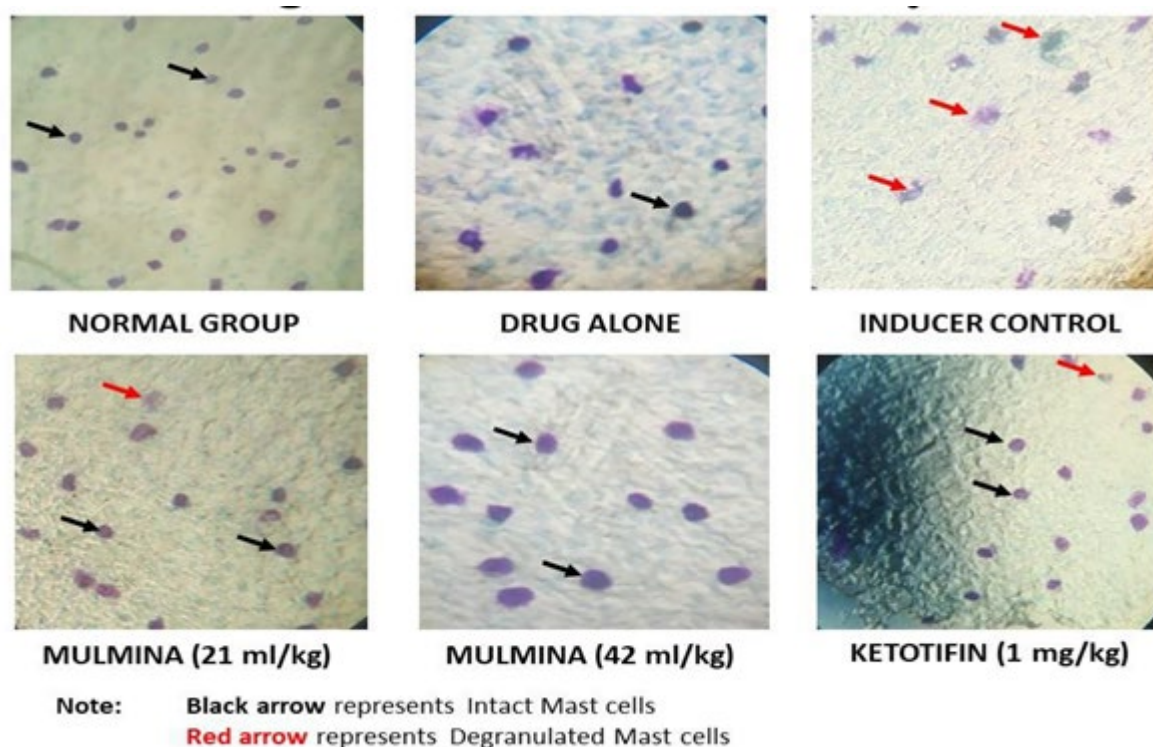


Figure 3. Effect of Mulmina™ mango juice in compound 48/80 induced mast cell degranulation in rat peritoneal fluid.

In the milk, induced leucocytosis and eosinophilia in mice subcutaneous administration of milk (4 mL/kg) showed significant increase ( $p < 0.001$ ) in the leucocytes and eosinophils count after 24 h compared to normal control group (Table 3). The group of mice pre-treated with Mulmina™ mango juice (41 mL/kg and 82 mL/kg) exhibited significant decrease ( $p < 0.001$ ) in leucocytes

and eosinophils levels. The reference standard of Dexamethasone (50 mg/kg) showed significant reduction ( $p < 0.01$ ;  $p < 0.001$ ) in leucocytes and eosinophils counts respectively and provide the validation of the model (In addition, Mulmina™ mango juice alone treatment did not show serological responses (Total leucocyte & Eosinophil count) to antigen (milk).

Table 3. Effect of Mulmina™ mango juice on milk-induced leucocytosis and eosinophilia in mice

| Treatment*                     | Difference in no. of Leucocytes (per mm <sup>3</sup> ) | Difference in no. of Eosinophils (%) |
|--------------------------------|--|--------------------------------------|
| Normal control                 | 133.3±103.7  | 0.305±0.378                          |
| MULMINA™ alone (41 mL/kg p.o.) | 166.7±170.6  | 0.402±0.541                          |
| Inducer control (Milk 4mL /kg) | 3390±198.5 <sup>###</sup>                              | 10.3±0.92 <sup>###</sup>             |
| MULMINA™ (41 mL/kg p.o.)       | 1195±314.2 <sup>***</sup> (64.75%)                     | 2.69±0.308 <sup>***</sup> (75.87%)   |
| MULMINA™ (82 mL/kg p.o.)       | 608.3±141.1 <sup>***</sup> (82.06%)                    | 1.49±0.51 <sup>***</sup> (82.53%)    |
| Dexamethasone (50 mg/kg )      | 800±238.7 <sup>***</sup> (76.40%)                      | 1.17±0.209 <sup>***</sup> (88.64%)   |

\*Each value represent the Mean±S.E.M (n=6), <sup>###</sup>p< 0.001 compared to normal control; <sup>\*\*\*</sup>p< 0.001 compared to Milk alone group. Statistical evaluation was done by Tukey's posthoc test.

In the model of 48/80-induced systemic anaphylaxis, treatment with Mulmina™ mango juice and ketotifen fumarate 1 h prior to induction of compound 48/80 induces systemic anaphylaxis exhibits significant protection against anaphylactic shock and death. Oral administration of higher dose of Mulmina mango juice (82 mL/kg) showed 70% protection against mortality as compared to compound 48/80 alone group (100%). In addition, ketotifen fumarate showed 50% protection against mortality. Behavioural observations showed that treatments delayed the anaphylaxis. However, the lower dose of Mulmina™ mango juice (41 mL/kg) failed to show protective effect (Table 4).

Table 4. Effect of Mulmina™ mango juice on 48/80-induced systemic anaphylaxis

| Groups  | Number of death / 10 animals | % Mortality | % Protection |
|---|------------------------------|-------------|--------------|
| Compound 48/80 (8 mg/kg, i.p)                     | 10                           | 100%        | 0%           |
| MULMINA™ (41mL/kg,p.o)+ Compound 48/80            | 10                           | 100%        | 0%           |
| MULMINA™ (82 mL/kg, p.o) + Compound 48/80         | 3                            | 30%         | 70%          |
| Ketotifen fumarate (1mg/kg, p.o) + Compound 48/80 | 5                            | 50%         | 50%          |

## DISCUSSION

In this study, the anti-allergic effects of Mulmina™ mango juice were investigated using animal models of allergy. Majority of diseases in man are allergy based, allergic reaction involves an immune-mediated cascade of allergic events due to exposed to antigens, the immune modulatory T cells will release interleukins, which induce B cells to produce antigen-specific immunoglobulin E (IgE), which binds to high affinity FcεRI receptors on basophils and mast cells, leading to their degranulation and subsequent release of inflammatory mediators such as histamine, prostaglandins, and leukotriene [37-38]. These mediators cause the symptoms associated with allergic reactions, including inflammation, itching, and bronchoconstriction. Mast cells, in particular, play a significant role in the pathophysiology of asthma and other allergic diseases. Upon activation of allergens and other stimuli, mast cells release a variety of cytokines that regulate IgE synthesis and contribute to the development of eosinophilic inflammation.

Mulmina mango juice contains a variety of bioactive phytochemicals, including amino acids (lysine, leucine, cysteine, methionine, valine, arginine, and phenylalanine), vitamins (A, B, C, E and K), phenolic compounds (Mangiferin, gallic acid, gallotannins, quercetin, ellagic acid, epicatechin, quercetin, etc.) triterpenoids, saponins, and curcumin. These phytochemicals have been reported to possess immune modulating, antioxidant, and anti-inflammatory properties, which may be responsible for antiallergic effect of Mulmina™ mango juice [39-40].

Phenolic compounds present in Mulmina™ mango juice inhibit the release of histamine from mast cells and reduce the production of pro-inflammatory cytokines [41]

and also stabilize mast cells by preventing them from degranulation and the release of histamine and other inflammatory mediators [42].

Mulmina™ mango juice contains vitamins, reduce the production of histamine, thereby alleviating allergic symptoms [43], inhibit the synthesis of prostaglandins and leukotrienes, which are key mediators of inflammation in allergic reactions [44].

Curcumin's anti-inflammatory properties help reduce the production of pro-inflammatory cytokines and chemokines involved in allergic responses [45]. It also scavenges free radicals and inhibits oxidative stress, which can exacerbate allergic reactions [46]. Presence of amino acids in Mulmina™ mango juice play important role in the synthesis of glutathione, a potent intracellular antioxidant that helps in protection of cells from oxidative stress and inflammation [47].

The anti-allergic effect of Mulmina™ mango juice was evaluated using animal models which help to simulate human allergic responses and provide insights into the potential therapeutic effects of the juice. The results from these studies indicate that Mulmina™ mango juice significantly reduces allergic symptoms, which can be attributed to its rich composition of anti-inflammatory and antioxidant phytochemicals.

## CONCLUSION

This study demonstrates that Mulmina™ mango juice possesses significant anti-allergic properties, attributed to its rich content of bioactive compounds such as phenolic compounds, vitamins, amino acids, triterpenoids, and curcumin. These phytochemicals modulate immune responses, inhibit inflammatory mediator release, and enhance antioxidant defences,

effectively reducing allergic symptoms. Animal model studies further confirm its potential as a natural remedy for allergic conditions. Therefore, Mulmina™ mango juice shows promise as a beneficial dietary supplement for managing allergies. Future research should focus on clinical trials to validate these findings in human subjects.

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no real conflict of interest for this article.

#### REFERENCES

- [1] Ring, J., Kramer, U., Schafer, T., Behrendt, H. (2001). Why are allergies increasing? *Current Opinion in Immunology*, 13, 701–708.
- [2] Milgrom, H. (2002). Attainments in atop: special aspects of allergy and IgE. *Advances in Pediatrics*, 49, 273–297.
- [3] Pearlman, D.S. (1999). Pathophysiology of the inflammatory response. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 104, 132–137.
- [4] Blank, U., Rivera, J. (2004). The ins and outs of IgE-dependent mast-cell exocytosis. *Trends in Immunology*, 25, 266–273.
- [5] Hindmarch, I., Shamsi, Z. (1999). Antihistamines: models to assess sedative properties, assessment of sedation, safety and other side-effects. *Clinical and Experimental Allergy*, 29(3), 133–142.
- [6] Warner, J.O. (2001). The role of leukotriene receptor antagonists in the treatment of chronic asthma in childhood. *Allergy*, 56(66), 22–29.
- [7] Tohda, Y., Fujimura, M., Taniguchi, H., Takagi, K., Igarashi, T., Yasuhara, H., Takahashi, K., Nakajima, S. (2002). Leukotriene receptor antagonist, montelukast, can reduce the need for inhaled steroid while maintaining the clinical stability of asthmatic patients. *Clinical and Experimental Allergy*, 32, 1180–86.
- [8] Parnes, S.M. (2002). Targeting cysteinyl leukotrienes in patients with rhinitis, sinusitis and paranasal polyps. *American Journal of Respiratory Medicine*, 1, 403–408.
- [9] Crowther, S.D., Rees, P.J. (2000). Current treatment of asthma-focus on leukotrienes. *Experimental Opinion on Pharmacotherapy*, 1, 1021–1040.
- [10] Ratner, P.H., Ehrlich, P.M., Fineman, S.M., Meltzer, E.O., Skoner, D.P. (2002). Use of intranasal cromolyn sodium for allergic rhinitis. *Mayo Clinic Proceedings*, 77, 350–354.
- [11] Allen, D.B., Bielory, L., Derendorf, H., Dluhy, R., Colice, G.L., Szefer, S.J. (2003). Inhaled corticosteroids: past lessons and future issues. *Journal of Allergy & Clinical Immunology*, 112, 1–40.
- [12] Ten Eick, A.P., Blumer, J.L., Reed, M.D. (2001). Safety of antihistamines in children. *Drug Safety*, 24, 119–147.
- [13] Newnham, D.M. (2001). Asthma medications and their potential adverse effects in the elderly: recommendations for prescribing. *Drug Safety*, 24, 1065–1080.
- [14] Marguet, C., Couderc, L., Lubrano, M. (2004). Adverse events of inhaled steroids in childhood. *Archives of Pediatrics*, 11(2), 113–119.
- [15] Noratto, G.D., Bertoldi, M.C., Krenek, K., Talcott, S.T., Stringheta, P.C., Mertens-Talcott, S.U. (2010). Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangifera indica* L.) flesh and peel. *Food Chemistry*, 121(2), 429–436.
- [16] Das, P.C., Das, A., Mandal, S. (1989). Anti-inflammatory and antimicrobial activities of the seed kernel of *Mangifera indica*. *Fitoterapia*, 235–240.
- [17] García, D., Escalante, M., Delgado, R., Ubeira, F. M., Leiro, J. (2003). Anthelmintic and antiallergic activities of *Mangifera indica* L. stem bark components Vimang and Mangiferin. *Phytotherapy Research*, 17, 1203–1208.
- [18] Garrido, G., González, D., Delporte, C., Backhouse, N., Quintero, G., Núñez-Séllez, A., Morales, M. (2001). Analgesic and Anti-inflammatory effects of *Mangifera indica* L. extract (Vimang). *Phytotherapy Research*, 15, 18–21.
- [19] Leiro, J., García, D., Arranz, J.A., Delgado, R., Sanmartín, M.L., Orallo, F. (2004). An Anacardeacea preparation reduces the expression of inflammation-related genes in murine macrophages. *International Immunopharmacology*, 4, 991–1003.
- [20] Brinkhaus, B., Lindner, M., Schuppan, D., Hahn, E. G. (2000). Chemical, pharmacological and clinical profile of the East Asian medical plant *Centella asiatica*. *Phytomedicine*, 7(5), 427–448.
- [21] Zainol, M.K., Abd-Hamid, A., Yusof, S., Muse, R. (2003). Antioxidative activity and total phenolic compounds of leaf, root and petiole of four accessions of *Centella asiatica* (L.) Urban. *Food Chemistry*, 81, 575–581.
- [22] Suguna, L., Sivakumar, P., Chandrakasan, G. (1996). Effect of *Centella asiatica* extract on dermal wound healing in rats. *Indian Journal of Experimental Biology*, 34, 1208–1211.
- [23] Babu, T.D., Kuttan, G., Padikkala, J. (1995). Cytotoxic and anti-tumour properties of certain taxa of Umbelliferae with special reference to *Centella asiatica* (L.) Urban. *Journal of Ethnopharmacology*, 48, 53–57.
- [24] Sahu, N.P., Roy, S.K., Mahato, S.B. (1989). Spectroscopic determination of structures of triterpenoid trisaccharide's from *Centella asiatica*. *Phytochemistry*, 28(10), 2852–2854.
- [25] Chandra, D., Gupta SS. (1972). Anti-inflammatory and anti-arthritis activity of volatile oil of *Curcuma longa* (Haldi). *Industrial Journal of Medical Research*, 60, 138–142.
- [26] Kuttan, R., Bhanumathy, P., Nirmala, K., George, M.C. (1985). Potential anticancer activity of turmeric (*Curcuma longa*). *Cancer Letters*, 29, 197–202.
- [27] Lutomski, J., Kedzia, B., Debska, W. (1974). Effect of an alcohol extract and of active ingredients from *Curcuma longa* on bacteria and fungi. *Planta Medica*, 29, 9–19.

- [28] Rajakrishnan, V., Visvanathan, P., Rajasekharan, K.N., Menon, V.P. (1999). Neuroprotective role of curcumin from *Curcuma longa* on ethanol-induced brain damage. *Phytotherapy Research*, 13, 571-574.
- [29] Toda, S., Miyase, T., Arichi, H., Tanizawa, H., Takino, Y. (1985). Natural antioxidant. III. Antioxidative components isolated from rhizome of *Curcuma longa* L. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 33, 1725-1728.
- [30] Aggarwal, B.B., Sung, B. (2009). Pharmacological basis for the role of curcumin in chronic diseases: an age-old spice with modern targets. *Trends in Pharmacological Sciences*, 30, 85-94.
- [31] Norrby, K. (1981). On the 48+80-induced secretion of tissue mast cells and its mitogenic effect on nearby cells in the intact rat. *Virchow's Archive B Cell Pathology*, 38, 57-62.
- [32] Shin, H.Y., Kim, J.S., An, N.H., Park, R.K., Kim, H.M. (2004). Effect of disodium cromoglycate on mast cell-mediated immediate-type allergic reactions. *Life Science*, 74, 2877-2887.
- [33] Schemann, M., Kugler, E.M., Buhner, S., Eastwood, C., Donovan, J. (2012). The mast cell degranulator Compound 48/80 directly activates neurons. *PLoS ONE*, 7(12), 1-9.
- [34] Karmouty-Quintana, H., Blé F.X., Cannet, C., Zurbrugg, S., Fozard, J.R., Page, C.P., Beckmann, N. (2008). *In vivo* pharmacological evaluation of compound 48/80-induced airways oedema by MRI. *British Journal Pharmacology*, 154(5), 1063-1072.
- [35] Dnyaneshwar, J., Taur, Ravindra, Patil, Y. (2011). Effect of *Abrus precatorius* leaves on milk induced leukocytosis and eosinophilia in the management of asthma. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(1), 40-42.
- [36] Yoshikawa, M., Nakamura, S., Kato, Y., Matsuhira, K., Matsuda, H. (2007). Medicinal flowers. XIV. New Acylated Oleanane-type Triterpene oligoglycosides with antiallergic activity from flower buds of Chinese tea plant (*Camellia sinensis*). *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 55, 598-605.
- [37] Galli, S.J., Tsai, M., Piliponsky, A.M. (2008). The development of allergic inflammation. *Nature*, 454(7203), 445-454.
- [38] Stone, K.D., Prussin, C., Metcalfe, D.D. (2010). IgE, mast cells, basophils, and eosinophils. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 125(2), S73-S80.
- [39] Noratto, G.D., Bertoldi, M.C., Krenek, K., Talcott, S. T., Stringheta, P.C., Mertens-Talcott, S.U. (2010). Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangifera indica* L.) flesh and peel. *Food Chemistry*, 121(2), 429-436.
- [40] Saleem, M., Nazir, M., Ali, M.S., Hussain, H., Lee, Y.S., Riaz, N., Jabbar, A. (2013). Antimicrobial natural products: an update on future antibiotic drug candidates. *Natural Product Reports*, 27(2), 238-254.
- [41] Nair, S.V., Ziaullah, Rupasinghe, H.P.V., Schuler, M.A. (2013). Thymoquinone induces cell cycle arrest and apoptosis in basal-like and luminal-type breast cancer cells. *Phytotherapy Research*, 27(7), 961-968.
- [42] Kawanishi, S., Oikawa, S., Murata, M. (2005). Evaluation for safety of antioxidant chemopreventive agents. *Antioxidants & Redox Signaling*, 7(11-12), 1728-1739.
- [43] Hemilä, H., Chalker, E. (2013). Vitamin C for preventing and treating the common cold. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1), CD000980.
- [44] Jiang, Q. (2014). Natural forms of vitamin E: metabolism, antioxidant, and anti-inflammatory activities and their role in disease prevention and therapy. *Free Radical Biology and Medicine*, 72, 76-90.
- [45] Aggarwal, B.B., Sundaram, C., Malani, N., Ichikawa, H. (2007). Curcumin: The Indian solid gold. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 595, 1-75.
- [46] Menon, V.P., Sudheer, A.R. (2007). Antioxidant and anti-inflammatory properties of curcumin. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 595, 105-125.
- [47] Lu, S.C. (2013). Glutathione synthesis. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1830(5), 3143-3153.
- 
-



## Emulsion Stability and Rheological Properties of Emulsions Prepared with Ozonized Hazelnut Oil

Hicran Uzun Karka<sup>1</sup>  , Esra Ibanoglu<sup>2</sup> <sup>1</sup>Gaziantep University, Naci Topçuoğlu Vocational School, 27310 Gaziantep, Türkiye<sup>2</sup>Gaziantep University, Department of Food Engineering, 27310 Gaziantep, Türkiye

Received (Geliş Tarihi): 27.02.2024, Accepted (Kabul Tarihi): 03.08.2024

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [hicranuzun@gantep.edu.tr](mailto:hicranuzun@gantep.edu.tr) (H. Uzun Karka)

☎ +90 342 3371137 📠 +90 342 3371138

### ABSTRACT

In this study, physical and rheological characteristics of the emulsion stabilized with whey protein isolate (WPI) at a concentration of 0.25% (w/w) and containing ozone applicated hazelnut oil (OHO) were studied. The hazelnut oil was subjected to ozone gas exposure for durations of 1, 5, 30, 60, 180, and 360 min. The emulsions made with both control (HO) and OHO were analysed to assess emulsion properties. It was observed that as the duration of ozone application increased, the emulsion activity index (EAI) experienced a decrease. Specifically, ozone applications of 30, 60, and 180 min significantly reduced emulsion stability index (ESI). The creaming ratio of emulsions formulated with OHO for durations of 1, 5, 30, 60, and 180 min were found to be 23%, 20%, 18%, 16%, and 44%, respectively. Optical microscopy revealed that significant flocculated droplet formed in emulsions including OHO. The longer time the ozone application resulted that the emulsions exhibited more solid-like behaviour. Furthermore, differential scanning calorimeter (DSC) was utilized to assess the changes in the melting and cooling profiles of hazelnut oil after being applicated with ozone. An increase in ozone application duration led to the melting peaks broadening and shifting towards lower temperatures. Also, ozone application caused that the sharp exothermic crystallization shifted towards lower temperatures and become broader and less pronounced as the duration of the application increased.

**Keywords:** Ozone, hazelnut oil, and emulsion stability, rheology, differential scanning calorimeter (DSC)

### Ozonlanmış Fındık Yağı ile Hazırlanan Emülsiyonların Emülsiyon Kararlılığı ve Reolojik Özellikleri

#### ÖZ

Bu çalışmada, %0,25 (w/w) konsantrasyonda peynir altı suyu protein izolatı (WPI) ile stabilize edilen ve ozon uygulanmış fındık yağı (OHO) içeren emülsiyonun fiziksel ve reolojik özellikleri incelenmiştir. Fındık yağı, 1, 5, 30, 60, 180 ve 360 dakikalık sürelerle ozon gazına maruz bırakılmıştır. Hem kontrol (HO) hem de OHO ile yapılan emülsiyonlar, emülsiyon özelliklerini değerlendirmek için analiz edilmiştir. Ozon uygulama süresi arttıkça emülsiyon aktivite indeksinin (EAI) azaldığı görülmüştür. Özellikle 30, 60 ve 180 dakikalık ozon uygulamaları emülsiyon stabilite indeksini (ESI) önemli ölçüde azaltmıştır. 1, 5, 30, 60 ve 180 dakika süreyle OHO ile formüle edilen emülsiyonların kremalaşma oranları sırasıyla %23, %20, %18, %16 ve %44 olarak bulunmuştur. Optik mikroskopi, OHO içeren emülsiyonlarda önemli miktarda topaklaşmış damlacık oluştuğunu ortaya çıkarmıştır. Ozon uygulamasının süresi uzadıkça emülsiyonlar daha katı benzeri davranış sergilemiştir. Ayrıca, ozon uygulandıktan sonra fındık yağının erime ve soğuma profillerindeki değişiklikleri değerlendirmek için diferansiyel taramalı kalorimetre (DTK) kullanılmıştır. Ozon uygulama süresindeki artış, erime tepe noktalarının genişlemesine ve daha düşük sıcaklıklara doğru kaymasına yol açmıştır. Ayrıca ozon uygulaması, uygulama süresi arttıkça keskin ekzotermik kristalleşmenin daha düşük sıcaklıklara doğru kaymasına ve daha geniş ve daha az belirgin olmasına neden olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ozon, fındık yağı, emülsiyon stabilitesi, reoloji, diferansiyel taramalı kalorimetre (DTK)

## INTRODUCTION

The utilization of ozone as a novel, non-thermal technique in the food industry has been preferred over thermal methods. In thermal methods, heat procedures have damage or diminish the physical, chemical, and sensory qualities of food products despite their efficacy in disinfection. Ozone has been recognized as a reliable chemical disinfectant in food processing in several developed countries, including the United States, Japan, Australia, France, and Canada, since receiving an approval as the GRAS (Generally Recognized as Safe) from the US FDA in 1997 [1-3]. Its use have cover various sectors of the food industry, including the sanitation of food surfaces and plant equipment [4], the reuse of wastewater [5], the disinfection of poultry carcasses and chill water [6], the inactivation of microbial load in nuts and cereal storage atmospheres [7], and the disinfection of fruits and vegetables [7]. Additionally, ozone application has gained attention in the pharmaceutical and cosmetic industries [8]. Application of ozone to vegetable oils, which are a key component in numerous products in the food and pharmaceutical industries, has become popular due to its antibacterial and fungicidal properties. Recent research indicates that the structural, chemical, and physical characteristics of vegetable oils undergo changes following ozone application. This study focuses on the effects of ozone on vegetable oils, specifically hazelnut oil. Hazelnut oil has been used as a food ingredient in food formulations at the food industry due to its beneficial properties. It has been obtained through the cold pressing of hazelnuts and utilized in personal care and cosmetic products, food preparations, and the pharmaceutical industry, finding application in industries such as chocolate, confectionery, and pastry.

Ozone, as an oxidizing substance, affects food constituents, especially proteins, lipids, vitamins, and other substances which are containing double bonds in their structure. The reaction of ozone with unsaturated lipid bonds generates a mixture of oxygenated molecules like ozonides, peroxides, and aldehydes [9]. Limited research exists on the rheological and functional behaviour of emulsions made with ozone-exposed hazelnut oil. Therefore, the work presents fundamental findings on how ozone applied hazelnut oil affects the rheological and emulsifying characteristics of emulsions stabilized with WPI. Furthermore, effects of ozone application on thermal stability of hazelnut oil were investigated. Hazelnut oil was exposed to ozone for various durations (1, 5, 30, 60, 70, 180, and 360 min), and subsequently, both applied and control samples were stored at room temperature in hermetically sealed glass bottles in a dark place. Emulsions were formed by mixing OHO with WPI solutions and then homogenizing. The EAI, ESI, and creaming properties of emulsions containing control and OHO were measured. Optical microscopy was used to observe the changes in droplet size, structure, and flocculation in emulsions after ozone application. The rheological behaviour of emulsions also examined, and differential scanning calorimetry (DSC) was used to determine the variations in melting and cooling profiles of hazelnut oil due to ozone application.

## MATERIALS and METHODS

### Materials

Hazelnut oil was acquired from a local producer (FISKOBIRLIK Company, Giresun, Turkey). Buffer salts, potassium dihydrogen orthophosphate, disodium hydrogen orthophosphate and sodium dodecyl sulphate (SDS) were purchased from Analar analytical reagent. WPI (98%) (WPI, BIOPRO, Lot 86 No. JE 030-3-420) were sourced from Davisco Foods International (Le Sueur, MN, USA). Used chemicals utilized were of analytical grade.

### Ozone Application of HO

Ozone generator (Ozone Marine, OMS Model, Izmir, Turkey) was used to produce ozone gas. The generator operates on the corona-discharge method (flow rate: 1L/min; concentration of ozone: 40 mg/L). The oxygen necessary for generating ozone was supplied from the air. Firstly, 100 mL of hazelnut oil was poured into a gas washing bottle. The ozone gas generated by ozone generator was passed through the bottle including hazelnut oil for different durations (1, 5, 15, 30, 60, 180, and 360 min). The ozone dosages were calculated as 0.0004, 0.002, 0.006, 0.012, 0.024, 0.072, 0.144 g ozone/mL oil for the ozone application times of 1, 5, 15, 30, 60, 180, and 360 min, respectively [10].

### Emulsion Properties

#### Emulsion Preparation

Phosphate buffer was prepared by dissolving potassium dihydrogen orthophosphate (3.76 g) and disodium hydrogen orthophosphate (3.44 g) in 2 liters distilled water and pH was adjusted to 7.0 by using 0.1M NaOH and 0.1M HCl. 0.01 % (w/w) 28 sodium azide was added to the buffer as an anti-microbial agent for emulsion experiments. WPI was dissolved in phosphate buffer (ionic strength 0.05M and pH 7.0) or double distilled water at room temperature while stirring with magnetic stirrer for 1 hour.

The modified method [11] was employed to evaluate the emulsifying properties of WPI. Emulsions were created by homogenizing hazelnut oil (50.0% (v/v)) and protein solution (50.0% (v/v)) for 30 seconds using an Ultrasonic Disintegrator (Soniprep 150) at 72 kHz. The last protein content in the emulsions was 0.25% (w/w). To examine the impact of ozone gas on activity and stability of emulsion, ozone applied oils were used to prepare emulsions. The emulsions were produced in triplicate.

#### Emulsion Stability and Activity

The modified method [11] was employed to evaluate the emulsifying stability and activity of WPI stabilised emulsions. At different intervals, a 0.05 ml of the emulsion which taken from the bottom part of the beaker was diluted with 50 ml of a 0.1% (w/v) SDS solution. After

emulsion formation, absorbance of the sample was measured immediately for every minutes for 2 hours. Later, absorbance of the emulsions were measured daily for 10 days. The absorbance of this diluted emulsion was then measured at 500 nm using a spectrophotometer (Pharmacia Biotech, Novaspec II, UK). Emulsion Stability Index (ESI) was calculated by monitoring the variation in absorbance over time. Emulsifying Activity Index (EAI) was measured instantly after the formation of the emulsion based on the absorbance. The calculation provided the surface area (m<sup>2</sup>) / amount of protein (mg) used in the emulsions. These emulsion tests were conducted three times.

$$EAI = 2T/\phi C \quad (1)$$

where  $C$  is the amount of protein per unit volume of aqueous phase before forming the emulsion.  $T$  represents turbidity, with  $T = 2.303 A/l$ , where  $A$  is the absorbance and  $l$  is the path length of the cuvette.  $\phi$  is the volumetric fraction of the dispersed phase.

$$ESI = \Delta t/\Delta T \quad (2)$$

where  $\Delta T$  is the variation in turbidity during the time interval  $\Delta t$ .

### Creaming Analysis

Emulsions prepared from OHO were used to investigate the influences of ozone on creaming. A freshly made 10 mL emulsion was placed in a test tube and kept at room temperature (22-24°C). The length of the serum layer was measured every 10 hours to observe its change over time. The volume of the creamed emulsion at the top and the initial volume of the emulsion were calculated, and the results were expressed as a percentage of creaming.

$$\%creaming = 100 - \left[ \left( \frac{V_c}{V_t} \right) \right] \quad (3)$$

where  $V_c$  is the volume of the creamed phase and  $V_t$  is the total volume [12].

### Optical Microscopy

At room temperature, images of the emulsions belonging to droplets were assessed using polarized light microscopy (PLM). 1 mL of 0.1% (w/v) SDS solution was used to dilute emulsions, utilizing a volume of 100  $\mu$ L. Subsequently, a little part of the emulsion was applied to a microscope slide, and a cover slip was carefully positioned over it. After a brief period of acclimatization, photomicrographs were captured at a 40x magnification using an Olympus BX51 microscope (Tokyo, Japan) and a camera (Pixera PVC, 100C, USA).

### Rheological measurement

Bohlin CVO-R controlled stress rheometer (Bohlin Instruments, Gloucestershire, UK) was used for dynamic rheological measurements at 25±0.01°C (plate-to-plate geometry: 40 mm diameter; 0.105 mm gap). 2.0 ml of emulsion was attentively placed on the rheometer plate.

A thin layer of silicone oil was applied to the exposed surface of the sample to avoid evaporation during the measurement, once the plate made contact with the sample. Elastic ( $G'$ ) and viscous ( $G''$ ) behaviour were determined against frequency. Frequency sweep tests (1Pa stress value at 25°C) was conducted within a linear viscoelastic region from 0.01 to 10 Hz frequency range. The experimental data was collected using Reowin Pro Data Manager Version 2.64, a data analysis program.

### DSC Analysis of Heating and Cooling Thermogram

Differential scanning calorimetry (DSC) was utilized to investigate the melting and cooling profiles of both control and OHO using a Perkin-Elmer DSC 6 equipped with Pyris software (Perkin-Elmer Inc., Wellesley, USA). Pure indium was used to calibrate DSC, and a baseline was established using an empty open aluminium pan. Nitrogen was utilized as the purge gas, flowing at a rate of 40 ml/min. Oil samples, weighing between 5-10 mg, were put in aluminium pans and sealed. The aluminium pan which was an empty, hermetically sealed utilized as the reference. To eliminate any prior thermal history, the sample was heated to 80°C in the DSC instrument and maintained at this temperature for 10 minutes. It was then cooled to -60°C at a rate of 5°C/min and held at this temperature for 10 minutes. Following this, the sample was heated up to 80°C (heating rate: 5°C/min). The onset ( $T_{on}$ ) and offset ( $T_{off}$ ) temperatures, as well as the enthalpy ( $\Delta H$ ) related to melting were detected from the DSC thermogram.

### Statistical Analysis

Statistical analysis was conducted using SPSS Statistics 16.0, version 2.0 (2006) (SPSS Inc., Chicago). Analysis of variance (ANOVA) was used to evaluate the experimental results. In order to determine statistically significant differences between the data sets, The Duncan multiple range test was applied. Differences were evaluated that there were a significant level at the  $p < 0.05$ .

## RESULTS and DISCUSSION

### Emulsifying Properties

The study investigated the emulsifying properties of emulsions containing control and OHO and stabilized with WPI. An ultrasound disintegrator (15 amplitudes for 30 seconds) was employed for emulsion preparation. As suggested by prior research [13], severe intensity ultrasonic waves were utilized to eliminate any droplets which is flocculated in the emulsions.

EAI and ESI were measured over an extended period (approximately 10 days) to observe droplet behaviour in the emulsion. For control emulsion, EAI was 917 m<sup>2</sup>/mg, while for OHO containing emulsions for 1, 5, 30, 60, 180, and 360 min, EAI values were 893, 880, 812, 791, 616, and 177 m<sup>2</sup>/mg, respectively. Figure 1 indicates the EAI of the control (HO) emulsion was similar with the emulsions containing OHO1 and OHO5. However, EAI values for the other emulsions containing OHO30,

OHO60, OHO180, and OHO360 were reduced with ozone application time. The result was revealed that a negative impact of ozone application on EAI ( $p < 0.05$ ). The adverse effect of ozone on EAI was more apparent emulsions including OHO360. As the ozone application time increased, it was noticed that the pH of the emulsions changed. The emulsions were prepared with buffer solution (pH: 7.0). pH value of the emulsion containing HO was measured as 6.80. The pH values of emulsions containing OHO were 6.75, 6.00, 5.22, 4.86, 3.00, and 2.25 for 1, 5, 30, 60, 180, and 360 min ozone application. This might be due to pH variation influenced

the solubility of WPI in the emulsions. WPI is a protein mixture and contains a high amount of  $\beta$ -lactoglobulin. Previous research [14] proposed that the reduction in  $\beta$ -lactoglobulin adsorption at low pH was due to structural changes in the molecule, reducing its flexibility and, consequently, its emulsifying characteristics. The pH of the solution also impacts the net charge distribution of proteins, affecting their solubility. Generally, a decrease in protein solubility has a negative impact on functionality. Some researchers stated that the protein showed the lowest solubility near its isoelectric point (pI) [15, 16].

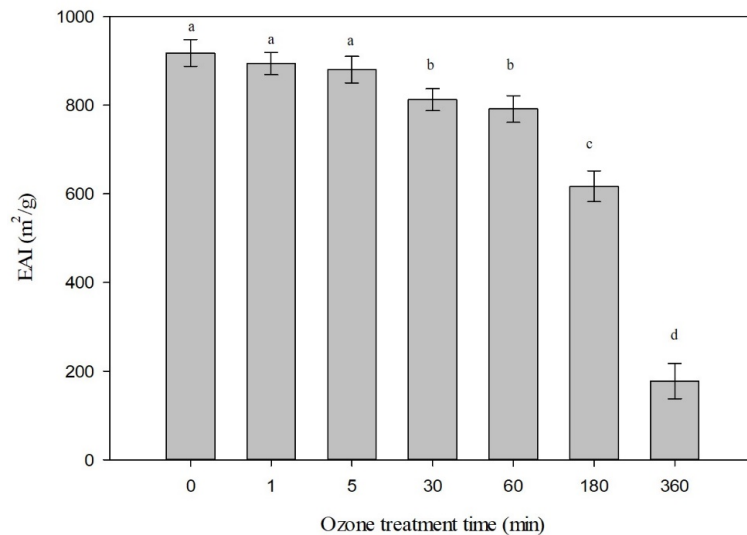


Figure 1. EAI of emulsions prepared with HO and OHO. (Abbreviations: HO; control hazelnut oil, OHO; ozone applied hazelnut oil at different times (1, 5, 30, 60, 180 and 360 min).

The oxidative interaction of ozone on proteins affects their structural characteristics. Especially, this interaction negatively impacting on their nutritional value (loss of key amino acids), charge, enzyme activity, and structure (exposure of lipophilic groups, alterations in secondary structure, and disulfide groups). Additionally, the

functional properties of proteins had been affected by ozone application. It was also observed that the lowest solubility did not occur at the isoelectric point of  $\beta$ -lactoglobulin. This could be due to whey proteins contains a mixture of some proteins such as  $\beta$ -lactoglobulin,  $\alpha$ -lactalbumin serum albumin [17].

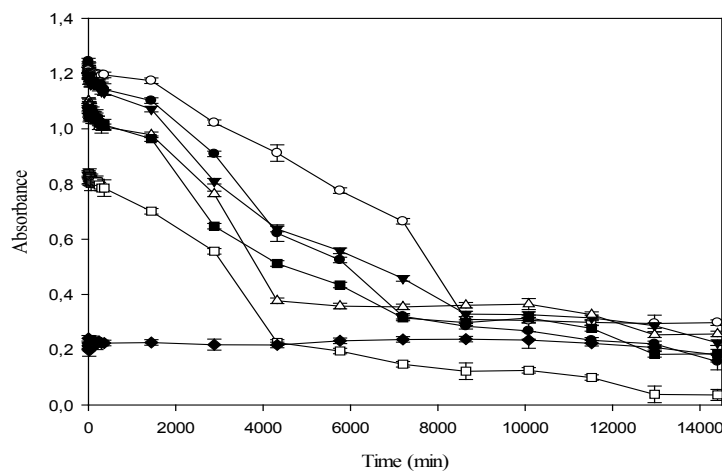


Figure 2. ESI of emulsions prepared with HO and OHO. (●; HO; ○; OHO1, ▼; OHO5, Δ; OHO30, ■; OHO60, □; OHO180, ◆; OHO360. Abbreviations: HO; control hazelnut oil, OHO; ozone applied hazelnut oil at different times (1, 5, 30, 60, 180 and 360 min).

The changes in absorbance of emulsions prepared with control and OHO were utilized to calculate the ESI. As depicted in Figure 2, the ESI of ozone applied samples rapidly decreased within the first 4000-6000 minutes, followed by a gradual slowdown approaching a plateau value. Figure 2 indicates a significant impact of ozone application on ESI ( $p < 0.05$ ). Notably, as the ozone application duration increased, ESI experienced a more pronounced decline. Significant drops in ESI were determined after ozone applications for 30, 60, and 180 min. As reported earlier [18], the pH values of emulsions made with ozone applied oils decreased with increasing ozonation duration. The emulsions showed the lowest stability near the isoelectric point of WPI, which has an isoelectric value around pH 5 [18]. This phenomenon is associated with a minimal net charge, leading to reduced electrostatic and steric repulsions, causing flocculation and creaming extensively,

accelerating emulsion destabilization [18]. The stability of the emulsion including OHO360 exhibited slow alterations over time. This could be attributed to the increase in oil sample viscosity with the duration of ozone application. The rise in viscosity over ozone application time is explained by ozone oxidizing unsaturated fatty acids in the oil, leading to a reduction in the proportion of unsaturated fatty acids and an increment in saturated fatty acids. The viscosity of ozonated oils increases with the ratio of saturated fatty acid to unsaturated ones, and the most substantial increase in viscosity was observed after 360 min of ozone application. Consequently, it can be argued that as oil viscosity increased, the movement of oil droplets in the emulsion decelerated. Previous researchers [19] have mentioned that an increment in the viscosity of the continuous phase can delay the gravitational separation of emulsions.

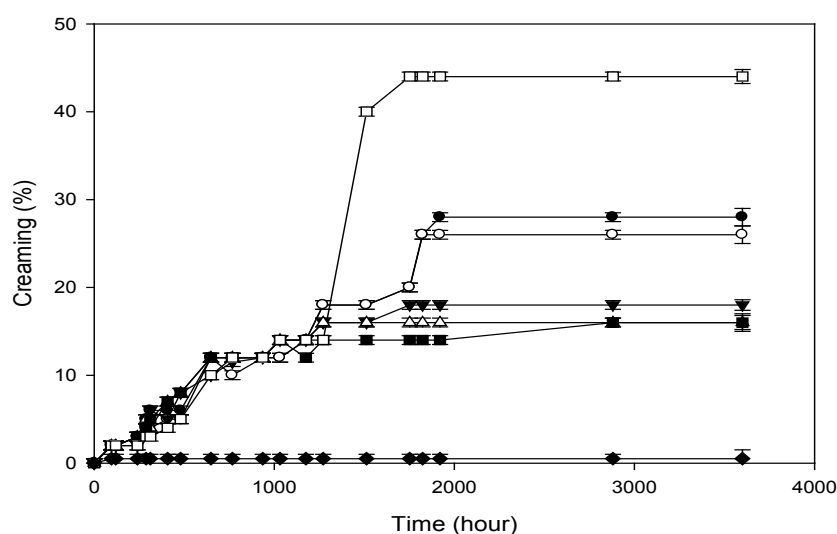


Figure 3. Creaming behaviour of emulsions prepared with HO and OHO. (●; HO; ○; OHO1, ▼; OHO5, △; OHO30, ■; OHO60, □; OHO180, ◆; OHO360. Abbreviations: HO; control hazelnut oil, OHO; ozone applied hazelnut oil at different times (1, 5, 30, 60, 180 and 360 min).

Figure 3 illustrates the creaming behaviour of control emulsion and made with OHO. The duration of ozone application had a significant impact on the creaming behaviour of the samples ( $p < 0.05$ ). Creaming, the migration of droplets to upward due to their lower density than the surrounding liquid, progressed prominently for approximately 75 days, after which it decelerated and reached a plateau value except the including OHO360. Emulsions including OHO 5, OHO30, and OHO60 exhibited comparable creaming behaviours. While control emulsion showed 24% creaming after 75 days of storage, emulsions including OHO1, OHO5, OHO30, OHO60 and OHO180 exhibited 23%, 20%, 18%, 16%, and 44% creaming, respectively. Consequently, the creaming ratio of the emulsion including short-term ozone applied oils was found to be slower than the creaming behaviour of the control, whereas, the creaming ratio of the emulsion made with OHO180 increased dramatically. This may be due to a variation in the pH of emulsions including ozone applied oils. The acid value of the hazelnut oil increased after ozone application, leading to a decrease

in the pH of the emulsions depending on the ozone application period. pH of the emulsion containing OHO180 was 3.35. Previous studies have shown that pH affects the physical stability of emulsions, with emulsion stability studies indicating fast creaming and droplet aggregations at low pH values (pH: 3) [20]. The creaming in emulsion containing OHO360 was not observed. Due to the increment in viscosity and acid value of the oil after 360 min of ozone application, there might be insufficient interaction between the oil droplets and continuous solution of the emulsion system. It can be inferred that the lack of noticeable creaming after 360 min of ozone application was due to a significant increase in oil viscosity.

### Polarised Light Microscope (PLM)

Polarized light microscopy at 40x magnification was utilized to capture images of control and emulsions including OHO to discern any microstructural disparities between the emulsions. In figure 4A, a well-formed

structure of generally small and well-isolated spherical oil droplets was observed in the emulsion made with control. In figure 4 B, C and D, the similar results were obtained with control emulsion. As seen in these figures (Figures 4 B, C and D), spherical, small, well-formed droplets were observed in the emulsions including OHO1, OHO5, OHO30. The limited packing volume of emulsion droplets, coupled with electrostatic repulsion between protein molecules at the interface, prevented droplet flocculation, resulting in a well-stabilized emulsion in liquid form. However, optical microscope observations revealed extensive droplet flocculation in emulsions containing oil exposed to ozone for prolonged periods. The size of emulsion oil droplets increased as the duration of ozone application lengthened. Specifically, in figures 4E, F and G, the microscopic measurements of emulsion microstructure verified extensive flocculation of droplet in emulsions including OHO 60, OHO180 and OHO360.

The results showed that protein-coated droplets at the isoelectric point is more susceptible to formation of flocculated droplets. Consequently, aggregated droplets have been formed from insufficient electrostatic repulsion between droplets. Furthermore, as the ozone application period increased, the pH of the emulsions reduced. The distribution of size of the emulsion droplets moved to larger sizes with increasing ozone application time, as depicted in Figure 4E, F and G, due to a decrease in emulsion pH. Near the isoelectric point, electrostatic repulsion between oil droplets has reduced result in droplet aggregation was further facilitated. Ultimately, the microstructure of the emulsion including OHO360 appeared as coarse droplets (Figure 4 G). Despite the presence of coarse droplets, the creaming ratio was observed at a low level due to an increment in the viscosity of OHO360. As the viscosity of the emulsion increases, the motion of the oil droplets slows down, contributing to increase in the emulsion stability [21].

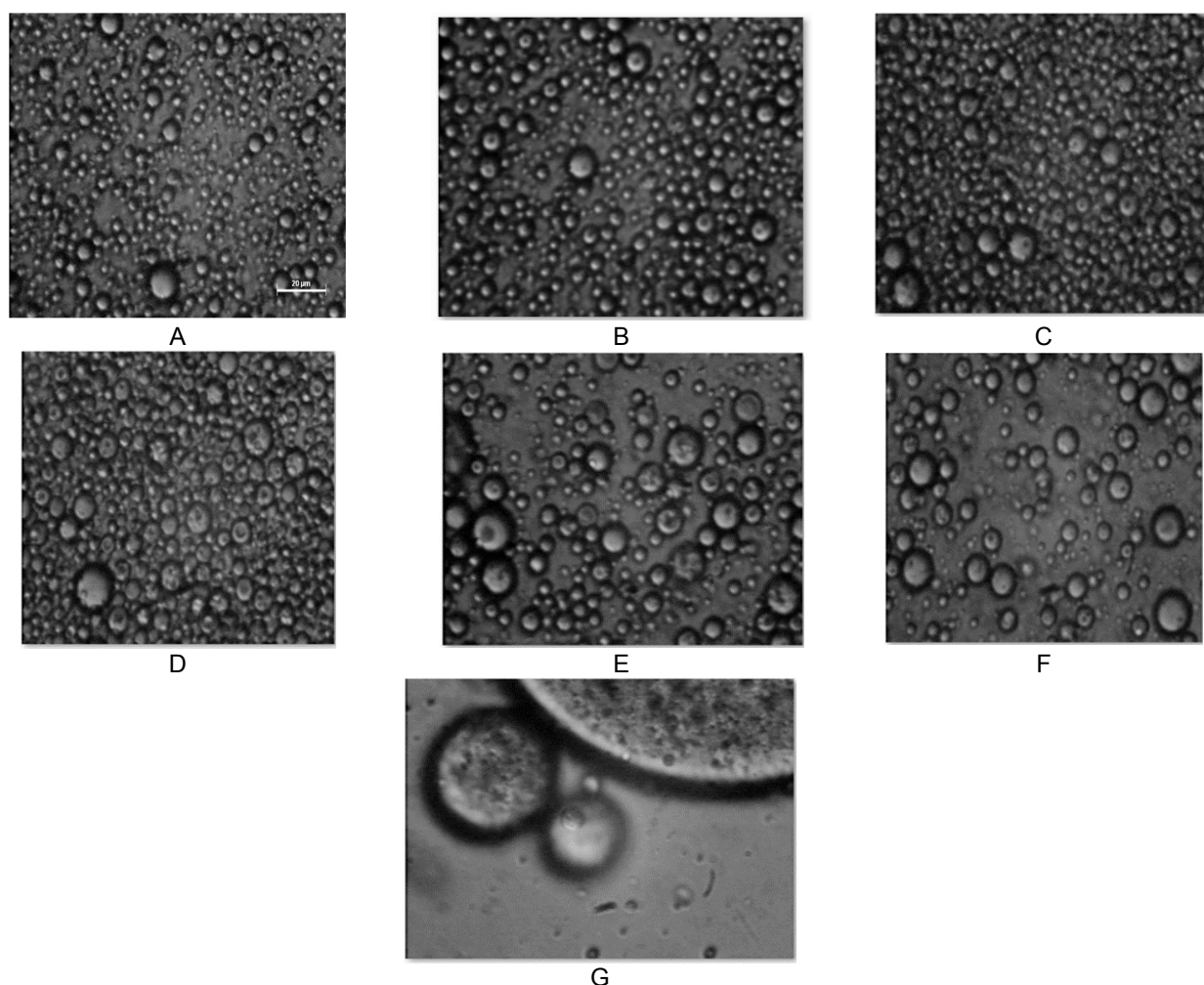


Figure 4. Polarized light micrographs of emulsions prepared with HO and OHO. (HO: control hazelnut oil; OHO: ozone applied hazelnut oil for 1, 5, 30, 60, 180, and 360 min.) A: HO; B: OHO1; C: OHO5; D: OHO30; E: OHO60; F: OHO180; and G: OHO360. Scale bar = 20 $\mu$ m.

### Rheological Properties of Emulsions

The mechanical spectra of emulsions made with control and OHO are illustrated in Figure 5. In this context,  $G'$  represents the energy stored in an oscillation cycle, while

$G''$  reflects energy scattered as viscous flow in an oscillation cycle [22]. At low frequencies, it is observed that the loss modulus ( $G''$ ) exceeded the storage modulus ( $G'$ ). The meaning of this the sample showed a more fluid similar behaviour (Figure 5). Depending on the ozone

application time, the crossing between  $G''$  and  $G'$  curves occurred at distinct frequency ranges. For instance, the crossing between the  $G''$  and  $G'$  curves of the control emulsion was observed at 7.88 Hz, while the crossing for an emulsion including OHO360 was seen at 2.39 Hz. For emulsions including OHO1, OHO5, OHO30, OHO60, OHO180 and OHO360, the crossing frequencies were altered to 3.85, 4.89, 3.85, 3.03, and 2.39 Hz, respectively. The shift of the crossover towards lower frequencies could be associated with an increase in the ozone application time, and emulsions including OHO showed a more similar solid behaviour with a rise in the ozone application period. The similar solid behaviour was observed at upward frequencies than the crossing frequency, where  $G'$  exceeded  $G''$ . This representation of the mechanical spectrum, [23] is characteristic of viscoelastic fluids. Another crucial parameter to consider is the loss tangent, expressed as  $\tan \delta = G''/G'$  [18]. The behaviour of phase angle ( $\tan \delta$ ) with time is also characteristic of a viscoelastic liquid at short times (around  $90^\circ$ ) and reaches a value characteristic of an elastic solid (near  $0^\circ$ ) at larger times [24]. Our findings indicated that, at shorter durations, the phase angle of all emulsions was around  $90^\circ$ . Accordingly, it was determined that all emulsions made with both control and OHO exhibited viscoelastic liquid behaviour.

## DSC Heating and Cooling Thermogram

Heating thermograms of vegetable oils are often more intricate during the heating process than during cooling due to the overlapping of numerous polymorphic crystal melting events [25]. The thermograms of control heating at  $-5.6^\circ\text{C}$  exhibited a distinct endothermic peak, as depicted in Figure 6. The melting point of hazelnut oil was reported to be  $-6.1^\circ\text{C}$  in previous DSC reports [26]. According to earlier studies [25], the heating thermogram of hazelnut oil shows either a single melting peak or an extensive endothermic incident with four overlapped peaks, corresponding to triacylglycerol (TAG) melting [27]. The hazelnut oil heating thermograms exhibited noticeable changes, particularly after 30 min of ozone application. Endothermic peaks shifted slightly towards lower temperatures. After 30 min of ozone application, the melting curve of hazelnut oil widened and became less distinct. Following exposure to ozone for 180 and 360 min, the melting curves either disappeared or became less pronounced. Previous studies suggested that the significant increase in free fatty acids and lipid oxidative products may have hindered TAG crystallization, resulting to the formation of noticeable and less stable crystal polymorphic forms compared to those of control [28]. These mixed crystals, composed of TAG and molecules resulting from oxidative changes (monoacylglycerols, diacylglycerols, free fatty acids, primary and secondary oxidation products), likely melted at a lower temperature due to their decreased stability.

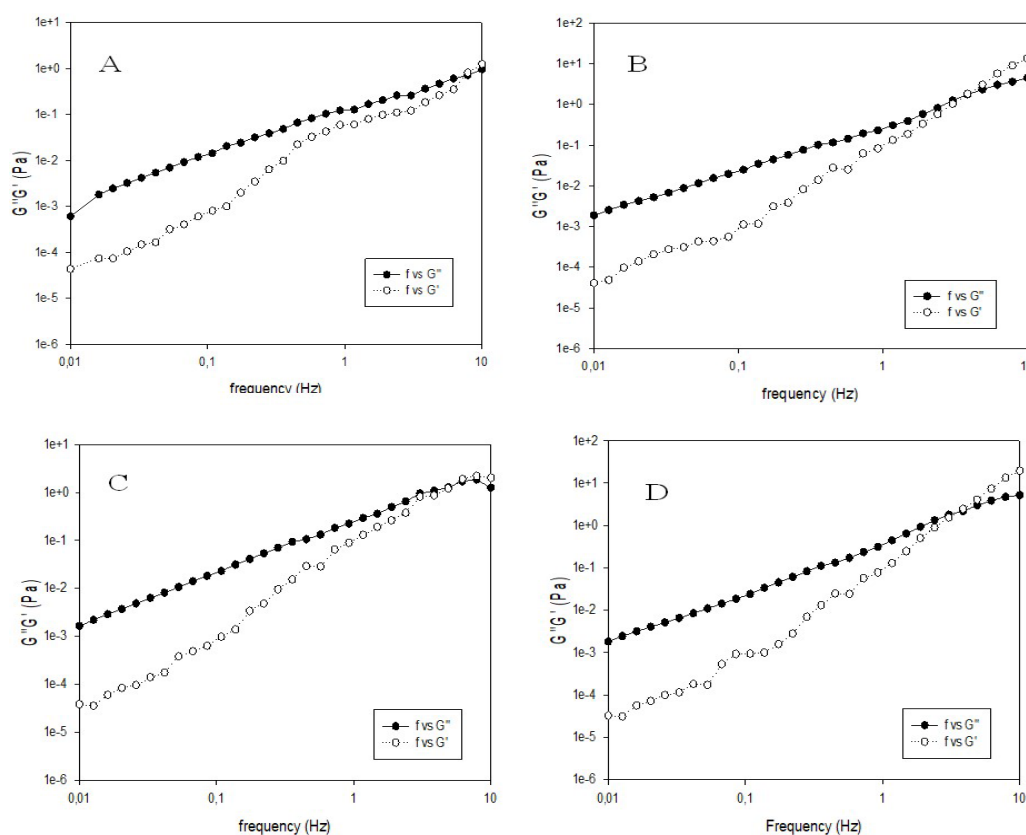


Figure 5. Viscoelastic moduli for emulsions prepared with HO and OHO. (HO: control hazelnut oil; OHO: ozone applied HO for 1, 5, 30, 60, 180, and 360 min) A: HO; B: OHO1; C: OHO5; D: OHO30; E: OHO60; F: OHO180; and G: OHO360.)



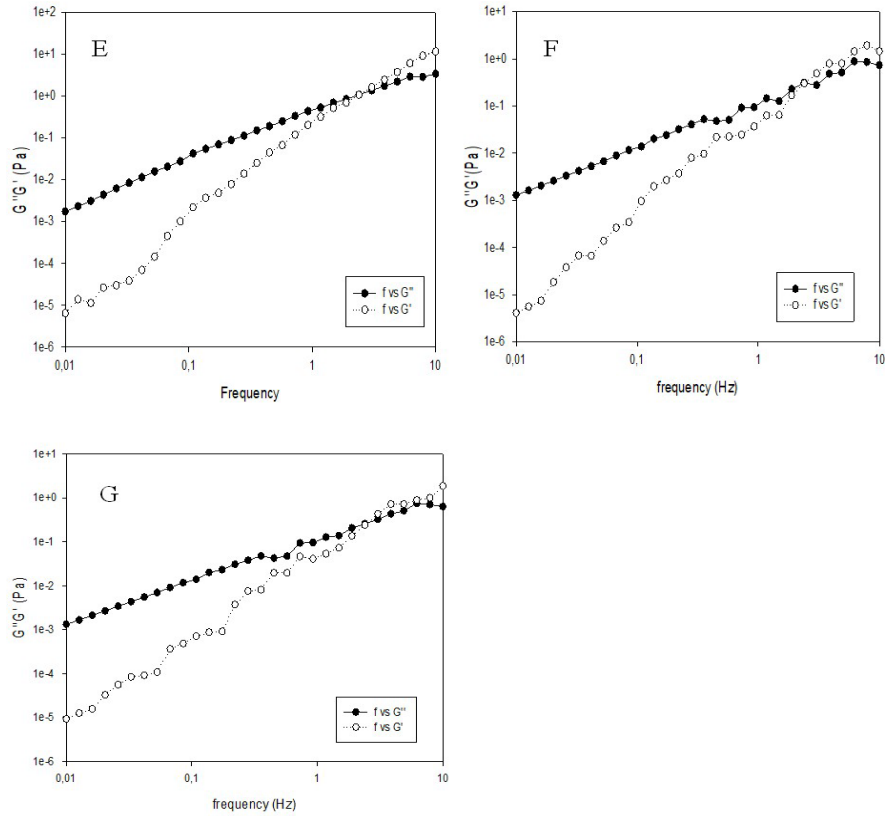


Figure 5. Viscoelastic moduli for emulsions prepared with HO and OHO. (HO: control hazelnut oil; OHO: ozone applied HO for 1, 5, 30, 60, 180, and 360 min) A: HO; B: OHO1; C: OHO5; D: OHO30; E: OHO60; F: OHO180; and G: OHO360.) (Continuous)

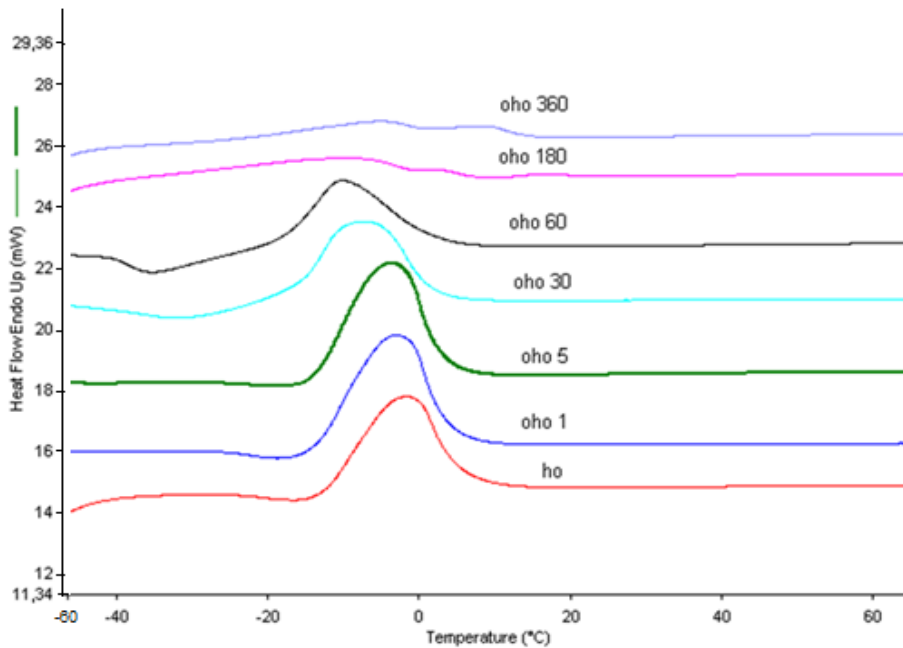


Figure 6. Representative DSC heating thermogram of HO and OHO (Control hazelnut oil; HO, ozone applied hazelnut oil for 1, 5, 30, 60, 180 and 360 min; OHO1, OHO5, OHO30, OHO60, OHO180, OHO360).

Table 1. DSC data obtained from the heating thermograms of control and OHO<sup>a</sup>

| Ozone treatment time (min) | $T_{on}$ (°C)           | $T_{off}$ (°C)        | $\Delta H$ (J/g)       | Peak height (mW)      | Range (°C)             |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| control                    | -12.45±0.3 <sup>a</sup> | 5.14±0.5 <sup>a</sup> | 58.28±0.1 <sup>a</sup> | 3.16±0.3 <sup>a</sup> | 17.59±0.2 <sup>a</sup> |
| 1                          | -13.22±0.4 <sup>b</sup> | 3.60±0.4 <sup>b</sup> | 57.79±0.3 <sup>b</sup> | 3.68±0.2 <sup>b</sup> | 16.82±0.4 <sup>b</sup> |
| 5                          | -13.51±0.3 <sup>b</sup> | 2.91±0.4 <sup>c</sup> | 56.83±0.8 <sup>c</sup> | 3.79±0.2 <sup>b</sup> | 16.42±0.5 <sup>b</sup> |
| 30                         | -16.67±0.1 <sup>c</sup> | 1.94±0.3 <sup>d</sup> | 50.31±1.2 <sup>d</sup> | 2.74±0.4 <sup>c</sup> | 18.61±0.9 <sup>c</sup> |
| 60                         | -18.72±0.5 <sup>d</sup> | 2.02±0.4 <sup>d</sup> | 42.49±0.7 <sup>e</sup> | 2.34±0.5 <sup>c</sup> | 20.74±0.7 <sup>d</sup> |
| 180                        | -20.82±0.2 <sup>e</sup> | 0.90±0.2 <sup>e</sup> | 42.90±0.5 <sup>e</sup> | 1.03±0.7 <sup>d</sup> | 31.72±0.5 <sup>e</sup> |
| 360                        | -24.16±0.1 <sup>f</sup> | 0.65±0.1 <sup>f</sup> | 33.48±0.7 <sup>f</sup> | 0.66±0.3 <sup>e</sup> | 37.81±0.8 <sup>f</sup> |

<sup>a</sup>Same letters within each column do not significantly different ( $p < 0.05$ ).  $T_{on}$ : onset temperature of melting,  $T_{off}$ : offset temperature of melting,  $\Delta H$ : enthalpy of melting.

Table 1 presented the thermal properties of control and OHO samples. With an increase in the duration of ozone application, the enthalpy of the heating transition decreased. After 360 min of ozone application, the smallest enthalpy of transition was observed (Fig. 6). This phenomenon is likely a result of the heterogeneous structure of triacylglycerol (TAG) crystals forming due to a remarkable increase in oxidative products during the ozone application procedure. As the ozone application duration increased, the onset ( $T_{on}$ ) and offset ( $T_{off}$ ) temperatures moved towards lower values. Additionally, the main endothermic peak widened, leading to an increase in the range of transition temperatures for 180 and 360 min of ozone application.

During the cooling phase, hazelnut oil crystallized, resulting in an exothermic phase change observed in Figure 6 for both control and OHO. The cooling thermogram of control resembled those from earlier studies on the oils [25]. An exothermic peak at

approximately -37°C, associated with the triunsaturated TAG crystallization, and a small peak at approximately -15°C, linked to the disaturated TAG crystallization, were evident in the cooling profile of control [25]; [27]. Ozone application altered the cooling profiles related with the exothermic peaks, especially the main peak, which broadened over a wider temperature interval and exhibited a decrease in height of peak with increasing ozone application durations. The small peak had less distinct as the ozone application period increased. Previous research on the cooling profiles of vegetable oils after deep frying, conventional, and microwave heating methods reported a reduction in the height peak related to crystallization, broadening, and a shift to lower temperatures [29]. These changes were associated with an increase in lipid oxidative products and molecules from TAG lysis, such as free fatty acids, monoacylglycerols, and diacylglycerols, potentially hindering TAG molecule alignment for crystal formation [25, 29].

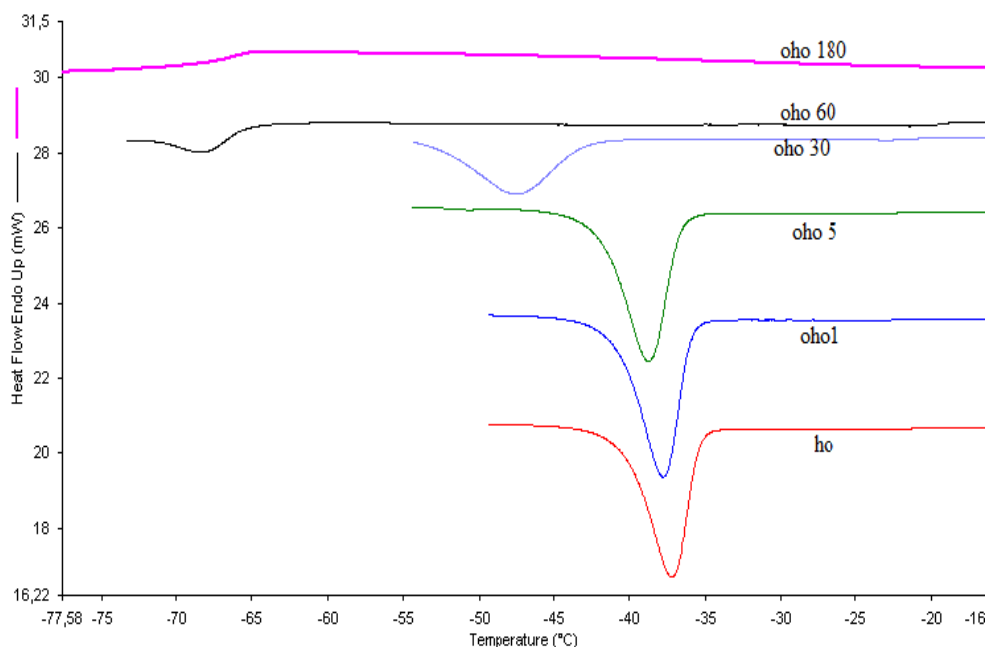


Figure 7. Representative DSC cooling thermogram of HO and OHO. (HO: control hazelnut oil; OHO, ozone applied hazelnut oil for 1, 5, 30, 60, 180 and 360 min; OHO1, OHO5, OHO30, OHO60, OHO180, OHO360).

Figure 7 illustrates a prominent exothermic peak of control at -37°C, with a smaller distinct shoulder peak at -22°C. With ozone application, the strong exothermic crystallization shifted to lower temperatures, becoming

wider and lower as application time increased. Upon completion of the ozone application, the tiny peak became less visible and eventually disappeared.

Table 2. DSC data obtained from the cooling thermograms of control and OHO<sup>a</sup>.

| Ozone treatment time (min) | $T_{on}$ (°C)           | $T_{off}$ (°C)          | $\Delta H$ (J/g)        | Peak height (mW)       | Range (°C)            |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| control                    | -35.40±0.3 <sup>a</sup> | -40.14±0.5 <sup>a</sup> | -48.28±0.1 <sup>a</sup> | -3.91±0.3 <sup>a</sup> | 4.74±0.2 <sup>a</sup> |
| 1                          | -35.95±0.4 <sup>b</sup> | -40.74±0.4 <sup>b</sup> | -47.43±0.3 <sup>b</sup> | -4.16±0.2 <sup>b</sup> | 4.79±0.4 <sup>b</sup> |
| 5                          | -36.68±0.3 <sup>b</sup> | -41.83±0.4 <sup>c</sup> | -42.98±0.8 <sup>c</sup> | -3.88±0.2 <sup>b</sup> | 5.15±0.5 <sup>b</sup> |
| 30                         | -43.06±0.1 <sup>c</sup> | -52.64±0.3 <sup>d</sup> | -25.99±1.2 <sup>d</sup> | -1.42±0.4 <sup>c</sup> | 9.58±0.9 <sup>c</sup> |
| 60                         | -65.65±0.5 <sup>d</sup> | -71.34±0.4 <sup>d</sup> | -11.18±0.7 <sup>e</sup> | -0.59±0.5 <sup>c</sup> | 5.69±0.7 <sup>d</sup> |
| 180                        | -----                   | -----                   | -----                   | -----                  | -----                 |

<sup>a</sup> Same letters within each column do not significantly different ( $p < 0.05$ ).  $T_{on}$ : onset temperature of crystallization,  $T_{off}$ : offset temperature of crystallization,  $\Delta H$ : enthalpy of crystallization.

Table 2 presents the thermal parameters of control and OHO, including peak enthalpy, beginning and final crystallization temperatures, transition range, and height of peak obtained by thermogram related with cooling. Following ozone application, oxidative products (dimers, polymers, hydroperoxides, and aldehydes) are generated in the hazelnut oil. The melting range of the oil containing free fatty acids and oxidation products tends to shift to a lower temperature, as previously reported [28]. The crystallization enthalpy of hazelnut oil decreased as the ozone application period increased. Due to longer ozone application times, a significant drop in peak enthalpy of OHO30 and OHO60 was seen. Additionally, the crystallization peaks of OHO180 and OHO360 could not be observed, and the crystallization enthalpy could not be determined. In contrast, a minor drop in enthalpy of OHO1 and OHO5 revealed related with the crystallization indicating that less time ozone application could not significantly alter the formation of the crystallization. Previous research on cooling thermograms of thermooxidized oils also found a reduction in crystallization enthalpy, potentially related to triacylglycerol (TAG) partial lysis and the generation of breakdown products (e.g., free fatty acids, monoacylglycerols, diacylglycerols, oxidized TAG) [25]. Crystallization onset ( $T_{on}$ ) and offset ( $T_{off}$ ) temperatures moved significantly lower after 1min ozone application, while the moving in temperatures of the crystallization happened more noticeable after 30 min. The change in crystallization peak temperature and decrease in enthalpy related with crystallization might be attributed to TAG depletion, an increase in amount of free fatty acid, and an increment in viscosity.

## CONCLUSION

The using of ozonated hazelnut oil in the emulsion preparation affects the functional and rheological properties of emulsions. The EAI of the emulsion containing control was higher than that of the ozone applied emulsions. The application of ozone had a negative impact on EAI. Furthermore, as the ozone application time increased, ESI suffered more significantly. Additionally, the creaming ratios of the emulsions made with less time ozone applied hazelnut oils were delayed compared to the creaming ratio of the emulsion prepared with control. The optical microscope results clearly indicated substantial droplet flocculation in emulsions containing OHO with an extended application time. Rheological research revealed that emulsions including OHO showed more solid like behaviour with ozone application time prolonged. The strong exothermic

peak related with the crystallization shifted to lower temperatures during the ozone application process, and happened broader and smaller as the application duration extended. The melting curves became less visible or disappeared after 180 and 360 min of ozone application, respectively. Our findings obtained from the study represent valuable results related with the effects of ozone on food components and on functional and rheological properties of food components.

**Author Contributions:** H.U.K.: Formal analysis, investigation, methodology, writing-original draft. E.İ.: Supervision, conceptualization, methodology, writing-reviewing and editing, modelling. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

**Ethics statement:** No human or animal subjects were used in this research.

## REFERENCES

- [1] O'Donnell, C., Tiwari, B.K., Cullen, P.J., Rice, R.G. (2012). Ozone in Food Processing, firsted. Wiley-Blackwell, West Sussex. In C. O'Donnell, B. K. Tiwari, P. J. Cullen and R. G. Rice (Eds.), Ozone in Food Processing. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 312p.
- [2] Gücüköğlü, A., Küplülü, Ö. (2005). Su ve Gıda Güvenliğinin Sağlanmasında Ozon Kullanımı. *Akademik Gıda*, 3(5), 5-9.
- [3] İbanoğlu, Ş. (2023). Chapter Three - Applications of ozonation in the food industry, Jafari, S. M., Therdthai, N., (Eds.), In A volume in Unit Operations and Processing Equipment in the Food Industry, Non-thermal Food Processing Operations, Woodhead Publishing, 55-91.
- [4] Greene, A.K., Smith, G.W., Knight, C.S. (1999). Ozone in dairy chilling water systems: Effect on metal materials. *International Journal Dairy Technology*, 52(4), 126–128.
- [5] Rice, R.G., Robson, C.M., Miller, G.W., Hill, A.G. (1981). Uses of ozone in drinking water treatment. *Journal American Water Works Association*, 73(1), 44–57.
- [6] Yang, P.P.W., Chen, T.C. (1979). Effects of ozone treatment on microflora of poultry meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 3, 177–185.

- [7] Chen, R., Maa, F., Li, P., Zhang, W., Ding, X., Zhang, Q., Li, M., Wanga, Y., Xu, B. (2014). Effect of ozone on aflatoxins detoxification and nutritional quality of peanuts. *Food Chemistry*, 146, 284–288.
- [8] Zanardi, I., Travagli, V., Gabbrielli, A., Chiasserini, L., Bocci, V. (2008). Physico-chemical characterisation of sesame oil derivatives. *Lipids*, 43, 877–886.
- [9] Criegee, R. (1975). Mechanism of Ozonolysis. *Angewandte Chemie International Edition*, 14, 745–752.
- [10] Karka, H.U. (2018). Effect of ozone treatment on quality parameters and structure of vegetable oils. Doktora Tezi. Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği, Gaziantep.
- [11] Pearce, K.N., Kinsela, J.E. (1978). Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 26, 716-723.
- [12] Anton, M., Beaumal, V., Gandemer, G. (2000). Adsorption at the oil water interface and emulsifying properties of native granules from egg yolk: effect of aggregated state. *Food Hydrocolloids*, 14, 327–335.
- [13] Pongsawatmanit, R., Harnsilawat, T., and McClements, D.J. (2006). Influence of alginate, pH and ultrasound treatment on palm oil-in-water emulsions stabilized by [beta]-lactoglobulin. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 287(1–3): 59–67.
- [14] Shimizu, M., Saito, M., Yamauchi, K. (1981). Hydrophobicity and Emulsifying Activity of Milk Proteins. *Agricultural and Biological Chemistry*, 50, 791–792.
- [15] Vojdani, F. (1996). Solubility. In G. M. Hall (Ed.), *Methods of testing protein functionality*. London: Blackie Academic and Professional, 11-60 p.
- [16] Zhang, X., Qi, B., Xie, F., Hu, M., Sun, Y., Han, L., Li, L., Zhang, S., Li, Y. (2021). Emulsion stability and dilatational rheological properties of soy/whey protein isolate complexes at the oil-water interface: Influence of pH, *Food Hydrocolloids*, 113, 106391.
- [17] Xiang, L., Melton, L., Leung, K.H. (2019). Interactions of  $\beta$ -Lactoglobulin With Small Molecules. Varelis, P., Melton,
- [18] L., Shahidi, F. (Eds.). *Encyclopedia of Food Chemistry*. Vol. 2. Elsevier. 560–565.
- [19] Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (1998). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. London: Blackie Academic and Professional. 146–237.
- [20] Guzey D., McClements D.J. (2006). Formation, stability and properties of multilayer emulsions for application in the food industry. *Advances in Colloid and Interface Science*, 128, 227–248.
- [21] Demetriades, K., Coupland J., McClements, D.J. (1997). Physical properties of whey protein stabilized emulsions as related to pH and NaCl. *Journal of Food Science*, 62, 342-347.
- [22] Dickinson, E. (1998). Stability and rheological implications of electrostatic milk protein-polysaccharide interactions. *Trends in Food Science and Technology*, 9,347–354.
- [23] Tadros, T. (2004). Application of rheology for assessment and prediction of the long-term physical stability of emulsions. *Advances in Colloid and Interface Science*,108-109, 227-258.
- [24] Steffe J. F. (1996). *Rheological methods in food process engineering* (2nd ed.). Freeman Press.
- [25] Valdez, M.A., Acedo-Carrillo, J.I., Rosas-Durazo, A., Lizardi, J., Rinaudo, M., Goycoolea, F.M. (2006). Small deformation rheology of mesquitegum stabilized oil in water emulsions. *Carbohydrate Polymers*, 64, 205-211.
- [26] Tan, C.P., Che Man, Y.B. (2000). Differential Scanning Calorimetric Analysis of Edible Oils: Comparison of Thermal Properties and Chemical Composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77, 143–155.
- [27] Xu, Y.X., Hanna, M.A., Josiah, S.J. (2007). Hybrid hazelnut oil characteristics and its potential oleochemical application. *Industrial Crops and Products*, 26, 69-76.
- [28] Tan, C.P., Che Man, Y.B. (2002). Recent developments in differential scanning calorimetry for assessing oxidative deterioration of vegetable oils. *Trends in Food Science and Technology*, 13, 312–318.
- [29] Che Man, Y.B., Swe, P.Z. (1995). Thermal analysis of failed-batch palm oil by differential scanning calorimetry. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72, 1529-1532.
- [30] Vittadini, E., Lee, J.H., Frega, N.G., Min, D.B., Vodovotza, Y. (2003). DSC Determination of Thermally Oxidized Olive Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80, 533-537.

## Farklı Yöntemlerle Paketlenmiş Dilimli Kuzu Kokoreçlerin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Orhan Özünü  ✉, Haluk Ergezer , Ramazan Gökçe 

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Denizli

Geliş Tarihi (Received): 08.01.2024, Kabul Tarihi (Accepted): 28.07.2024

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): orhan1907gfb@hotmail.com.tr (O. Özünü)

☎ 0 258 296 3104 📠 0 258 296 3262

### ÖZ

Bu çalışmada, ön pişirilmiş ve dilimlenmiş kuzu kokoreçler vakum (V) ve modifiye atmosfer (%30 CO<sub>2</sub> + %70 N<sub>2</sub>) altında paketlenmiş (MAP) ve depolama boyunca (4°C, 10 gün) kokoreçlerin fizikokimyasal [pH, renk, TBARS (Thiobarbituric Acid Reactive Substances)] ve mikrobiyolojik özelliklerinde (toplam psikrofil bakteri sayımı, toplam koliform bakteri sayımı ve toplam maya-küf sayımı) meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. Kokoreçlerin nem, yağ, protein ve kül içerikleri sırasıyla %56.13, 32.45, 10.35 ve 1.07 olarak bulunmuştur. Kokoreçlerdeki pH değerinin 6.65 ile 7.26 arasında değişkenlik gösterdiği ve depolamanın ilk günü hariç diğer günlerde gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Depolama boyunca tüm örneklerin TBARS değerlerinde önemli düşüşler görülmüştür (p<0.05). Örneklerin aletsel renk değerlerinde (CIE L\*, a\*, b\*, C değeri, h açısı) önemli dalgalanmalar belirlenmiştir. Her bir analiz periyodunda, MAP kodlu örneklerde toplam psikrofil bakteri sayısı V kodlu örneklerle kıyasla yüksek bulunmuştur. Depolama boyunca tüm örneklerin toplam koliform bakteri sayılarında ve toplam maya-küf sayılarında önemli artışlar gözlenmiştir (p<0.05).

**Anahtar Kelimeler:** Kokoreç, Raf ömrü, Vakum pakitleme, Modifiye atmosfer

### Physicochemical and Microbiological Properties of Sliced Lamb Kokoreç Packaged with Different Methods

#### ABSTRACT

This study aimed to determine the effect of different packaging systems [vacuum (V) and modified atmosphere packaging (MAP) (%30 CO<sub>2</sub> + %70 N<sub>2</sub>)] on the physicochemical [pH, color and TBARS (Thiobarbituric Acid Reactive Substances)] and microbiological changes (total psychrophilic bacteria count, total coliform bacteria count and total yeast-mold count) in pre-cooked and sliced lamb kokoreç during refrigerated storage (4°C) up to days 10. The moisture (%), fat (%), protein (%) and ash (%) content of the kokoreç samples were records as 56.13%, 32.45%, 10.35% and 1.07%, respectively. The pH value in kokoreç samples ranged from 6.65 to 7.26 and there was statistically difference on the each of storage periods except for the day 1 (p<0.05). The TBARS value of the samples significantly decreased with storage time (p<0.05). There were significant fluctuations in instrumental color values (CIE L\*, a\*, b\*, C and h angle) of the packaged samples throughout storage. Each of analysis intervals, the MAP-coded sample had the highest total psychrophilic bacteria count. The total psychrophilic bacteria and total coliform bacteria count, total yeast-mold count of kokoreç samples significantly increased during storage (p<0.05).

**Keywords:** Kokoreç, Shelf life, Vacuum packaging, Modified atmosphere

## GİRİŞ

Tüm canlıların yaşamsal fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için beslenmeye ihtiyaçları vardır. Bu bağlamda, bireylerin protein, yağ ve karbonhidrat kaynaklı gıda ürünlerini belirli sınırlar çerçevesinde tüketmeleri önerilir. Yeterli ve dengeli bir beslenme için günde her bir kg vücut ağırlığı için en az 1 g ham protein tüketilmesi ve bu protein miktarının en az 1/3'ünün hayvansal kaynaklı olması önerilmiştir [1-5].

Sosyal ve kültürel değişiklikler insanların beslenme alışkanlıklarını değiştirmiştir. Sanayileşme, kentleşme, kadınların iş hayatındaki rollerinin artması, insanların zamanlarının çoğunu dışarıda geçirmesi gibi etkenlerden dolayı hazır yiyeceklerle olan talep hızla artmaktadır. Bu bağlamda, kırmızı ete alternatif olan çeşitli sakatat ürünleri tüketiminin de artmaya başladığı görülmektedir [6, 7].

Kasaplık hayvanların kesimi sonucunda elde edilen karkas dışındaki tüketilebilir iç organlar "sakatat" olarak adlandırılmaktadır. Sakatatlar genel olarak kırmızı ete göre daha az yağ, daha fazla su ve karbonhidrat içerirler. Ayrıca, sakatatların vitamin ve mineral maddeler açısından da oldukça zengin oldukları bildirilmiştir [8]. Sakatatlar, beyin, karaciğer, böbrek, kalp gibi organları ihtiva etmesine rağmen kuzu veya dana ince bağırsakları çeşitli et ürünlerin üretiminde (sosis, salam gibi et ürünlerinde) kılıf olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, kuzu veya dana ince bağırsakları başta ülkemizde olmak üzere Yunanistan, Azerbaycan, İran gibi pek çok ülkede severek tüketilen bir ürün olan kokoreç üretiminde de kullanılmaktadır.

Hammaddesi bağırsak olan kokoreç, mezenterial yağların etrafına küçükbaş veya büyükbaş hayvanların ince bağırsaklarının sarılması ile üretilen, kısmi bir ısıtma işlemi tabii tutulduktan sonra genellikle kömür ızgaralarında pişirilen, tüketici isteğine bağlı olarak baharatlı (kimyon, kekik, karabiber, kırmızı pul biber) veya baharatsız olarak tüketilebilen lezzetli bir ayaküstü atıştırmalık gıdadır [9]. Kokoreçler taze olarak tüketilebildiği gibi dondurulmuş bir şekilde de çeşitli marketlerin reyonlarında da satılmaktadır. Ancak, tat ve aroma açısından kokoreç üretiminde daha çok süt kuzusu bağırsakları tercih edilmektedir. Yine, tüketicinin isteğine bağlı olarak kokorecin iri kıyım veya ince kıyım olarak da servisi bulunmaktadır.

Kokoreç üretiminde kullanılan bağırsakların yeterince temizlenememesi, yetersiz ısıtma işlemi, uygun olmayan depolama koşulları, üretim hattından tüketim anına kadar hijyenik şartlardaki eksiklik gibi pek çok durumların halk sağlığı açısından önemli bir risk oluşturduğu bilinmektedir. Çünkü kokoreç daha çok ülkemizin büyük şehirlerinde birçok işlek caddenin yanında veya ortasında hali hazırda yasak olmasına rağmen sokak satıcıları tarafından seyyar arabalarda satılmaktadır. Gerek seyyar arabalarda gerekse de ilgili restoranlarda ve marketlerde satılan kokoreçlerin üretiminde hijyenik kaliteye ne ölçüde uyulduğuna yönelik ciddi soru işaretleri tüketicilerin zihnini meşgul etmektedir. Ülkemizin sakatat tebliğinde kokorece

yönelik herhangi bir yasal mevzuatın olmaması gıda zehirlenmelerinin artışına ve hatta ölümlerle sonuçlanabilecek ciddi vakaların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Dolayısıyla, bu durumun önüne geçebilmek için öncelikle kokoreç gibi sakatat ürünlerinin üretimine yönelik yasal bir mevzuatın hazırlanması ve hazırlanan mevzuata göre de ürünlerin Tarım ve Orman Bakanlığı'nda çalışan personellerce hem işletmelerde hem de satışı yapılan market, restoran gibi yerlerde gerekli denetimlerin yapılması gerekmektedir. Ayrıca, seyyar arabalarda satılan kuzu veya dana kokoreç satışlarının engellenmesine yönelik çeşitli caydırıcı çalışmaların yapılması büyük önem arz etmektedir [10, 11].

Bu çalışmada, kuzu kokoreçler vakum ve modifiye atmosfer altında (%30 CO<sub>2</sub> + %70 N<sub>2</sub>) paketlenerek depolama boyunca (4°C, 10 gün) kokoreçlerdeki fizikokimyasal (pH, renk, TBARS) ve mikrobiyolojik özelliklerde (toplam psikrofilik ve toplam koliform bakteri sayımı) meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Çalışmada kullanılan 4 kg ön-piştirilmiş (kömür ateşinde ve ateşe olan uzaklık 20 cm olacak şekilde 50-55 dakika ısıtma işlemi tabii tutulmuştur), dilimlenmiş (1.5 cm kalınlığında, 15 cm çapında) ve dondurulmuş kokoreç örneği yüksek yoğunluklu mavi polietilen ambalaja konulduktan sonra soğuk zincir altında polisteren köpük kutular içerisinde Akşeker Tarım Et Entegre Tesisleri A.Ş.'den (Konya, Türkiye) tarafımıza temin edilmiştir. Kuzu kokoreçlerin paketlenmesinde kullanılan ambalaj materyali Krcpack Flexibles (ABD) firmasından ve bu ürünlerin modifiye atmosferinde paketlenmesinde kullanılan gaz tüpü Denizgaz Gulf Cryo şirketinden (Bornova, İzmir) satın alınmıştır. Analizlerde kullanılacak olan tüm kimyasal maddeler Merck (Darmstadt, Almanya) ve Sigma-Aldrich (Steinheim, Almanya) firmalarından temin edilmiştir.

### Kuzu Kokoreçlerin Paketlenmesi

Akşeker Tarım Et Entegre Tesisleri A.Ş.'den temin edilen ön-piştirilmiş, dilimli kuzu kokoreçler soğuk zincir altında Pamukkale Üniversitesi'nin Et ve Et Ürünleri Laboratuvarı'na getirilmiştir. Örnekler aseptik koşullar altında ambalaj materyalinin içerisine [polietilen+poliamid+etilen vinil alkol, 65±5 µm, (oksijen geçirim oranı:<3 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/gün, 23°C, %0 nispi nem; su buharı geçirim oranı:<12 g/m<sup>2</sup>/gün, 38°C, %90 nispi nem), Krcpack Flexibles, ABD] (100 g olacak şekilde) yerleştirilerek her bir paketleme yöntemi için 20'şer paket hazırlanmıştır. Bu ambalaj materyali hem vakum hem de modifiye atmosferde paketleme sistemlerinde kullanılmıştır. Kuzu kokoreçlerin vakumla paketlenmesinde Intervac markalı (Bad Liebenzell, Almanya) vakum cihazı kullanılırken kokoreçlerin modifiye atmosferde paketlenmesinde (%30 CO<sub>2</sub> + %70 N<sub>2</sub>) ise Seles markalı (DZ-260 model, Wenzhou Xingye Machinery Equipment Co. Ltd., Pekin, Çin) modifiye atmosfer cihazı kullanılmıştır. Depolama boyunca (4°C,

10 gün) kuzu kokoreçlerin fizikokimyasal (kimyasal kompozisyon, pH, renk ve TBARS) ve mikrobiyolojik özelliklerinde (toplam psikrofilik ve toplam koliform bakteri sayısı ile birlikte toplam maya-küf canlı sayısı) meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır.

## Analizler

### Kimyasal Bileşim

Kokoreçlerdeki nem, protein ve kül miktarı AOAC [12] yöntemine göre belirlenmiştir. Kokoreç örneklerindeki yağ miktarı Flynn ve Bramblett [13] tarafından geliştirilen yöntem esas alınarak tespit edilmiştir.

### pH Değeri

Dana kokoreçlerinde pH analizi dijital pH metre kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Crison Basic 20, İspanya). Bu ölçümleri yapılabilmesi için öncelikle pH metre elektrodu uygun tampon çözeltileri (pH: 4, 7 ve 10) içerisine daldırılıp kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir.

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_0 - L^*)^2 + (a^*_0 - a^*)^2 + (b^*_0 - b^*)^2}$$

### TBARS Analizi

TBARS analizi, lipit oksidasyonunun ikincil yan ürünü olan malonaldehit miktarının tespitinde kullanılmaktadır. Kuzu kokoreçlerde malonaldehit miktarını hesaplamak TBARS analizi Ergezer ve Serdaroğlu [17]'ye göre yapılmıştır. 5 g kuzu kokoreç erlene tartılmış ve üzerine 50 mL %20'lik TCA çözeltisi ilave edilerek homojenizatörde (HG-15A WiseTis, Güney Kore) 2 dk süreyle parçalanmıştır. Karışım üzerine 50 mL su konularak 1 dk daha parçalanmış ve karışım 100 mL'lik balon jöjeye bir huniden filtre kâğıdı yardımıyla süzümüştür. Balon jöje 100 mL'ye 1:1 TCA/su çözeltisi ile tamamlanmıştır. 5 mL süzümü 100 mL'lik balon jöjeden alınıp deney tüpüne aktarılmıştır. Deney tüpünün üzerine 5 mL 0.02 M TBA çözeltisi ilave edilmiştir. Aynı şekilde 5 mL 1:1 TCA:Su ve 0.02 M TBA ile kör numune hazırlanmıştır. Tüpler karıştırılarak 35 dk. 80°C'deki su banyosunda (NB-5 Nüve, Türkiye) bekletilmiş ve sonra soğutulmuştur. Süre sonunda rengi pembeye dönen örneklerin absorbansı 532 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometre (EMC-11-UV, Duisburg, Almanya) ile ölçümüştür. Absorbans değerleri 5.2 faktörü ile çarpılarak kg üründeki oluşan mg malonaldehit miktarı hesaplanmıştır.

### Mikrobiyolojik Analiz

Vakum ve modifiye atmosfer paketlenen kuzu kokoreçlerin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla toplam psikrofilik aerobik, toplam koliform ve toplam maya-küf sayımı yapılmış olup depolama boyunca örneklerin mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. PCA (Plate Count Agar, Merck, Darmstadt, Almanya) ve PDA (Potatoes Dextrose Agar, Merck, Darmstadt, Almanya) besiyerleri 121°C'de 15 dk otoklav işleminde sonra

Daha sonra her bir et örneklerinden 10 g tartılıp küçük bir cam kavanozun içerisine yerleştirilmiş ve üzerine 90 mL saf su ilave edilerek homojenizatör (HG-15A WiseTis, Kore) yardımıyla homojenize edilmiştir [14].

### Aletsel Renk Değerleri

Vakum ve modifiye atmosferde paketlenen kuzu kokoreçlerindeki aletsel renk değerlerini belirlemek için kolorimetre cihazı (Miniscan XE Plus, ABD) kullanılmıştır. Bu ölçümlerde L\* (koyuluk-açıklık), a\* (+a\*: kırmızı, -a\*: yeşil) ve b\* (+b\*: sarı, -b\*: mavi), C ve hue açısı değerleri CIE Lab renk sistemine göre belirlenmiştir. ΔE değeri için aşağıda belirtilen formül kullanılmıştır [15]. Paketten çıkarılan yuvarlak dilimli kuzu kokoreçler cam bir petrinin içerisine yerleştirilmiştir. Ardından örnekler üzerinde 3 farklı noktadan okumaları yapılmıştır. Örneklerdeki aletsel renk değerlerinin ölçümünden önce siyah ve beyaz plakalar kullanılarak kolorimetre cihazının kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir [16].

steril petri kutularına dökümüştür. VRB (Violet Red Bile Agar, Merck, Darmstadt, Almanya) besiyeri ise mikrodalgada 2 dk boyunca kaynatıldıktan sonra steril petri kutularına dökümüştür. Her bir analiz günlerinde (0, 1, 4, 7 ve 10. günlerde), vakum ve modifiye atmosferde paketlenen kuzu kokoreçleri aseptik koşullar altında alınıp steril Stomacher poşeti (Curafos Co.) içerisine (yaklaşık 10 g) yerleştirilmiştir. Ardından örneklerin üzerine 90 mL serum fizyolojik su ilave edilip homojenizatörde (Seward Medical, London, Birleşik Krallık) homojenize edilmiş (2 dk, orta devirde) ve böylece 10<sup>-1</sup>'lik dilüsyon hazırlanmıştır. Daha sonra ise 10<sup>-1</sup> homojenizatından alınarak seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Otomatik pipet yardımıyla dilüsyonlardan alınan 100 µL'lik örnekler agarlı petri kutularına ekilmiş ve drigalski spatülü kullanılarak iki tekrar ve iki paralel olacak şekilde yayma işlemi gerçekleştirilmiştir. Toplam psikrofilik bakteri sayımı için ekimi yapılan petri kutuları 7°C'ye ayarlanmış inkübatöre (Nüve EN 500, Ankara, Türkiye) yerleştirilmiş ve burada yaklaşık 10 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır [18]. Toplam koliform bakteri ve toplam maya-küf sayımı için ise ekimi yapılan petri kutuları Mikrobiyoloji (Nüve ES 500, Ankara, Türkiye) ve Et ve Et Ürünleri İşleme Teknolojileri (Membert UNE 400, Almanya) Laboratuvarlarında bulunan inkübatörlere sırasıyla yerleştirilmiştir. Toplam koliform bakteri sayımı için örnekler 37°C'de 24-48 saat inkübasyona tabi tutulurken [19] toplam maya-küf sayımı için ise örnekler 30°C'de 4-5 gün inkübasyona [20] bırakılmıştır.

### İstatistiksel Analiz

Vakum ve modifiye atmosferde paketlenen kuzu kokoreçlerde analizler 2 tekrar, 2 paralel ve 5 farklı depolama periyodunda (0, 1, 4, 7 ve 10. günlerde) (n=20) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler SPSS istatistik programı (%95 güven seviyesinde) kullanılarak



tek yönlü varyans ve Duncan çoklu karşılaştırma testiyle değerlendirilmiş ve sonuçlar, ortalama ve standart sapma değerleriyle birlikte (ortalama±standart sapma) verilmiştir. Ayrıca, her bir analiz gününde gruplar arasında farklılığın olup olmadığı T-Testi yapılarak tespit edilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Kimyasal Bileşim

Ülkemizde sakatat ve sakatat ürünleri tebliğinde kokorece ait herhangi bir yasal mevzuatın olmaması kokoreç üretiminde kullanılacak olan yağ ve protein miktarının belli olmaması tüketiciler üzerinde ciddi soru işaretlerini beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla bu durumun önüne geçebilmek için Tarım ve Orman Bakanlığı'nın sakatat ve ürünlerine yönelik yasal bir mevzuatı hazırlayıp başta Gıda Mühendisleri olmak üzere bakanlığının bünyesinde çalışan diğer personellerle birlikte (veteriner, ziraat mühendislerinin) kokoreç üretim yerleri, restoran, lokanta, market gibi çeşitli yerlerde denetimleri yapması büyük önem arz etmektedir. Akşeker firmasından temin edilen pişirilmiş ve dilimlenmiş kuzu kokoreçlerin % nem, yağ, protein ve kül içerikleri sırasıyla %56.13, %32.45, %10.35 ve %1.07 olarak bulunmuştur.

Bilgin ve ark. [11] tarafından yapılan bir çalışmada, kuru madde cinsinden çiğ kokoreçlerdeki toplam protein, yağ ve kül içerikleri sırasıyla %14.34, 8.2 ve 1.31 olarak bulunmuştur. Farklı hayvansal yağları (kuyruk, kabuk ve iç yağı) kullanılarak üretilen dana ve kuzu kokoreçlerin toplam kül içerikleri %0.97 ile 1.48 arasında değişkenlik gösterdiği ve kabuk yağı ilave edilmiş kuzu kokorecin

(%1.48) en yüksek kül içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir [21]. Başka bir çalışmada ise, kuzu kokoreçlerin üretiminde kuyruk, iç ve kabuk yağları kullanılmış ve kuzu kokoreçlerdeki toplam yağ içeriğinin %24.04 ile 30.02 arasında değiştiği ve en yüksek yağ içeriğine ise kuyruk yağlı kuzu kokorecin (%30.02) sahip olduğu belirtilmiştir [22].

### Kuzu Kokoreçlerin pH ve TBARS Değerleri

Depolama boyunca vakum ve modifiye atmosferde paketlenen kuzu kokoreçlerin pH değerlerinde meydana gelen değişiklikler Tablo 1'de verilmiştir. Kokoreçlerdeki pH değerinin 6.65 ile 7.26 arasında değişkenlik gösterdiği ve depolamanın 1. günü hariç tüm analiz günlerinde gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Depolamanın başlangıcından depolamanın 4. gününe kadar V kodlu örneğin daha yüksek pH değerine sahip olduğu görülürken depolamanın 4. gününden sonra ise durum tersine dönmüş ve MAP kodlu örneğin daha yüksek pH değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Depolamanın 0. gününden depolamanın 1. gününe gelindiğinde V ve MAP kodlu örneklerin pH değerlerinde artışların olduğu ancak bu artışların önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ). Depolama boyunca tüm örneklerin pH değerlerinde önemli artışların olduğu ( $p<0.05$ ) ve özellikle 7. günden sonra bu artışın daha fazla olduğu gözlenmiştir (Tablo-1). pH değerlerinde meydana gelen bu artışın mikrobiyal aktiviteye bağlı olarak açığa çıkan çeşitli metabolitlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Örneklerde pH değeri depolama boyunca artış gözlenmiş olmasına rağmen bu artışın V kodlu örneklerde MAP kodlu örneklerle göre daha sınırlı kaldığı belirlenmiştir.

Tablo 1. Depolama boyunca (4°C, 10 gün) Vakum ve modifiye atmosferde paketlenen kuzu kokoreçlerin pH ve TBARS değerlerinde meydana gelen değişiklikler

**Table 1. Changes in pH and TBARS values of lamb kokoreç packaged in vacuum and modified atmosphere during storage (4°C, 10 days)**

| Örnek Grupları* | pH Değeri                                 |                         |                          |                         |                         |
|-----------------|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                 | Depolama Süresi (Gün)                     |                         |                          |                         |                         |
|                 | 0   | 1                       | 4                        | 7                       | 10                      |
| V               | 6.71±0.02 <sup>aD</sup>                   | 6.73±0.01 <sup>aD</sup> | 6.78±0.01 <sup>bC</sup>  | 6.84±0.04 <sup>bB</sup> | 7.03±0.02 <sup>bA</sup> |
| MAP             | 6.65±0.01 <sup>bD</sup>                   | 6.69±0.03 <sup>aD</sup> | 6.83±0.02 <sup>aC</sup>  | 6.95±0.05 <sup>aB</sup> | 7.26±0.03 <sup>aA</sup> |
|                 | TBARS (mg malonaldehit/kg kokoreç) Değeri |                         |                          |                         |                         |
| V               | 0.34±0.02 <sup>aA</sup>                   | 0.33±0.01 <sup>aA</sup> | 0.32±0.03 <sup>aAB</sup> | 0.29±0.01 <sup>aB</sup> | 0.25±0.02 <sup>aC</sup> |
| MAP             | 0.36±0.01 <sup>aA</sup>                   | 0.34±0.02 <sup>aA</sup> | 0.30±0.01 <sup>aB</sup>  | 0.26±0.02 <sup>aC</sup> | 0.20±0.01 <sup>bD</sup> |

a, b: Aynı sütunda bulunan harfler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). A, B, C, D: Aynı satırda bulunan harfler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). \*V: Vakum paketlenmiş kuzu kokoreç grubu; MAP: %30 CO<sub>2</sub> + %70 N<sub>2</sub> gazları kullanılarak modifiye atmosferde paketlenmiş kuzu kokoreç grubu

<sup>a,b</sup>: Different lower-case letters (a-b) in the same column; <sup>A,B,C,D</sup>: Capital letters (A-D) in the same row indicate significant differences ( $p<0.05$ ). \*V: Vacuum packaged lamb kokoreç groups; MAP: Lamb kokoreç groups packaged in modified atmosphere using 30% CO<sub>2</sub> and 70% N<sub>2</sub> gases

Babaoğlu [21] tarafından yapılan bir çalışmada, farklı hayvansal yağların (iç yağı, kabuk yağı ve kuyruk yağı) ilavesi ile üretilen dana ve kuzu ince bağırsaklarından üretilen kokoreçlerdeki pH değerlerinin 6.92 ile 7.07 arasında değiştiği ve gruplar arasında istatistiki açıdan bir farklılığın olmadığı belirtilmiştir. Başka bir çalışmada ise, kuzu kokoreçlerin üretiminde 3 farklı hayvansal yağ (iç yağı, kabuk yağı ve kuyruk yağı) kullanılmış ve

kokoreçlerdeki pH değerlerinin 6.99 ile 7.07 arasında değiştiği bildirilmiştir [22].

Lipit oksidasyonu gıdaların kalite karakteristiğinin belirlenmesinde önemli rol oynayan parametrelerden birini oluşturmaktadır. Lipit oksidasyonunun ikincil yan ürünü olan malonaldehitlerin tespit edilmesinde TBARS yöntemi kullanılmaktadır. Depolama boyunca vakum ve modifiye atmosferde paketlenen kuzu kokoreçlerin

TBARS değerlerinde meydana gelen değişiklikler Tablo 1'de verilmiştir. 10. gün hariç, tüm analiz günlerinde örnekler arasında önemli farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). 0. ve 1. günlerde en yüksek TBARS değerine V kodlu örneğin sahip olduğu görülürken depolamanın ilerleyen aşamalarında ise durum tersine dönmüş ve MAP kodlu örneğin en yüksek TBARS değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Depolamanın başlangıcından depolamanın 1. gününe gelindiğinde, V ve MAP kodlu örneklerinin TBARS değerlerinde düşüşler yaşanmış ancak bu düşüşler istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Depolama boyunca tüm örneklerin TBARS değerlerinde önemli düşüşlerin olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu düşüşün ürünün depolanması sırasında açığa çıkan malonaldehitlerin aminoasit ve proteinlerle reaksiyona girerek üründeki malonaldehit oluşum hızını azaltmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yağ içeriği bakımından zengin olan örneklerde oksidasyonun engellenmesine yönelik olarak oransal değişiklikler de dikkate alındığında vakum ambalajlamanın MAP ambalaja göre daha üstün olduğu düşünülmektedir.

Kokoreç ile ilgili tüm literatür incelendiğinde, kokoreçlerde lipit oksidasyonunun ikincil yan ürünü olan malonaldehit miktarının tespitinin yapılmadığı görülmüştür. Dolayısıyla bu durum çalışmamızın özgünlüğünü artırması açısından büyük önem arz etmektedir. Anandh ve ark. [23] tarafından yapılan bir çalışmada, atıştırmalık bir ürün olan bufalo işkembe katkılı sandviç (%75 bufalo bağırsağı ve %25 bufalo eti kullanılarak bufalo bağırsak rulosu) üretilerek atmosferik oksijenle paketlenmiş ve depolama boyunca (4 °C, 10 gün) pişirilmiş sandviçlerin TBARS değerlerinde önemli artışların olduğu bildirilmiştir ( $p<0.05$ ). Başka bir çalışmada ise, iki farklı oranda bufalo işkembe katkılı börekler (%100 bufalo eti ve %0 bufalo bağırsağı; %75 bufalo bağırsağı ve %25 bufalo eti) pişirilerek vakumla paketlenmiş ve depolama boyunca (4 °C, 28 gün) örneklerdeki TBARS değerlerinin 0.50'den 0.92 mg malonaldehit/kg ürün seviyesine yükseldiği belirtilmiştir [24].

### Kuzu Kokoreçlerin Aletsel Renk Değerleri

Kuzu kokoreçlerin depolanması sırasında aletsel renk değerlerinde (CIE L\*, a\*, b\*, C, h ve  $\Delta E$  değeri) meydana gelen değişiklikler Tablo 2'de verilmiştir. Kokoreçlerdeki parlaklık değerlerinin 52.64 ile 60.58 arasında değişkenlik gösterdiği ve her bir depolama periyodunda (7. gün hariç) gruplar arasında anlamlı farklılıkların yaşandığı tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Depolamanın başlangıcında, MAP kodlu örneğin en düşük parlaklık değerine sahip olduğu görülmüştür. Depolamanın 0. gününden 4. güne gelindiğinde, V kodlu örneğin parlaklık değerinde önemli artışlar olmasına rağmen ( $p<0.05$ ), 1. ve 4. günlerde yaşanan artışın önemli olmadığı gözlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolamanın 7. gününe gelindiğinde ise V kodlu örneğin parlaklık değerinde düşüş yaşanmasına rağmen 7. günden sonra V kodlu örneğin parlaklık değeri 56.88'den 60.58 seviyesine yükselmiştir. V kodlu örnekte olduğu gibi

MAP kodlu örneğin parlaklık değerinde dalgalanmaların olduğu ve depolamanın 0. gününden depolamanın 7. gününe gelindiğinde MAP kodlu örneğin parlaklık değerinde önce bir artış daha sonra (7. günden 10. güne gelindiğinde) ise bir düşüş gözlenmiştir. Genel anlamda, depolamanın başlangıcındaki parlaklık değerleriyle karşılaştırıldığında örneklerdeki parlaklık değerinin arttığı ve bu durumun kokoreçlerin depolanması sırasında meydana gelen mikrobiyal aktiviteden (mikroorganizmaların aktiviteleri sonucu oluşan çeşitli metabolitlerin açığa çıkması) kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 2 incelendiğinde, V ve MAP kodlu kokoreçlerin kırmızılık değerlerinde önemli dalgalanmaların yaşandığı görülmüştür. Depolamanın başlangıcında V ve MAP kodlu örneklerin kırmızılık değerleri sırasıyla 3.37 ve 3.89 olarak bulunmuştur ve depolamanın 1. gününe gelindiğinde ise örneklerdeki kırmızılık değerlerinin sırasıyla 2.18 ve 2.98 seviyesine düştüğü gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). Depolamanın 1. gününden depolamanın 4. gününe gelindiğinde ise hem V hem de MAP kodlu örneklerin kırmızılık değerlerinde önemli artışlar yaşanmıştır ( $p<0.05$ ). 4. günden 7. güne gelindiğinde örneklerdeki kırmızılık değerlerinin düştüğü ( $p<0.05$ ) ve daha sonraki analiz gününde (10. gün) ise tekrardan artmıştır. 10. gün hariç, her bir analiz gününde örnekler arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Depolama boyunca V kodlu örneğin en yüksek kırmızılık değerine 4. günde sahip olduğu görülürken MAP kodlu örnek ise depolamanın başlangıcında en yüksek kırmızılık değerine sahiptir.

Depolama sırasında vakum ve modifiye atmosferde paketlenen dilimlenmiş kokoreçlerin sarılık değerlerinde meydana gelen değişiklikler Tablo 2'de verilmiştir. Tüm analiz günlerinde, gruplar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Depolama boyunca V ve MAP kodlu örneklerin sarılık değerinde önemli dalgalanmalar yaşanmıştır. Depolamanın başlangıcından depolamanın 1. gününe gelindiğinde, V kodlu örneğin sarılık değerinde önce bir düşüş daha sonra ise örneğin sarılık değeri 9.96 seviyesine (4. günde) yükselmiş olmasına rağmen bu artış istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Depolamanın 4. günden depolamanın 7. gününe gelindiğinde V kodlu örneğin sarılık değerinde önce bir düşüş daha sonra ise önemli bir artış (10. günde) yaşanmıştır ( $p<0.05$ ). Depolamanın 0. ve 10. günlerinde V kodlu örneğin benzer bir sarılık değerine sahip olduğu gözlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolamanın başlangıcından depolamanın 7. gününe kadar MAP kodlu örneğin sarılık değerinde önce bir düşüş (1. günde) daha sonra ise kısmi bir artışın (4. günde) olduğu görülmüştür. Ancak, 1. günden 4. güne gelindiğinde MAP kodlu örneğin sarılık değerinde meydana gelen artış önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Depolamanın 4. gününden depolamanın 10. gününe gelindiğinde, MAP kodlu örneğin sarılık değeri 9.39'dan 11.58 seviyesine yükseldiği ve bu artışın istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Tablo 2. Depolama boyunca (4°C, 10 gün) vakum ve modifiye atmosferde paketlenen kuzu kokoreçlerin aletsel renk değerleri (CIE L\*, a\*, b\*, C ve h)

*Table 2. Changes in instrumental color parameters (CIE L\*, a\*, b\*, C and h) of lamb kokoreç packaged in vacuum and modified atmosphere during storage (4°C, 10 days)*

| Örnek Grupları* | L* (Parlaklık) Değeri    |                          |                           |                          |                          |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                 | Depolama Süresi (Gün)    |                          |                           |                          |                          |
|                 | 0                        | 1                        | 4                         | 7                        | 10                       |
| V               | 57.20±0.25 <sup>aC</sup> | 58.86±0.30 <sup>aB</sup> | 58.91±0.15 <sup>aB</sup>  | 56.88±0.24 <sup>aD</sup> | 60.58±0.11 <sup>aA</sup> |
| MAP             | 52.64±0.27 <sup>bE</sup> | 53.83±0.18 <sup>bD</sup> | 56.16±0.22 <sup>bB</sup>  | 57.33±0.29 <sup>aA</sup> | 55.43±0.13 <sup>bC</sup> |
|                 | a* (Kırmızılık Değeri)   |                          |                           |                          |                          |
| V               | 3.37±0.20 <sup>bB</sup>  | 2.18±0.16 <sup>bC</sup>  | 3.82±0.08 <sup>aA</sup>   | 3.28±0.17 <sup>aBC</sup> | 3.42±0.29 <sup>aB</sup>  |
| MAP             | 3.89±0.19 <sup>aA</sup>  | 2.98±0.14 <sup>aB</sup>  | 3.48±0.13 <sup>bC</sup>   | 2.98±0.24 <sup>bB</sup>  | 3.79±0.12 <sup>aA</sup>  |
|                 | b* (Sarılık) Değeri      |                          |                           |                          |                          |
| V               | 10.65±0.26 <sup>aA</sup> | 9.89±0.15 <sup>aB</sup>  | 9.96±0.11 <sup>aB</sup>   | 9.44±0.19 <sup>bC</sup>  | 10.13±0.27 <sup>bA</sup> |
| MAP             | 9.84±0.23 <sup>bB</sup>  | 9.37±0.13 <sup>bC</sup>  | 9.39±0.10 <sup>bC</sup>   | 9.93±0.25 <sup>aB</sup>  | 11.58±0.32 <sup>aA</sup> |
|                 | C Değeri                 |                          |                           |                          |                          |
| V               | 11.18±0.34 <sup>aA</sup> | 10.19±0.38 <sup>aB</sup> | 10.75±0.45 <sup>aA</sup>  | 10.01±0.18 <sup>bB</sup> | 10.74±0.33 <sup>aA</sup> |
| MAP             | 10.61±0.32 <sup>bB</sup> | 9.87±0.40 <sup>aC</sup>  | 10.05±0.21 <sup>bBC</sup> | 10.40±0.24 <sup>aB</sup> | 12.21±0.29 <sup>aA</sup> |
|                 | h Değeri                 |                          |                           |                          |                          |
| V               | 72.71±0.45 <sup>aB</sup> | 78.27±0.47 <sup>aA</sup> | 69.41±0.24 <sup>bE</sup>  | 70.87±0.28 <sup>bD</sup> | 72.00±0.20 <sup>aC</sup> |
| MAP             | 68.37±0.40 <sup>bD</sup> | 72.50±0.46 <sup>bB</sup> | 69.83±0.18 <sup>aC</sup>  | 73.42±0.23 <sup>aA</sup> | 72.13±0.17 <sup>aB</sup> |
|                 | ΔE                       |                          |                           |                          |                          |
| V               | 0                        | 2.18±0.28 <sup>aB</sup>  | 1.90±0.32 <sup>bC</sup>   | 1.26±0.24 <sup>bD</sup>  | 3.42±0.25 <sup>aA</sup>  |
| MAP             | 0                        | 1.57±0.26 <sup>bC</sup>  | 3.57±0.29 <sup>aB</sup>   | 4.78±0.33 <sup>aA</sup>  | 3.23±0.21 <sup>aB</sup>  |

a, b: Aynı sütunda bulunan harfler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). A, B, C, D, E: Aynı satırda bulunan harfler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). (V: Vakum paketlenmiş kuzu kokoreç grubu; MAP: %30 CO<sub>2</sub> + %70 N<sub>2</sub> gazları kullanılarak modifiye atmosferde paketlenmiş kuzu kokoreç grubu)

*a, b: Different lower-case letters (a-b) in the same column; A, B, C, D, E: Capital letters (A-D) in the same row indicate significant differences (p<0.05). \*V: Vacuum packaged lamb kokoreç groups; MAP: Lamb kokoreç groups packaged in modified atmosphere using 30% CO<sub>2</sub> and 70% N<sub>2</sub> gases*

Tablo 2 incelendiğinde, depolama boyunca MAP kodlu örneğin C değerinde önce bir düşüş (0. günden 1. güne gelindiğinde) daha sonra ise (1. günden 10. güne kadar) önemli artış gözlenmiştir. 1. ve 10. günler hariç, gruplar arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir (p<0.05). En yüksek C değerine MAP kodlu örneğin (10. günde) sahip olduğu görülmüştür. Depolama boyunca V kodlu örneğin C değerinde önemli dalgalanmalar yaşanmıştır. Depolamanın başlangıcında, V kodlu örneğin en yüksek C değerine sahip olduğu ve depolamanın 1. gününe gelindiğinde V kodlu örneğin C değerinde önce bir düşüş (10.19) daha sonra ise (4. günde) önemli bir artışın olduğu ve 0. gün ile 4. gün arasında istatistiksel açıdan bir farklılık tespit edilmemiştir (p>0.05). 4. günden sonra V kodlu örneğinin C değeri 10.75'den 10.01'e düşmüş (7. günde) ardından ise tekrardan 10.74 seviyesine (10. günde) yükseldiği gözlenmiştir. 0., 4. ve 10. günlerde, V kodlu örneğin birbirine yakın C değerine sahip olduğu belirtilmiştir.

Depolama boyunca kuzu kokoreçlerin h açıları meydana gelen değişiklikler Tablo 2'de verilmiştir. 10. gün haricinde, her bir analiz günlerinde örnekler arasındaki farklılık önemsiz bulunmuş ve diğer tüm renk parametrelerinde olduğu gibi (CIE L\*, a\*, b\* ve C değeri) depolama boyunca örneklerin h açıları önemli dalgalanmaların yaşandığı görülmüştür. Her bir analiz günlerinde (0. ve 1. gün hariç), MAP kodlu örneğin daha yüksek h açısına sahip olduğu gözlenmiştir. Depolamanın başlangıcında V ve MAP kodlu örneklerin h açıları sırasıyla 72.71 ve 68.37 olarak bulunmuş ve depolamanın 1. gününe gelindiğinde örneklerin h açıları önce bir artış daha sonra ise bir düşüş (4.

günde) görülmüştür. Ayrıca, depolamanın 4. gününden depolamanın 10. gününe gelindiğinde V kodlu örneğin h açısında önemli artışlar yaşanmasına rağmen MAP kodlu örneğin h açısında ise önce bir artış (7. günde) daha sonra ise önemli bir düşüş (10. günde) gözlenmiştir (p<0.05).

ΔE değeri, kokoreçlerin depolanması sırasında örneklerin renklerinde meydana gelen değişiklikleri gösteren önemli bir parametredir. Buna göre, V ve MAP kodlu örneklerin ΔE değerlerinde depolama sırasında dalgalı bir seyir gözlenmiştir. Depolamanın sonunda başlangıca göre V ve MAP kodlu örneklerin ΔE değerleri sırasıyla 3.42 ve 3.23 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla V kodlu örneklerde MAP kodlu örneklerle kıyasla renk değişikliğinin daha belirgin olduğu söylenebilir.

Literatür incelendiğinde, kokoreçlerin aletsel renk değerlerine ait bir yayına rastlanılmamıştır. Dolayısıyla literatürde kokorece benzer diğer sakatat ürünleri araştırılmış ve bu ürünlere ait aletsel renk değerleri (CIE L\*, a\*, b\* C değeri, h açısı ve ΔE değeri) incelenmiş ve çıkan sonuçlar çalışma sonuçlarımızla karşılaştırılmıştır.

Kolesterol bakımından oldukça zengin bir sakatat ürünü olan domuz beyininin parlaklık, kırmızılık ve sarılık değerlerinin sırasıyla 63.88, 5.60 ve 15.43 olduğu belirtilmiştir [25]. Domuz ince bağırsaklarının atmosferik ve vakumla paketlenildiği bir çalışmada, çalışma sonuçlarımızla benzer şekilde depolama boyunca (4°C, 10 gün) domuz ince bağırsaklarının aletsel renk değerlerinde (CIE L\*, a\* ve b\*) önemli dalgalanmaların yaşandığı bildirilmiştir [26]. %54 sığır kalbi katkılı sığır

köftesinin üretildiği başka bir çalışmada ise, depolama boyunca (4 °C, 10 gün) pişirilmiş sığır köftelerinin parlaklık değerinde önce bir artış (14. güne kadar) daha sonra bir düşüşün olduğu (14. günde), kırmızılık değerinin azaldığı (8.38'den 6.14'e), sarılık değerinin ise yükseldiği (20.22'den 25.56'ya) tespit edilmiştir [27]. Seong ve ark. [28] tarafından yapılan bir çalışmada ise, Güney Kore'ye özgü bir sığır ırkındaki (Hanu veya Korean Native) ince bağırsakların fizikokimyasal özellikleri araştırılmış ve ince bağırsakların aletsel renk değerlerinin (CIE L\*, a\*, b\*, C değeri, h açısı) sırasıyla 52.78, 4.68, 7.02, 10.47 ve 61.09 olduğu bulunmuştur. Farklı oranlarda sığır işkembesi, sığır karaciğeri ve soya fasulyesinin kullanılarak sığır sosisinin üretildiği bir çalışmada, örneklerdeki parlaklık değerinin 55.20 ile 63.04 arasında değişkenlik gösterdiği ve soya fasulyesi miktarının artmasıyla örneklerdeki parlaklık arttığı bildirilmiştir [29]. Başka bir çalışmada ise, farklı oranlarda tavuk karaciğeri (%10, 20 ve 30) ve kurutulmuş tavuk taşığı (%10, 20 ve 30) kullanılarak köpek bisküvisi üretilmiş ve %20'ye kadar tavuk karaciğeri ve tavuk taşığı ilavesinin örneklerdeki parlaklık ve sarılık değerini artırdığı belirtilmiştir [30].

### Kuzu Kokoreçlerin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Kuzu kokoreçlerin depolanması sırasında mikrobiyolojik özelliklerinde (toplam psikrofilik bakteri, toplam koliform bakteri ve toplam maya-küf canlı sayımı) meydana gelen değişiklikler Tablo 3'te verilmiştir. Her bir analiz günlerinde, MAP kodlu örneğin en yüksek toplam psikrofil bakteri sayısına sahip olduğu ve depolamanın

0. ve 1. günlerinde gruplar arasında anlamlı bir farklılığı olmadığı tespit edilmiştir. Depolamanın başlangıcından depolamanın 1. gününe gelindiğinde, V ve MAP kodlu kokoreçlerin toplam psikrofil bakteri sayılarında artışların yaşandığı ancak bu artışların istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ). Depolama boyunca tüm örneklerin toplam psikrofil bakteri sayılarında artışların olduğu ve vakum paketlenmiş örneklerle karşılaştırıldığında, modifiye atmosferde paketlenen kokoreçlerdeki toplam psikrofil bakteri sayısındaki artışın daha fazla olduğu gözlenmiştir. Depolamanın sonunda MAP kodlu örneğin insan tüketimi için eşik sınır olarak kabul edilen 6-7 log (CFU/g) seviyelerine ulaştığı görülmüştür. Genel olarak, vakum paketlenmiş etlerdeki toplam psikrofilik bakteri sayılarının modifiye atmosferde paketlenmiş etlere göre daha düşük olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından da ortaya konulmuştur [31, 32]. Vakum paketlenmenin özellikle *Pseudomonas* cinsi psikrofil karakterli mikroorganizma gelişimini önemli ölçüde engellediği belirtilmiştir [33].

Sığır işkembesinin vakum ve atmosferik oksijenle paketlenildiği bir çalışmada, depolama boyunca (4°C, 28 gün) tüm örneklerin toplam psikrofil bakteri sayısında önemli artışlar yaşanmasına rağmen en fazla artışın atmosferik oksijenle paketlenen örnek grubunda olduğu bildirilmiştir [34]. Buffalo işkembesi, yağ ve çeşitli baharat karışımından (soğan tozu, sarımsak tozu, karabiber, kimyon, karanfil, kakule gibi) oluşan, ülkemizde kokorece benzer bir ürün olan ve genellikle Afrika bölgesinde severek tüketilen bir ürünün depolanması sırasında (4°C, 60 gün) toplam psikrofilik aerobik bakteri sayısının 4.70 log CFU/g dan 6.50 log CFU/g seviyesine yükseldiği belirtilmiştir [35].

Tablo 3. Depolama boyunca (4°C, 10 gün) vakum ve modifiye atmosferde paketlenen kuzu kokoreçlerin bazı mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelen değişiklikler

*Table 3. Changes in some microbiological properties of lamb kokoreç packaged in vacuum and modified atmosphere during storage (4°C, 10 days)*

| Örnek Grupları*                             | Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri Sayımı, log (CFU/g) |                          |                         |                         |                         |
|---|--|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|   | Depolama Süresi (Gün)                                  |                          |                         |                         |                         |
|   | 0  | 1                        | 4                       | 7                       | 10                      |
| V   | 2.25±0.15 <sup>aD</sup>                                | 2.30±0.14 <sup>aCD</sup> | 2.50±0.10 <sup>bC</sup> | 3.20±0.15 <sup>bB</sup> | 4.50±0.25 <sup>bA</sup> |
| MAP   | 2.35±0.10 <sup>aD</sup>                                | 2.45±0.12 <sup>aD</sup>  | 3.50±0.10 <sup>aC</sup> | 4.80±0.20 <sup>aB</sup> | 6.00±0.20 <sup>aA</sup> |
| Toplam Koliform Bakteri Sayımı, log (CFU/g) |  |                          |                         |                         |                         |
| V   | 0.70±0.05 <sup>aD</sup>                                | 0.80±0.07 <sup>aD</sup>  | 0.95±0.05 <sup>bC</sup> | 1.10±0.05 <sup>bB</sup> | 1.30±0.10 <sup>bA</sup> |
| MAP   | 0.75±0.10 <sup>aD</sup>                                | 0.90±0.11 <sup>aC</sup>  | 1.05±0.04 <sup>aC</sup> | 1.25±0.05 <sup>aB</sup> | 1.50±0.05 <sup>aA</sup> |
| Toplam Maya-Küf Sayımı, log (CFU/g)         |  |                          |                         |                         |                         |
| V   | 1.00±0.10 <sup>aE</sup>                                | 1.20±0.04 <sup>aD</sup>  | 1.40±0.03 <sup>bC</sup> | 1.55±0.10 <sup>bB</sup> | 1.90±0.04 <sup>bA</sup> |
| MAP   | 1.10±0.05 <sup>aE</sup>                                | 1.25±0.06 <sup>aD</sup>  | 1.50±0.06 <sup>aC</sup> | 1.80±0.05 <sup>aB</sup> | 2.10±0.10 <sup>aA</sup> |

a, b: Aynı sütunda bulunan harfler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). A, B, C, D, E: Aynı satırda bulunan harfler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). \*V: Vakum paketlenmiş kuzu kokoreç grubu; MAP: %30 CO<sub>2</sub> ve %70 N<sub>2</sub> gazları kullanılarak modifiye atmosferde paketlenmiş kuzu kokoreç grubu)

a,b: *Different lower-case letters (a-b) in the same column; A,B,C,D,E: Capital letters (A-E) in the same row indicate significant differences ( $p<0.05$ ). \*V: Vacuum packaged lamb kokoreç groups; MAP: Lamb kokoreç groups packaged in modified atmosphere using 30% CO<sub>2</sub> and 70% N<sub>2</sub> gases*

Tablo 3 incelendiğinde, vakum ve modifiye atmosferde paketlenen kuzu kokoreçlerin toplam koliform bakteri sayılarının 0.70 ile 1.50 log CFU/g arasında değişkenlik gösterdiği ve depolama boyunca tüm örneklerin toplam koliform bakteri sayılarında önemli artışlar tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Depolamanın başlangıcından depolamanın 1. gününe gelindiğinde, V kodlu örneğin

toplam koliform bakteri sayısında bir artışın görülmesine rağmen bu artış istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). 0. ve 1. günlerde, gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı gözlenmiştir ( $p>0.05$ ). Kuzu ince bağırsağından yapılan bu kokoreçlerin toplam koliform bakteri sayılarının beklenenden düşük çıkması kokoreçlerin üretim, taşıma

ve depolama koşullarında sanitasyon kurallarının etkili bir şekilde uygulandığını göstermektedir. Depolama boyunca tüm örneklerin toplam koliform bakteri sayılarında meydana gelen artışın ürünlerin depolanması sırasında meydana gelen çeşitli kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çiğ ve farklı metotlarda (ızgarada ve tandırda) pişirilmiş kuzu kokoreçlerinde mikrobiyolojik kalitenin incelendiği bir çalışmada, ısıtma işleminin toplam koliform bakteri sayısını önemli ölçüde azalttığı görülmüş ve ızgarada pişirilen kuzu kokoreçlerinin en düşük koliform bakteri sayısına sahip olduğu belirtilmiştir [10]. Bilgin ve ark. [11] tarafından yapılan bir çalışmada ise, kuzu kokoreçleri tandırda ve ızgarada pişirilmiş ve tandırda pişirilen ( $6.4 \times 10^2$ ) örneğe göre ızgarada pişirilen kuzu kokoreçlerinde ( $5.2 \times 10^2$ ) toplam koliform bakterisi daha düşük bulunmuştur.

Depolama boyunca vakum ve modifiye atmosferde paketlenen kuzu kokoreçlerinin toplam maya-küf sayılarında meydana gelen değişiklikler Tablo 3'te verilmiştir. Örneklerdeki toplam maya-küf sayıları 1.00 ile  $2.10 \log$  CFU/g seviyeleri arasında değişkenlik göstermiştir. Depolamanın 0. ve 1. günlerinde, V ve MAP kodlu kuzu kokoreçlerdeki toplam maya-küf sayılarının birbirine yakın değerler aldığı ve gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). Depolama boyunca tüm örneklerin toplam maya-küf sayılarında önemli artışlar yaşanmıştır ( $p < 0.05$ ). Afyonkarahisar'da tüketime sunulan kokoreçlerde mikrobiyolojik kalitenin araştırıldığı bir çalışmada, kokoreçlerdeki toplam maya-küf sayısı  $5.89 \log$  kob/g olarak bulunmuştur [36]. Kılıç [37] tarafından yapılan bir çalışmada ise, çiğ kokoreçteki toplam koliform bakteri sayısının  $1.3 \times 10^5$  CFU/g seviyesinde olduğu ve ısıtma işlemi birlikte kokoreçlerdeki toplam koliform bakteri sayısının  $1.0 \times 10^1$  CFU/g seviyelerine düştüğü belirtilmiştir.

Tüm mikrobiyolojik kriterler dikkate alındığında, depolamanın 1. gününden itibaren V uygulanmış örneklerin MAP uygulanmış örneklere göre daha stabil olduğu ve mikrobiyal artışın sınırlı kaldığı tespit edilmiştir.

## SONUÇ

Genel bir değerlendirme yapıldığında, depolamanın ilk dört gününe kadar V kodlu örneğin pH değeri daha yüksek bulunmuş ancak gruplar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p > 0.05$ ), depolamanın 4. gününden itibaren ise durum tersine dönmüş ve MAP kodlu örneğin en yüksek pH değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre vakum paketlemenin aletsel renk değerleri üzerinde olumsuz etkilere yol açmadan mikrobiyal aktiviteyi (toplam psikofil, toplam koliform ve toplam maya-küf) önemli oranda yavaşlattığı saptanmıştır. Depolama boyunca kokoreçlerdeki TBARS değerlerinin kademeli bir şekilde azaldığı görülmüştür.

Ülkemizde kokoreçler (pişirilmiş ve dilimlenmiş veya pişirilmiş ve ardından ince kıyım haline getirilmiş şekilde) vakum ve modifiye atmosferde paketlenmiş paketler şeklinde çeşitli marketlerin et ve et ürünleri reyonlarında satışa sunulduğu gibi bazı restoranlarda ise bütün sarım şeklinde satışının olduğu görülür. Kokoreç, başta ülkemiz olmak üzere Yunanistan, Azerbaycan, İran gibi ülkelerde severek tüketilen bir sakatat ürünü olmasına rağmen dünyada bu ürün ile ilgili bilimsel çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu kapsamda, kokoreç ile ilgili daha kapsamlı bilimsel çalışmaların yapılması gerekmektedir. Şu ana kadar kokoreç tüketimi ile ilgili zehirlenme ve hatta ölümlerle sonuçlanabilecek olaylara ait resmi bir belge veya yazının olmaması bu ürün ile ilgili dünyada yasal bir mevzuatın olmadığını göstermesi açısından büyük önem arz etmiştir. Ayrıca, günümüzde kuzu kokoreç olarak satılan ürünlerin bazılarının aslında dana kokoreç oldukları bilinmektedir. Besleyicilik açısından kuzu kokoreçlerinin dana kokoreçlere nazaran protein, vitamin ve mineralce daha zengin oldukları belirtilmektedir. Protein, vitamin ve mineralce oldukça zengin bir ürün olan kokoreci daha geniş kitlelere ulaşımının sağlanabilmesi için öncelikle kokoreçlerde oluşabilecek kimyasal (kimyasal madde kalıntısı, sanitasyon uygulamaları, poliaromatik hidrokarbonlar gibi) ve biyolojik (mikroorganizmalar) tehditlerin neler olabileceği ve bu tehditlere karşı ne tür önlemlerin alınması gerektiğinin bilinmesi ve ardından başta Tarım ve Orman Bakanlığı olmak üzere çeşitli ülkelerin bakanlıklarıyla ortak bir yasal mevzuatın hazırlanıp başta restoranlar, işletmeler olmak üzere kokoreç üretim ve tüketim yerlerinin belirli aralıklarla denetlenip gıda güvenliğinin sağlanması gerekir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada pişirilmiş ve dilimlenmiş kokoreç örneklerini sağlamak suretiyle yardımlarını esirgemeyen Akşeker Tarım Et Entegre Tesisleri A.Ş. (Konya, Türkiye) firmasına teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- [1] Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö. (2001). Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:751, Ders Kitapları Serisi No:69, Erzurum.
- [2] Wood, J., Richardson, R., Nute, G., Fisher, A., Campo, M., Kasapidou, E., Sheard, P., Enser, M. (2004). Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*, 66, 21–32.
- [3] Purriños, L., Bermúdez, R., Franco, D., Carballo, J., Lorenzo, J.M. (2011). Development of volatile compounds during the manufacture of dry-cured "Lacón," a Spanish traditional meat product. *Journal of Food Science*, 76, C89–C97.
- [4] Amaral, A.B., da Silva, M.V., da Lannes, S.C.S. (2018). Lipid oxidation in meat: Mechanisms and protective factors-A review. *Food Science and Technology*, 38, 1–15.
- [5] Özkaya, P.T., Kayaardı, S. (2018). Et ve et ürünlerinin kalitesini geliştirmede kullanılan yeni teknikler. *Akademik Gıda*, 16(3), 323-331.




- [6] Tosun, D., Demirbaş, N. (2012). Türkiye'de Kırmızı Et ve et ürünleri sanayiinde gıda güvenliği sorunları ve öneriler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1), 93–101.
- [7] Pogorzelska-Nowicka, E., Atanasov, A.G., Horbańczuk, J., Wierzbicka, A. (2018). Bioactive compounds in functional meat products. *Molecules*, 23(2), 1–19.
- [8] Karakaya, M. (2013). Et ve Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, Basılmamış Ders Notları, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- [9] Temelli, S., Saltan Evrensel, S., Anar, Ş., Tayar, M. (2002). Bursa'da tüketilen kokoreçlerin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 28(2), 467-473.
- [10] Bilgin, B., Makarnacı, N., Yılmaz, İ. (2008). Çiğ ve Farklı Metotlarla Pişirilen Kokoreçlerin Mikrobiyolojik Kalitesinin Belirlenmesi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- [11] Bilgin, B., Makarnacı, N., Palabiyik, İ. (2016). The Effect of different cooking process on microbiological quality of kokorec. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(5), 6-8.
- [12] Association of Analytical Chemists (1990). Official Methods of Analysis, Association of Analytical Chemists, Washington, DC.
- [13] Flynn, A.W., Brambert, V.D. (1975). Effects of frozen storage cooking methods and muscle quality attributes of pork loins, *Journal of Food Science*, 40, 631-633.
- [14] Özünlü, O., Ergezer, H. (2022). Development of novel paper-based colorimetric indicator labels for monitoring shelf life of chicken breast fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, e17013.
- [15] Aktok, Ö., Demiray, E. (2022). Effect of Temperature and packaging method on bioactive compounds of freeze-dried red beet powder during storage, *Akademik Gıda*, 20(4), 343-349.
- [16] Özünlü, O., Ergezer, H., Gökçe, R. (2018). Improving physicochemical, antioxidative and sensory quality of raw chicken meat by using acorn extracts, *LWT-Food Science and Technology*, 98, 477-484.
- [17] Ergezer, H., Serdaroğlu, M. (2018). Antioxidant potential of arti-choke (*Cynara scolymus* L.) byproducts extract in raw beef patties during refrigerated storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, 982–991.
- [18] Yordshahi, A.S., Moradi, M., Tajik, H., Molaei, R. (2020). Design and preparation of antimicrobial meat wrapping nano paper with bacterial cellulose and postbiotics of lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 321, 1-10.
- [19] Mehdizadeh, T., Langroodi, A.M. (2019). Chitosan coatings incorporated with propolis extract and *Zataria multiflora* Boiss. Oil for active packaging of chicken breast meat. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 401-409.
- [20] Çelik, P. (2012). Determined the quality specifications of meatballs obtained from poultry meat and red meat mixture [M.Sc. Thesis]. The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Tekirdağ Institute of Sciences.
- [21] Babaoğlu, A.S. (2015). Dana ve Kuzu Kokoreçlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH) Oluşum Düzeyi Üzerine Farklı Hayvansal Yağların Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- [22] Babaoğlu, A.S., Karakaya, M., Öz, F. (2017). Formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in beef and lamb kokorec: Effects of different animal fats. *International Journal of Food Properties*, 20(9), 1960-1970.
- [23] Anandh, M.A., Radha, K., Lakshmanan, V., Mendiratta, S.K. (2008). Development and quality evaluation of cooked buffalo tripe rolls. *Meat Science*, 80, 1194–1199.
- [24] Anandh, M.A., Venkatachalapathy, R.T., Radha, K., Lakshmanan, V. (2014). Quality and shelf life of cooked buffalo tripe rolls at refrigerated storage under vacuum packaging condition. *Journal of Food Science and Technology*, 51(7), 1370–1376.
- [25] Chanted, J., Panpipat, W., Panya, A., Phonsatta, N., Cheong, L.Z., Chaijan, M. (2021). Compositional features and nutritional value of pig brain: Potential and challenges as a sustainable source of nutrients. *Foods*, 10, 2943.
- [26] Kang, G., Seong, P.N., Ba, H.V., Moon, S., Cho, S., Park, B.Y., Kang, S.M., Ham, H.J., Kim, D., Park, K. (2018). Changes in total plate counts and quality of pig small intestine by different washing and packaging methods. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(6), 1253-1260.
- [27] Gao, Y., Li, M., Zhang, L., Wang, Z., Yu, Q., Han, L. (2021). Preparation of rapeseed oil oleo gels based on beeswax and its application in beef heart patties to replace animal fat. *LWT- Food Science and Technology*, 149, 111986.
- [28] Seong, P.N., Kang, G.H., Park, K.M., Cho, S.H., Kang, S.M., Park, B.Y., Moon, S.S., Ba, H.V. (2014). Characterization of Hanwoo bovine by-products by means of yield, physicochemical and nutritional compositions. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(4), 434-447.
- [29] Malvestiti, L., Giannuzzi, L., Ferrero, C. (2007). Mixtures of beef tripe, beef liver and soybeans applied to food development. *Journal of Food Processing and Preservation*, 31, 270–285.
- [30] Virk, K.S., Malav, O.P., Chatli, M.K., Mehta, N., Kumar, P., Wagh, R.V. (2019). Development of calcium fortified biscuits incorporated with chicken slaughter house byproducts and evaluation of their palatability in dogs. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 36(1), 77-82.
- [31] Lorenzo, J.M., Gomez M. (2012). Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. *Meat Science*, 92, 610-618.
- [32] Değirmencioğlu, N., Esmer, O.K., İrkin, R., Değirmencioğlu, A. (2012). Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on shelf life extension of minced meat chemical and microbiological changes. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11, 898-911.

- [33] Jaberı, R., Kaban, G., Kaya, M. (2019). Effects of vacuum and high-oxygen modified atmosphere packaging on physico-chemical and microbiological properties of minced water buffalo meat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(3), 421-429.
- [34] Karibe, W.G., Kunyanga, C.N., Imungi, J.K. (2018). Microbiological status of ready to eat (RTE) bovine tripe rolls under different storage conditions. *Food Science and Quality Management*, 78, 7-17.
- [35] Sherpa, D.R., Ghimire, L., Subba, D., Gautam, R.R. (2018). Development and assessment of shelf-stable spicy snacks prepared from buffalo tripe by incorporating Sichuan pepper (*Timur*). *Journal of Food Science and Technology*, 10, 29-33.
- [36] Kara, R., Aslan, S., Yaman, H., Akkaya, L. (2013). Afyonkarahisar'da tüketime sunulan kokoreçlerin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi. *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 6(1), 7-10.
- [37] Kılıç, B. (2016). Determination of microbiological quality of kokoreç Sold in Isparta. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, LIX, 296-299.
- 
-



## Ekstra Geleneksel Aronya Reçeli ve Geleneksel Marmelatının Bazı Fizikokimyasal ve Fitokimyasal Özellikleri

Kader Tokatlı<sup>1</sup>  , Işık Hazal Küpcü<sup>2</sup> <sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Tokat<sup>2</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat

Geliş Tarihi (Received): 25.12.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 21.07.2024

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [kader.tokatli@gop.edu.tr](mailto:kader.tokatli@gop.edu.tr) (K. Tokatlı)

☎ 0 356 252 1616 📠 0 356 250 0022

### ÖZ

Bu çalışmada, kullanılan aronya meyvesi ile bu meyvden üretilen ekstra geleneksel reçel ve geleneksel marmelatının fizikokimyasal ve fitokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Aronya meyvelerinden açık kazanda pişirme yöntemi ile reçel ve marmelat üretimleri yapılmış ardından taze meyve, ekstra geleneksel aronya reçeli ve geleneksel aronya marmelatının suda çözünür kuru madde (SÇKM), pH, titrasyon asitliği, su aktivitesi, toplam şeker, HMF, renk, toplam antosiyanin, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasite değerleri belirlenmiştir. Taze meyve, ekstra geleneksel reçel ve geleneksel marmelatın SÇKM değerleri sırasıyla %21.10, 72.73, 61.10; pH değerleri 4.14, 3.93, 3.95; titre edilebilir asitlik değerleri %0.79, 0.35, 0.56; su aktivitesi değerleri 0.948, 0.655, 0.659 ve toplam şeker miktarları 7.79, 33.74, 34.19 g/100g olarak tespit edilmiştir. Taze meyvede HMF'ye rastlanmazken ekstra geleneksel reçel ve geleneksel marmelatında tespit edilmiş; toplam fenolik madde içerikleri meyve, reçel ve marmelatında sırasıyla 1043.7, 570.9 ve 616.9 mg GAE/100 g olarak saptanmıştır. Ekstra geleneksel aronya reçelinde 24.12 mg siyanidin-3-galaktozid/100g olan toplam antosiyanin miktarı aronya marmelatında 143.89 mg siyanidin-3-galaktozid/100g olarak ölçülmüştür. Taze meyve, ekstra geleneksel reçel ve geleneksel marmelatın antioksidan kapasite değerleri TEAC yöntemi ile 257.98, 107.21, 121.56 mg TE/100 g; FRAP yöntemi ile 1910.98, 363.73, 883.30 mg TE/100 g olarak saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Aronya, Reçel, Marmelat, Antioksidan aktivite

### Some Physicochemical and Phytochemical Properties of Extra Traditional Jam and Traditional Marmalate Produced from Aronia

#### ABSTRACT

This study aimed to determine the physicochemical and phytochemical properties of aronia fruits and extra traditional jam and traditional marmalade produced from these fruits. For this purpose, first, jam and marmalade were produced under atmospheric conditions from aronia fruit, and then total soluble solids (TSS), pH, titratable acidity, water activity, total sugar, HMF, color, total anthocyanin, total phenolic substance, and total antioxidant capacity values of the aronia, extra traditional aronia jam and traditional aronia marmalade were analyzed. TSS values of fresh fruit, extra traditional jam and traditional marmalade were determined as 21.10%, 72.73, 61.10%; pH values 4.14, 3.93, 3.95; titratable acidity values 0.79, 0.35, 0.56%; water activity values were 0.948, 0.655, 0.659 and total sugar amounts were determined as 7.79, 33.74, 34.19 g/100g, respectively. While HMF was not found in fresh fruits, it was detected in jam and marmalade. Total phenolic substance contents were 1043.7, 570.9 and 616.9 mg GAE/100 g in fruits, jams and marmalades, respectively. The total amount of anthocyanins, which was 24.12 mg cyanidin-3-galactoside/100 g in extra traditional aronia jam, was determined as 202.52 mg cyanidin-3-galactoside/100 g in traditional aronia

marmalade. Antioxidant capacity values of fresh fruit, extra traditional jam and traditional marmalade were 257.98, 107.21, 121.56 mg TE/100 g by TEAC method and were 1910.98, 363.73, 883.30 mg TE/100 g by FRAP method.

**Keywords:** Aronia, Jam, Marmalade, Antioxidant activity

## GİRİŞ

Rosaceae familyasında yer alan Aronyanın kökeni Kuzey Amerika ve Doğu Kanada'dır [1]. Halk arasında chokeberry adıyla bilinen bu üzüksü meyvenin ülkemizde yetiştirilmesine 2012 yılında Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü'nde başlanmıştır. 2014 yılında Yalova ve Kırıkkale'de, 2017 yılında Manisa, Çanakkale, Samsun, İstanbul, Antalya ve Bursa'da aronya bahçeleri kurulmaya başlanmış, 2018 ve 2019 yıllarında ise yine Kırklareli, Ankara, Bursa, İzmir, Çanakkale, Bolu, Trabzon, Giresun, Kırşehir ve Tekirdağ'da devam etmiştir. Aronya taze olarak, meyve suyu sanayisinde, aronyalı dondurma ve aronyalı süt olarak süt ve süt ürünleri teknolojisinde, kuru meyve teknolojisinde, meyveli ekmek, çörek, kek, puding ve pastalarda, baharat sanayisinde, meyve salatalarında, reçel, marmelat ve konserve sanayisinde, kuru yaprağı ve kuru meyvesi çay olarak ve diyet menülerinde kullanılmaktadır [2, 3].

Meyveler içerisinde özellikle üzüksü meyvelerin doğal antioksidanlar bakımından zengin olduğu ve yüksek antioksidan kapasitesi ile antosiyanin miktarına sahip oldukları bilinmektedir. Bu üzüksü meyvelerden biri de aronyadır. Aronyanın bileşiminde diyet lifi, organik asitler, şeker, yağ, protein, mineral ve vitaminler gibi birçok bileşen bulunmaktadır. Meyve özellikle fenolik maddelerce zengin bir kaynaktır. Taze meyvedeki mineral içeriğinin (kül değerleri) 440-580 mg/100g, diyet lifi oranının 5.62 g/100g, yağ içeriğinin 0.14 g/100g ve protein içeriğinin 0.7 g/100g olduğu tespit edilmiştir. Aronyadaki indirgen şeker miktarının %16-18 arasında olduğu ve glikoz ve fruktoz toplamının 13-17.6 g/100 g olduğu bildirilmiştir. Taze meyvelerin pH değeri 3.3-3.7, kuru maddesi %15.6-28.8 aralığında olup meyvedeki ana organik asitler L-malik asit ve sitrik asittir [1]. Jakobek ve ark. [4] aronyanın toplam polifenol, toplam antosiyanin ve antioksidan aktivitelerini araştırdıkları çalışmalarında aronyanın toplam antosiyanin miktarını 4341.06 mg/kg ve toplam polifenol miktarını 10637.20 mg/kg olarak belirlemişlerdir. Aronyada en çok bulunan antosiyaninlerin siyanidin-3-galaktosid (%68.9) ve siyanidin-3-arabinosid (%24.5); toplam flavonollardan ise flavonol kersetin (%93.07) olduğunu raporlamışlardır. Polat ve ark. [5] Ankara'da yetiştirilen 3 farklı aronya genotipinin fenolik bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmalarında aronya meyvelerinin gallik asit, protokateşik asit, *p*-hidroksi benzoik asit, klorojenik asit, kafeik asit, siringik asit, benzoik asit, *o*-kumarik asit, rutin ve eriodictiol içerdiğini tespit etmişlerdir. Çalışmada meyvedeki baskın fenolik maddenin klorojenik asit (43.71 ppm) olduğu ve onu protokateşik asit (16.34 ppm) ve rutin (4.53 ppm) izlediği bildirilmiştir. Aronyanın taze ve işlenmiş (kuru meyve, komposto, reçel, taze meyve suyu) meyvelerinin C vitamini, toplam polifenol içeriği ve antioksidan kapasitesinin incelendiği başka bir çalışmada örneklerin

C vitamini içeriklerinin 7.25-98.75 mg/100g aralığında değiştiğini raporlamışlardır. Aynı çalışmada aronya kuru meyveleri en yüksek toplam polifenol içeriği (4015.25 mg GAE/100 g) ve antioksidan kapasite (84.45 mg TE/g) gösterirken, aronya kompostusunun minimum antioksidan kapasite değeri (12.25 mg TE/g) gösterdiği bildirilmiştir [6].

Meyveler, hasat zamanlarının dışında da tüketime hazır hale getirilmeleri için reçel, marmelat ve jöle gibi dayanıklı ürünlere dönüştürülürler. Reçel, bütün, yarım veya daha küçük parçalar halindeki meyveye şeker ilavesi ile hazırlanan; marmelat ise meyve pulpuna şeker ilave edilerek hazırlanan kıvamlı bir üründür [7]. Günümüzde farklı meyveler kullanılarak hazırlanan reçel ve marmelat yelpazesi oldukça geniştir. Bununla birlikte sağlığa faydalı fonksiyonel bileşenlerce zengin olan meyveler kullanılarak reçel ve marmelat üretimi de gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Aronya ile ilgili yapılan çalışmalar aronya meyvesinin yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle de sağlık üzerine olumlu etkileri olan aronyanın hasat mevsimi dışında da tüketimini sağlamak için alternatif geliştirmek önem arz etmektedir. Bu çalışmada aronya meyvesinden ekstra geleneksel aronya reçeli ve geleneksel aronya marmelatı üretilerek, üretilen örneklerin fizikokimyasal ve fitokimyasal özellikleri incelenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Araştırmada, Eylül ayında hasat edilmiş olan Viking çeşidi Yalova aronyası kullanılmıştır. Aronyalar ekstra geleneksel reçel ve geleneksel marmelat üretimleri gerçekleştirilinceye kadar +4°C'de depolanmıştır.

### Metot

#### Ekstra Geleneksel Reçel ve Geleneksel Marmelat Üretimi

Reçel ve marmelat üretimleri, Türk Gıda Kodeksi; Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'nde belirtilen ekstra geleneksel reçel ve geleneksel marmelat üretimleri hedeflenerek yapılmıştır [8]. Aronyalar öncelikle seçme, ayıklama ve yıkama işlemlerine tabi tutulmuştur. Ekstra geleneksel reçel üretimi için meyveler bütün halde, geleneksel marmelat üretimi için ise bir blender yardımıyla pulp haline getirildikten sonra kullanılmıştır. Bu amaçla her 2 üretim için üretime hazır hale getirilen meyvelerin üzerine 1:1.2 oranında şeker ilave edilmiş ve üretimler açık kazanda pişirme (atmosfer basıncında) tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Aronya reçeli 100°C'de 45 dakika, aronya marmelatı ise 100°C'de 30 dakikalık pişirme

işlemi sonrasında kapaklı cam kavanozlara sıcak dolun yapılmış ve kavanozların kapakları sıkıca kapatılmıştır.

### Analiz Metotları

Aronya, geleneksel aronya marmelatı ve ekstra geleneksel aronya reçeline uygulanan analiz metotları aşağıda belirtilmiş olup analizler 1 tekerrür ve 3 paralel olarak gerçekleştirilmiş, sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

### Suda Çözünür Kuru Madde

Örneklerin suda çözünür kuru madde (SÇKM) değerleri dijital refraktometre (Hanna HI96801, Romanya) kullanılarak ölçülmüştür.

### pH

Örneklerin pH değerleri WTW Inolab pH 7110 Set 2 (Almanya) model pH-metre kullanılarak ölçülmüştür [9].

### Titrasyon Asitliği

Örneklerin titrasyon asitliği değerleri potansiyometrik olarak belirlenmiş ve sonuçlar sitrik asit cinsinden % olarak verilmiştir [9].

### Su Aktivitesi

Örneklerin su aktivitesi değerleri 20°C'ye ayarlanmış AquaLab (Model Series 3TE) su aktivitesi cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

### Toplam Şeker

Örneklerin toplam şeker tayinleri Fenol-Sülfirik Asit metodu kullanılarak yapılmıştır [10]. Hidrolizat hazırlama aşaması için homojenize edilmiş örnekten 0.1 g alınıp 5 mL 2.5 N HCl ile 95°C'de 3 saat hidrolize edilmiş, hidrolizasyon sonunda örnekler hızlıca 1°C'ye soğutulduktan sonra 750 µL %40'lık NaOH ilave edilip 250 mL'ye saf ile tamamlanmıştır. 600µL hidrolizat ve 600 µL %5 (w/v) fenol ilave edilip 30 s vorteks karıştırıcı (Velp 2X3, İtalya) ile karıştırılmış ve karışımın üzerine

hızlıca 3 mL konsantre H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilip karıştırıldıktan sonra 80°C'lik su banyosunda (Mikrotest TT104, Türkiye) 3 dakika inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonu tamamlanan örnekler musluk suyu altında soğutulduktan sonra 490 nm'de absorpsanları okunmuştur. Standart olarak D-glikoz çözeltisi kullanılmış ve sonuçlar g/100g olarak ifade edilmiştir.

### Hidroksimetilfurfural

Örneklerin hidroksimetil furfural (HMF) miktarları spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Analiz için 10 g örnek tartılıp 20 mL oksijensiz su içinde çözülmüş ve 50 mL'ye su ile tamamlanmıştır. Her örnek için iki ayrı deney tüpünün her birine, 2'şer mL deney çözeltisi ve 5'er mL *para*-toluidin çözeltisi eklenip tüplerden birine 1 mL su ve diğerine 1 mL barbitürik asit çözeltisi ilave edilmiştir. Tüpler iyice karıştırıldıktan sonra 550 nm'de absorpsan değerleri okunmuş ve HMF miktarları mg/kg olarak ifade edilmiştir [11].

### Renk

Aronya (dış kabuk), aronya marmelatı ve aronya reçeli örneklerinin L\*, a\* ve b\* değerleri Minolta renk ölçüm cihazı (CR-300, Japonya) kullanılarak rastgele 3 farklı noktadan ölçülmüştür.

### Toplam Antosiyanin

Örneklerin ekstrakt hazırlama aşamaları Rababah ve ark. [12]'ye göre yapılmıştır. Bu amaç için 2 g örnek 50 mL asitlendirilmiş metanol (%1 HCl içeren) ile 60°C'de 60 dakika inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda ekstraktlar filtre edilmiş ve analizlere kadar karanlık bir ortamda bekletilmiştir.

Örneklerin toplam monomerik antosiyanin miktarları pH differansiyel metodu ile belirlenmiştir [10]. Belli miktardaki örnek ekstraktları pH 1.0 ve pH 4.5 tampon ile karıştırıldıktan sonra 520 nm ve 700nm'de absorpsanları ölçülmüş ve toplam monomerik antosiyanin miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam monomerik antosiyanin (mg/kg)} = (A) * (MW) * (Sf) * 1000 / \epsilon * l$$
$$A: (A_{520nm} - A_{700nm}) \text{ pH } 1.0 - (A_{520nm} - A_{700nm}) \text{ pH } 4.5$$
$$MW: \text{Siyanidin-3-galaktozid molekül ağırlığı, } 445.2$$

Burada Sf: Seyreltme faktörü, ε: Molar absorptivite, 30320 ve l: Spektrofotometre küveti katman kalınlığıdır, 1 cm.

### Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite için Ekstrakt Hazırlama

Örneklerin ekstrakt hazırlama aşamaları Rababah ve ark. [12]'na göre yapılmıştır. Bu amaç için 2 g örnek 50 mL metanol (%99.4) ile 60°C'de 120 dakika inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda ekstraktlar filtre edilmiş ve analizlere kadar karanlık bir ortamda bekletilmiştir.

### Toplam Fenolik Madde

Örneklerin toplam fenolik madde miktarları Franke ve ark. [13]'na göre belirlenmiştir. 1 mL ekstrakta 5 mL Folin-Ciocalteu ayracı ve 15 mL %20'lik sodyum hidrojen karbonat (NaHCO<sub>3</sub>) ilave edilip 100 mL'ye saf su ile tamamlandıktan sonra 2 saat karanlıkta bekletilmiş ve 760 nm dalga boyunda absorpsan değerleri okunmuştur. Standart olarak gallik asit çözeltisi kullanılarak sonuçlar mgGAE/100g olarak verilmiştir.

## Antioksidan Kapasite

Örneklerinin antioksidan kapasiteleri TEAC ve FRAP yöntemleri ile belirlenmiştir. Analizlere ait detaylar aşağıda sunulmuştur.

### TEAC

Örneklerin TEAC yöntemi ile antioksidan kapasiteleri Re ve ark. [14] tarafından geliştirilen spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır. ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (9.7 mg) ve potasyum peroksidisülfat ( $K_2O_8S_2$ ) (37.5 mg) sırasıyla 2.5 ve 1 mL saf suda çözülmüştür. Stok çözeltiyi hazırlamak için ABTS çözeltisine 44  $\mu$ L  $K_2O_8S_2$  çözeltisinden ilave edilmiştir. ABTS radikal çözeltisinin hazırlanması için karışım oda sıcaklığında 12-16 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Çalışma çözeltisi; 1 ml stok çözeltisinin 88 mL etil alkol ile 734 nm'de  $0.700 \pm 0.02$  absorbans değeri verecek şekilde seyreltilmesi ile hazırlanmış ve böylece başlangıç absorbans değeri belirlenmiştir. 3 mL çalışma çözeltisi üzerine 300  $\mu$ L örnek ekstraktı ilave edilip karıştırıldıktan sonra reaksiyonun gerçekleşmesi için oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 6 dakika beklenmiş ve 734 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Standart olarak Troloks ( $\pm$ -6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid) kullanılmış ve sonuçlar mg TE/100 g olarak verilmiştir.

### FRAP

Örneklerin FRAP yöntemi ile antioksidan kapasiteleri Benzie ve Strain [15] tarafından belirtilen spektrofotometrik yöntem kullanılarak yapılmıştır. 20  $\mu$ L ekstrakt üzerine 2.98 mL FRAP çözeltisi (FRAP 1, FRAP 2 ve FRAP 3 çözeltileri 10:1:1 oranında karıştırılarak hazırlanmıştır) ilave edilip karıştırılarak 30 dakika karanlık ortamda bekletilmiş ve 593 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Standart olarak Troloks ( $\pm$ -6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid) kullanılmış ve sonuçlar mg TE/100 g olarak verilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Türk Gıda Kodeksi 2006/55 sayılı Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'nde geleneksel marmelatla refraktometre ile tayin edilen çözünebilir kuru madde içeriğinin %55'ten, ekstra geleneksel reçellerde ise refraktometre ile tayin edilen çözünebilir kuru madde değerinin %68'den daha az olmaması gerektiği belirtilmiştir [15]. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre; aronya, ekstra geleneksel aronya reçeli ve geleneksel aronya marmelatının SÇKM içerikleri sırasıyla %21.10, 72.73 ve 61.00 olarak belirlenmiştir (Tablo 1 ve Tablo 2). Reçel ve marmelat örneklerinin suda çözünür kuru madde değerleri ilgili tebliğ ile uyumludur. Taze meyvenin 21.10 briks olan SÇKM değeri meyvenin reçel ve marmelata işlenmesi sırasında

ilave edilen şeker ve uygulanan ısı işlem sonrasında artmıştır. Çalışmamızla benzer şekilde Vatansever [16] alıç meyvesinin 2 farklı çeşidini kullanarak ürettiği reçel ve marmelatların SÇKM değerlerini reçellerde 68.00 ve 66.90; marmelatlarda ise 64.50 ve 52.30 olarak saptamıştır. Seymen [17] SÇKM değeri 7.50 olan balkabağından ürettiği reçel ve marmelatın SÇKM değerlerini sırasıyla 71.14 ve 70.60 olarak belirlemiştir. Esin [18] üç farklı çeşit Frenk üzümü (kırmızı, siyah, Ojebyn) meyvelerinin 8.00, 14.10 ve 11.00 olan SÇKM değerlerinin bu meyvelerden üretimini yaptığı reçellerde 64.88, 63.52 ve 63.63; marmelatlarda ise 63.00, 61.50 ve 62.55'e yükseldiğini bildirmiştir. Kaplan [19] SÇKM değeri %23 olan hünnaptan ürettiği reçelin SÇKM değerini %68 ve marmelatın SÇKM değerini ise %65 olarak belirlemiştir. SÇKM açısından görülen bu farklılıklar kullanılan hammaddenin ve pişirme süresi derecesi arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır.

Taze meyvenin 4.14 olan pH değerinde reçel ve marmelata işlenmesi sonrasında bir miktar düşüş yaşanmış ve bu değer ekstra geleneksel reçelde 3.93, geleneksel marmelatla ise 3.95 olarak kaydedilmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçların Türk Gıda Kodeksi 2006/55 sayılı Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'nde belirtilen değerlerden yüksek bulunmuş olması reçel ve marmelat üretimi sırasında asit ilave edilmemiş olmasından kaynaklanabilir. Seymen [17] balkabağından ürettiği reçelin pH değerinin 4.76, marmelatın pH değerinin ise 4.77 olduğunu bildirmiştir. Rababah ve ark. [11] çilek, kiraz, kayısı, incir ve portakaldan ürettiği reçellerin pH değerlerini sırasıyla 2.71, 3.31, 3.34, 3.27 ve 3.22 olarak saptamışlardır. Sağlam [20] 5 farklı kiraz çeşidi, 2 farklı dut çeşidi ve gilaburu meyvesinden açık kazanda pişirme tekniği kullanarak ürettiği reçellerin pH değerlerini kiraz reçellerinde 3.09-3.22; dut reçellerinde 3.04-3.17 aralığında ve gilaburu reçelinde ise 2,98 olarak belirlemiştir. Tokbaş [21] pH değeri 3.52 olan karaduttan 2 farklı pektin konsantrasyonu (%0.5-1) kullanarak ürettiği reçellerin pH değerlerini 3.65 ve 3.55 olarak saptamıştır. Yıldırım [22] acılığı giderilmiş kapariden açık kazanda ve vakum altında pişirme yöntemleri ile ürettiği reçellerin pH değerlerini sırasıyla 3.12 ve 3.16 olarak belirlemiştir.

Aronya, ekstra geleneksel aronya reçeli ve geleneksel aronya marmelatının titre edilebilir asitlik değerleri sitrik asit cinsinden sırasıyla %0.79, %0.35 ve %0.56 olarak ölçülmüştür (Tablo 1 ve Tablo 2). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar farklı meyvelerle üretilen reçel ve marmelat sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Yıldırım [22] acılığı giderilmiş kapariden ürettiği reçellerin titrasyon asitlik değerlerini 0.65-0.70 g/100g aralığında; Engin [23] kara kuşburnu ve karadut ekstraktları ilavesi ile ürettiği nar reçellerinin titrasyon asitlik değerlerini %0.57-0.59; Yıldız Turgut ve ark. [24] bütün kamkat meyvesi ve kamkat meyve parçalarından ürettikleri kamkat reçellerinin titrasyon asitlik değerlerini ise %0.40-0.55 olarak saptamışlardır.

Tablo 1. Aronyanın fizikokimyasal ve fitokimyasal özellikleri (ortalama±standart sapma)  
*Table 1. Physicochemical and phytochemical properties of aronia (mean±standard deviation)*

| Parametre   | Değer         |
|---|---------------|
| pH  | 4.14±0.30     |
| Titrasyon asitliği, %sitrik asit                    | 0.79±0.21     |
| Su aktivitesi                                       | 0.948±0.004   |
| SÇKM, %   | 21.10±0.20    |
| Toplam şeker, g/100g                                | 7.79±1.12     |
| HMF, mg/g   | TE*           |
| Toplam fenolik madde, mg GAE/100 g                  | 1043.7±0.0    |
| Toplam antosiyanin, mg siyanidin-3-galaktozid/100 g | 710.69±1.64   |
| Antioksidan kapasite, TEAC, mg TE/100 g             | 257.98±138.50 |
| Antioksidan kapasite, FRAP, mg TE/100 g             | 1910.98±10.56 |
| L*  | 19.78±1.15    |
| a*  | 1.93±0.66     |
| b*  | 3.38±1.32     |

\*Tespit edilemedi

Taze meyvenin su aktivitesi değeri 0.948 olarak belirlenmiş, reçel ve marmelat üretimleri esnasında ilave edilen şeker ve pişirmenin etkisi ile üretimler sonrasında ekstra geleneksel reçelde 0.655, geleneksel marmelatla ise 0.659 olarak ölçülmüştür. Örneklerin su aktivitesi değerleri literatürde geçen değerlerden düşük bulunmuştur. Bu durum aronyadan üretilen ekstra geleneksel reçel ve geleneksel marmelatın daha uzun dayanım süresine sahip olabileceğini göstermektedir. de Moura ve ark. [25] geleneksel ve düşük şekerli olarak

ürettiği böğürtlen reçellerinin su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 0.785 ve 0.930; Kaya ve ark. [26] 4 farklı formülasyonu kullanarak ürettikleri Trabzon hurması bazlı karışık meyveli geleneksel marmelatların su aktivitesi değerlerinin 0.84-0.89 aralığında; Özbey ve ark. [27] inceledikleri 30 farklı kuşburnu marmelatının su aktivitesi değerlerinin 0.804-0.904 aralığında; Yıldız Turgut ve ark. [24] ürettikleri kamkat reçellerinin su aktivitesi değerlerinin ise 0.803-0.809 olduğunu raporlamışlardır.

Tablo 2. Ekstra geleneksel aronya reçeli ve geleneksel aronya marmelatının fizikokimyasal özellikleri (ortalama±standart sapma)

*Table 2. Physicochemical properties of extra traditional aronia jam and traditional aronia marmalade (mean±standard deviation)*

| Parametre                        | Ekstra Geleneksel Aronya Reçeli | Geleneksel Aronya Marmelatı |
|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| pH                               | 3.93±0.05                       | 3.95±0.04                   |
| Titrasyon asitliği, %sitrik asit | 0.35±0.05                       | 0.56±0.09                   |
| Su aktivitesi                    | 0.655±0.006                     | 0.659±0.010                 |
| SÇKM, %                          | 72.73±1.07                      | 61.00±0.00                  |
| Toplam şeker, g/100g             | 33.74±0.21                      | 34.19±0.21                  |
| HMF, mg/kg                       | 274.91±11.59                    | 26.56±6.20                  |

Aronya, ekstra geleneksel aronya reçeli ve geleneksel aronya marmelatı örneklerinin toplam şeker değerleri sırasıyla 7.79, 33.74 ve 34.19 g/100g olarak tespit edilmiştir (Tablo 1 ve Tablo 2). Engin [23] klasik ve ultrasonik ekstraksiyon yöntemleri ile hazırladığı karadut ve kara kuşburnu antosiyanin bazlı ekstraktlar ilave ederek ve etmeyerek ürettiği 5 farklı nar reçelinin toplam şeker miktarlarının üretimler sonrası 71.16-90.59 g/100 g aralığında değiştiğini raporlamış, 60 günlük depolama süresince meydana gelen toplam şeker miktarındaki değişimin ise Maillard reaksiyonlarından kaynaklandığını bildirmiştir. Kaplan [19] ürettiği Hünnap reçelinin toplam şeker miktarını 60.29 g/100g, hünnap marmelatının toplam şeker miktarını ise 58.13 g/100g olarak bulunmuştur. Vatanserver [16] toplam şeker miktarının 2 farklı çeşit alıç meyvesinden ürettiği reçelerde 169.64 ve 318.55 mg/g, marmelatlarda ise 204.28 ve 167.08 mg/g olduğunu bildirmiştir. 3 farklı çeşide ait enginar kalplerinden üretilen enginar reçellerinde toplam şeker içerikleri 59.51, 63.17 ve 69.92 g/100 g olarak belirlenmiştir [28].

Aldoheksosların asidik ortamda ısıtılmaları ile dehidrasyona uğramaları sonucu açığa çıkan HMFnin oluşumu yüksek sıcaklık ile hızlanmaktadır. Reçel ve marmelat gibi şekerce zengin gıdaların da üretimleri sırasında uygulanan ısı işlem ve süreye bağlı olarak az ya da çok miktarda HMF oluşmaktadır [10, 29]. Bununla birlikte, reçel ve marmelatlarda önemli bir kalite kriteri olmasına rağmen Türk Gıda Kodeksi'nde reçel ve marmelatların HMF içeriği ile ilgili herhangi bir sınırlandırma bulunmamaktadır. Çalışmamızda aronya meyvesinde HMF saptanmazken reçel ve marmelat üretimleri sonrası ürünlerde HMF tespit edilmiştir. Ekstra geleneksel aronya reçelinde 274.91 mg/kg, geleneksel aronya marmelatında ise 26.56 mg/kg düzeyinde HMF saptanmıştır. Örnekler arasındaki bu farklılık üretim sırasında reçel örneğinin daha uzun süre pişirilmesinden, literatürdeki değerlerden yüksek olması ise örneklerin açık kazanda pişirme yöntemi ile pişirilmesinden kaynaklanmış olabilir. Seymen [17] balkabağından ürettiği reçelerde 17.56, marmelatlarda ise 39.07 mg/kg HMF saptarken; alıç meyvesinin 2 farklı

çeşidinin kullanılarak üretildiği reçel ve marmelatların HMF değerleri reçelerde 0.70-0.186 µg/g, marmelatlarda ise 0.60-63.30 µg/g olarak belirlenmiştir. Engin [23] farklı ekstraksiyon yöntemleri ile hazırladığı karadut ve kara kuşburnu antosiyanin bazlı ekstraktlar ilave ederek ve etmeyerek ürettiği 5 farklı nar reçelinin 60 günlük depolanması süresince HMF miktarlarının 5.13-18.25 mg/kg aralığında değiştiğini raporlamıştır.

Örneklerin renk değerleri Tablo 1 ve Tablo 3'de verilmiştir. Aronyada başlangıçta 19.78 olan L\* değeri, reçel ve marmelata işlenmesi sonrasında bir miktar azalmıştır. Parlaklığı ifade eden L\* değeri reçelde 13.38, marmelatta 17.22 olarak ölçülmüştür. Aynı şekilde Seymen [17]'de balkabağından ürettiği marmelat örneklerinden elde edilen L\* değerinin reçel örneklerinden elde edilen değerden yüksek çıktığını bildirmiştir. Çalışmamızda ekstra geleneksel aronya reçeli ve geleneksel aronya marmelatına ait a\* değerleri sırasıyla 1.07 ve 1.48; b\* değerleri ise yine sırasıyla 4.25 ve 3.27 olarak saptanmıştır. Batu [30] iki farklı tür karayemiş meyvesi kullanarak ürettiği reçel ve marmelatların L\* değerlerinin 20.78-30.99, a\* değerlerinin -0.367-8.08 ve b\* değerlerinin ise 2.27-9.82 aralığında olduğunu bildirmiştir. de Moura ve ark. [25] geleneksel ve düşük şekerli olarak ürettikleri böğürtlen reçellerinin L\*, a\* ve b\* değerlerinin sırasıyla 22.45, 8.74 ve 2.29; Yıldız Turgut ve ark. [24] bütün kamkat meyvesi kullanarak ürettikleri reçellerin L\*, a\* ve b\* değerlerinin 19.92, 3.43 ve 7.76; kamkat meyve parçaları kullanarak ürettikleri kamkat reçellerinin L\*, a\* ve b\* değerlerinin ise 19.54, 2.02 ve 5.91 olduğunu saptamışlardır.

Örneklerin toplam antosiyanin miktarları siyanidin-3-galaktosid cinsinden hesaplanmış olup bu değer taze meyvede 710.69 mg siyanidin-3-galaktosid/100g, ekstra geleneksel reçelde 24.12 mg siyanidin-3-galaktosid/100g ve geleneksel marmelatta ise 143.89 mg siyanidin-3-galaktosid/100g olarak belirlenmiştir (Tablo 1 ve Tablo 4). Meydana gelen antosiyanin kayıpları, reçel ve marmelatın içerdiği aronya meyvesindeki miktarın başlangıç aronya meyvesindeki miktarına oranlanarak hesaplanmıştır. Aronya meyvesinin reçel ve marmelata işlenmesi sonrasında toplam antosiyanin miktarında reçelde %96.60, marmelatta ise %79.75 oranında düşüş saptanmıştır. Reçel ve marmelat üretimleri sırasında uygulanan yüksek ısı işlem antosiyaninlerin degradasyonuna neden olmaktadır. Bu nedenle bu tip antosiyanin kayıpları pişirme işleminin düşük ısı işlem uygulamaları dolayısıyla da ürünlerin vakumda pişirme yöntemi kullanılarak üretilmesi ile en aza indirilebilir. Literatürde yer alan farklı meyvelerden üretilen reçel ve marmelatların toplam antosiyanin miktarlarında meydana gelen azalmalar çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Sağlam [20] 5 farklı kiraz çeşidi, 2 farklı dut çeşidi ve gilaburu meyvesinden vakumda pişirme tekniği kullanarak ürettiği reçellerin antosiyanin miktarında %58.23-73.28; açık kazanda pişirme tekniği ile ürettiği reçellerde ise %76.68-89.0 oranında azalma gerçekleştiğini bildirmiştir. Oancea ve Calin [31] geleneksel yöntem ile ürettiği böğürtlen, kırmızı ahududu, tatlı kiraz ve yabani kiraz reçellerinde antosiyaninlerin taze meyvelerle karşılaştırıldığında %66-84 oranında parçalandıklarını ifade etmiştir.

Tablo 3. Ekstra geleneksel aronya reçeli ve geleneksel aronya marmelatının renk değerleri (ortalama±standart sapma)

*Table 3. Color values of extra traditional aronia jam and traditional aronia marmalade (mean±standard deviation)*

| Renk Parametresi | Ekstra Geleneksel Aronya Reçeli | Geleneksel Aronya Marmelatı |
|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| L*               | 13.38±2.77                      | 17.22±1.29                  |
| a*               | 1.07±0.69                       | 1.48±0.24                   |
| b*               | 4.25±1.04                       | 3.27±0.52                   |

Örnekler ait fitokimyasal özellikler Tablo 1 ve Tablo 4'de verilmiştir. Çalışmamızda toplam fenolik madde miktarı aronyada 1043.7 mg GAE/100 g, ekstra geleneksel aronya reçelinde 570.90 mg GAE/100 g ve geleneksel aronya marmelatında ise 616.9 mg GAE/100 g olarak kaydedilmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar farklı meyvelerle yapılan reçel ve marmelatların toplam fenolik madde miktarlarından daha yüksek bulunmuştur. Rababah ve ark. [11] çilek, kiraz, kayısı, incir ve portakaldan ürettikleri reçellerin toplam fenolik madde miktarlarını sırasıyla 578.26, 543.94, 514.86, 291.42 ve 436.9 mg GAE/kg olarak saptamışlardır. Seymen [17] balkabağından ürettiği reçelin toplam fenolik madde miktarının 63.33 mgGAE/100g, marmelatın toplam fenolik madde miktarının ise 71.92 mg GAE/100 g olduğunu bildirmiştir. Esin Yücel ve Kaya [32] kırmızı, siyah ve Ojebyn çeşit Frenk üzümünden ürettikleri reçel ve marmelatların toplam fenolik madde miktarlarında 6 aylık depolama süresince meydana gelen değişimleri inceledikleri çalışmalarında toplam fenolik madde miktarının reçelerde 106.5-808.1 µg GAE/g aralığında, marmelatlarda ise 202.0-798.8 µg

GAE/g aralığında değiştiğini saptamışlardır. Başkaya Sezer ve ark. [33] çakal eriği ve yonuz eriğinden ürettikleri marmelatların toplam fenolik madde miktarlarının sırasıyla 47.75 ve 45.67 mg GAE/100 g olduğunu bildirmişlerdir.

Örneklerin antioksidan kapasiteleri Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) ve demir (III) indirgeme antioksidan gücü (FRAP) açısından değerlendirilmiştir. Aronyanın antioksidan kapasite değeri TEAC yönteminde 257.98 mg TE/100 g olarak bulunurken, FRAP yönteminde bu değer 1910.98 mg TE/100 g olarak belirlenmiştir. Reçel ve marmelat örneklerinin TEAC yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite değerleri sırasıyla 107.21 ve 121.56 mg TE/100 g iken; FRAP yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite değerleri ise sırasıyla 363.73 ve 883.80 mg TE/100 g olarak saptanmıştır. Sağlam [20] 5 farklı kiraz çeşidi, 2 farklı dut çeşidi ve gilaburu meyvesinden açık kazanda pişirme tekniği kullanarak üretilen reçellerin antioksidan kapasite değerlerini TEAC yöntemi ile 6.72-13.73 mMtroloks/g; DPPH yöntemi ile 26.52-73.97 µg/mL



aralığında; Seymen [17] balkabağından ürettiği reçel ve marmelatların antioksidan kapasitesini DPPH yöntemi ile sırasıyla 23.43 ve 24.99  $\mu\text{mol TE/g}$ ; Başkaya Sezer ve ark. [33] çakal eriği ve yonuz eriği marmelatlarının antioksidan kapasite değerlerini ABTS yöntemi ile sırasıyla 454.03 ve 658.06 mg/100g; Diaconeasa ve ark. [34] yabanmersini, böğürtlen-frenk üzümü, frenk üzümü, kızılıçık ve ahududundan ürettiği reçellerin antioksidan kapasitesini ABTS yöntemi ile sırasıyla 6.10, 18.26, 36.56, 20.11 ve 10.10  $\mu\text{M Trolox/g}$ ; Vatansaver [16] alıç meyvesinin iki farklı türünden açık kazanda pişirme

yöntemi ile ürettiği reçel ve marmelatların DPPH % inhibisyon değerlerini reçelerde 51.76-61.74 ve marmelatlarda 69.63-95.78 aralığında; Güzel [35] iki farklı maviyemiş çeşidi kullanarak üretilen 6 ay süresince depoladığı reçel ve marmelatların antioksidan kapasite değerlerini TEAC yöntemi ile reçelerde 3.63-11.60  $\mu\text{mol TE/g}$ , marmelatlarda 1.16-10.97  $\mu\text{mol TE/g}$ ; FRAP yöntemi ile reçelerde 2.27-10.33  $\mu\text{mol TE/g}$ , marmelatlarda ise 1.83-8.62  $\mu\text{mol TE/g}$  aralığında olduğunu tespit etmişlerdir.

Tablo 4. Ekstra geleneksel aronya reçeli ve geleneksel aronya marmelatının fitokimyasal özellikleri (ortalama $\pm$ standart sapma)

Table 4. Phytochemical properties of extra traditional aronia jam and traditional aronia marmalade (mean $\pm$ standard deviation)

| Parametre  | Ekstra Geleneksel Aronya Reçeli | Geleneksel Aronya Marmelatı |
|--|---------------------------------|-----------------------------|
| Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100 g)                  | 570.9 $\pm$ 8.7                 | 616.9 $\pm$ 1.0             |
| Toplam Antosiyanin (mg siyanidin-3-galaktozid/100 g) | 24.12 $\pm$ 0.18                | 143.89 $\pm$ 2.20           |
| Antioksidan Kapasite, TEAC (mg TE/100 g)             | 107.21 $\pm$ 23.75              | 121.56 $\pm$ 71.82          |
| Antioksidan Kapasite, FRAP (mg TE/100 g)             | 363.73 $\pm$ 8.98               | 883.80 $\pm$ 6.97           |

## SONUÇ







Ülkemizde son yıllarda yetiştirilmeye başlanan ve Tarım ve Orman Bakanlığı'nın sertifikalı fidan ve kredi desteği ile yeni aronya bahçelerinin kurulmasını desteklemesi ile aronya yetiştiriciliği hızlı bir şekilde artmış ve yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada, yüksek antioksidan özellik gösteren aronya meyvesinden ekstra geleneksel reçel ve geleneksel marmelat üretilerek, üretilen reçel ve marmelatın bazı fizikokimyasal ve fitokimyasal özellikleri ortaya konmuştur. Yüksek fonksiyonel özellik gösteren aronya meyvesinden üretilen reçel ve marmelatların kalitesinin ortaya konması, bu tip ürünlerin endüstriyel boyutlarda üretimlerinin standardize edilmesine, yeni ürünlerin piyasaya kazandırılmalarına ve dolayısıyla da ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Kulling, S.E., Rawel, H.M. (2008). Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)-A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Medica*, 74(13), 1625-1634.
- [2] Anonymous, 2021. <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/Projeler/Aronya+Fizibilite+Raporu+ve+Yatirimci+Rehberi.pdf>. (Erişim tarihi: 19.11.2022)
- [3] Poyraz Engin, S.P., Boz, Y. (2019). Ülkemiz üzümü meyve yetiştiriciliğinde son gelişmeler. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 1(5), 108-115.
- [4] Jakobek, L., Šeruga, M., Medvidović-Kosanović, M., Novak, I. (2007). Antioxidant activity and polyphenols of Aronia in comparison to other berry species. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(4), 301-306.
- [5] Polat, M., Guclu, S.F., Okatan, V., Ercisli, S., Ozaydin, A., Colak, A.M., Askin, M.A. (2017). Determination of phenolic compounds in aronia genotypes grown in Turkey. *Oxidation Communications*, 40(1-I), 131-137.
- [6] Catana, L., Catana, M., Iorga, E., Asanica, A.C., Lazar, A.G., Lazar, M.A., Belc, N. (2017). Vitamin c and total polyphenol content and antioxidant capacity of fresh and processed fruits of Aronia melanocarpa. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 61, 433-440.
- [7] Cemeroglu, B., Karadeniz, F., Özkan, M. (2003). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No. 28, Ankara.
- [8] Anonymous, 2006. Türk Gıda Kodeksi, Türk Gıda Kodeksi Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği. Yayımlandığı Resmi Gazete: 30/12/2006-26392.
- [9] AOAC. (1995). Official methods of analysis of AOAC International, 16th Ed.
- [10] Taylor, K.A.C.C. (1995). A modification of the phenol/sulfuric acid assay for total carbohydrates giving more comparable absorbances, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 5 (3), 207-214.
- [11] Cemeroglu, B. (2010). Gıda analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No. 34, Ankara.
- [12] Rababah, T.M., Al-Mahasneh, M.A., Kilani, I., Yang, W., Alhamad, M.N., Ereifej, K., Al-u'datt, M. (2011). Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6), 1096-1102.
- [13] Franke, S.I.R., Chless, K., Silveria, J.D., Robensam, G. (2004). Study of a antioxidant and mutagenic activity of different orange juices, *Food Chemistry*, 88, 45-55.
- [14] Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free Radical Biology & Medicine*, 26, 1231-1237.
- [15] Benzie, I.F.F., Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay, *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76.

- [16] Vatansever, H. (2016). Alıç (*Crataegus tanacetifolia*, *crataegus monogyna*) meyvesi çeşitlerinden üretilen marmelat ve reçellerin bazı özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- [17] Seymen, S. (2019). Balkabağından (*Cucurbita moschata*) üretilen reçel, marmelat ve pestilin kalite özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- [18] Esin, Y. (2011). Frenk üzümünden (*Ribes spp.*) üretilen reçel ve marmelatın fitokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tokat, Türkiye, 72 s.
- [19] Kaplan, B. (2019). Hünnap (*Zizyphus jujuba mill.*) meyvesinden üretilen reçel ve marmelatların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gümüşhane.
- [20] Sağlam, F. (2007). Antosiyanince zengin dut, kiraz ve gilaburu meyvelerindeki fenolikler ve antioksidan kapasitesi üzerine reçel yapım işleminin etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- [21] Tokbaş, H. (2009). Karadut meyvesinin (*Morus nigra L.*) reçel ile marmelata işlenmesi ve ürünlerin antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- [22] Yıldırım, N. (2017). Acılığı giderilmiş kapariden (*Capparis spp.*) geleneksel ve vakum yöntemleriyle üretilen reçellerin kalite özelliklerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- [23] Engin, T. (2019). Kara kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia L.*) ve karadut (*Morus nigra L.*) ekstraktları ilavesi ile nar reçelinin renk ve antioksidan açısından zenginleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- [24] Yıldız Turgut, D., Tokgöz, H., Gölükcü, M. (2021). Bütün ve parça meyvelerden üretilen kamkat reçellerinin fizikokimyasal ve fitokimyasal özellikleri. *Akademik Gıda*, 19(3), 267-274.
- [25] de Moura, S.C.S.R., da Rocha Tavares, P.E., Germer, S.P.M., Nisida, A.L.A. C., Alves, A.B., Kanaan, A.S. (2012). Degradation kinetics of anthocyanin of traditional and low-sugar blackberry jam. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 2488-2496.
- [26] Kaya, C., Yücel, E.E., Bayram, M., Meşe, C., Aybakan, E., Gökgöz, G., Sözer, T.T. (2016). Trabzon hurması (*Diospyros kaki L.*) bazlı karışık meyveli geleneksel marmelat üretimi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(2), 107-112.
- [27] Özbey, A., Öncül, N., Tokatlı, K., Yıldırım, M., Yıldırım, Z. (2017). Kuşburnu marmelatlarının bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science And Technology*, 5(4), 358-365.
- [28] Durmuş, F. (2019). Bazı enginar (*Cynara cardunculus var. scolymus L.*) çeşitlerinden üretilen enginar reçellerinin fizikokimyasal ve kalite özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye.
- [29] Saldamlı, İ. (1998). Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Ankara.
- [30] Batu, H.S. (2015). Karayemiş meyvesinin reçel ile marmelata işlenebilirliğinin ve bazı parametrelerin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Tunceli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tunceli.
- [31] Oancea, S., Calin, F. (2016). Changes in total phenolics and anthocyanins during blackberry, raspberry and cherry jam processing and storage. *Romanian Biotechnological Letters*, 21(1), 11232-11237.
- [32] Esin Yucel, E., Kaya, C. (2022). Effect of jam and marmalade processing and storage on the phytochemical properties of currant cultivars (*Ribes Spp.*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(6), e15820.
- [33] Başkaya Sezer, D., Erdoğan Tokatlı, K., Demirdöven, A. (2016). Çakal eriği ve yonuz eriği marmelatları. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University/Gaziosmanpasa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1), 125-131.
- [34] Diaconeasa, Z., Iuhas, C.I., Ayvaz, H., Rugină, D., Stanilă, A., Dulf, F., Bunea, A., Socaci, C.A., Socaciu, C., Pintea, A. (2019). Phytochemical characterization of commercial processed blueberry, blackberry, blackcurrant, cranberry, and raspberry and their antioxidant activity. *Antioxidants*, 8(11), 540.
- [35] Güzel, E.K. (2011). Maviyemişten (*Vaccinum sp.*) üretilen reçel ile marmelatın fitokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Tokat.

## Yetişkin Bireylerde “Besin Zincirine Katılım” Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanması: Bir Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması

Aylin Bayındır Gümüş<sup>1</sup> , Sevinç Eşer Durmaz<sup>2</sup>  ✉, Fatma Nişancı Kılıncı<sup>2</sup> , Biriz Çakır<sup>2</sup>   
Çiler Özenir<sup>2</sup> , Ebru Öztürk<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İlk ve Acil Yardım Programı, Kırıkkale

<sup>2</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Kırıkkale

<sup>3</sup>Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Bölümü, Ankara

Geliş Tarihi (Received): 06.10.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 28.07.2024

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [sevincceser@gmail.com](mailto:sevincceser@gmail.com) (S. Eşer Durmaz)

☎ 0 318 357 3738 📠 0 318 224 3736

### Öz

Bu çalışmada bilgi alma, besin israfını azaltma, planlama ve hazırlama alt boyutlarından oluşan, bireylerin besin zincirine katılımını belirleyen ‘Besin Zincirine Katılım Ölçeği’nin (BZKÖ) Türk kültürüne uyarlanması ile birlikte bireylerin genel özellikleri ve besin satın alma-öğün hazırlama ile ilgili özelliklerine göre BZKÖ puanlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ölçek, uzmanlar tarafından İngilizce dilinden hedef dil olan Türkçeye çevrilmiş, gerekli kontrollerden sonra ters çeviri yapılarak tekrar anadile çevrilmiştir. Son kontroller ve pilot çalışma sonrasında nihai haline getirilmiştir. Çalışmaya katılan yetişkinlere genel bilgiler, besin satın alma ve hazırlama ile ilgili bilgiler ve Besin Zincirine Katılım Ölçeğini içeren soru formu uygulanmış, yüz yüze görüşme tekniği ile veriler toplanmıştır. Çalışmaya 712 kadın ve 415 erkek olmak üzere toplam 1127 yetişkin birey dahil edilmiştir. Ortalama BZKÖ puanı kadınlarda, eğitim düzeyi yüksek olanlarda, evlilerde, kentsel alanda yaşayanlarda, kronik hastalığı olanlarda ve diyet uygulayanlarda daha yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Bireylerin besin satın alma ve öğün hazırlama ile ilgili davranışlarına göre BZKÖ puanı değişkenlik göstermiştir ( $p<0.05$ ). Türkçeye uyarlanan ölçeğin maddelerinin faktör yükleri 0.42-0.803 arasında değişirken uyum istatistikleri yüksek bulunmuştur. Ölçeğin toplam Cronbach alfa katsayısı 0.804 olarak hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda ölçeğin Türkçe dilinde geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğu ve yetişkin bireylere uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Besin zinciri, Sürdürülebilirlik, Besin israfı, Geçerlik-güvenirlik

### Adaptation of “Food Chain Engagement Measurement” Scale for Adults into Turkish: A Validity and Reliability Study

#### ABSTRACT

This study aimed to adapt to Turkish culture the “Food Chain Engagement Measurement Scale” (FCEMS), which determines the participation of individuals in the food chain and consists of the sub-dimensions of obtaining communication, waste reduction, planning, and preparation. It aimed to evaluate FCEMS scores according to their general and food purchasing-meal preparation characteristics. The scale was translated from English into the target language, Turkish, by experts, and after the necessary controls, it was translated back into the primary language. It was finalized after final checks and the pilot study. A questionnaire containing general information, information about purchasing and preparing food, and the ‘Food Chain Engagement Measurement Scale’ was applied to the participants, and data was collected by face-to-face interview technique. A total of 1127 adults, 712 women and 415 men, were included in the study. The mean FCEMS score was higher in women, those with higher education levels, married, living in urban areas, with chronic diseases, and on a diet ( $p<0.05$ ). FCEMS score varied depending on the

behaviors of purchasing and preparing food of participants ( $p<0.05$ ). The factor loadings of the scale items adapted to Turkish ranged between 0.42 and 0.803, and the fit statistics were found to be high. The total Cronbach's alpha coefficient of the scale was calculated as 0.804. As a result of analyses, it was concluded that the scale is a valid and reliable measurement tool in Turkish and can be applied to adults.

**Keywords:** Food chain, Sustainability, Food waste, Validity and reliability

## GİRİŞ

Besin zincirine katılım, "besin zinciri boyunca besinle ilgili davranışların aktif olarak gerçekleştirilmesi" olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda besin üretimi ve menşei, besin seçimi ve alışveriş, pişirme ve hazırlama, yemek ve beslenme, besin israfı ve sürdürülebilirlik ile besin savunuculuğu ve paylaşımı yer almaktadır [1]. Besin zincirinde üretimin, tüketimin ve tüketici davranışlarının önemli rolü olduğu görülmektedir [2]. Bu bağlamda besinin üretimi, işlenmesi ve dağıtımındaki temel unsurlar, besinin güvenliği ve kalitesi konusunda tüketicilere hizmet etmektedir [3].

Bireylerin neyi, nasıl ve neden tükettiği bir dizi karmaşık süreçten oluşmaktadır. Besin seçimi bireylerin beslenme alışkanlıkları, kültürel altyapıları, sağlık ihtiyaçları, besine erişebilme durumu ve maddi olanakları gibi çok yönlü faktörlerden etkilenmektedir [4–8]. Aynı zamanda besin ve beslenme politikalarının, küresel besin endüstrisinin, yerel besin ortamlarının, pazarlama ve reklamın bireysel besin seçimi üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır [9]. Ayrıca besin atıklarının kontrol altına alınması da besin zinciri boyunca dikkat edilmesi gereken bir diğer boyuttur [10]. Tüketim esnasında bireylerin diyet kalitesine odaklanmalarının yanı sıra tercihlerinin sürdürülebilirliği destekler nitelikte olması besin zincirine olumlu yönde katkı sağlayacaktır [11]. Bu süreçte sadece beslenme veya besin seçiminin ötesinde, besine ilişkin daha geniş bir çerçevede davranışsal sonuçları doğru bir şekilde ölçmek için, üretimden atığa kadar besin zincirinin tamamı boyunca çeşitli potansiyel katılım noktalarını kapsayan bir ölçüm yapmanın yararlı olacağı düşüncesiyle Besin Zincirine Katılım Ölçeği [BZKÖ] geliştirilmiştir [1].

Bu çalışmada uyarlaması yapılan BZKÖ, bireylerin besin zinciri sürecindeki katkılarını değerlendirmeyi, besin seçimini ve dolayısıyla diyet kalitesini etkileyebilecek kavramlara ilişkin bilgi saptamayı hedefleyen, O'Kane ve ark. [1] tarafından geliştirilen İngilizce bir araçtır. Bu çalışmada, gerekli izinleri alınan BZKÖ'nin yetişkin bireylerde Türkçe geçerlik ve güvenilirliğini değerlendirerek Türkçe diline uyarlamak ve bununla birlikte katılımcıların genel özellikleri ve besin satın alma-öğün hazırlama ile ilgili özelliklerine göre BZKÖ puanlarını değerlendirmek amaçlanmıştır.

## GEREÇ ve YÖNTEM

### Araştırmanın Türü

Bu çalışmanın türü yapılış amacına göre uygulamalı, toplanan verilerden yararlanma amacına göre tanımlayıcı, verilerin toplandığı zamana göre kesitsel araştırma niteliğindedir. O'Kane ve ark. [1]

tarafından geliştirilen ve orijinal adı Food Chain Engagement Measurement Scale olan Besin Zincirine Katılım Ölçeğinin Türk kültürüne uyarlanması çalışmasıdır.

### Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Bu çalışmanın örneklemini; veri toplama için belirlenen tarihler arasında ulaşılabilen, Kırıkkale'de ikamet eden ve dahil etme kriterlerini karşılayan bireyler oluşturmuştur. Araştırmada "kolayda örnekleme yöntemi" kullanılarak çalışmaya katılmaya gönüllü, 19-64 yaş aralığında, beslenme ile ilgili herhangi bir uzmanlığı veya ilgisi olmayan, sağlıklı iletişim kurabilen ve anadili Türkçe olan yetişkin bireyler dahil edilmiştir.

Bir ölçeğin başka bir kültüre/topluma uyarlanmasında, ölçek madde sayısının en az 5-20 katı sayıda örnekleme ulaşılabileceği gerekmektedir [12, 13]. Bu çalışmada kullanılan Besin Zincirine Katılım Ölçeğinin 10 madde olduğu göz önüne alındığında en az 50-200 yetişkin bireye ulaşılabileceği hedeflenmiştir. Araştırmanın veri toplama aşaması için ayrılan sürede erişilen gönüllü sayısı olan 1127 birey ile çalışma tamamlanmıştır.

### Besin Zincirine Katılım Ölçeğinin Orijinal Formunun Türkçeye Uyarlanması Aşamaları

Besin Zincirine Katılım Ölçeğinin Türkçe diline uyarlanması amacı ile ilk olarak 10 maddeden oluşan ölçek İngilizce yeterlilikleri olan iki öğretim üyesi tarafından birbirlerinden bağımsız olarak hedef dil Türkçeye çevrilmiştir. Bu iki ayrı çeviri daha sonra birlikte ele alınmış, aralarındaki uyum ve uyumsuzluk detaylı olarak incelenmiştir. Türkçeye çevrilen ölçek ile ilgili tartışılarak anlam, dilbilgisi ve kullanılan terimler açısından gerekli düzeltmeler yapılmış ve üzerinde uzlaşılan bir Türkçe ölçek elde edilmiştir. Türkçeye çevrilen ölçek Beslenme ve Diyetetik alanından farklı iki öğretim üyesi ve bağımsız üç diyetisyen olmak üzere toplam beş uzman tarafından alan, dil ve uygunluk açısından değerlendirilmiş, gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Ardından olası dil hatalarını önlemek için, üç bağımsız dil uzmanı ölçeği Türkçeden İngilizceye çevirmişlerdir. İngilizceye tekrar çevrilen (back-translation) ölçek, kontrol etmek, hataları önlemek ve orijinal ölçek ile karşılaştırmak için öğretim üyeleri tarafından tekrar incelenmiştir. Anlaşılmayan, anlaşılması zor veya hatalı kısımlar geriye dönülüp düzeltilmiştir. Sonuç olarak elde edilen Türkçe ölçeğin anlaşılabilirliğini test etmek için ölçek ana çalışmanın yapılacağı örnekleme temsil edecek şekilde 10 gönüllüye uygulanmış ve nihai haline getirilmiştir. Yapılan bu ön uygulamada elde edilen veriler araştırma kapsamına dahil edilmemiştir.

Türkçe diline uyarlanan Besin Zincirine Katılım Ölçeğinin orijinal ölçeğe olan uyumunu (ölçeğin hedef dildeki yapı geçerliliğini) değerlendirmek amacı ile doğrulayıcı faktör analizi [DFA] yapılmıştır. Uyum belirteçlerinden iyi uyum indeksi (goodness of fit index [GFI]), düzeltilmiş iyi uyum indeksi (adjusted goodness of fit index [AGFI]), normlaştırılmış uyum indeksi (normed fit index [NFI]), Tucker-Lewis indeksi (Tucker-Lewis index [TLI]), karşılaştırmalı uyum indeksi (comparative fit index [CFI]) ve tahmini ortalama karekök hatası indeksi (root mean square error of approximation [RMSEA]) kullanılmıştır [14].

Ölçeğin maddeleri arasındaki iç tutarlılığı değerlendirmek için Cronbach alfa iç tutarlılık katsayıları incelenmiştir. Ölçeğin güvenilirliğini saptamak için ana çalışmanın yapıldığı örneklem grubunun bir kısmına test-tekrar test uygulanması, konu hakkında katılımcıların kısa zaman içerisinde olası fikir değişikliklerinin olması nedeniyle uygun görülmemiştir.

### Veri Toplama Araçları

Araştırma yüz yüze görüşme tekniği ile yürütülmüştür. Gönüllülere yöneltilen anket formu, araştırmacılar tarafından literatür taraması sonucu hazırlanan sorular ve "Besin Zincirine Katılım Ölçeği" ile oluşturulmuştur.

**Genel bilgiler soru formu:** Yaş, cinsiyet, öğrenim durumu, meslek, medeni durum, yaşanan yer, kim ile yaşadığı, çalışma durumu, sağlık durumu, diyet yapma durumu, vücut ağırlığı-boy uzunluğu ölçümleri, aile durumu ve gelir durumu ile ilgili genel bilgiler, besin satın alma ve öğün hazırlama (ana öğün hazırlamadan sorumlu kişi, ana öğün hazırlama sıklığı, market alışverişinde sorumlu kişi vb.) ile ilgili sorular yer almıştır. Vücut ağırlığı ve boy uzunluğu beyana göre kaydedilmiş ve beden kütle indeksi (BKİ) (vücut ağırlığı [kg]/boy uzunluğu (m)<sup>2</sup>) formülü ile hesaplanmıştır. Dünya Sağlık Örgütü kriterlerine göre BKİ <18.5 kg/m<sup>2</sup> (zayıf), 18.5-24.9 kg/m<sup>2</sup> (normal), 25.0-29.9 kg/m<sup>2</sup> (fazla kilolu) ve ≥30.0 kg/m<sup>2</sup> (obez) olarak kabul edilmiştir [15].

**Besin zincirine katılım ölçeği:** O'Kane ve ark. [1] tarafından 2022 yılında geliştirilmiştir. Toplam 10 maddeden oluşan beşli Likert tipte bir ölçek olup; bilgi alma, besin israfını azaltma ve planlama ile hazırlama olmak üzere toplam üç alt boyuttan oluşmaktadır. Yazarlar tarafından besin zincirine katılım ölçeğinin, besin müdahalelerine etkililiğinin değerlendirilmesinin yanı sıra besin seçimi ve buna bağlı olarak diyet kalitesini etkileyebilecek daha geniş kavramlar hakkında daha fazla bilgi sağlamak için kullanılabileceği belirtilmiştir. Ölçek; her zaman-5, sık sık-4, bazen-3, nadiren-2, hiçbir zaman-1 puan şeklinde değerlendirilmektedir. Ölçekten en az 10 en fazla 50 puan alınabilmektedir [1]. Ölçekten alınan puan arttıkça bireylerin besin zincirine katılım düzeyi artmaktadır. Ölçeğin daha önce Türkçe geçerlik ve güvenilirliğinin yapıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ölçeğin uyarlanması için, sorumlu yazar tarafından e-posta yolu ile iletişim kurulmuş ve uyarlanabileceğine ilişkin gerekli izinler alınmıştır.

### Verilerin Analizi

Çalışmadan elde edilen verilerin istatistiksel analizleri ve tabloların oluşturulması amacı ile SPSS 23.0 istatistik yazılım programı kullanılmıştır. Ölçeğin alt boyutlarını analiz edebilmek için kullanılan Doğrulayıcı Faktör Analizi AMOS Version 23 ile yapılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler nicel değişkenler için ortalama, standart sapma (SS), alt değer ve üst değer şeklinde ifade edilmiştir. Nitel değişkenler ise frekans ve yüzde (%) olarak gösterilmiştir.

Nicel değişkenlerin karşılaştırılmasında, parametrik test koşullarının sağlanıp sağlanmadığı Kolmogorov-Smirnov testi ile araştırılmış, örneklem sayısının hedefin üzerinde ve yeterli olması ve normal dağılım şartlarının sağlanması nedeniyle parametrik testler kullanılmıştır. İkili grupların ortalamalarının karşılaştırılmasında, iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi, ikiden fazla karşılaştırmalarda tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. ANOVA'da farklılık çıkması durumunda farklılığın kaynağını araştırmak için Bonferroni Post-Hoc testi kullanılmıştır. Sürekli iki veri arasındaki ilişkinin belirlenmesi için Pearson korelasyon testi yapılmıştır.

Ölçeğin yapısal geçerliliğini incelemek için alt boyutların orijinal ölçekler ile uyumunun analizi Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) ile yapılmıştır. Ölçeğin iç tutarlılıklarının analizi için madde-analizi yapılmış ve güvenilirlik katsayıları (Cronbach's- $\alpha$ ) hesaplanmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak kabul edilmiştir.

### Araştırmanın Etik Yönü

Katılımcılara öncelikle araştırmanın dahil edilme kriterleri ve araştırma ile ilgili detaylı bilgilendirme metni yönlendirilmiş, sözlü ve yazılı onamları alınmıştır. Bu çalışma için Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 2023/06 sayılı ve 20/06/2023 tarihli "Etik Kurul Onayı" alınmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Katılımcıların Genel Özelliklerine Dair Bilgileri ile BZKÖ Puanlarının Değerlendirilmesi

Çalışmaya 712 (%63.2) kadın ve 415 (%36.8) erkek olmak üzere yaş ortalaması  $33.1 \pm 12.7$  yıl olan toplam 1127 birey dahil edilmiştir. Katılımcıların 515 (%45.7)'i 12 yıl üzerinde eğitim almış, 623 (%55.3)'ü bekar, 1052 (%93.3)'si kentsel bölgede yaşayan, 503 (44.6)'ü eş ve/veya çocukları ile ikamet eden, 636 (%58.6)'sı çalışmayan, 652 (%59.1)'si geliri giderine eşit, 743 (%68.0)'ü kronik hastalığa sahip olmayan ve 837 (%76.6)'si herhangi bir diyet uygulamayan bireylerden oluşmuştur. Beyana göre alınan vücut ağırlığı ve boy uzunluğundan hesaplanan BKİ ortalama değeri  $25.0 \pm 4.9$  kg/m<sup>2</sup> olup bireylerin %4.7'si zayıf, %14.3'ü obezdir (Tablo 1, Tablo 2). Değişen tüketici tercihleri, sürdürülebilirlik ve çevresel etki gibi faktörler besin seçiminde önemli bir yere sahiptir [16]. Besin zincirine katılımın BZKÖ ile değerlendirildiği sporcularda yapılan çevrimiçi bir çalışmada, beyana dayalı hesaplanan BKİ ortalaması erkeklerde  $26.6 \pm 4.4$  kg/m<sup>2</sup>, kadınlarda

23.8±3.6 kg/m<sup>2</sup>'dir [17]. Ülkemizde ulusal düzeyde yapılan beslenme ve sağlık araştırmasında 19-64 yaş grubunda bireylerin %29.3'ü normal aralıkta olup %1.7'si zayıf, %36.9'u fazla kilolu, %28.4'ü obez, %3.8'i ise morbid obezdir [18]. Yapılan bazı çalışmalarda, beyana dayalı olarak hesaplanan BKİ değerlerinin epidemiyolojik araştırmalarda kullanılabileceği, ancak obez bireylerin ve kadınların hatalı beyanda

bulunabileceklerinin göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmektedir [19], [20]. Bu çalışmada kadın katılımcıların fazla olmasının (%63.2), BKİ normal aralıkta olanların oranının (%51.3) ülke genelinden daha yüksek olmasında etkili bir faktör olduğu bununla birlikte ortalama BKİ değerinin normal aralıkta olmasına neden olabileceği düşünülmüştür.

Tablo 1. Katılımcıların tanımlayıcı özelliklerine göre Besin Zincirine Katılım Ölçeği puanları

*Table 1. Participation in the Food Chain Engagement Measurement Scale scores according to the descriptive characteristics of the participants*

| Değişkenler                   | Ortalama±SS                         | Alt değer-Üst değer           | Test İstatistiği        |                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Yaş (yıl)                     | 33.1±12.7                           | 19-64                         | r=0.104<br>p<0.001*     |                     |
|                               | <b>Frekans ve yüzde</b>             | <b>BZKÖ Puanı Ortalama±SS</b> | <b>Test İstatistiği</b> |                     |
| Cinsiyet                      | Kadın                               | 712 (%63.2)                   | 32.2±6.4                | t=14.282            |
|                               | Erkek                               | 415 (%36.8)                   | 26.2±7.1                | p<0.001             |
| Eğitim durumu                 | <8 yıl                              | 189 (%16.8)                   | 29.7±7.0 <sup>a</sup>   | F=21.986<br>p<0.001 |
|                               | 8-12 yıl                            | 423 (%37.5)                   | 28.3±7.4 <sup>ab</sup>  |                     |
|                               | >12 yıl                             | 515 (%45.7)                   | 31.4±7.0 <sup>c</sup>   |                     |
| Medeni durum                  | Evlil                               | 504 (%44.7)                   | 31.3±7.1                | t=5.623             |
|                               | Bekar                               | 623 (%55.3)                   | 28.9±7.2                | p<0.001             |
| Yaşanan yer                   | Kentsel alan (İl/ilçe)              | 1052 (%93.3)                  | 30.1±7.2                | t=2.947             |
|                               | Kırsal alan (Kasaba/köy)            | 75 (%6.7)                     | 27.6±7.9                | p=0.003             |
| Birlikte yaşadığı kişi(ler)   | Tek başına                          | 102 (%9.1)                    | 30.3±7.4 <sup>ab</sup>  | F=8.052<br>p<0.001  |
|                               | Eş ve/veya çocuklar ile             | 503 (%44.6)                   | 31.3±7.1 <sup>a</sup>   |                     |
|                               | Anne ve/veya baba ile               | 445 (%39.5)                   | 28.7±7.1 <sup>b</sup>   |                     |
|                               | Diğer akraba(lar) ile               | 13 (%1.2)                     | 26.9±6.4 <sup>ab</sup>  |                     |
|                               | Arkadaş(lar) ile                    | 47 (%4.2)                     | 28.2±8.3 <sup>ab</sup>  |                     |
|                               | Diğer*                              | 17 (%1.5)                     | 26.7±6.3 <sup>ab</sup>  |                     |
| Çalışma durumu**              | Çalışmıyor                          | 636 (%58.6)                   | 30.2±7.1                | t=0.479             |
|                               | Çalışıyor                           | 449 (%41.4)                   | 30.0±7.6                | p=0.632             |
| Gelir durumu değerlendirme*** | Geliri giderinden az                | 302 (%27.4)                   | 29.5±7.3                | F=1.533<br>F=1.533  |
|                               | Geliri giderine eşit/neredeyse eşit | 652 (%59.1)                   | 30.2±7.2                |                     |
|                               | Geliri giderinden fazla             | 150 (%13.6)                   | 30.6±7.4                |                     |

\*: Kardeş, oda arkadaşı, karışık aile bireyleri ile. \*\*: Katılımcılardan 42'si çalışma durumuna yanıt vermemiştir. \*\*\*: Katılımcının beyanı olup gelir durumuna 23 kişi yanıt vermek istememiştir. Tabloda Bağımsız gruplarda t testi, One-Way ANOVA testi ve Pearson korelasyon testi kullanılmıştır. <sup>abc</sup>: İki den fazla grup arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

Tablo 2. Katılımcıların kronik hastalık varlığı, diyet yapma durumu ve BKİ değerine göre Besin Zincirine Katılım Ölçeği puanları

*Table 2. Food Chain Participation Scale scores of the participants according to the presence of chronic disease, dieting status and BMI value*

| Değişkenler                                | Frekans ve Yüzde               | BZKÖ Puanı Ortalama±SS     | Test İstatistiği        |                    |
|--|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------|
| Kronik hastalık varlığı*                   | Yok                            | 743 (%68.0)                | 29.6±7.3                | t=-3.216           |
|  | Var                            | 350 (%32.0)                | 31.1±7.1                | p=0.001            |
| Diyet uygulama durumu*                     | Hayır                          | 837 (%76.6)                | 29.5±7.3                | t=-5.034           |
|  | Evet                           | 256 (%23.4)                | 32.1±6.8                | p<0.001            |
|  | Kendi kendine uygulayan        | 170 (%66.4)                | 32.0±6.7                | F=0.761<br>p=0.468 |
|  | Diyetisyene başvurup uygulayan | 75 (%29.3)                 | 32.6±7.0                |                    |
| Doktora başvurup uygulayan                 | 11 (%4.3)                      | 29.9±5.8                   |                         |                    |
| Beden kütle indeksi (kg/m <sup>2</sup> )** | Zayıf                          | 53 (%4.7)                  | 30.1±7.2                | F=0.023<br>p=0.995 |
|  | Normal                         | 577 (%51.3)                | 30.0±7.3                |                    |
|  | Fazla kilolu                   | 334 (%29.7)                | 29.9±7.1                |                    |
|  | Obez                           | 161 (%14.3)                | 30.0±7.2                |                    |
|  | <b>Ortalama±SS</b>             | <b>Alt değer-Üst değer</b> | <b>Test İstatistiği</b> |                    |
|  | 25.0±4.9                       | 16.1-57.2                  | r=0.002<br>p=0.942      |                    |

\*: Katılımcılardan 34'ü kronik hastalık ve diyet yapma durumuna yanıt vermemiştir. \*\*: Katılımcının beyanı olup vücut ağırlığı-boy uzunluğu sorusuna 2 kişi yanıt vermek istememiştir. Tabloda bağımsız gruplarda t testi, One-Way ANOVA testi ve Pearson korelasyon testi kullanılmıştır.

Bu çalışmada Besin Zincirine Katılım Ölçeği puanı ile yaş arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki saptanırken (r=0.104; p<0.001) BKİ ile ilişki bulunmamıştır (p>0.05). Ortalama BZKÖ puanı kadınlarda (32.2±6.4) erkeklerden (26.2±7.1), 12 yıl üzeri eğitim alanlarda (31.4±7.0) <8 yıl (29.7±7.0) ve 8-12 yıl arası (28.3±7.4) eğitim alanlardan, evlilerde (31.3±7.1) bekarlardan (28.9±7.2), kentsel bölgede yaşayanlarda (30.1±7.2) kırsal bölgede yaşayanlardan (27.6±7.9), eş ve/veya çocukları ile birlikte yaşayanlarda (31.3±7.1) anne

ve/veya babası ile yaşayanlardan (28.7±7.1), kronik hastalığı olanlarda (31.1±7.1) olmayanlardan (29.6±7.3), diyet yapanlarda (32.1±6.8) yapmayanlardan (29.5±7.3) istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur (p<0.05) (Tablo 1, Tablo 2). Bireylerin besin zincirine katılım yapısını ölçmek için tamamen farklı yaklaşımlar ve teorik paradigmalardan uygulandığı ölçekler göz önüne alındığında, önceki çalışmaların sonuçlarını kıyaslamak zorlaşmaktadır [21-23]. Bu çalışmada BZKÖ puanı cinsiyet, eğitim durumu, medeni



durum, yaşam şekli, kronik hastalık varlığı ve diyet yapma durumuna göre anlamlı olarak farklı bulunmuştur (Tablo 1, Tablo 2). Besin katılım ölçeğinin geliştirildiği bir çalışmada bu çalışma ile benzer olarak besin katılım puanının kadın cinsiyette ve ileri yaşta daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum yaşlı bireylerin, besin döngüsündeki deneyimleri ve kadın cinsiyetin toplumdaki rolü nedeni ile besin katılım puanlarının daha yüksek olması ile ifade edilmektedir [23]. Başka bir çalışmada da yüksek besin zincirine katılım düzeyleri, yaşam şekli ile (iki ya da daha fazla arkadaş ile birlikte yaşama) ilişkilendirilmiştir [24]. Sağlıklı besin seçimi ve beslenme eğilimi ile ilişkili besin zincirine katılımı,

sürdürülebilirlik açısından, güçlü bir şekilde sosyal ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir [25].

### Katılımcıların Besin Satın Alma ve Öğün Hazırlamaya Dair Bilgileri ile BZKÖ Puanlarının Değerlendirilmesi

Katılımcıların %23.8'i paketli besinlerin etiketini okumadığını, %39.0'u paket üzerindeki besin içeriklerine dikkat etmediğini, %70.0'i paket üzerindeki beslenme bildirimini sağlıklı besin seçimini etkilediğini, %28.6'sı evde her gün ana öğün hazırlamaktan sorumlu olduğunu, %67.0'si ev için yiyecek/içecek alışverişini yaptığını ifade etmiştir (Tablo 3).

| Ozellikler  | Frekans ve yüzde  |            | BZKÖ Puanı Ortalama±SS   | Test istatistiği     |
|---|---|------------|--------------------------|----------------------|
|   | Frekans   | Yüzde (%)  |                          |                      |
| Besin satın alırken etiket okur musunuz?  | Evet  | 531 (47.1) | 32.6±6.5 <sup>a</sup>    | F=103.402<br>p<0.001 |
|   | Hayır   | 268 (23.8) | 25.4±7.4 <sup>b</sup>    |                      |
|   | Bazen   | 328 (29.1) | 29.5±6.4 <sup>c</sup>    |                      |
| Hazır ambalajlı besin satın alırken etiketinde enerji (kalori), yağ, doymuş yağ, şeker, tuz vb. içeriği belirtilmediğine dikkat eder misiniz?                             | Evet  | 367 (32.6) | 32.8±6.7 <sup>a</sup>    | F=63.293<br>p<0.001  |
|   | Hayır   | 440 (39.0) | 27.4±7.4 <sup>b</sup>    |                      |
|   | Bazen   | 320 (28.4) | 30.3±6.4 <sup>c</sup>    |                      |
| Sizce hazır ambalajlı besinlerin etiketinde enerji (kalori), yağ, doymuş yağ, şeker, tuz içeriği vb. beslenme bildirimini belirlemesi sağlıklı besin seçimini etkiler mi? | Etkiler   | 789 (70.0) | 31.3±6.9 <sup>a</sup>    | F=49.751<br>p<0.001  |
|   | Etkilemez   | 169 (15.0) | 26.4±6.9 <sup>b</sup>    |                      |
|   | Fikrim yok  | 169 (15.0) | 27.2±7.1 <sup>b</sup>    |                      |
| Sizce hazır ambalajlı besinlerin etiketinde enerji (kalori), yağ, doymuş yağ, şeker, tuz içeriği vb. beslenme bildirimini ambalajın hangi yüzünde yer alıyor?             | On yüzünde  | 74 (6.6)   | 27.5±7.5 <sup>a</sup>    | F=15.504<br>p<0.001  |
|   | Arka yüzünde  | 864 (76.7) | 30.6±7.0 <sup>b</sup>    |                      |
|   | Her iki yüzünde   | 80 (7.1)   | 31.2±7.7 <sup>bc</sup>   |                      |
| Genellikle haftada kaç kez ana öğün hazırlamaktan sorumlusunuz?   | Hiç görmedim, bence yer almıyor   | 8 (0.6)    | 24.3±7.4 <sup>abcd</sup> | F=70.936<br>p<0.001  |
|   | Hiç dikkat etmedim  | 101 (9.0)  | 25.6±7.1 <sup>ad</sup>   |                      |
|   | Hiç   | 305 (27.1) | 25.4±6.9 <sup>a</sup>    |                      |
| Evde kahvaltılı hazırlama durumu*   | Haftada 1-2 kez   | 284 (25.2) | 29.5±6.2 <sup>b</sup>    | F=15.504<br>p<0.001  |
|   | Haftada 3-4 kez   | 132 (11.7) | 30.5±6.6 <sup>bc</sup>   |                      |
|   | Haftada 5-6 kez   | 84 (7.5)   | 32.8±6.8 <sup>cd</sup>   |                      |
| Evde öğle yemeği hazırlama durumu*  | Her gün   | 322 (28.6) | 33.8±6.2 <sup>d</sup>    | F=70.936<br>p<0.001  |
|   | Evet  | 609 (57.0) | 31.7±6.5                 |                      |
|   | Hayır   | 459 (43.0) | 27.8±7.7                 |                      |
| Evde öğle yemeği hazırlama durumu*  | Her gün   | 302 (28.0) | 32.8±6.4                 | F=8.705<br>p<0.001   |
|   | Evet  | 572 (52.8) | 32.4±6.6                 |                      |
|   | Hayır   | 511 (47.2) | 27.1±6.9                 |                      |
| Evde ara öğün(ler) hazırlama durumu*  | Her gün   | 401 (37.5) | 30.7±7.5                 | F=2.741<br>p=0.006   |
|   | Evet  | 669 (62.5) | 29.5±7.1                 |                      |
|   | Hayır   | 231 (20.6) | 27.7±7.1 <sup>a</sup>    |                      |
| Evde genellikle kaç kişiye yemek hazırlamaktan sorumlusunuz? (Çocuklar dahil)   | Sadece kendim için  | 253 (22.5) | 31.4±6.8 <sup>bc</sup>   | F=39.426<br>p<0.001  |
|   | Genellikle 2 kişi   | 335 (29.8) | 33.3±5.6 <sup>cd</sup>   |                      |
|   | Genellikle 3-4 kişi   | 98 (8.7)   | 29.5±6.4 <sup>abcd</sup> |                      |
| Evde yiyecek/içecek ve market alışverişlerinin çoğunu ben yaparım.  | Genellikle 5-6 kişiden fazla  | 20 (1.9)   | 25.2±7.0 <sup>a</sup>    | F=19.145<br>p<0.001  |
|   | Evde yemek hazırlamam.  | 187 (16.6) | 30.9±7.0 <sup>b</sup>    |                      |
|   | Evet, yiyecek/içecek ve market alışverişlerinin çoğunu ben yaparım.                         | 307 (27.4) | 31.0±7.2 <sup>a</sup>    |                      |
| Evde yiyecek/içecek ve market alışverişlerinden siz mi sorumlusunuz?  | Evet, yiyecek/içecek ve market alışverişlerini evdeki diğer bireyler ile ortaklaşa yaparım. | 443 (39.6) | 28.1±7.3 <sup>b</sup>    | F=19.145<br>p<0.001  |
|   | Hayır, yiyecek/içecek ve market alışverişlerinin çoğunu evdeki diğer bireyler yapar.        | 369 (33.0) | 28.1±7.3 <sup>b</sup>    |                      |
|   | Evet, yiyecek/içecek ve market alışverişlerini evdeki diğer bireyler ile ortaklaşa yaparım. | 369 (33.0) | 28.1±7.3 <sup>b</sup>    |                      |

\*Tüm tablodaki frekans ve yüzde değerler soruyu cevaplayan toplam katılımcı sayısı üzerinden verilmiştir. \*Hazırlayan katılımcılar arasındaki frekans ve yüzde değerler verilmiştir. Tablodaki Bağımsız gruplarda t testi ve One-Way ANOVA testi kullanılmıştır. <sup>abcd</sup> İkiden fazla grup arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

Ortalama BZKÖ puanı katılımcıların besin satın alma ve öğün hazırlama durumuna göre değişkenlik göstermiştir. Paketli besinlerin etiket bilgilerini her zaman okuyanlarda (32.6±6.5) bazen (29.5±6.4) ve hiç okumayanlara (25.4±7.4) kıyasla; etikette enerji, yağ, doymuş yağ, şeker, tuz gibi besin içeriklerine her zaman dikkat edenlerde (32.8±6.7) bazen dikkat edenlere (30.3±6.4) ve hiç dikkat etmeyenlere (27.4±7.4) kıyasla; pakette besin içeriklerinin belirtilmesinin sağlıklı besin seçimini etkileyenlerde (31.3±6.9) etkilemeyen (26.4±6.9) ve bu konuda herhangi bir fikri olmayanlara (27.2±7.1) kıyasla; evde ana öğün hazırlamaktan daha sık sorumlu olanlarda [haftada 5-6 kez (32.8±6.8), her gün (33.8±6.2)], daha az sıklıkta sorumlu olanlara [haftada 3-4 kez (30.5±6.6), haftada 1-2 kez (29.5±6.2)] ve hiç sorumlu olmayanlara (25.4±6.9) kıyasla; evde yemek hazırlayanlarda [kahvaltı için (31.7±6.5), öğle yemeği için (32.8±6.4), akşam yemeği için (32.4±6.6), ara öğünler için (30.7±7.5)] hazırlamayanlara [kahvaltı için (27.8±7.7), öğle yemeği için (28.9±7.3), akşam yemeği için (27.1±6.9), ara öğünler için (29.5±7.1)] kıyasla; evde yiyecek-içecek alışverişinden sorumlu olanlar (30.9±7.0) ve evdeki bireyler ile birlikte alışveriş yapanlarda (31.0±7.2) yapmayanlara (28.1±7.3) kıyasla ortalama BZKÖ puanı istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) (Tablo 3).

Ambalajlı besinlerde beslenme bildirimini hangi yüzde olduğunu doğru bilen bireyler katılımcıların 864 (%76.7)'ünü oluşturmuştur. Doğru bilen bireylerin ortalama BZKÖ puanı (30.6±7.0) ön yüzünde diyenlerden (27.5±7.5) ve dikkat etmeyenlerden (25.6±7.1) daha yüksektir ( $F=15.504$ ;  $p < 0.001$ ). Katılımcıların 335 (%29.8)'i genellikle evde 3-4 kişiye yemek yapmaktan sorumlu iken bu bireylerin ortalama BZKÖ puanı (32.3±6.5) sadece kendi için hazırlayanlara (27.7±7.1) ve evde yemek hazırlamayanlara (25.2±7.0) kıyasla daha yüksektir ( $F=39.426$ ;  $p < 0.001$ ) (Tablo 3).

Sağlıklı beslenme davranışlarıyla bir arada var olan besin zincirine katılımını etkileyen faktörlerin belirlenmesi, toplum sağlığı açısından önemlidir. Besin satın alma ve öğün hazırlama, besin zincirine katılımını etkileyen önemli faktörlerdendir [25]. Bu çalışmada besin etiketi okuma sıklığı yüksek olan, besin ögesi içeriğine her zaman dikkat eden ve evde öğün hazırlayan bireylerin ortalama BZKÖ puanı istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (Tablo 3). Yapılan bir çalışmada, besin etiketi okuma düzeyi ile besin zincirine katılım düzeyinin pozitif yönde ilişkili olduğu belirlenmiştir [26]. Besin zincirine katılım düzeyi yüksek olan bireylerin evde öğün hazırlama sıklığının daha yüksek olduğu [25], başka bir çalışmada da evde öğün hazırlamayan bireylerin besin zincirine katılımının düşük olduğu belirtilmektedir [27]. Marshall ve Bell (2004) yaptıkları çalışmada, düzenli öğün tüketiminin ve kendi kendine öğün hazırlamanın, yüksek besin zincirine katılımı ile ilişkili olduğunu saptamışlardır [23]. Besin ile ilgili davranışların sürekli ve aktif olarak yerine getirilmesi olarak tanımlanan besin zinciri katılımında, besin satın alma ve öğün hazırlama davranışının besin

zincirine katılım düzeyi ile ilişkili olduğu görülmektedir. Besin zincirine katılımını etkileyen faktörlerin incelendiği bir çalışmada, kadınlar ve yaşlı bireylerin erkeklere ve genç bireylere kıyasla daha yüksek düzeyde besin zincirine katılımı gösterdikleri, besin zincirine katılımını en çok etkileyen faktörlerin ise yemeğe ön hazırlık, yemek pişirme ve başkaları için yemek yapmaktan keyif alma olduğu belirlenmiştir [28].

### BZKÖ'nin Doğrulayıcı Faktör Analizi Sonuçları

Örneklem büyüklüğünün faktör analizi için uygun olup olmadığını belirlemek için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testi yapılmıştır. KMO değeri 0.5-0.6 kabul edilebilir, 0.6-0.7 uygun, 0.7-0.8 orta, 0.8-0.9 iyi ve 0.9-1 çok iyi olarak sınıflandırılmaktadır [29]. Buna göre bu çalışmada KMO testi istatistiğinin sonuçları (KMO=0.833), örneklem büyüklüğünün yeterli olduğunu göstermektedir. Faktör analizinin ön koşulu olan maddeler arasında yeterli korelasyonun olup olmadığını araştırılması için Bartlett Küresellik Testi kullanılmıştır. Test sonucuna göre maddeler arasında faktör analizi yapılabilecek yeterli düzeyde ilişkili olduğu saptanmıştır ( $c^2=3153.8$ ;  $p < 0.0001$ ).

Besin Zincirine Katılım Ölçeğinin doğrulayıcı faktör analizi sonuçları Tablo 4, Tablo 5 ve Şekil 1'de gösterilmiştir. Madde faktör yükleri 0.42-0.803 arasında değişkenlik göstermiştir. Buna ek olarak uyum indeksleri olarak kullanılan CFI, AGFI, GFI, NFI ve TLI değerleri sırasıyla 0.969; 0.961; 0.978; 0.959; 0.955 olarak tespit edilmiştir.

Beslenme araştırmalarında sadece beslenmeye değil, besine daha geniş bir bakış açısıyla odaklanan BZKÖ'nün, besin zincirine katılımı ölçmeye yönelik geliştirilen ilk ölçme aracı olduğu O'Kane ve ark. tarafından belirtilmektedir [1]. Bu ölçeğin Türkçe diline uyarlanması ile yapılan doğrulayıcı faktör analizi sonuçları Tablo 4, Tablo 5 ve Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu değerlerin 0,95 ve üzerinde olması iyi uyum olduğunu göstermektedir [14]. Ayrıca ölçeğin Türkçe diline uyum indeksinin iyi düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte bu çalışmada BZKÖ'nün Cronbach alfa iç tutarlılık katsayısının 0.804 olduğu görülmektedir. Bu katsayı 0 ile 1 arasında değer alabilmekte, 1 sayısına yaklaşması ölçeğin güvenilir olduğunu gösterir niteliktedir. Katsayının 0,80'in üzerinde olması BZKÖ'nün güvenilir olduğunu göstermiştir [30]. İranlı yetişkin bireylerde besin zincirine katılım ölçeğinin Farsça uyarlamasının yapıldığı benzer bir çalışmada, madde uyum indekslerinin iyi ve kabul edilebilir bir düzeyde olduğu, ölçeğin Cronbach alfa değerinin ise 0.786 olduğu saptanmıştır (CFI: 0.921, TLI: 0.928) [31]. Besin Zincirine Katılım Ölçeğinin herhangi bir topluma uyarlanması henüz literatürde yer almamaktadır. Bu nedenle doğrulayıcı faktörler ve iç tutarlılık katsayısı, besin katılım ölçeklerinin uyarlanması ile kıyaslanmıştır.

Tablo 4. Besin Zincirine Katılım Ölçeğinin doğrulayıcı faktör analizi sonuçları

Table 4. *Confirmatory factor analysis results of Food Chain Engagement Measurement Scale*

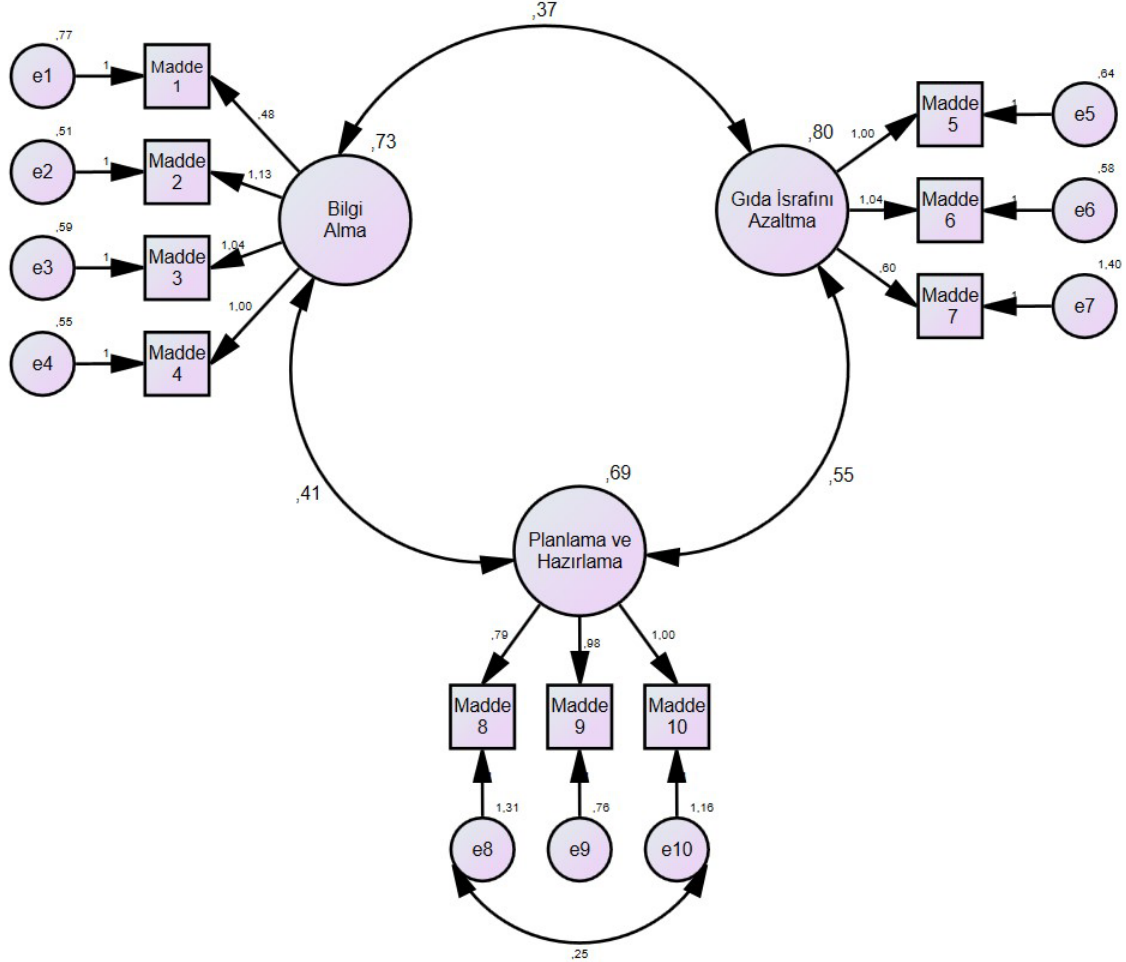
| Maddeler  | Faktör 1.                               |                       | Faktör 2.             |  | Faktör 3. |  | P      |
|---|---|-----------------------|-----------------------|--|-----------|--|--------|
|   | Bilgi alma                              | Gıda israfını azaltma | Planlama ve hazırlama |  |           |  |        |
| Madde 1. Besinler ile ilgili etkinliklere ne sıklıkla katılırsınız?<br>(örneğin gıda pazarları, gıda festivalleri, tarım ürünleri ile ilgili etkinlikler)                               | Standartlaştırılmış regresyon katsayısı | 0.42                  |                       |  |           |  | <0.001 |
|   | Standart hata                           | 0.037                 |                       |  |           |  |        |
|   | Ortalama (SS)                           | 1.76 (0.97)           |                       |  |           |  |        |
| Madde 2. Besinler ile ilgili ne sıklıkla içerik okursunuz?<br>(örneğin sosyal medyadan, dergilerden, yemek kitaplarından)   | Standartlaştırılmış regresyon katsayısı | 0.803                 |                       |  |           |  | <0.001 |
|   | Standart hata                           | 0.048                 |                       |  |           |  |        |
|   | Ortalama (SS)                           | 2.56 (1.20)           |                       |  |           |  |        |
| Madde 3. Besinler ile ilgili herhangi bir yayını ne sıklıkla izlersiniz? (örneğin belgeseller, TV şovları, sosyal medyada yer alan videolar)  | Standartlaştırılmış regresyon katsayısı | 0.756                 |                       |  |           |  | <0.001 |
|   | Standart hata                           | 0.045                 |                       |  |           |  |        |
|   | Ortalama (SS)                           | 2.68 (1.17)           |                       |  |           |  |        |
| Madde 4. Başkaları ile besinler hakkında ne sıklıkla konuşursunuz? (örneğin arkadaşlarınızla, ailenizle, iş arkadaşlarınızla)   | Standartlaştırılmış regresyon katsayısı | 0.753                 |                       |  |           |  |        |
|   | Standart hata                           |                       |                       |  |           |  |        |
|   | Ortalama (SS)                           | 2.93 (1.13)           |                       |  |           |  |        |
| Madde 5. Gıda israfını ne sıklıkla azaltmaya çalışırsınız?<br>(örneğin son kullanım tarihi yaklaşan ürünleri öncelikle tüketerek)   | Standartlaştırılmış regresyon katsayısı | 0.747                 |                       |  |           |  |        |
|   | Standart hata                           |                       |                       |  |           |  |        |
|   | Ortalama (SS)                           | 3.77 (1.20)           |                       |  |           |  |        |
| Madde 6. Artan besin/yemeklerinizi tüketmek için ne sıklıkla çaba harcarsınız? (örneğin artan besin/yemeği diğer öğünde kullanmak veya öğle yemeğinden kalanı akşam yemeğinde tüketmek) | Standartlaştırılmış regresyon katsayısı | 0.775                 |                       |  |           |  | <0.001 |
|   | Standart hata                           | 0.055                 |                       |  |           |  |        |
|   | Ortalama (SS)                           | 3.76 (1.20)           |                       |  |           |  |        |
| Madde 7. Besin/yemek atıklarınızı ne sıklıkla uygun şekilde atarsınız? (örneğin uygun çöp kutusu kullanmak vb.)   | Standartlaştırılmış regresyon katsayısı | 0.415                 |                       |  |           |  | <0.001 |
|   | Standart hata                           | 0.05                  |                       |  |           |  |        |
|   | Ortalama (SS)                           | 3.21 (1.30)           |                       |  |           |  |        |
| Madde 8. Yemeklerinizi ne sıklıkla önceden planlıyorsunuz?<br>(örneğin yapacağınız akşam yemeklerini haftalık olarak önceden belirlemek)  | Standartlaştırılmış regresyon katsayısı |                       | 0.609                 |  |           |  |        |
|   | Standart hata                           |                       |                       |  |           |  |        |
|   | Ortalama (SS)                           |                       | 2.54 (1.32)           |  |           |  |        |
| Madde 9. Yemek yapmak için ne sıklıkla taze besin satın alırsınız?  | Standartlaştırılmış regresyon katsayısı |                       | 0.684                 |  |           |  | <0.001 |
|   | Standart hata                           |                       | 0.068                 |  |           |  |        |
|   | Ortalama (SS)                           |                       | 3.53 (1.19)           |  |           |  |        |
| Madde 10. Kendiniz ve başkaları için ne sıklıkla yemek yaparsınız?  | Standartlaştırılmış regresyon katsayısı |                       | 0.497                 |  |           |  | <0.001 |
|   | Standart hata                           |                       | 0.057                 |  |           |  |        |
|   | Ortalama (SS)                           |                       | 3.22 (1.36)           |  |           |  |        |

\* SS: standart sapma

Tablo 5. Besin Zincirine Katılım Ölçeğinin uyum istatistikleri

*Table 5. Fit statistics of the Food Chain Engagement Measurement Scale*

| Uyum indeksleri | Kriterler [14] | BZKÖ  |
|-----------------|----------------|-------|
| RMSEA           | <0.06          | 0.053 |
| CFI             | ≥0.95          | 0.969 |
| AGFI            | ≥0.95          | 0.961 |
| GFI             | ≥0.95          | 0.978 |
| NFI             | ≥0.95          | 0.959 |
| TLI             | ≥0.95          | 0.955 |



Şekil 1. Besin Zincirine Katılım Ölçeğinin doğrulayıcı faktör analizi diyagramı ve üç faktörlü modele uyumu

*Figure 1. Confirmatory factor analysis diagram of the Food Chain Engagement Measurement Scale and its fit to the three-factor model*

### BZKÖ'nin Güvenirlik Analiz Sonuçları

Besin Zincirine Katılım Ölçeğinin toplam 10 maddesi arasındaki iç tutarlılığı saptamak için madde toplam korelasyonları ve Cronbach alfa iç tutarlılık katsayıları hesaplanmıştır. Korelasyonlar madde sırası ile 0.291; 0.589; 0.527; 0.586; 0.526; 0.523; 0.310; 0.436; 0.520 ve 0.498 olarak bulunmuştur. Cronbach Alpha değerleri sırasıyla 0.804; 0.774; 0.781; 0.775; 0.781; 0.781; 0.807; 0.792; 0.782 ve 0.785'dir. Ölçeğin toplam Cronbach alfa iç tutarlılık katsayısının 0.804 olduğu tespit edilmiştir.

### Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırmanın çeşitli sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle kolayda örnekleme yöntemi ile yapıldığı için belirli bir kesimin sonuçlarını göstermekte ve çalışmaya katılan bireylerin verilerini yansıtmaktadır. Buna ek olarak çalışmaya katılmaya gönüllülük açısından kadınların daha yüksek sayıda olması nedeni ile kadın-erkek sayıları eşit alınamamıştır. Ancak bu durum istatistiksel olarak uygunsuz bulunmamıştır.

### SONUÇ

Üretimden atığa kadar besin zincirinin çok yönlü aşamalarında bireylerin katılımının ölçülmesi, beslenme ve tüketimin ötesinde karşımıza çıkacak pek çok besin

ve beslenme davranışı hakkında önemli bilgiler sağlama potansiyeline sahiptir. Türk toplumunda BZKÖ'nün Türkçe formunun yüksek yapı geçerliği ile geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğu belirlenmiştir. Besin zincirine katılım ölçüklerine kıyasla daha kapsayıcı olan ve sürdürülebilirliğe odaklanan BZKÖ, besin ve beslenme araştırmalarında, besin tercihinde ve diyet kalitesi ile ilişkili araştırmalarda kullanılabilir geçerli ve güvenilir bir ölçektir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, araştırmaya katılmayı kabul eden ve zaman ayıran tüm katılımcılara ve veri toplama sürecinde destekleri için Kırıkkale Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü öğrencilerine teşekkür eder.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

## YAZAR KATKILARI

Plan, tasarım: ABG, EÖ; Gereç, yöntem ve veri toplama: ABG, FNK, BÇ, ÇÖ, EÖ; Analiz ve yorum: ABG, FNK, BÇ, ÇÖ, SED, EÖ; Yazım: ABG, ÇÖ, SED; Eleştirel değerlendirme: FNK, BÇ.




## KAYNAKLAR

- [1] O'Kane, N., Lavelle, F., Brooks, S., Brereton, P., Dean, M. (2022). The development and validation of a food chain engagement measurement scale. *Food Quality and Preference*, 99, 104546.
- [2] Taghikhah, F., Voinov, A., Shukla, N. (2019). Extending the supply chain to address sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 229, 652–666.
- [3] Mattas, K., Tsakiridou, E., Karelakis, C., Lazaridou, D., Gorton, M., Filipović, J., Hubbard, C., Saidi, M., Stojkovic, D., Tocco, B., Tregear, A., Veneziani, M. (2022). Strengthening the sustainability of European food chains through quality and procurement policies. *Trends in Food Science and Technology*, 120, 248–253.
- [4] Karanja, A., Ickowitz, A., Stadlmayr, B., McMullin, S. (2022). Understanding drivers of food choice in low- and middle-income countries: A systematic mapping study. *Global Food Security*, 32, 100615.
- [5] Blake, Christine E., Frongillo, Edward A., Warren, Andrea M., Constantinides, Shilpa V., Rampalli, Krystal K., Bhandari, S. (2021). Elaborating the science of food choice for rapidly changing food systems in low-and middle-income countries. *Global Food Security* 28, 100503.
- [6] Sobal, J., Bisogni, C.A. (2009). Constructing food choice decisions. *Annals of Behavioral Medicine*, 38 (Suppl. 1), 37-46.
- [7] Monterrosa, E. C., Frongillo, E.A., Drewnowski, A., de Pee, S., Vandevijvere, S. (2020). Sociocultural influences on food choices and implications for sustainable healthy diets. *Food and Nutrition Bulletin*, 41, 59-73.
- [8] Rampalli, K.K., Blake, C.E., Frongillo, E.A., Montoya, J. (2023). Why understanding food choice is crucial to transform food systems for human and planetary health. *BMJ Global Health*, 8(5), 1–14.
- [9] Clapp, J., Scrinis, G. (2017). Big Food, Nutritionism, and Corporate Power. *Globalizations*, 14(4), 578–595.
- [10] Dumitru, O. M., Iorga, C. S., Mustatea, G. (2021). Food waste along the food chain in Romania: An impact analysis. *Foods*, 10(10), 2280.
- [11] Conrad, Z., Niles, M.T., Neher, D.A., Roy, E.D., Tichenor, N.E., Jahns, L. (2018). Relationship between food waste, diet quality, and environmental sustainability. *PLoS ONE*, 13(4), 1–18.
- [12] Boateng, G.O., Neilands, T.B., Frongillo, E.A., Melgar-Quinonez, H.R., Young, S.L. (2018). Best practices for developing and validating scales for health, social, and behavioral research: A primer. *Frontiers in Public Health*, 6(June), 1–18.
- [13] Carpenter, S. (2018). Ten steps in scale development and reporting: A guide for researchers. *Communication Methods and Measures*, 12(1), 25–44.
- [14] Schreiber, J.B., Stage, F.K., King, J., Nora, A., Barlow, E.A. (2006). Reporting structural equation modeling and confirmatory factor analysis results: A review. *Journal of Educational Research*, 99(6), 323–338.
- [15] World Health Organization. (2010). Body Mass Index (BMI) Classification 2010. <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations>.
- [16] Sanchez-Sabate, R., Sabaté, J. (2019). Consumer attitudes towards environmental concerns of meat consumption: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7), 1220.
- [17] Renard, M., Kelly, D.T., Ní Chéilleachair, N., Lavelle, F., Ó Catháin, C. (2023). Cooking and food skills confidence of team sport athletes in Ireland. *Nutrition Bulletin*, June, 1–14.
- [18] Roystonn, K., Abdin, E., Sambasivam, R., Zhang, Y., Chang, S., Shafie, S., Chua, B. Y., Vaingankar, J. A., Chong, S.A., Subramaniam, M. (2021). Accuracy of self-reported height, weight and BMI in a multiethnic Asian population. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, 50(4), 306–314.
- [19] Hodge, J.M., Shah, R., McCullough, M.L., Gapstur, S.M., Patel, A.V. (2020). Validation of self-reported height and weight in a large, nationwide cohort of U.S. adults. *PLoS ONE*, 15(4), 1–11.
- [20] Lee, Y.M., Lee, E.K., Chung, S.J., Kim, C.Y., Kim, K.O. (2020). Development and validation of the food involvement inventory (FII) featuring the attitudinal constructs. *Food Science and Biotechnology*, 29(3), 359–369.
- [21] Jezewska-Zychowicz, M., Gębski, J., Kobylińska, M. (2020). Food involvement, eating restrictions and dietary patterns in Polish adults: Expected effects of their relationships (LifeStyle Study). *Nutrients*, 12(4), 1200.
- [22] Bell, R., Marshall, D. W. (2003). The construct of

- food involvement in behavioral research: Scale development and validation. *Appetite*, 40(3), 235–244.
- [23] Marshall, D., Bell, R. (2004). Relating the food involvement scale to demographic variables, food choice and other constructs. *Food Quality and Preference*, 15(7-8 SPEC.ISS.), 871–879.
- [24] Aksakallı Bayraktar, Z., Oral, S., Bulut, S.H., Bayraktar, Y. (2023). Effect of perception of sustainability in local food experiences on healthy eating tendency: mediator and moderator effects. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1150277.
- [25] Sarmugam, R., Worsley, A. (2015). Dietary behaviours, impulsivity and food involvement: Identification of three consumer segments. *Nutrients*, 7(9), 8036–8057.
- [26] Mulders, M.D.G.H., Corneille, O., Klein, O. (2018). Label reading, numeracy and food & nutrition involvement. *Appetite*, 128(June 2017), 214–222.
- [27] Marchant, R. (2006). Food involvement and food purchasing behaviour Andreas. *EAAE*, 11.
- [28] De Alencar, B., Toral, N., Recine, E., & Rizzolo, A. (2016). Fatores relacionados ao envolvimento com alimentação da população adulta. Food Involvement among in Adults. *Revista de Nutrição*, 29(3), 337–345.
- [29] Reddy, L.S., Kulshrestha, P. (2019) Performing the KMO and Bartlett's test for factors estimating the warehouse efficiency, inventory and customer contentment for E-retail supply chain. *International Journal for Research in Engineering Application & Management*, 05(09), 2454–9150.
- [30] Kalaycı, Ş. (2009). SPSS applied multivariate statistical techniques. Asil Publishing.
- [31] Saadati, K., Jahangasht Ghoozlu, K., Chaboksavar, F., Shamsalinia, A., Kordbageri, M.R., Ghadimi, R., Parvizi, S., Ghaffari, F. (2023). Evaluation of psychometric properties of the eating restriction questionnaire and food involvement inventory in Iranian adults. *Scientific Reports*, 13(1), 13553.
-



## Recent Advances in Water-Soluble Edible Pouches: Production Methods, Industrial Applications, and Legal Regulations

Aslıhan Begüm Dadaş , Bahar Demircan , Yakup Sedat Velioglu  

Ankara University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 06830 Golbasi, Ankara, Türkiye

Received (Geliş Tarihi): 22.01.2024, Accepted (Kabul Tarihi): 20.07.2024

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [velioglu@ankara.edu.tr](mailto:velioglu@ankara.edu.tr) (Y.S. Velioglu)

☎ +90 312 2033300 / 3619 📠 +90 312 3178711

### ABSTRACT

Food packaging, crucial for protecting foods from various environmental impacts, is commonly produced from petroleum and its derivatives. However, the slow decomposition of plastics in nature leads to environmental pollution. One of the alternatives presented as a solution to this problem is biodegradable packaging materials. In this context, edible films stand out as a new packaging material with various non-toxic and environmentally degradable features. Edible films offer an eco-friendly option with properties like oxygen and moisture barriers. Recently, the production of pouches derived from these edible films has gained popularity. Edible pouches are designed as an alternative to the environmental pollution caused by disposable materials arising from practical usage demands. These pouches stand out as packaging with controlled release properties and their ability to dissolve in water, aiding in preserving the enclosed foods. This review examines edible films' purpose, characteristics, and applications, focusing on the use and functions of pouches derived from edible films. Additionally, the review discusses the experimentation of these pouches in various products, production purposes, methods, manufacturers, and the legal regulations associated with them.

**Keywords:** Biodegradable packaging, Edible film, Edible bag, Food packaging, Industrial applications

### Suda Çözünebilen Yenilebilir Keselerdeki Son Gelişmeler: Üretim Yöntemleri, Endüstriyel Uygulamalar ve Yasal Düzenlemeler

#### Öz

Gıdaların farklı çevresel etkilerden korunması için büyük önem taşıyan gıda ambalajları genellikle petrol ve türevlerinden üretilmektedir. Ancak, plastiklerin doğada zor bozunması çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bu soruna çözüm olarak, gösterilen alternatiflerden biri biyo-bozunur ambalaj materyalleridir. Bu bağlamda, yenilebilir filmler çeşitli özellikleriyle dikkat çeken, toksik olmayan ve doğada bozunabilen yeni bir ambalaj malzemesi olarak öne çıkmaktadır. Yenilebilir filmler, oksijen ve nem bariyeri gibi özelliklere sahip olmalarının yanı sıra çevre dostu bir seçenek sunmaktadır. Son zamanlarda, bu yenilebilir filmlerden türetilen keselerin üretimi de popülerlik kazanmıştır. Yenilebilir keseler, pratik kullanım talepleri doğrultusunda ortaya çıkan tek kullanımlık materyallerin neden olduğu çevre kirliliğine alternatif olarak tasarlanmıştır. Bu keseler, suda çözünme özelliğine sahip olmalarının yanı sıra içerdikleri gıdaların korunmasına yardımcı olan, kontrollü salınım özelliğine sahip ambalajlar olarak öne çıkmaktadır. Bu derlemede, yenilebilir filmlerin ortaya çıkış amacı, özellikleri, yenilebilir filmlerden elde edilen keselerin kullanım amaçları ve işlevleri irdelenmiştir. Bu konuların yanı sıra, bu keselerin hangi ürünlerde denendiği, üretim amaçları, üretim yöntemleri, üreticileri ve bunlara ilişkin yasal düzenlemeler ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyobozunur ambalaj, Yenilebilir film, Yenilebilir kese, Gıda ambalajı, Endüstriyel uygulamalar

## INTRODUCTION

In contemporary times, consumers are increasingly inclined towards fresh, nutritious, and high-quality food. Food packaging is paramount in delivering healthier and safer food products to consumers. Food packaging contributes to preventing spoilage of food products in the food supply chain, minimizing damage during transportation, ensuring hygiene, and reducing food waste.

The importance of food packaging helps to provide the provision of healthier and safer foods. It has been emphasized that food packaging in the food supply chain contributes to preventing spoilage of food products, minimizing damage during transportation, ensuring hygiene, and reducing food waste [1]. Food packaging performs various functions, such as reducing food interaction with spoilage factors like microorganisms, water vapor, oxygen, and undesirable tastes, preventing the loss of desired compounds like aroma, and extending the shelf life of foods [2]. Packaging protects food from processing to transportation. Packaging materials, such as paper, plastic, glass, metal, or composites, have certain limitations in food packaging. Plastics (e.g., polyethylene, polypropylene, polyethylene terephthalate) are derived from the processing of petroleum or petroleum-based products. Additionally, non-eco-friendly of these single-use plastic food containers, discarded into oceans or landfills after use, poses serious issues such as CO<sub>2</sub> and greenhouse gas emissions from their incineration, contributing to ozone layer depletion [3].

Common packaging materials are produced from synthetic polymers due to their excellent mechanical properties, transparency, smoothness, and lightness. Synthetic polymers like polyethylene and polypropylene are not biodegradable. They also exhibit good barrier properties against gases such as water vapor, O<sub>2</sub>, and CO<sub>2</sub>. The non-biodegradability of synthetic polymers causes environmental problems. Monomers and additives from synthetic packaging can migrate into the food, leading to serious health issues. To overcome such problems, research is being conducted on using biodegradable and naturally derived packaging materials (e.g., proteins, polysaccharides) instead of non-biodegradable synthetic polymers [4]. Consumers have changed their attitudes towards food packaging, quality, and environmental concerns in our modern era. This shift has prompted researchers to focus on biodegradable, sustainable packaging materials that contribute to reducing carbon footprint. Edible packaging is considered an eco-friendly alternative to food packaging, allowing consumers to consume packaging materials derived from plants, animals, marine life, or natural food group polymers such as polysaccharides, proteins, and lipids [5, 6]. With the advancement of technology, it has been indicated that edible materials can be transformed into edible packaging, which preserves food quality, extends shelf life, and contributes to waste reduction. Edible films are mentioned as packaging materials for separating the top or bottom of frozen products (such as pizza), for use as

packaging material in sushi or sandwiches, or as dissolving pouches for food products [7, 8]. Edible pouches, categorized as edible packaging, have gained popularity due to their biodegradability. They serve as packaging materials with good oxygen, moisture, and aroma barrier properties. They minimize gas permeability to prevent oxidative rancidity, allow controlled mass transfer, and facilitate the release of active components such as antimicrobials, antioxidants, and additives [9].

This review aims to provide recent developments, mostly in last 5 years, on the emergence, characteristics, production methods, usage purposes, features, functions, and analyses of edible films. Additionally, it aims to provide insight to the companies in the industry producing edible pouches, the products for which they are manufactured, their purposes, and the legal regulations about edible pouches.

## EDIBLE FILMS

In recent years, there has been an increasing global demand from consumers for fresher and healthier foods. This trend has led to an increase in the use of plastic-based packaging materials to preserve product quality and extend shelf life. According to statistical data reported by Mostafavi and Zaeim [10], the production of petroleum-based packaging materials worldwide increases by 8% annually, with less than 5% of the materials being recycled. This contributes to the continuous accumulation of plastics in the environment, disposing millions of tons of plastic-based packaging materials into landfills each year, leading to a significant global issue. The slow decomposition of plastics in nature, taking up to hundreds of years, exacerbates the environmental pollution caused by plastics. In response to these challenges, biodegradable and environmentally friendly edible films have emerged as an alternative to synthetic polymers to reduce plastic-related environmental pollution.

As indicated by Mostafavi and Zaeim [10], edible films offer a sustainable solution to mitigate environmental pollution caused by plastics. According to Martinez et al. [11], Mostafavi and Zaeim [10], and Ebrahimzadeh et al. [12], these films can prevent the transfer of moisture, oxygen, and aroma between the food and the surrounding atmosphere. Consequently, the use of edible films has rapidly increased to preserve the quality of various foods. The statistical data presented by Mostafavi and Zaeim [10] underscores the urgency for sustainable alternatives to petroleum-based packaging materials, supporting the growing adoption of edible films to minimize the environmental impact of plastic pollution.

## Properties of Edible Films

Edible films play a crucial role in ensuring the safety and freshness of foods throughout their shelf life, protecting them from adverse conditions. The purposes of using edible films vary based on the needs during food preservation, and the natural properties of film-forming

materials can limit their protective features due to moisture and gas transport mechanisms. Edible films must meet specific criteria to be suitable for use with food. The ideal characteristics of an edible film can be outlined as follows [13, 14]:

1. **Safe for Human Consumption:** The film-forming materials must be considered safe for human consumption (Generally Recognized as Safe, GRAS) and approved by the Food and Drug Administration (FDA).
2. **Non-Toxic and Allergen-Free:** The film should be non-toxic, allergen-free, fully digestible, and biologically degradable.
3. **Mechanical Durability:** It should be mechanically durable to withstand potential damages during the transportation and storage of food products.
4. **Solubility in Safe Solvents:** The film-forming materials should readily disperse and dissolve in solvents such as water, alcohol, or mixtures commonly used in production.
5. **Adequate Coverage:** The film should cover the entire product.
6. **Good Mechanical and Rheological Properties:** It should possess good mechanical and rheological properties under production and application conditions.
7. **Control of Water Vapor Transmission:** The film should be able to control water passage inside and outside the protected food to maintain the desired moisture content.
8. **Control of Cohesion and Adhesion:** It should control the cohesion between polymer molecules constituting the film and the adhesion between the film and the food.
9. **Non-Impact on Sensory Properties:** It should not adversely affect taste, smell, appearance, or flavor to be acceptable to consumers, and improvements in these properties can be considered.
10. **Carrier for Desired Additives:** Edible films can carry desired additives such as colorants, antioxidants, antimicrobial agents, vitamins, and nutrients.
11. **Ease of Production and Economic Applicability:** It should be readily producible and economically viable.
12. **Control of Gas Balance:** It should control the balance of gases involved in aerobic and anaerobic respiration of foods.
13. **Biochemical and Microbial Stability:** It should ensure biochemical and microbial surface stability, protecting against contamination, microbial growth, and other forms of deterioration.

Gas barrier properties, moisture barrier properties, light permeability, sensory and mechanical properties, and organoleptic characteristics in edible films constitute significant quality criteria. These criteria and their effects are illustrated in Table 1. Moreover, these criteria may vary based on internal and external factors, where external factors include temperature, humidity, pressure, relative humidity, and pH, and internal factors include

the chemical properties and concentration of components constituting the films [15].

- **Mechanical Properties:** Good mechanical properties are essential in edible films to prevent early cracking during production, distribution, transportation, storage, and food packaging consumption [16].
- **Optical Properties:** The optical properties of edible films (opacity, colour, light transmission) are crucial parameters affecting their appearance, acceptability, and suitability for various applications [17].
- **Antimicrobial Properties:** Antimicrobial properties in edible films are effective in minimizing or preventing spoilage and the development of pathogenic microorganisms in antimicrobial food products. This contributes to the extension of shelf life, food quality, and safety. Antimicrobial materials, such as bacteriocins, essential oils, plant extracts, enzymes, organic acids (e.g., lauric acid), and inorganic/metallic nanoparticles, can be incorporated into the matrix for this purpose [18].
- **Sensory Properties:** The sensory properties of edible films are crucial for consumer acceptability. Properties such as appearance, texture, taste, and aroma can influence acceptability. Additionally, the interaction of films with the included food or food additives should be evaluated since they are considered edible together [19].
- **Water Vapor Permeability:** The water vapour barrier property is highly effective for food preservation and shelf life extension. Edible films should have low water vapour permeability to prevent moisture transfer between the food and the environment, impacting food preservation and shelf life [20].
- **Oxygen Permeability:** Oxygen permeability is one of the most researched and effective carrier properties of edible films. Controlling the passage of oxygen is essential to prevent quality loss due to processes such as lipid oxidation, microbial growth, enzymatic browning, and vitamin loss, as well as to prevent quality losses resulting from respiration in fresh fruits and vegetables [21].
- **Chemical Properties:** The solubility, hydrophobic-hydrophilic interactions, and chemical characteristics of components in materials with high water content can effectively determine their biodegradability [15].

Edible films should comprise at least two components: a biopolymer-based matrix capable of forming a compatible structure and a solvent (usually water). Biopolymers, such as polysaccharides, proteins, and lipids, are extracted from biomass. Additives are included in the formulation to enhance mechanical, functional, organoleptic, and nutritional properties. Plasticizers increase flexibility, antimicrobials (preservatives) enhance shelf life, antioxidants protect against oxidation. Antimicrobial and antioxidant

properties can be achieved by incorporating essential oils, plant extracts, and metallic nanoparticles. Probiotics, prebiotics, vitamins, and minerals can be added for health benefits [5]. The components of edible films are illustrated in Figure 1.

### Production of Edible Films

Edible films are commonly used as a solid matrix wrapped around the surface of food products, primarily serving as primary packaging without any sensory or nutritional appeal. Additionally, it has been noted that edible films can be used as pouches or bags for beverages that dissolve when added to cold or hot liquids, releasing their contents. This provides consumers convenience and portion control and can be used as an alternative to traditional meal packaging [22].

Edible films derived from edible materials are obtained through two different methods [30]. The wet or solvent casting method is a commonly used laboratory-scale method for producing thin films. It is widely employed in scientific studies for formulating and evaluating formulations due to its effectiveness and cost efficiency in determining film formation properties [31, 32]. In the production, the film-forming materials should disperse and dissolve in a solvent such as water, alcohol, a water-alcohol mixture, or other solvent mixtures. Plasticizers, color and flavor agents, and antimicrobial and antioxidant substances are added during this process. Subsequently, the film solution is cast and allowed to dry at the desired temperature and relative humidity [33, 34]. While the wet process is advantageous for its simplicity, it is challenging to scale up for industrial production. The high water content of the film-forming solution leads to prolonged drying times and, consequently, high energy consumption, limiting the industrial application of this method [35]. Santosa et al. [36] produced antimicrobial edible films using solvent-casting with various concentrations of starch and lemongrass oils. Jridi et al. [37] manufactured antioxidant and antimicrobial edible films using fish gelatin and blood orange peel pectin in different ratios through solvent casting. Ribeiro et al. [38] produced edible films of different thicknesses using three different biopolymers (chitosan, sodium alginate, gum arabic), and polyphenols extracted from elderberry through the solvent casting method, suggesting their potential as alternatives to plastic packaging materials for preserving food products and facilitating the transportation of active components. In extrusion processes, biopolymers are plasticized. This involves heating and plasticizing the extrusion polymers under low water content conditions at the glass transition temperature. The extrusion process is used to produce flexible films. Biopolymers are plasticized at the end of the extruder with heat, pressure, and shear force to create a homogeneous melt. In addition to film formation, this soft and rubbery melt can be transformed into different shapes after cooling using traditional processing methods such as thermal compression or injection molding [39]. Compared to the solvent casting method, the extrusion method offers advantages such as lower energy consumption, shorter processing times, suitability for

commercial use, absence of solvent, ease of processing of highly viscous polymers, and efficiency. However, limitations include the restricted use of specific polymers and the processing of only temperature-sensitive and low-moisture raw material mixtures [22, 40]. Using the extrusion method, Cheng et al. [41] produced edible films using starch/gelatin and beeswax, candelilla wax, and carnauba waxes. Krishna et al. [42] developed edible films using fish gelatin through twin-screw extrusion at 110°C and 120°C, followed by compression molding at 80°C. They compared these films with solvent-cast films, finding that the extrusion method produced more flexible films. Castro et al. [43] produced edible films using modified starch through the extrusion method at an extrusion temperature of 100°C and a screw speed of 120 rpm.

### Uses of Edible Films

It has been indicated that edible films operate in various industries, such as food, cosmetics, and pharmaceuticals. In the food industry, edible films are used as edible decorations, such as logo printing on pastries or cakes, or as interleaves between frozen products like hamburger patties to prevent them from sticking together. Additionally, in cosmetics, edible films can be used as facial masks. In the pharmaceutical sector, edible films are produced from different components, such as caffeine, nutrients, or herbal ingredients, to promote oral hygiene and alertness. These films dissolve upon ingestion. Moreover, water-soluble edible films can also produce drug strips or ribbons. They offer a solution for individuals, especially the elderly, children, or those with swallowing difficulties, who can use them without water [44].

Whey protein based edible films are quite common in industry. Castro et al. [46] developed edible films based on whey protein enriched with green tea extract using solvent casting. These films aimed to minimize or delay lipid oxidation in salmon by exhibiting antioxidant effects. The study results showed that edible films with green tea extract effectively delayed lipid oxidation in salmon on the 14th day of storage. In a study [47], whey protein isolate, incorporating thyme oil, garlic oil, nisin, and natamycin were applied to Kashar cheese. The findings revealed that the developed films had antimicrobial efficacy.

Xia et al. [48] designed double-layered edible films with an outer layer of zein (hydrophobic) and an inner layer of gelatin (hydrophilic) enriched with tea polyphenols using the solvent casting method. These films were tested on freshly cut kiwi, avocado, and banana fruits. The study aimed to develop packaging that reduces water vapor permeability and controls moisture, thereby preserving product stability and positively impacting shelf life. The addition of tea polyphenols facilitated the continuous release of antioxidant compounds, preventing browning and maintaining the freshness of the fruits. The results indicated that the developed films controlled mass loss in kiwi, improved color stability in avocados, and inhibited microbial growth in fresh bananas after two days of storage.

Table 1. Analysis of edible pouches

| Polymer and components   | Production method | Analysis of pouch   | Packaged product   | Results  | Reference |
|--|-------------------|---|--|--|-----------|
| Soybean polysaccharide, gelatin  | Thermal bonding   | Water solubility  | Instant coffee, coconut powder                                     | Pouches dissolved within a few seconds (<30 s).  | [23]      |
| Apple and citrus pectin, soy protein isolate   | Thermal bonding   | Water solubility (95°C)                                       | Instant coffee   | Citrus and apple pectin-based pouches dissolved in less than 30 s. Pouches derived from soy protein isolate took a longer time to dissolve.  | [24]      |
| Natural whey protein isolate   | With solution     | Water solubility (90°C), Sensory analysis                     | Instant coffee, dry Italian salad dressing mix, blueberry cake mix | The coffee pouch dissolved instantly, the salad dressing pouch in less than 10 s, and the cake mix in 2.5-3 min. Consumers needed help distinguishing between the pouches used in the study and the ones packaged. | [25]      |
| Starch, Laver (seaweed), xylose  | Not specified     | Water solubility (85°C)                                       | Spice mix  | It dissolved within a few seconds.   | [26]      |
| Cassia gum, ethyl cellulose,   | Thermal bonding   | Water solubility (in boiling water)                           | Dried vegetable mix  | The bag with the dried vegetable mix was dissolved in 2 min.   | [27]      |
| Manioc starch, various mixtures of medium starch phosphate manioc starch, and kaolin | Thermal bonding   | Not specified   | Biscuit  | It is noted that adding kaolin enhances the barrier properties of the pouches, making them more resistant to tearing.  | [28]      |
| Fish gelatin, glucose  | Thermal bonding   | Color, light transmittance, differential scanning calorimetry | Flaxseed oil   | The pouches preserved the product's colour and provided adequate protection against UV.  | [29]      |

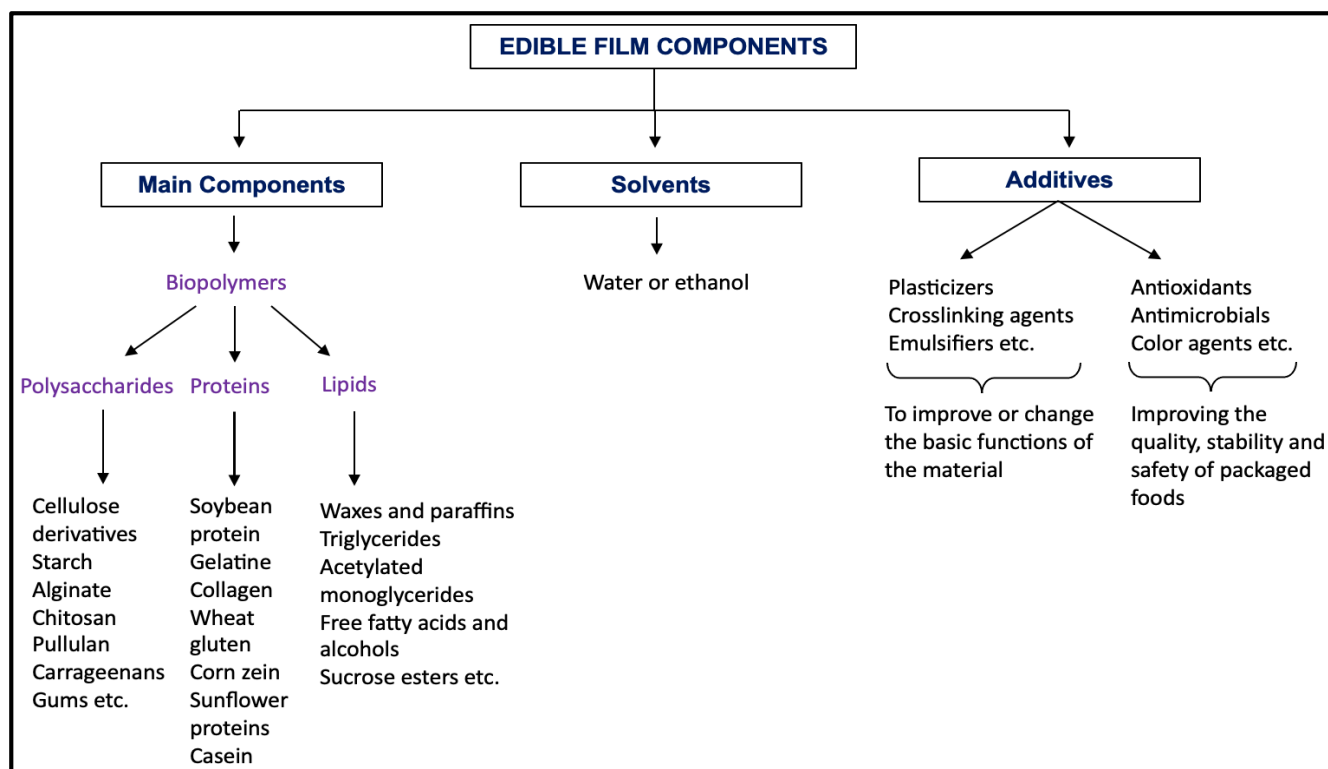


Figure 1. Components of edible films [45]

In conclusion, edible films have diverse applications in the food, cosmetic, and pharmaceutical industries, offering innovative solutions, including decoration, antimicrobial packaging, and controlled release of bioactive compounds.

## EDIBLE POUCHES

In the food industry, products such as ready-made soups, dried vegetables, noodles, and instant coffee are typically packaged using aluminum-laminated plastic or other plastic films before being consumed. Before use, these packages are torn open, and the contents are used this way before pouring water onto them. This usage could be more convenient and environmentally friendly, as these materials end up in landfills and not degrade. The concept of making water-soluble bags from edible films is derived from this context. The idea is to produce bags that can dissolve or be cooked in hot water by pouring water onto them, allowing for quick consumption without tearing the packaging. Such applications include spice bags, ready-to-drink beverage bags, sugar bags, and cheese slice bags. In the detergent industry, water-soluble bags are used for packaging detergents. In the agricultural industry, predetermined quantities of fertilizers are transformed into fertilizer bags. These bags gradually dissolve upon contact with moist soil or during irrigation, facilitating convenient application [44].

### Properties of Edible Pouches

In some practical food packaging applications, such as those involving powdered substances like ready-made

foods, instant coffee, coconut powder, milk powder, noodles, beverage mixes, tea leaves, and seasoning and flavoring additives, the use of edible films has been preferred (Table 1 and Table 2). It has been explained that soluble sachets, bags, packages, or pouches are processed to contain powdered substances. The principle behind using pouches involves mixing them with food products like yoghurt or dissolving them by placing them in water for beverages or soups. It has been noted that such a packaging system's most significant advantages include requiring simple technology, the ability of edible packaging to carry pre-weighed amounts of the product, addressing waste disposal issues (being eco-friendly), being readily convertible to a usable form, and being reliable from a health perspective.

Edible pouches also assist in transporting aroma compounds to contribute to sensory characteristics. Additionally, the heat-sealing property is a crucial criterion for pouches in practical applications and for preserving liquid or dry food products. It is emphasized that heat insulation should be durable to prevent leakage under storage conditions. Adequate sealing force is crucial to prevent the pouches from opening prematurely and to support the packaged materials. The stretching properties of the pouch and the barrier properties (moisture, oxygen, gas, and oil) should be good to minimize the chemical degradation of the product. It is explained that these features depend on the selection of the matrix used in pouch production [23, 53-56].

Table 2. Analysis of packaged products in edible pouches

| Polymer and components   | Production method | Packaged product | Analysis of product  | Results  | Reference |
|--|-------------------|------------------|--|--|-----------|
| Chicken protein isolate, fish skin gelatin, gallic acid, tannic acid | Heat sealing      | Chicken skin oil | Peroxide value, Thiobarbituric acid reactive substance (TBARs)             | Pouches containing phenolic compounds protected chicken skin oil against oxidative deterioration   | [49]      |
| Fish gelatin, glucose  | Heat sealing      | Flaxseed oil     | Peroxide value, TBARs value, free fatty acid content                       | The peroxide value, TBARs value, and free fatty acid content of flaxseed oil stored in gelatin-based pouches containing glucose were lower than those stored in pouches without glucose. | [29]      |
| Soy protein isolate, Pinhão seed extract                             | Heat sealing      | Flaxseed oil     | Peroxide value, free fatty acid content                                    | Low peroxide and free fatty acid content were determined.  | [50]      |
| Pumpkin pulp, corn zein  | Heat sealing      | Flaxseed oil     | Peroxide value, content of conjugated dienes and trienes, sensory analysis | Low peroxide value, low content of conjugated dienes and trienes, and inadequate sensory characteristics were found.   | [51]      |
| Pectin-sodium alginate, casein, copper nanocomposite                 | Heat sealing      | Coconut oil      | Peroxide value, TBARs, free fatty acid content                             | It was emphasized that it prevents oxidation and can extend shelf life.  | [52]      |

Soluble edible pouches also possess other characteristics, such as controlled mass transfer (migration, adsorption, absorption, and permeability)

between food and the environment or among components in food, enhanced product appearance, and structural integrity. The rapid dissolution upon



contact with water, enabling the segmentation of various foods like breakfast cereals or ready-to-drink beverages into individual portions and extending shelf life, provides convenience for consumers and enhances the efficiency of industrial-scale food production. Pre-measurement of ingredients, requiring less cleaning, delivering products cleanly and accurately, and reducing dependence on workers or chefs are advantages of edible pouch production on an industrial scale. It is emphasized that more than the edibility feature is required in pouch production. From the consumer's perspective, instant and complete dissolution, allowing controlled release of products, and fulfilling a protective function in packaging are essential requirements [25].

### Production of Edible Pouches

Edible films are produced in the form of pouches. One of the methods commonly used to prevent opening or leakage in these pouches is heat sealing [57]. Heat sealing is frequently employed in industrial applications to produce flexible packaging. It involves pressing and squeezing two thin film layers between hot metal bars for a specified period, subsequently allowing the layers to cool. The method relies on the principle that the polymer matrix melts due to heat. Mass diffusion and interfacial interaction take place along the melted layers. After cooling, the polymers of these two layers, which melted at the interface, blended and solidified due to diffusion [58]. The studies related to the production of edible pouches are provided in Table 3.

Table 3. Production methods of edible pouches

| Polymer and components   | Production method | Pouch measurements | Process details  | Reference |
|--|-------------------|--------------------|--|-----------|
| Soybean polysaccharide, gelatin  | Heat sealing      | 20 mm x 70 mm      | Sealed under 150°C, 300 kPa, for 1.5 min.  | [23]      |
| Soy protein isolate, corn zein   | Heat sealing      | 40 mm x 50 mm      | Sealed under 3 s, 3 atm, at 120-130°C.   | [60]      |
| Chicken protein isolate, fish skin gelatin, phenolic content (gallic acid and tannic acid) | Heat sealing      | 25 mm x 20 mm      | Heated at 150°C for 1.25 s, then closed by cooling for 1.50 s.   | [49]      |
| Whey protein isolate (natural and heat-denatured)  | Heat sealing      | Not specified      | Films with heat-denatured whey protein isolate were sealed for 2.5 s. Films with naturally denatured whey protein isolate were sealed for 2 s, with temperatures of 205 and 165°C, pressure of 293 kPa, and cooling time of 4.5 s. | [25]      |
| Hydroxypropyl methylcellulose, soy protein isolate   | Heat sealing      | 25 mm x 79 mm      | Sealed for 2 s with heat for denaturation.   | [61]      |

### Uses of Edible Pouches

Convenience and pleasant flavors are essential for meeting consumers' fast-paced lifestyles and nutritional needs regarding ready-made foods. In other words, ready-made foods fulfil the demand for quick preparation and nourishment in consumers' lives. It is well-known that the packaging of products such as flavoring powders, oil/sauce blends, and dried vegetables, provided alongside ready-made foods, is typically made from petroleum-based polymers and is widely used. However, these packages can impact both human health and product quality. Therefore, it has been explained that in the packaging of these products, bio-based polymers are used to produce environmentally friendly and user-friendly pouches, which are then introduced into the market [59].

### Oil Packaging

Carpine et al.'s [62] study focused on producing edible films based on coconut oil-added soy protein isolate emulsions for packaging. The films were initially produced using soy protein isolate (SPI), untreated virgin coconut oil (VCO), and soy lecithin (SL). Thickness, opacity, moisture content, water vapor permeability, mechanical properties, and

thermogravimetric analyses were conducted on the films. Subsequently, the films were cut into 100 mm x 40 mm dimensions and sealed using a heat sealer. The prepared pouches contained 5 g of olive oil. The oxidative stability of the olive oil in the pouches was observed over 28 days through peroxide analyses. The results indicated that the peroxide values (13.197, 11.164 mEq O<sub>2</sub>/kg) did not exceed the maximum limit (20 mEq O<sub>2</sub>/kg) set by the Codex Alimentarius. It was concluded that these pouches, by protecting olive oil from oxidation and rancidity, provided environmental benefits and enhanced product quality, serving as an alternative to non-biodegradable traditional packaging materials.

In the study conducted by Rosenbloom and Zhao [61], edible, water-soluble, heat-sealable, and antioxidant pouches were developed using hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and SPI for packaging sesame oil. Initially, edible films were produced from hydroxypropyl methylcellulose and soy protein isolate. Additionally, formulations were enriched with 0.1% or 0.2% DL- $\alpha$ -tocopherol acetate (VE) and 0% or 0.25% oleic acid to impart antioxidant and hydrophobic properties. Cellulose nanocrystals (CNC) were also added. The films were tested for color, water vapor permeability, solubility, Scanning Electron Microscopy

(SEM), mechanical properties, and more. For pouch production, two 25 mm × 79 mm films were stacked, heat-sealed on three sides for 2 s, filled with 3 mL of sesame oil per pouch, and the fourth side was sealed. After pouch production, peroxide value analysis was performed on the sesame oil within the pouches. The results demonstrated that the lowest peroxide values ( $8.1 \pm 0.9$  mEq/kg) were observed in SPI-based pouches after 60 days of storage at 35°C. Oleic acid was found to influence the heat-sealing of SPI-based pouches. The developed pouches were identified as a promising packaging alternative in the industrial context, contributing to reducing plastic waste, extending the shelf life of lipid-based foods, and enhancing consumer convenience.

In the work by Cho et al. [60], heat-sealable pouches were produced based on soy protein isolate (SPI) coated with corn zein (CZ). Initially, films were produced by coating soy protein isolate with corn zein, and analyses were conducted for water vapor permeability, color, SEM, solubility, and mechanical properties. The heat-sealing properties of soy protein isolate corn zein bilayer films were analyzed at temperatures ranging from 85 to 155°C under 3 atm pressure for 3 s. The heat-sealability of soy protein isolate film was optimized at 120-130°C and enhanced by adding corn zein film. Pouches containing 2 g of olive oil were created by cutting the films into 40 mm x 50 mm pieces and heat-sealing three sides. Peroxide analysis was performed on the olive oil in the pouches. It was concluded that soy protein isolate and corn zein-based pouches extended the shelf life of olive oil and exhibited excellent oxygen barrier properties by preventing oxidative deterioration during storage. Moreover, these pouches demonstrated good mechanical properties and were deemed suitable for packaging and processing.

Nilsuwan et al. [49] produced pouches based on a mixture of chicken protein isolate/fish skin gelatin containing various concentrations (0%, 0.375%, 0.75%, 1.5%, and 3.0%) of phenolic compounds (gallic acid and tannic acid). Before pouch production, films were manufactured, and analyses were performed for thickness, color, solubility, mechanical properties, water vapor permeability, opacity, SEM, total phenolic analysis, and antioxidant activity. The films were then cut into 25 mm x 20 mm pieces, sealed with a heat sealer at 150°C for 1.25 s, and cooled for 1.50 s to determine leakage strength and efficiency. Pouches were further produced by heat-sealing three sides of 50 mm x 50 mm films. These pouches contained 2 g of chicken skin oil. Peroxide value, free fatty acid, and TBARS value analyses were conducted on the oil in the pouches. The pouches with 0.75% gallic acid demonstrated a lower peroxide value, TBARS, and volatile compounds during the 15-day storage period compared to the oil stored in pouches without phenolic compounds. It was suggested that phenolic-containing pouches exhibited antioxidant effects, effectively protected chicken skin oil from oxidative deterioration, and preserved the quality and nutritional value of the product. Additionally, the addition of phenolic

compounds positively influenced the durability and shelf life of the pouches.

The research by Kchaou et al. [29] involved the production of fish gelatin-based pouches with or without glucose. Before pouch production, films were prepared from fish gelatin, with and without glucose, and dried in oven at 25°C and 120°C. Subsequently, pouches were produced, and 10 mL of flaxseed oil was added to each pouch. Product analyses included peroxide value, TBARS, and free fatty acid analyses. Also, color, light permeability, and Differential Scanning Calorimetry (DSC) analyses were performed in pouches. The results indicated that the pouches preserved the product's color and provided UV protection. Pouches with glucose demonstrated lower peroxide values, TBARS values, and free fatty acid content in the stored oil than those without glucose, suggesting that glucose-containing gelatin-based pouches reduced oxidative damage and helped preserve the oil's freshness. Furthermore, these pouches were proposed as a potential alternative to synthetic packaging for protecting foods against oxidation.

The study conducted by Souza et al. [50] involved the production of pouches using soy protein isolate and extracts from Pinhão seeds, with only the selected high antioxidant capacity extract at 2%. Control pouches were also produced. Before pouch production, films were produced from Pinhão seed extracts and analyzed for color, water vapor permeability, mechanical properties, Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), total phenolic, and antioxidant capacity. The peroxide value was also determined in samples. Pouches were produced by cutting films of the highest antioxidant capacity into 3 cm x 7 cm pieces, which were sealed. These pouches contained 5 mL of flaxseed oil. The oxidative stability of flaxseed oil in pouches was confirmed, with lower peroxide and free fatty acid values observed after 60 days of storage at 60°C. The study concluded that pouches containing phenolic compounds contributed to the oxidative stability of flaxseed oil, displaying low peroxide and free fatty acid content. These pouches were considered a potential alternative for active packaging, contributing to the preservation of the quality and nutritional values of the packaged product.

In the research by Gautam and Mishra [52], laminated pouches were produced by laminating pectin-sodium alginate and casein, adding copper nanocomposites to the pectin layer. Films were manufactured, and analyses were conducted for thickness, color, opacity, water vapor permeability, solubility, mechanical properties, antimicrobial analysis, X-ray diffraction (XRD), SEM, and thermogravimetric properties. The films were then cut into 70 mm x 50 mm pieces and heat-sealed on three sides. These pouches contained 5 mL of coconut oil. Analyses were performed for peroxide value, free fatty acid, and TBARS on the oil in the pouches. The pouches were found to preserve the oxidative stability of coconut oil during storage, extending its shelf life. Packaging coconut oil in edible and water-soluble sodium alginate-pectin/casein pouches was identified as an effective and

sustainable packaging solution, contributing to both ease of consumption and preservation of coconut oil.

### Dry Powder Mixture Packaging

Jakub et al. [24] studied producing pouches using apple and citrus pectin with soy protein isolate. Before pouch production, films were manufactured and analyzed for thickness, color, moisture content, solubility, opacity, water vapor permeability, and mechanical properties. The prepared films were heat-sealed on three sides to produce pouches. Each pouch was filled with 2 g of instant coffee, and the fourth side was sealed. Solubility analysis was performed on the pouches. It was observed that pouches made from citrus and apple pectin entirely and instantly dissolved (in less than 30 s) when in contact with water, while those derived from soy protein isolate required more time (due to thermal denaturation). The study aimed to provide an eco-friendly packaging alternative catering to coffee enthusiasts who seek a quick and easy coffee preparation method without the need for traditional brewing techniques.

Liu et al. [23] focused on producing gelatin-based pouches using soybean polysaccharide (SSPS). In the study, soybean polysaccharide and gelatin solutions were prepared separately, plasticized with glycerol, and mixed, then films were cast using a casting method. The weight ratios of the films were 100/0, 80/20, 60/40, 40/60, 20/80, and 0/100. Analyses were performed on the films for mechanical properties, optical properties, water vapor permeability, thickness, solubility, SEM, Atomic Force Microscopy (AFM), DSC, XRD, Attenuated Total Reflection (ATR)-FTIR, and heat-sealing strength. The films were cut into 20 mm x 70 mm pieces for heat-sealing, and pouches were created by sealing two films together at 150°C, 300 kPa pressure, and 1.5 min. Pouches were filled with 3 g of instant coffee and coconut powder, and the fourth side was sealed. Solubility analysis in water at 95°C was conducted on the pouches. Both types of pouches dissolved rapidly in hot water (95°C) within a few s (<30 s), releasing the encapsulated powders quickly. The research suggested that these pouches are potential alternatives for manufacturing quickly dissolving packaging for powdered food and beverage products.

Janjarasskul et al. [25] produced pouches using whey protein isolate (WPI) in natural and thermally denatured forms. Before pouch preparation, films were created from denatured and natural WPI, and analyses were conducted for solubility, mechanical properties, ATR-FTIR analysis, and oxygen permeability. Pouches were created by heat-sealing films at 205°C for 2.5 s for denatured WPI films and 165°C for 2 s for natural WPI films, with a pressure of 293 kPa. Pouches were left to cool for 4.5 s. The pouches were filled with ready coffee, dry Italian salad dressing, and blueberry cake mix. The study aimed to produce WPI-based pouches for the packaging of pre-weighed dry foods, emphasizing their quick solubility and the principle of being edible and sealable. The solubility (at 90°C) and sensory properties of coffee pouches were highlighted. It was observed that

heat-sealed whey protein isolate (HWPI) pouches softened and swelled but did not dissolve in hot water. In contrast, solution-sealed natural whey protein isolate (NWPI) pouches dissolved rapidly, except for the sealed part, due to thermal denaturation during sealing. Sensory evaluation indicated that panelists could not distinguish between coffee prepared from fully dissolved solution-sealed NWPI pouches and traditionally prepared coffee. The study concluded that WPI-based pouches could effectively package pre-weighed dry foods without affecting consumer acceptability.

Chen et al. [26] conducted a study on the production of starch-based edible spice pouches that could be placed inside instant noodles. Starch-based pouches containing laver (seaweed) were produced at different ratios (10%, 20%, and 30%) and xylitol. The research used xylitol as a plasticizer, cellulose crystals as a reinforcing agent, and laver to reduce gas permeability. Film analyses were initially conducted, including thickness, moisture, water vapor permeability, mechanical properties, and SEM. The addition of both laver and cellulose crystals increased tensile strength. Although laver reduced water vapor permeability, the overall flexibility of the starch film was compromised. Xylitol was found to reduce film hardness. After the addition of cellulose and laver, a decrease in moisture sensitivity was observed. Solubility analysis was conducted on the pouches at 85°C. It was observed that the pouches dissolved in hot water within a few s at 85°C. The study aimed to produce quickly dissolving pouches for flavoring instant noodles. The researchers concluded that starch-based edible films were successfully used as spice pouches, enhancing consumer convenience for flavoring instant noodles.

Nawab et al. [63] conducted a study on the production of heat-sealed pouches using mango seed starch and plasticizers such as glycerol, sorbitol, and a combination of glycerol: sorbitol (1:1). Mango seed starch was extracted before producing films, and subsequently, 10 cm x 20 cm pieces were cut from the films and heat-sealed using a sealer to close three sides. Polyethylene bags were used as control pouches. The pouches were filled with 50 g of red pepper powder to extend their shelf life. The heat-sealing capability of the pouches was investigated, with the optimal results observed at 70°C for 3 s for all pouches. Pouches with glycerol as a plasticizer exhibited higher impermeability strength (70%) than others. After six months of storage, mango seed starch pouches were observed to preserve the color and sharpness of packaged red pepper powder for a longer duration than commercially available polyethylene pouches. This was attributed to mango seed starch pouches' better barrier properties than polyethylene. The study suggested that mango seed starch pouches could effectively preserve red pepper powder without compromising consumer acceptability.

### Other Product Packaging

In the study by Kumar et al. [64], chitosan and basil essential oil were used to create pouches to impart antioxidant properties. Films were formed using chitosan and basil essential oil, and these films analyzed for

moisture, solubility, FTIR, Thermogravimetric analysis (TGA), water vapor permeability, mechanical properties, antioxidant capacity, color, and opacity. Subsequently, pouches were produced from these films, and fried finger potatoes were placed inside them. Comparative analysis of oxidation was conducted using FTIR spectroscopy during the oxidative damage analysis of the product within the pouch. It was observed that the pouches significantly reduced oxidative damage during storage (7 days). The study concluded that the pouches could preserve the quality and freshness of fried finger potatoes by preventing or reducing the formation of oxidation-related off-odors and undesirable tastes. The research aimed to contribute to producing sustainable food packaging to prevent oxidative deterioration within the pouch, consequently reducing food waste.

Li et al. [27] produced pouches by adding 5% ethyl cellulose to cassia gum and cassia gum-based films. Films were created with cassia gum and cassia gum with 5% ethyl cellulose, and analyses were performed for thickness, mechanical properties, water vapor permeability, light permeability, solubility, SEM, FTIR, and thermogravimetric analysis. Subsequently, pouches were produced by heat-sealing films measuring 6.5 cm x 6.5 cm. Dried vegetable mixtures and carrot cubes were placed in the pouches. It was observed that pouches containing a dried vegetable mixture were wholly dissolved in boiling water within 2 min. The weight of the carrot cubes placed in the pouches with 53% relative humidity was measured after conditioning at 12, 24, 72, and 120 h. Growth rates and inhibition rates were calculated. The study also indicated that the addition of ethyl cellulose in pouches with carrot cubes helped reduce moisture content, had a significant effect on water vapor permeability, and could be more suitable for pouch production to extend the shelf life of dry vegetables and protect them from water vapor. The study aimed to develop and evaluate a sustainable and eco-friendly packaging material that could enhance the quality and shelf life of dried vegetables while reducing waste and pollution.

Rammak et al. [28] aimed to package biscuits using various cassava starch blends and medium phosphate cassava starch, adding kaolin (5%, 10%, 15%). Initially, films were produced, and mechanical properties, thermogravimetric analysis, SEM, water vapor permeability, swelling ratio, FTIR analysis, and soil biodegradability were examined. The films were sealed and closed from the bottom and sides to create pouches. It was noted that adding kaolin increased the pouches' barrier properties, making them more resistant to tearing. Pouches containing 10% kaolin were found to be semi-transparent, preventing light and UV absorption, thereby preserving both the shelf life and quality of the packaged food. The study aimed to produce durable packaging for biscuit products, maintaining a balance between the external environment and food and creating biodegradable pouches that dissolve quickly in nature, evaluating the potential use of such packaging.

## Industrial Production of Edible Pouches

It has been noted that commercially produced edible packaging is gaining increasing market value despite concerns such as high production costs and safety issues leading to a decrease in market value. The global market for seaweed-based edible packaging in Europe has been highlighted, followed by North America. Companies such as Notpla, Loliware, Evoware, and Monosol have been reported to be producing edible packaging [65].

### Monosol

Monosol, a company, has introduced edible and water-soluble polymer pouches containing odor and tasteless food to the market. These pouches' ability to dissolve in cold and hot water is a significant feature. Another characteristic is their suitability for ready-to-eat foods, allowing predetermined quantities to be added to the pouches. Consequently, the pouches dissolve instantly when placed in water, becoming consumable along with the enclosed food product [66].

### Evoware

Evoware, an Indonesian company, utilizes seaweed to produce biologically degradable alternatives to single-use plastics, creating edible packaging. These packages (Figure 2) are made with seaweed-based, thermally adhesive materials that dissolve in warm water, offering an edible and sustainable solution. The biological degradability allows the packaging to be used as fertilizer for plants. The company is known for manufacturing spice pouches for instant noodles, coffee pouches, and packaging for hamburgers and sandwiches [65].

### Notpla

Notpla produces packaging and pouches (Figure 3) made from brown seaweed. The most remarkable feature of the pouches produced by the company is their ability to self-disintegrate in nature and their cost-effectiveness compared to plastic. They are used for various products such as water, beverages (alcoholic or non-alcoholic), spices, and some cosmetic items [67].

### Stonyfield Farm, Inc.

Stonyfield Farm, Inc., is one of the pioneering companies commercially selling a product with edible packaging. In 2014, they launched a frozen yoghurt product called WikiPearls™. This product consists of small capsules with a gelatinous shell encapsulating yoghurt. It was designed and developed by David Edwards, a Harvard scientist, in a laboratory in Paris. The edible shell is made of a seaweed-based material containing alginate and calcium, complementing the enclosed food product. Additionally, WikiFoods has collaborated with other companies and initiated efforts to produce edible packaging for chilled foods like cheese or fruit juices, soups, water, and coffee [68].



Figure 2. Seaweed-based water-soluble pouches produced by Evoware



Figure 3. Seaweed-based water-soluble and edible pouches produced by Notpla

### Loliware

Loliware, established in 2015, introduced the first non-toxic, plastic-free, gelatin-free, gluten-free, and GMO-free edible cups. These cups, in addition to being edible, are also biodegradable. Made from seaweed (specifically agar), these cups derive their flavors and colors from organic sweeteners and extracts obtained from fruits and vegetables. The cups can be served at room temperature or cold and have an immediate dissolving feature in hot water. However, their slightly higher cost is the only issue associated with these cups [69]. The Loliware brand has also produced edible straws with different flavors, including vanilla [70]. Using LOLIWARE®'s SEA Technology™, the company is producing carbon-neutral, 100% biobased (seaweed-based), plastic-free, home compostable straws, aiming to prevent carbon emissions [71].

### Legal Regulations for Edible Pouches

Legal regulations regarding food packaging vary from country to country. According to European Directives and U.S. regulations, edible pouches are produced from edible films. Within edible films, food components fall under substances in contact with food or food packaging materials. Therefore, all components must be GRAS according to FDA regulations. According to EU Regulation 1935/2004, all materials in contact with food must meet four basic requirements. Firstly, they should not jeopardize human health; secondly, they should not alter the composition of the enclosed food; thirdly, they should not alter the taste, smell, or texture of the food; and finally, they should be produced by Good Manufacturing Practices (GMP). According to this regulation, a material will only be permitted for food packaging when proven not to harm human health.

Additionally, it is emphasized that the addition of nanomaterials to food packaging and the safety assessment of their toxicological effects should be explicitly addressed [19].

Edible pouches may contain antimicrobials, antioxidants, colorants, and other functional components. However, some consumers may have allergies to ingredients such as milk (whey or casein), soybeans, peanuts, nuts, fish, or wheat (gluten). Therefore, it is stated that if these components are present in the packaging material, even in small amounts, they should be indicated. Another substance causing allergic reactions is essential oils, classified as GRAS by the European Commission and the United States and used for their antimicrobial effects. However, high-dose usage of these oils can cause severe oral toxicity. In summary, it is mentioned that the use of antimicrobials, volatile oils, antioxidants, colorants, or other additives in edible pouches and the related regulations are the same as those used in food formulations [72].

### DISCUSSION and CONCLUSION

One of the crucial steps in the delivery of food to consumers is food packaging. Plastics obtained from petroleum or its derivatives are commonly used as packaging materials. However, due to their non-biodegradable nature and widespread environmental pollution, researchers have conducted numerous studies on alternative packaging materials that can replace plastics. Edible packaging materials, including proteins, polysaccharides, and lipids, have been the most prominent focus of these studies. Many research efforts have been dedicated to producing edible films based on proteins, polysaccharides, and lipids and their

use as direct packaging materials or in the form of pouches.

Water-soluble edible pouches should not be toxic, be biologically degradable, and have protective functions against biological, physical, chemical, or microbial deterioration. They should also possess good barrier properties (such as moisture, oxygen, and gas) and thermal adhesion characteristics. Numerous studies have explored the potential of edible pouches as alternatives to traditional packaging materials for products such as ready-to-eat foods, instant coffee, tea, cake mix, oil, coconut powder, spices, or sweeteners. The studies have evaluated whether these pouches, produced in different formulations, have the potential to be manufactured and used, suggesting that research should continue for their potential use and further development. Companies known for producing these pouches on an industrial scale include Stonyfield Farm, Loliware, Monosol, Evoware, and Notpla. These companies emphasize the importance of using eco-friendly, bio-degradable packaging that contributes to bio-degradability.

In addition, new technologies and approaches are needed for these pouches to be more effective in terms of functionality and features. Among these new technologies are techniques such as multilayer systems, biocomposites, encapsulation, and nanotechnology. These new techniques could allow the creation of active compounds through micro or nano-capsulation of functional ingredients such as enzymes, prebiotics, and probiotics enriched in edible pouch formulations. As a result, it may help reduce moisture loss and provide protection against heat or light. It is necessary to conduct more research on developing single-layer systems and transitioning to multilayer systems. Using compounds such as additives, antioxidants, and antimicrobials in controlled release mechanisms can make a difference in pouch production.

Finally, sufficient studies need to be conducted on sensory properties and the legal and safety-related approval procedures for successful edible pouch production. Moreover, more detailed toxicological studies on the polymers used are required.

## REFERENCES

- [1] Petkoska, A.T., Daniloski, D., D'Cunha, N.M., Naumovski, N., Broach, A.T. (2021). Edible packaging: sustainable solutions and novel trends in food packaging. *Food Research International*, 140, 1-15.
- [2] Mohammed, S.A.A., Sakhawy, M.E., Sakhawy, M.A.M.E. (2020). Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: a review. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116-178.
- [3] Kumar, L., Ramakanth, D., Akhila, K., Gaikwad, K.K. (2022a). Edible films and coatings for food packaging applications: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20, 875-900.
- [4] Akhtar, MJ, Aider, M. (2018). Study of the barrier and mechanical properties of packaging edible films fabricated with hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) combined with electro-activated whey. *Journal of Packaging Technology and Research*, 2, 169-180.
- [5] Hamed, I., Jakobsen, A.N., Lerfall, J. (2022). Sustainable edible packaging systems based on active compounds from food processing byproducts: A review. *Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety*, 21,198-226.
- [6] Karakus, E. (2022). Development and characterization of biobased food packaging material from pomegranate and orange peel waste. MSc Thesis, Sakarya University, Institute of Sciences, Division of Food Engineering, 83, Sakarya, Türkiye.
- [7] Viana, R.M., Sa, N.M.S.M., Barros, M.O., Borges, M.F., Azeredo, H.M.C. (2018). Nanofibrillated bacterial cellulose and pectin edible films added with fruit purees. *Carbohydrate Polymers*, 196, 27–32.
- [8] Saklani, P., Nath, S., Das, S.K., Singh, S.M. (2019). A review of edible packaging for foods. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(7), 2885-2895.
- [9] Kaur, J., Gunjal, M., Rasane, P., Singh, J., Kaur, S., Poonia, A., Gupta, P. (2022). Edible packaging: An overview. In *“Edible Food Packaging”* (Eds: A. Poonia, T. Dhewa.), 3-25. Springer Link.
- [10] Mostafavi, FS, Zaeim, D. (2020). Agar-based edible films for food packaging applications - A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 159, 1165–1176.
- [11] Martinez, C.L.M., Valdez, H.Z., Aguilar, R.P., Arreola, W.T., Felix, F.R., Rios, E.M. (2018). Edible protein films: sources and behavior. *Packaging Technology and Science*, 31, 113-122.
- [12] Ebrahimzadeh, S., Biswas, D., Roy, S., McClements, D.J. (2023). Incorporation of essential oils in edible seaweed-based films: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 135, 43–56.
- [13] Erkmen, O, Barazi, A.O. (2018). General characteristics of edible films. *Journal of Food Biotechnology Research*, 2, 1- 4.
- [14] Eyiz, V. (2019). Effects of edible films on physical, chemical and sensory properties of fruit and cereal bars. MSc Thesis, Necmettin Erbakan University, Institute of Sciences, Division of Food Engineering, 88, Konya, Türkiye.
- [15] Bozkurt, S., Altay, Ö., Koç, M., Ertekin, F.K. (2023). Edible films and coatings in food systems. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(1), 1-9.
- [16] Pajak, P., Roznowska, I.P., Juszcak, L. (2019). Development and physicochemical, thermal and mechanical properties of edible films based on pumpkin, lentil and quinoa starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 138, 441–449.
- [17] Wang, Q., Liu, W., Tian, B., Li, D., Liu, C., Jiang, B., Feng, Z. (2020). Preparation and characterization of coating based on protein nanofibers and polyphenol and application for salted duck egg yolks. *Foods*, 9(4),1-16.



- [18] Chawla, R., Sivakumar, S., Kaur, H. (2021). Antimicrobial edible films in food packaging: Current scenario and recent nanotechnological advancements- a review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 1-19.
- [19] Jeevahan, J.J., Chandrasekaran, M., Venkatesan, S.P., Sriram, V., Joseph, G.B., Mageshwaran, G., Durairaj, R.B. (2020). Scaling up difficulties and commercial aspects of edible films for food packaging: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 210-222.
- [20] Meshram, B.D., Lule, V.K., Vyawahare, S., Rani, R. (2023). Application of edible packaging in the dairy and food industry. *Food Preservation and Packaging-Recent Process and Technological Advancements*, Intechopen, 384.
- [21] Kandasamy, S., Ham, J.S., Yun, J.J.Y., Kang, H.B., Seol, K.H., Kim, H.W. (2021). Application of whey protein-based edible films and coatings in food industries: an updated overview. *Coatings*, 11(9), 1-26.
- [22] Suhag, R., Kumar, N., Petkoska, A.T., Upadhyay, A. (2020). Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Research International*, 136, 1-16.
- [23] Liu, C., Huang, J., Zheng, X., Liu, S., Lu, K., Tang, K., Liu, J. (2020). Heat sealable soluble soybean polysaccharide/gelatin blend edible films for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 1-9.
- [24] Jakub, W., Kamil, Z., Sabina, G. (2022). An attempt to develop fast-dissolving biopolymer-based pouches for instant coffee. *Technological Progress in Food Processing*, 2, 70-78.
- [25] Janjarasskul, T., Tananuwong, K., Phupoksakul, T., Thaiphanit, S. (2020). Fast dissolving, hermetically sealable, edible whey protein isolate-based films for instant food and/or dry ingredient pouches. *LWT - Food Science and Technology*, 134, 1-10.
- [26] Chen, H., Alee, M., Chen, Y., Zhou, Y., Yang, M., Ali, A., Liu, H., Chen, L. and Yu, L. (2021). Developing Edible Starch Film Used for Packaging Seasonings in Instant Noodles. *Foods*, 10, 1-9.
- [27] Li, T., Meng, F., Chi, W., Xu, S., Wang, L. (2022). An edible and quick-dissolving film from cassia gum and ethyl cellulose with an improved moisture barrier for packaging dried vegetables. *Polymers*, 14(19), 1-11.
- [28] Rammak, T., Boonsuk, P., Kaewtatip, K. (2021). Mechanical and barrier properties of starch blend films enhanced with kaolin for application in food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 192, 1013-1020.
- [29] Kchaou, H., Jridi, M., Nasri, M., Debeaufort, F. (2020). Design of gelatin pouches for the preservation of flaxseed oil during storage. *Coatings*, 10 (150), 1-15.
- [30] Lisitsyn, A., Semenova, A., Nasonova, V., Polishchuk, E., Revutskaya, N., Kozyrev, I., Kotenkova, E. (2021). Approaches in animal proteins and natural polysaccharides application for food packaging: edible film production and quality estimation. *Polymers*, 13, 1-57.
- [31] Ribeiro, A.M., Estevinho, B.N., Rocha, F. (2021). Preparation and incorporation of functional ingredients in edible films and coatings. *Food and Bioprocess Technology*, 14, 209–231.
- [32] Walait, M., Mir, H.R., Anees, K. (2022). Edible biofilms and coatings; its characterization and advanced industrial applications. *Natural Resources for Human Health*, 3, 28–37.
- [33] Umaraw, P, Verma, A.K. (2017). Comprehensive review on application of edible film on meat and meat products: An eco-friendly approach. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 57(6), 1270–1279.
- [34] Kumar, A., Hasan, M., Mangaraj, S., M.P., Verma, D.K., Srivastav, P.P. (2022b). Trends in edible packaging films and its prospective future in food: a review. *Applied Food Research*, 2, 1-17.
- [35] Chen, W., Ma, S., Wang, Q., McClements, D.J., Liu, X., Ngai, T., Liu, F. (2022). Fortification of edible films with bioactive agents: a review of their formation, properties, and application in food preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(18), 5029-5055.
- [36] Santosa, H., Djaeni, M., Ratnawati, Rokhati, N., Setiatun, A.P., Afriyanti. (2019). Effect of sago starch concentrations, stirring speeds, and lemongrass oil concentration for edible film production using solvent casting method. *IOP Conference Series: Journal of Physics: Conference Series* 1295, 1-6.
- [37] Jridi, M., Abdelhedi, O., Salem, A., Kechaou, H., Nasri, M., Menchari, Y. (2020). Physicochemical, antioxidant and antibacterial properties of fish gelatin-based edible films enriched with orange peel pectin: wrapping application. *Food Hydrocolloids*, 103, 1-10.
- [38] Ribiero, A.M., Estevinho, B.N., Rocha, F. (2020). Edible films prepared with different biopolymers, containing polyphenols extracted from elderberry (*Sambucus Nigra* L.), to protect food products and to improve food functionality. *Food Bioprocess Technology*, 13, 1742–1754.
- [39] Tufan, E.G., Borazan, A.A., Koçkar, Ö.M. (2021). Edible film and coating applications on fresh and dried fruits and vegetables (in Turkish). *Bilecik Seyh Edebali University Journal of Science*, 8(2), 1073-1085.
- [40] Kaushani, K.G., Priyadarshana, G., Katuwavila, P., Jayasinghe, R.A., Nilmini, A.H.L.R. (2022). Recent advances in edible packaging as an alternative in food packaging applications. *Asian Journal of Chemistry*, 34(10), 2523-2537.
- [41] Cheng, Y., Zhai, X., Wu, Y., Li, C., Zhang, R., Sun, C., Wang, W., Hou, H. (2023). Effects of natural wax types on the physicochemical properties of starch/ gelatin edible films fabricated by extrusion blowing. *Food Chemistry*, 401, 1-7.
- [42] Krishna, M., Nindo, C.I., Min, S.C. (2012). Development of fish gelatin edible films using extrusion and compression molding. *Journal of Food Engineering*, 108, 337–334.
- [43] Castro, A.C., Garcia, M.O.V., Morales, J.J.Z., Vargas, P.R.F., Lopez, A.C., Dorado, R.G., Valenzuela, V.L., Palazuelos, E.A. (2018). Effect of

- extrusion process on the functional properties of high amylose corn starch edible films and its application in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. *Journal of Food Science and Technology*, 55(3), 905–914.
- [44] Moey, S.W., Abdullah, A., Ahmad, I. (2015). Edible films from seaweed (*Kappaphycus alvarezii*). *International Food Research Journal*, 22(6), 2230-2236.
- [45] Salgado, P.R., Ortiz, C.M., Musso, Y.S., Giorgio, L.D., Mauri, A.N. (2015). Edible films and coatings containing bioactives. *Current Opinion in Food Science*, 5, 86-92.
- [46] Castro, F. V. R., Andrade, M.A., Silva, A.S., Vaz, M.F., Vilarinho, F. (2019). The Contribution of a Whey Protein Film Incorporated with Green Tea Extract to Minimize the Lipid Oxidation of Salmon (*Salmo salar* L.). *Foods*, 8(8), 1-16.
- [47] Seydim, A.C., Tatal, G.S., Sogut, E. (2020). Effect of whey protein edible films containing plant essential oils on microbial inactivation of sliced Kasar cheese. *Food Packaging and Shelf Life*, 26, 1-7.
- [48] Xiao, J., Zhang, M., Wang, W., Teng, A., Liu, A., Ye, R., Liu, Y., Wang, K., Ding, J. (2019). An attempt to use  $\beta$ -sitosterol-corn oil oleogels to improve the water barrier properties of gelatin film. *Journal of Food Science*, 84 (6), 1447-1455.
- [49] Nilsuwan, K., Arnold, M., Benjakul, S., Prodpran, T., Caba, K.D.L. (2021). Properties of chicken protein isolate/fish gelatin blend film incorporated with phenolic compounds and its application as pouch for packing chicken skin oil. *Food Packaging and Shelf Life*, 30, 1-10.
- [50] Souza, K.C., Correa, L.G., Silva, T.B.V.D., Moreira, T.F.M., Oliveira, A.D., Sakanaka, L.S., Dias, M.I., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R., Valderrama, P., Leimann, F.V., Shirai, M.A. (2020). Soy protein isolate films incorporated with Pinhão (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) extract for potential use as edible oil active packaging. *Food Bioprocess Technology*, 13, 998–1008.
- [51] Hromis, N., Lazic, V., Popovic, S., Suput, D., Bulut, S., Kravic, S., Romanic, R. (2022). The possible application of edible pumpkin oil cake film as pouches for flaxseed oil protection. *Food Chemistry*, 371, 1-8.
- [52] Gautam, G, Mishra, P. (2017). Development and characterization of copper nanocomposite containing bilayer film for coconut oil packaging. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, 1-11.
- [53] Jalil, H.M. (2017). Effects of whey-based films on various properties of kashar cheese. MSc Thesis. Van Yüzüncü Yıl University, Institute of Sciences, Division of Food Engineering, 74, Van, Türkiye.
- [54] Ciannamea, E. M., Castillo, L. A. Barbosa, S. E., Angelis, M.G.D. (2018). Barrier properties and mechanical strength of bio-renewable, heat-sealable films based on gelatin, glycerol and soybean oil for sustainable food packaging. *Reactive and Functional Polymers*, 125, 29–36.
- [55] Tsai, MJ, Weng, Y.M. (2019). Novel edible composite films fabricated with whey protein isolate and zein: Preparation and physicochemical property evaluation. *LWT - Food Science and Technology*, 101, 567–574.
- [56] Azeredo, H.M.C., Otoni, C.G., Mattoso, L.H.C. (2022). Edible films and coatings – Not just packaging materials. *Current Research in Food Science*, 5, 1590-1595.
- [57] Izzi, Y.S., Gerschenson, L.N., Jagus, R.J. and Resa, C.P.O. (2023). Edible films based on tapioca starch and WPC or gelatine plasticized with glycerol: Potential food applications based on their mechanical and heat-sealing properties. *Food and Bioprocess Technology*, 16, 2259-2269.
- [58] Das, M, Chowdhury, T. (2016). Heat sealing property of starch based self-supporting edible films. *Food Packaging and Shelf Life*, 9, 64–68.
- [59] Zuo, G., Song, X., Chen, F., Shen, Z. (2019). Physical and structural characterization of edible bilayer films made with zein and corn-wheat starch. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18, 324–331.
- [60] Cho, S.Y., Lee, S.Y., Rhee, C. (2010). Edible oxygen barrier bilayer film pouches from corn zein and soy protein isolate for olive oil packaging. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 1234-1239.
- [61] Rosenbloom, RA, Zhao, Y. (2021). Hydroxypropyl methylcellulose or soy protein isolate-based edible, water-soluble, and antioxidant films for safflower oil packaging. *Journal of Food Science*, 86(1), 129-139.
- [62] Carpine, D., Dagostin, J.L.A., Bertan, L.C., Mafra, M.R (2015). Development and characterization of soy protein isolate emulsion-based edible films with added coconut oil for olive oil packaging: barrier, mechanical, and thermal properties. *Food Bioprocess Technology*, 8, 1811–1823.
- [63] 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.
- [64] Kumar, H., Ahuja, A., Kadam, A.A., Rastogi, V.K., Negi, Y.S. (2022c). Antioxidant film based on chitosan and Tulsi essential oil for food packaging. *Food and Bioprocess Technology*, 16, 342–355.
- [65] Ghosh, T, Katiyar, V. (2021). Edible Food Packaging: An Introduction. In: Nanotechnology in Edible Food Packaging. Materials Horizons: From Nature to Nanomaterials. Springer, 452, Singapore.
- [66] Narvekar, S. (2022). Review of innovations in the use of edible containers and cutlery, In “Advances in Chemical Engineering & Material Sciences”. A. Ghosh, S. Bose (eds), *International Conference on Advances in Chemical and Materials Sciences*, 14-16 April, Kolkata.
- [67] Batta, K. (2022). Upgrade your lifestyle with edible packages. *Agriculture & Food: E-Newsletter*, 4(8), 15-18.
- [68] Neogi, A.G., Upadhyaya, A., Sumatra, M., Reddy, M. (2022). Edible packaging– food for thought and food for the future. *The Electrochemical Society Transactions*, 107(1), 13757-13771.

- [69] Natarajan, N., Vasudevan, M., Velusamy, V.V., Selvaraj, M. (2019). Eco-friendly and edible waste cutlery for sustainable environment. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9, 615-624.
- [70] Williams, A.T, Buitrago, N.R. (2022). The past, present, and future of plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 176, 1-20.
- [71] Anonymous. (2023). Web Site: <https://www.loliware.com/straw>. (Accessed: 25.05.2023)
- [72] Galus, S., Kibar, E.A.A., Gniewosz, M., Krasniewska, K. (2020). Novel materials in the preparation of edible films and coatings-a review. *Coatings*, 10(7), 674.
-

## Ultrases İşleminin Enzim Aktivasyonu Üzerine Etkileri

Seval Dağbağlı  

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa

Geliş Tarihi (Received): 12.06.2024, Kabul Tarihi (Accepted): 22.07.2024

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [seval.dagbagli@cbu.edu.tr](mailto:seval.dagbagli@cbu.edu.tr) (S. Dağbağlı)

📞 0 236 201 2264 📠 0 236 201 2020

### ÖZ

Ultrases (ultrason) işlemi, özellikle gıda, biyoteknoloji ve biyofarmasötik endüstrileri olmak üzere çeşitli alanlarda kullanılan yeşil ve etkili bir termal olmayan işlem tekniği olarak son yıllarda dikkat çekmektedir. Ultrason işleminin bu endüstrilerde önemli uygulamalara sahip enzimatik reaksiyonlarda etkilerinin belirlenmesi önemlidir. Yoğun ultrason koşulları enzim inaktivasyonuna neden olurken ılımlı ultrason koşullarında (yani düşük yoğunluk ve kısa süre) enzim aktivitesinin artırılabilirdiği bildirilmektedir. Ultrason işlemi serbest enzime, substratta ve immobilize enzime uygulanabilir. Ultrasonikasyon işleminin enzim ve substrat yapısı ile enzimatik hidroliz kinetiği ve termodinamik parametreleri üzerine etkileri bulunmaktadır. Bu işlem, moleküllerin yapısını olumlu şekilde değiştirebilir ve böylece enzim aktivitesi ile ürün verimi artırılabilir. Bu derlemede ultrason işleminin serbest enzim, immobilize enzim ve substrata uygulanması sonucu meydana gelen moleküller yapıdaki ve enzim aktivasyonundaki değişiklikler, bu değişikliklerin mekanizmaları ve bu mekanizmaları etkileyen faktörler ile ilgili bilgiler verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ultrason, Enzim aktivasyonu, Serbest enzim, Immobilize enzim

### Effect of Ultrasonication on Enzyme Activation

#### ABSTRACT

Ultrasound has attracted attention in recent years as a green and effective non-thermal processing technique used in various fields, especially in the food, biotechnology and biopharmaceutical industries. It is important to determine the effects of ultrasonication on enzymatic reactions that have important applications in these industries. While intense ultrasonication conditions cause enzyme inactivation, it has been reported that enzyme activity can be increased under mid-ultrasound conditions (i.e. low intensity and short duration). Ultrasound treatment can be applied to free enzyme, substrate and immobilized enzyme. Ultrasonication may have a positive effect on the structure of molecules, increasing enzyme activity and product yield. In this review, information is given about the changes in molecular structure and enzyme activation that occur as a result of the application of ultrasound treatment to free enzyme, immobilized enzyme and substrate, the mechanisms of these changes and the factors that affect these mechanisms.

**Keywords:** Ultrasound, Enzyme activation, Free enzyme, Immobilized enzyme

#### GİRİŞ

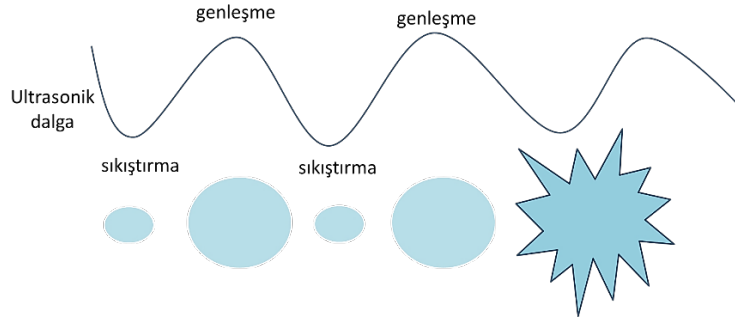
Enzimler, her türlü biyolojik ve kimyasal prosesler için yüksek katalitik aktivite ve seçiciliğe sahip aynı zamanda aktivasyon enerjisini düşürerek reaksiyonları hızlandıran makromoleküler biyolojik katalizörlerdir. Enzimler gıda,

yem, ilaç, boya, su arıtma, tekstil, kozmetik, deri, biyoyakıt ve biyokataliz de dahil olmak üzere bir dizi endüstriyel süreçte önemli uygulamalara sahiptir [1, 2, 3]. Enzimatik işlemler, daha yüksek verim, daha az malzeme tüketimi, proses için gereken enerjinin etkili bir şekilde azaltılması ve aynı zamanda toksik yan ürünlerin

oluşumunun azaltılması nedeniyle tercih edilir [4]. Son yıllarda enzim hazırlama maliyetlerinin azaltılmasına ve gıda enzimlerinin uygulamalarının genişletilmesine yönelik artan talep, biyokatalizör geliştirmede enzim aktivasyonunun artırılmasını zorunlu hale getirmektedir. Enzimlerinin aktivitesini arttırmaya yönelik çeşitli işlemler arasında yeşil, termal olmayan bir teknoloji olarak ultrasonun, yalnızca enzim aktivitesini yoğunlaştırmakla kalmayıp aynı zamanda çeşitli gıda matrislerinin farklı yapısına göre enzim özelliklerini uygun hale getirmede de yararlı olduğu kanıtlanmıştır [5].

Ultrason teknolojisi çeşitli kimyasal ve biyokimyasal alanlarda araştırılan, izotermal olmayan ve çevre dostu bir işleme teknolojisidir [6, 7, 8]. İşitilebilir frekans aralığını aşan yani 20 kHz'in üzerindeki ses dalgalarına 'Ultrason' adı verilmektedir [9]. Ultrasonik dalgalar, genişleme ve sıkıştırma fazları oluşturarak, 20 kHz ila 100 MHz frekans aralığında mekanik bir dalga olarak herhangi bir ortamda yayılabilir [10]. Ultrasonik dalga spektrumu güç ultrasonu (20 kHz–1 MHz frekans aralığında) ve tanısal ultrason (1 MHz'den daha yüksek frekans aralığında) olmak üzere iki bölgeye ayrılabilir: Birincisi, son zamanlarda gıda ve biyoproses

endüstrisinde ekstraksiyon, madde modifikasyonu ve reaksiyon hızlandırma gibi çeşitli uygulamalar için yükselen bir teknoloji haline gelirken, ikincisi esas olarak tıbbi ve endüstriyel görüntüleme amaçları için kullanılmaktadır [4, 5, 11]. Ultrason, gaz ortamlarda basınç değişiklikleri ve katı ortamlarda sıvı hareketi üretir [6]. Ultrasonun sıvı sistemler üzerindeki ana etkisi kaviteasyondur [7]. Bu etki, ultrason sürecinde en önemli etki olarak kabul edilir. Kabarcık/balon oluşumu, büyümesi ve patlaması süreci (Şekil 1) olarak bilinen kaviteasyon, dışarıya doğru yayılan şok dalgalarıyla şiddetli basınçlar üretebilir ve bu da çevredeki ortamda ciddi türbülansa neden olabilir. Bu ani değişiklikler, makromoleküllerdeki kimyasal bağları kırabilen ve böylece moleküller üzerinde bir dizi modifikasyon etkisine neden olabilen yüksek kesme gradyanları üretmektedir [4]. Ayrıca kaviteasyon, kütle transferinin artışına ve yüksek enerjili serbest radikallerin oluşmasına neden olmaktadır. Ultrason, güvenli bir işlem olmasından dolayı sıvı gıdaların karıştırılması/ayrılması/ekstraksiyonu, proteinlerin emülsifikasyonu ve işlevsellik modifikasyonu gibi çeşitli süreçlerde kullanılmıştır [7].



Şekil 1. Ultrasonik dalgalar sonucu oluşan kaviteasyon balonlarının oluşumu ve patlaması  
*Figure 1. Formation and explosion of cavitation bubbles resulting from ultrasonic waves*

Ultrason, uygulanan uygun veya uygunsuz koşullara bağlı olarak enzim aktivasyonu ve inaktivasyonu için de kullanılmıştır. Birçok kimyasal ve fiziksel etki aynı anda meydana geldiğinden, spesifik enzim aktivasyonu veya inaktivasyonu mekanizmasını açıklamak zordur. Ancak enzim aktivitesindeki değişikliklerin, esas olarak amino asit bileşimine ve protein konformasyonuna bağlı olduğu bilinmektedir [7, 12]. Kaviteasyon balonlarının sıkıştırma etkisi ile çökmesi sonucu, lokal basınç (1.000 MPa) ve sıcaklık (5.000°K) artışı meydana gelmektedir. Ayrıca ultrason, kararlı kaviteasyon balonlarının titreşmesini sağlayarak güçlü kayma gerilimine ve bitişik sıvıda mikro akışa neden olan şok dalgaları oluşturmaktadır. Bu ekstrem koşullar altında sonikasyon, polipeptit zincirlerindeki hidrojen bağlarının ve van der Waals etkileşimlerinin bozulmasına neden olabilir ve bu da proteinin ikincil ve üçüncül yapısının değişmesine yol açabilir. Proteinin ikincil ve üçüncül yapısındaki bu tür değişiklikler nedeniyle enzimin biyolojik aktivitesi genellikle kaybolmaktadır. Basınç ve sıcaklıktaki aşırı lokal artış ayrıca homolitik su molekülünün parçalanmasına, hidroksil ve hidrojen serbest radikalleri gibi yüksek enerjili ara ürünlerin oluşmasına neden olmaktadır. Oluşan serbest radikaller enzim stabilitesinde, substrat bağlanmasında veya katalitik

fonksiyonda görev alan bazı aminoasit kalıntılarıyla reaksiyona girerek biyolojik aktivitede değişikliğe neden olabilir [13]. Ancak ultrason, ılımlı sıcaklık koşullarında tüm enzimleri etkisiz hale getirmez [8, 13, 14]. Uygun frekanslarda ve yoğunluk seviyelerinde ultrason işlemlerinin kullanılması, fiziksel ve (biyo-)kimyasal etkiler nedeniyle enzim aktivitesinin artmasına yol açabilir. Bu etkiler, (mikro) karıştırma nedeniyle kütle transferinin artması gibi fiziksel etkiler ile hücre parçalanmasından dolayı substrat miktarının artması dolayısıyla belirli enzimlerin üretiminin indüklenerek hücre dokuları içindeki biyokimyasal reaksiyonların uyarılmasına neden olan biyokimyasal etkilerdir [13]. Ayrıca ultrason büyük enzim moleküllerinin daha küçük parçalara bölünmesine, daha fazla aktif bölgelerin açığa çıkmasına ve böylece enzim aktivitesinin artmasına yol açabilir [8].

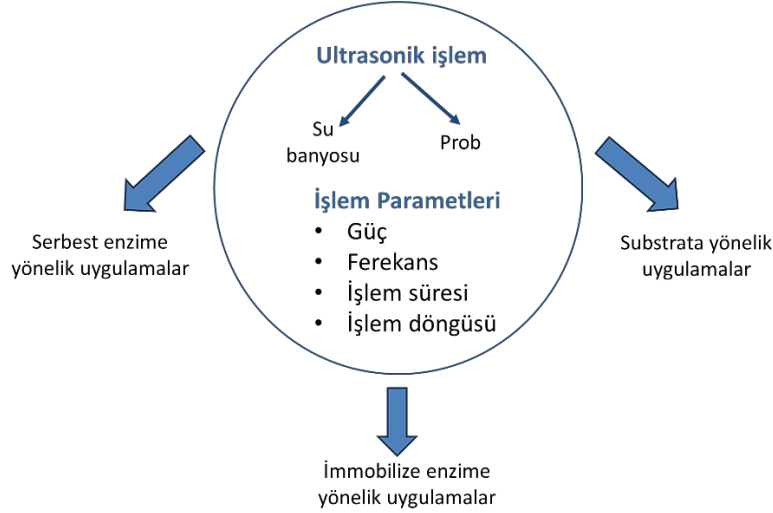
Ultrason işlemlerinde maksimum faydayı elde etmek için çalışma parametreleri (frekans, işlem döngüsü, güç ve işlem süresi) iyi optimize edilmelidir. Burada da açıklandığı gibi kontrolsüz ve uzun süreli sonikasyon, proteini denatüre edecek ve dolayısıyla katalitik aktivitede kayba neden olacak veya aşırı enerji kaybına

yol açacaktır. Dolayısıyla gerçekleştirilen işlem, enzim aktivite kaybı nedeniyle ekonomik olmayacaktır [15].

Ultrason işlemi, ultrasonik su banyosu veya prob kullanılarak gerçekleştirilebilir [4, 11]. Prob sonikatörü, sistemde toplu veya sürekli modda manipüle edilebilen kavitasyon etkisini üretmenin doğrudan bir yolu olarak sıvı bir ortama daldırılacak şekilde tasarlanmıştır. Ultrasonik banyo, reaksiyon sıvısının doğrudan reaktöre veya bir cam kaba yerleştirilebildiği, numuneyle doğrudan veya dolaylı temasla nispeten tekdüze (prob sonikatörüyle karşılaştırıldığında) ve süresiz kavitasyon sağlayan bir temizleme kabıdır [4, 5]. Yapılan

çalışmalarda enzimlerde ultrason işlemi için her iki ultrason tipi kullanılmıştır. Ultrason problemlerinin enzimler üzerindeki etkisi olumlu iken bu problemlerin endüstriyel düzeyde uygulanması (ölçek büyütme) zordur. Ek olarak ultrason problemlerinin yüksek aşınma ve yıpranma özelliği, sınırlı bir hizmet ömrüne neden olur dolayısıyla endüstriyel uygulamalardaki kullanımını kısıtlar [4, 8].

Enzim aktivitesinin artırılması için uygulanan ultrason işlemleri, ön işlem prosedürlerine ve/veya kombine enzime uygulanarak gerçekleştirilebilir. Şekil 2'de ultrason teknolojisi ile enzim aktivasyonunun artırılmasına yönelik uygulanan stratejiler özetlenmiştir.



Şekil 2. Ultrason teknolojisi ile enzim aktivasyonunun artırılmasına yönelik uygulanan stratejiler  
*Figure 2. Strategies applied to increase enzyme activation with ultrasound technology*

Bu derlemede ultrasonikasyon işleminin serbest enzim, immobilize enzim ve substrata uygulanması sonucu meydana gelen molekül yapısındaki değişiklikler, bu değişikliklerin mekanizmaları, bu mekanizmaları etkileyen faktörler ile enzimin aktivasyonuna ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

### Ultrasonik İşlemlerin Serbest Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

Serbest enzimler, sulu bir çözelti veya dondurularak kurutulmuş toz halinde elde edilebilen enzimin geleneksel bir formudur. İmmobilize enzimlerin bulunduğu bazı benzersiz avantajlara rağmen kullanımı kolay olan serbest enzimler, yüksek enzim aktiviteleri ve ucuz maliyetleri göz önüne alındığında bira, süt ve nişasta gibi bazı endüstriyel sektörlerde hala vazgeçilmezdir [4].

Sürdürülebilir biyokütlenin enzimatik hidrolizinin iyileştirilmesi için enzim gereksiniminin ve işlem süresinin azaltılması gereklidir. Ultrasonik işlem, enzim aktivitesini ve stabilitesini etkilemektedir. Ancak bu etkinin nasıl olduğu, uygulanan güç ve frekans gibi sonikasyon parametrelerine bağlıdır. Günümüzde enzimlerin ultrasonla aktivasyonuna ilişkin araştırmaların çoğu serbest enzimler üzerinde gerçekleştirilmiştir (Tablo 1). Bu araştırmalarda, ılımlı ultrasonik koşulları altında gerçekleştirilen enzimatik reaksiyonların enzim aktivitesinde artışa yol açtığı gözlemlenmiştir.

Ultrasonun serbest enzimlerin yapı, kinetik ve termodinamik parametreleri üzerine etkileri bulunmaktadır. Enzimlerin birincil yapısı, peptit bağlarıyla bağlı amino asitlerden oluşmaktadır. Bu polipeptit zincirleri, hidrojen bağı yoluyla  $\alpha$ -heliksler,  $\beta$ -yapraklar (akodeon),  $\beta$ -dönüşler ve rastgele sarmallar dahil olmak üzere ikincil yapılar oluşturma eğilimindedir. Bu tür ikincil yapılar, hidrofobik etkileşimler yoluyla üçüncül yapıları oluşturan alt birim haline gelmek üzere üç boyutlu olarak katlanırken dördüncül yapı, van der Waals kuvvetleri ile ilişkili alt birimleri içermektedir. Enzim yapısının değiştirilmesi işlevselliğini, stabilitesini ve kalan aktivitesini de değiştirecektir. Enzimin katalitik yeteneği, aktif merkezine bağlıdır. Ultrason esas olarak enzimlerin aktif merkezini etkileyerek katalitik reaksiyonu etkilemektedir [16, 17]. Enzim çözeltisine ultrason uygulandığında, kavitasyon balonlarının patlamasıyla oluşan kesme kuvvetleri, enzim molekülü içindeki van der Waals kuvvetlerini, hidrojen bağlarını ve hidrofobik etkileşimleri etkileyebilir, bu da ikincil ve üçüncül yapılarda ve dolayısıyla katalitik aktivitelerde değişikliklere neden olabilir. Yoğun ultrason koşulları (aşırı ultrasonik yoğunluk veya uzun işlem süresi gibi) geçici kavitasyon etkilerinin oluşmasına izin verir, burada kavitasyon kabarcıklarının içe doğru çökmesi ve patlaması şok dalgalarına neden olabilir ve ortamda ciddi bir kayma gradyanı yaratabilir. Bu tür şiddetli kayma kuvveti, enzim konformasyonunu ve aktif



bölgeleri oluşturan kimyasal bağları yok edecek kadar güçlü olabilir ve enzim inaktivasyonuna yol açabilir [5]. Ancak son çalışmalar, uygun ultrason işleminin aynı zamanda enzimin aktivitesini de desteklediğini göstermiştir. İlımlı ultrasonik koşulların (yani düşük yoğunluk ve kısa süre) neden olduğu kararlı bir kavıtasyon etkisi, salınımlı rezonans kabarcıklarının çözelti boyunca mikro akımlar oluşturmaya neden olabilir, böylece çözeltide daha hafif kesme gerilimi üretebilir. Bu seviyedeki mekanik etki, enzim yapısını, uzaysal konformasyonunu gevşetecek ve daha fazla aktif bölgelerin açığa çıkmasını sağlayabilir ve böylece enzim aktivitesi iyileştirilebilir [5, 16].

Enzimatik reaksiyon hızı ile reaksiyon hızını etkileyen çeşitli faktörler (enzim konsantrasyonu, substrat konsantrasyonu, pH, sıcaklık, aktivatör, inhibitör vb.) arasındaki ilişkiyi gösteren enzimatik kinetik, Michaelis-Menten denklemi ile gösterilmektedir. Bu denklemin Lineweaver-Burk grafiği ile doğrulanması ile, enzim kinetiğinde önemli iki kinetik parametre olan doymuş substrat konsantrasyonunda elde edilen sınırlayıcı reaksiyon hızını temsil eden maksimum reaksiyon hızı ( $V_{max}$ ) ve enzimin substrata olan ilgisini gösteren Michaelis-Menten ( $K_m$ ) sabiti hesaplanmaktadır. Yukarıda bahsedildiği gibi, ultrason, enzimlerin moleküler yapılarını kolaylıkla değiştirerek daha aktif bölgelerin açığa çıkmasına neden olabilir, bu da enzimatik reaksiyon sırasında substratın enzime bağlanmasını kolaylaştırabilir. Bu nedenle ultrason işlemine tabi tutulan enzimlerin  $K_m$ 'sinin orijinal enzimle karşılaştırıldığında azaldığı yani enzim ile substrat arasındaki ilişkinin arttığı; ultrason tarafından indüklenen enzim moleküllerindeki fiziksel ve kimyasal değişiklikler nedeniyle de enzimatik reaksiyonların  $V_{max}$  değerinin arttığı ifade edilmektedir [5, 17].

Enzimatik termodinamik, maddenin hallerinin dönüşümünü ve enzimatik reaksiyonlarda yer alan enerji değişikliklerini açıklayan bir teoridir. Enzimin termodinamik parametrelerinden biri olan aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ), bir kimyasal reaksiyonun gerçekleşmesi için gereken minimum enerji miktarını temsil eder ve Arrhenius denkleminden hesaplanabilir. Ultrasonun, çeşitli enzimler tarafından katalize edilen enzimatik reaksiyonların  $E_a$ 'sını azaltmada etkili olduğu böylece enzim aktivasyonunu arttırdığı ifade edilmektedir. Diğer termodinamik parametreler olan entalpi ( $\Delta H$ ), entropi ( $\Delta S$ ) ve Gibbs serbest enerjisi ( $\Delta G$ ) değişimleri bir enzimin uzaysal konformasyonunun katlanma veya açılma durumuyla ilişkili olduğundan ultrasonun, enzimler üzerindeki modifikasyon etkilerini değerlendirmek için önemli göstergelerdir.  $\Delta H$ , bir termodinamik sistemin enerjisini temsil eden ve bir reaksiyonun ısı transfer durumunu gösteren önemli bir durum fonksiyonudur.  $\Delta H$  0'dan büyük olduğunda reaksiyon endotermiktir, aksi takdirde ekzotermiktir. Enzimatik reaksiyonlarda entalpi, hidrojen bağlarının ve hidrofobik çekirdeklerin oluşumu ve yıkımı gibi enzimlerin konformasyonel yapısıyla yakından ilişkilidir.

Enzimlerin ultrasonik işlem ile aktivasyonu sırasında,  $\Delta H$ 'deki değişiklik muhtemelen enzim moleküllerindeki hidrojen bağları, elektrostatik etkileşimler ve van der Waals kuvvetleri gibi zayıf bağların sono-mikrojetler ve şok dalgaları tarafından kırılması nedeniyle meydana gelmektedir. Bu tür bir konformasyonel değişim, enzim ve substrat arasındaki bağlanmayı destekleyebilir ve böylece daha yüksek bir reaksiyon verimliliği ortaya çıkabilir. Entropi, reaksiyon sisteminin moleküler rastgeleliğinin bir ölçüsüdür. Enzime ultrason uygulandığında  $\Delta S$ 'deki değişimler, kavıtasyon nedeniyle oluşan serbest radikaller ile enzimdeki amino asit kalıntılarının oksidasyonu ile ilgilidir, bu nedenle artabilir veya azalabilir.  $\Delta G$ , sabit sıcaklık ve basınçta çeşitli termodinamik süreçlerin kendiliğinden ilerlemesinin yönünü ve sınırını değerlendirmek için kullanılabilir. Enzimatik bir reaksiyonda, yalnızca ürünlerin toplam serbest enerji miktarı substratlarınkinden düşükse ( $\Delta G < 0$ ) kendiliğinden ilerleyebilir. Ultrasonla aktive edilen enzimle gerçekleşen reaksiyonlarda azalan bir  $\Delta G$  olabilir, bu da artan enzim aktivitesini ve dolayısıyla enzimatik reaksiyonların kendiliğinden arttığını gösterir [5, 18]. Ultrasonun serbest enzim aktivasyonuna etkisi üzerine yapılan çalışmalar ve bu çalışmalarda elde edilen önemli bulgular, Tablo 1'de özetlenmiştir.

### Ultrasonik İşlemlerin Substrat Üzerine Etkisi

Substratın yapısını iyileştirmek ve enzim ile hidrolizini arttırmak amacıyla substratlara ultrasonik işlemler uygulanabilir. Enzimatik hidrolizden önce ultrasonik işlemin, substrat moleküllerinin yüzey yapısını değiştirebileceği ifade edilmektedir. Ultrasonik ön işlemin, substratların yüzey morfolojisini değiştirerek enzimlerin substratlara bağlanmasını arttırmak gibi enzimatik reaksiyonların desteklenmesi üzerinde önemli etkileri vardır. Substrat molekülündeki bu değişiklikler, gözenek ve olukların oluşumu ile moleküler yüzeyin pürüzlülüğünde bir artış ve dolayısıyla substrat moleküllerinin spesifik yüzey alanında bir artış ile beraber bazı sıkı moleküler yapıların tahrip edilmesi ve substrat moleküler yapılarının gevşemesi şeklinde gerçekleşebilir. Ultrasonik ön işlem, substratların ikincil yapısını değiştirebilir, polimerizasyon derecesini azaltabilir. Depolimerizasyon sırasında kovalent bir bağın homolitik ve/veya heterolitik kırılması meydana gelebilir ki makromoleküldeki en yaygın mekanizma C-C bağının kırılmasıdır. Ultrasonun neden olduğu kırılmanın, zincirin ortasına yakın bir yerde meydana gelmesi tercih edilir. Böylece molekül boyutundaki azalma kütle transferini artırabilir. Böylece enzimler, aktif substrat grupları ile daha kolay birleşebilir böylelikle enzimatik reaksiyonun etkinliği artabilir. Ultrasonik ön işlem ayrıca diğer maddelere bağlı substratları ayırabilir veya toplanmış substratları dağıtabilir böylece enzimlerle temas alanını genişletebilir ve enzimatik hidrolizi teşvik edebilir [3, 16].

Tablo 1. Ultrasonun serbest enzim aktivasyonuna etkisi  
**Table 1. Effect of ultrasound on free enzyme activation**

| Enzim                    | Araştırma konusu   | Ultrason koşulları  | Önemli bulgular  | Kaynak  |
|--------------------------|--|---|--|---|
| α-Amilaz                 | Ultrasonik banyo ve prob kullanılarak enzime ön işlem uygulanması                        | Ultrasonik banyo; 120 W, %30 görev döngüsü, 15 dk<br>Ultrasonik prob; 60 W, %30 görev döngüsü ve 5 dk | <ul style="list-style-type: none"> <li>Enzim başlangıç aktivitesi 5.77 U/g (35°C, pH 7)</li> <li>Ultrasonik banyo işleminden sonra aktivite: 7.498 U/g.</li> <li>Prob işleminden sonra aktivite: 6.907 U/g</li> <li>Ultrasonik banyo uygulaması: kontrollü kaviteasyon oluşturması nedeniyle probdan daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmış</li> </ul>  | [15]  |
|                          | Lipaz (Eversae® Transform 2.0)   | Ultrason destekli transesterifikasyon   | Ultrasonik prob; 20 kHz ve maksimum genlik ve %5 görev döngüsü   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Optimize edilmiş koşullar altında, ultrason destekli reaksiyonda;</li> <li>Enzim aktivitesinin %95'i korunmuş</li> <li>Geleneksel yöntemle kıyasla yağ asidi metil esterleri içeriğinde %15 artmış</li> </ul>  |
| Pektinaz                 | Uyvala şartlarında destekli enzimatik biyoaktif özelliklerine etkisi                     | Ultrason banyo; 25 kHz, 70 W/L, 40°C, 1 saat  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Oluşan kaviteasyon nedeniyle bitki hücreleri parçalanmış, bu da fenoller, tanenler, uçucu maddelerin ekstraksiyonunu ve fermentasyonunu arttırmış</li> <li>Ultrason enzimin yapısal bütünlüğüne zarar vermeden substratla etkileşimi optimize etmiş</li> <li>Daha yüksek malik asit içeriğine ve daha yüksek düzeyde toplam fenolik bileşik ve antioksidan aktiviteye sahip bir uyvala şarabı</li> </ul>                                      | [25]  |
| α-Amilaz ve glukozamilaz | Enzime ön işlem  | 40 kHz<br>α-amilaz: 30 W, 5 dk<br>W, 3 dk   | <ul style="list-style-type: none"> <li>α-amilaz aktivitesi %17.82±0.26, glukozamilaz aktivitesi %38.50±0.40 artmış</li> <li>Optimum sıcaklık aralığı, işlemden sonra genişlemiş</li> <li>İşlemden sonra optimum pH ve pH aralığını değiştirmiş</li> <li>α-amilaz ve glukozamilaz V<sub>max</sub> değerleri sırasıyla %6.22 ve %25.79 oranında artmış; K<sub>m</sub> sırasıyla %5.70 ve %7.52 oranında azalmış</li> <li>Enzimlerin ikincil ve üçüncül yapısını değiştirmiş</li> </ul> | [8]   |
|                          | Profil endopeptidaz  | Soya fasulyesi proteini B3 alt ünitesinin, ultrason enzime ile parçalanması                           | 68 kHz, 60 W/L ve 10 dakika (10 s açık/5 s kapalı)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ultrason destekli enzim, B3 alt ünitesinin bozunma oranı %72 artmış</li> <li>İşlem, enzimdeki hidrofobik amino asitlerin açığa çıkmasına neden olmuş, böylece enzim esnekliği artırılmış, enzim aktif merkezinin B3 alt ünitesine bağlanması kolaylaşmış, böylece enzim aktivitesi ve B3 alt ünitesinin bozunma hızı artmış</li> </ul> |
| Lipaz                    | Stigmasteril oleatın lipaz katalizli sentezi için ultrason ön işlemi                     | Ultrasonik prob; 200 W, 1 saatlik süre, 50°C  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ultrason işlemi ile 50 g/L lipaz dozajı ile stigmasterol dönüşümü %91.37'ye ulaşmış</li> </ul>  | [27]  |
| α-Amilaz                 | Hem enzimde hem de substrata uygulanan ultrasonik hidroliz üzerine etkisi                | Ultrasonik banyo; çift frekanslı sonikasyon: 64.5 W, 25 + 40 kHz                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sonikasyona tabi tutulan nişasta (Ca<sup>2+</sup>: 25 Mm) ile yüksek enzim aktivitesi (0.789±0.003 U/g).</li> <li>Nişasta granüllerini gözenekli yapılarla dönüştürmüş, dolayısıyla enzim hidroliz için nişasta granüllerine nüfuz etmesini kolaylaştırmış</li> </ul>   | [19]  |
|                          | β-Glukosidaz   | Serbest enzime ön işlem   | ultrasonik banyo; 50 W, %30 görev döngüsünde, 20 dk  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ön işlem görmüş serbest enzimde aktivite değeri 9.7 U/mL, ön işlem uygulanmamış enzime kıyasla (8.86 U/mL) daha yüksek</li> </ul>  |
| Selüloz                  | Zirai atıklardan izole edilen bakteriyel enzim   | Ultrasonik banyo; 40 kHz, 39 W, 60dk  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Enzim aktivitesi 0.095 birimden 0.12 birime yükselmiş</li> </ul>  | [29]  |
| Peroksidaz               | Enzime ön işlem  | Ultrasonik banyo; 40 kHz, 0-100 W   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Maksimum aktivite 90 W'da elde edilmiş</li> <li>Enzim konformasyonu değişti: sekonder yapıdaki α-heliks ve anti-paralel içeriğin ve sekonder yapıdaki p-tabaka, p-dönüşü ve rasgele bobin içeriğinin artması</li> </ul>   | [30]  |
| Lipaz                    | Keçi kremasının lipaz ile hidrolizi üzerine ultrasonun etkisi                            | Ultrasonik banyo; 40°C/60 dk  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Enzim aktivitesi %12 artmış</li> <li>Ultrason destekli hidroliz oranı %28'e kadar artmış</li> </ul>   | [21]  |
| Pepsin ve papain         | Peynir altı suyu proteini izolatının düşük safliktaki enzimlerle hidrolizi               | Ultrasonik banyo; pepsin için 400 W, 4 dk ve papain için 300 W, 2 dk                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ultrason ön işlemi, süreci 6 saat azaltmış</li> <li>Kısmi enzimatik hidroliz ve ultrason ön işleminden sonra 1000-2000 g.mol<sup>-1</sup>'de düşük molar kütleli peptit oluşumu gerçekleşmiş</li> </ul>   | [31]  |
| β-Glukozidaz             | Enzimin ultrasonla aktive edilmesi   | Ultrasonik banyo; 50°C, 225 W ve 28 dk  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Enzim aktivitesi %34.67 oranında artırılmış</li> </ul>  | [32]  |
| İnvertaz                 | Ultrason enzime ön işlem olarak, substrata ön işlem olarak ve reaksiyona yardımcı olarak | Ultrasonik banyo; 25 kHz, 22 W/L (CAL), 60 dk, 23°C, pH 5.0   | <ul style="list-style-type: none"> <li>V<sub>max</sub> %23 artmış ve K<sub>m</sub> sabit kalmış</li> <li>Invertaz katalitik verimliliği sonikasyon altında %27 artmış</li> <li>Sakaroz hidroliz oranı 40°C'de %33'e, 30°C'de ise %30'a artmış</li> <li>Substrata uygulanan ön işlemin sakkaroz hidrolizini desteklememiş</li> </ul>  | [33]  |
| Kitinaz                  | Enzime ön işlem  | ultrasonik prob; 22 kHz, 25 W/mL, 20 dk   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivite %19.17 artmış</li> <li>V<sub>max</sub>'ta bir artış ve K<sub>m</sub>'de bir azalma</li> </ul>  | [34]  |
| Glukozamilaz             | Enzime ön işlem  | Ultrasonik banyo; 40 kHz, 420 W, 60°C, 10 dk  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivite %21.07 artmış</li> <li>V<sub>max</sub> ve K<sub>m</sub> değerleri artmış</li> <li>Termodinamik değerleri, E<sub>a</sub>, ΔG, ΔH azalmış ancak ΔS'de hafif bir artış</li> </ul>   | [35]  |

Pourmohammadi ve ark. [19],  $\alpha$ -amilaz ile patates nişastasının hidrolizinde substrata ultrasonik işlemin etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada çift frekanslı ultrasonik banyo kullanmışlardır. Ultrasonik uygulamanın nişasta granüllerini daha gözenekli yapılara dönüştürdüğünü, bu durumun enzimin hidroliz için nişasta granüllerine nüfuz etmesini kolaylaştırdığını ifade etmişlerdir. Böylelikle nişastaların ultrasonikasyon yoluyla işlenmesinin nişasta hidrolizinin de iyileştirilebileceği sonucuna varmışlardır.

Roohi ve ark. [20],  $\alpha$ -amilaz ile nişastanın hidrolizi öncesinde ultrason destekli modifikasyona tabi tutulan nişastaların reolojik davranışının ve viskozitelerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, gözenekli nişasta elde etmek için sonikasyona tabi tutulan mısır ve patates nişastası için ultrason geometrisinin, gücünün ve frekansının sıvı akışı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ultrasonik banyoda ön işleme (300 W, 25 + 40 kHz, 10 dakika) tabi tutulan nişastalarda  $\alpha$ -amilazın daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun sebebinin sonikasyon işleminin nişasta granüllerinin yüzeylerinde hasara, çatlaklara ve gözenekliliğe neden olması dolayısıyla nişasta granüllerinin yapısal bütünlüğünün bozulması ile enzim hidrolizinin kolaylaştığını ifade etmişlerdir. Yazarlar,  $\alpha$ -amilaz tarafından hidrolize duyarlı olan hasarlı nişastanın üretilmesi için ultrasonikasyon işleminin kullanılabilirliğini önermişlerdir.

Soares ve ark. [21], yaptıkları çalışmada keçi kremasının lipaz ile hidrolizinde ultrasonun lipaz, krema ve reaksiyon üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Ultrasonun reaksiyondaki (krema+ lipaz) etkisi incelendiğinde ultrasonik işlem destekli enzimatik reaksiyon, geleneksel prosesle karşılaştırıldığında daha yüksek bir hidroliz oranı (55°C'de %12, 40°C'de %23 ve 25°C'de %28) gösterdiğini belirlemişlerdir. Yazarlar kavitasyon sırasında kabarcık çökmesiyle güçlü türbülansla birlikte yayılan şok dalgaları ve kesme kuvvetleriyle sonuçlanan önemli bir enerji salınımı olduğunu oluşan bu mekanik etkilerin sadece enzim yapısını ve aktivitesini değiştirmediğini aynı zamanda enzim ve substrat arasındaki difüzyonu azaltarak reaksiyon sırasında kütle transferini artırıp reaksiyonun hızlandığını vurgulamışlardır.

### Ultrasonik İşlemlerin İmmobilize Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

Serbest enzimler yüksek katalitik aktivite üretmelerine ve kullanımlarının daha kolay olmasına rağmen, düşük kararlılıkları ve yeniden kullanılamamaları endüstriyel uygulamalarını kısıtlamaktadır. Bu nedenle, immobilize edilmiş enzimlerin aktivasyonuna ve modifikasyonuna giderek artan bir ilgi duyulmaktadır [1, 17].

Çeşitli matrisler kullanılarak immobilize edilmiş enzimler hazırlamak için çok sayıda yöntem bulunmaktadır. İmmobilizasyon materyalleri doğal polimerler, sentetik polimerler veya inorganik malzemeler olabilir. Enzim immobilizasyon teknikleri fiziksel ve kimyasal olmak üzere iki yönetime ayrılabilir. Fiziksel immobilizasyon yöntemleri, van der Waals kuvvetleri, hidrofobik

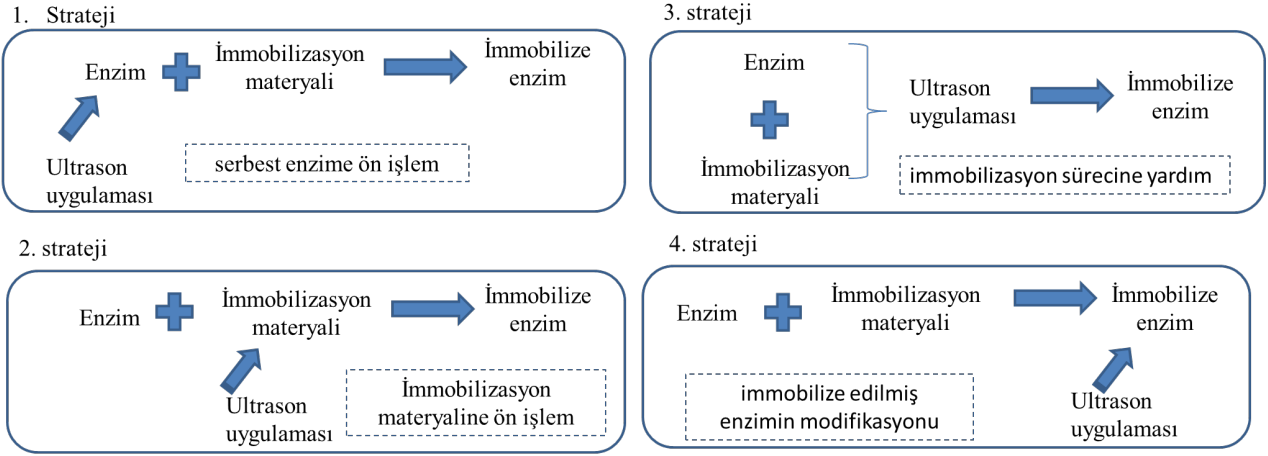
etkileşimler ve hidrojen bağı içeren fiziksel kuvvetler yoluyla gerçekleşir. Kimyasal yöntemler, geri döndürülemez bir süreç yoluyla kovalent veya iyonik bağlar kullanılarak enzimlerin farklı matrislere bağlanmasını içerir [1, 3].

Reaksiyon ortamından kolayca ayrılabilen heterojen bir katalizör olarak immobilize enzimler, reaksiyonun herhangi bir zamanda sonlandırılmasını sağlayarak kirlenmeye içermeyen saf bir ürün elde edilmesini sağlarlar. Ayrıca, endüstriyel bir süreçte birden çok kez kullanılabilirler. Geleneksel serbest enzimlere göre bu avantajlar, immobilize enzimlerin gıda endüstrisinde kullanımını artırmaktadır. İmmobilize enzimlerin katalitik aktivitesinin ve özelliklerinin iyileştirilmesi, daha verimli ve uygun maliyetli bir endüstriyel sürece katkıda bulunacaktır [5]. İmmobilizasyon işleminin verimliliği ve enzimatik aktivitenin sabit tutulması sınırlıdır. Bu nedenle immobilizasyon verimliliğini ve geri kazanımı artırmak için farklı teknikler kullanılmaktadır [3]. Ultrason işlemi, enzimlerin serbest formunu modifiye etmenin yanı sıra son zamanlarda immobilize enzimlerin aktivitesini iyileştirmede de kullanılmıştır. Ultrasonun teknolojisi ile immobilizasyonda enzim aktivasyonunun artırılmasına yönelik farklı stratejiler bulunmaktadır (Şekil 3). Bu stratejilerden biri, immobilizasyon öncesi serbest enzime ultrason işleminin uygulanması sonra işlem görmüş enzimin immobilize edilmesidir ki serbest enzime ultrasonun etkisi yukarıdaki bölümde açıklanmıştır. Bir diğer strateji, immobilizasyon materyaline (taşıyıcı) ultrason ön işlemidir. İmmobilize materyaline ön işlem ile, immobilizasyon sırasında enzim molekülleri ile etkileşimini hızlandırmak için taşıyıcının yapısını değiştirerek immobilize enzimin aktivitesinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır [5, 17, 22]. Ultrasonla indüklenen kesme kuvveti, şok dalgaları ve serbest radikallerin, immobilizasyon materyalinin özelliklerini ve materyal ile enzim arasındaki etkileşimlerini değiştirdiği, sonuç olarak enzimin substratlara olan etkili temas alanını genişlettiği böylece katalitik aktivitenin de dolaylı olarak iyileştirilebileceği ifade edilmektedir [3, 22].

İmmobilizasyondan önce ön işlem aşamasında ultrason kullanmanın yanı sıra, enzim aktivitelerinin daha fazla iyileştirilmesine olanak tanıyan bir başka yaklaşım da enzimlerin immobilizasyonu sırasında ultrason uygulamaktır. Bu tür bir uygulama, işleme sisteminde daha fazla madde/molekül olduğu için bir dizi geniş kapsamlı sonuca yol açabilir ve aynı zamanda kontrol edilmesi daha zor olan karmaşık bir süreçtir [5, 23]. Bu süreçte üç olgu meydana gelebilir. İlk olarak ultrasonun, enzimlerin çözüldüden taşıyıcıların yüzeyine kütle transferini hızlandırması ve enzimlerin taşıyıcı yüzeylere adsorpsiyonunu desteklemesidir. Böylece ultrasonik kavitasyon tarafından oluşturulan bir dizi mekanik etki, kütle transfer özelliklerini azaltır. Sonuç olarak, sistemin kütle transferi artırılmış ve daha homojen bir karışım elde edilerek taşıyıcılar ve enzimlerin kombinasyonu desteklenmiş olur. İkinci olarak ultrasonik kavitasyon, enzimin konfigürasyonunu değiştirebilir ve böylece enzimin aktivitesini doğrudan iyileştirebilir. Üçüncüsü ultrason, taşıyıcıyı değiştirebilir ve enzimlerle temasa daha duyarlı hale getirebilir [3, 22]. Wang ve ark. [23],

yapmış oldukları çalışmada ultrasonun, sodyum aljinatın hidrofobik etkileşimlerini ve arayüz aktivitelerini artırdığını böylece sodyum aljinat ile enzimler arasındaki çapraz bağlanmanın kolaylaştığını ifade etmişlerdir.

Tablo 2’de ultrasonun immobilize enzim aktivasyonuna etkisi üzerine yapılan çalışmalar ve bu çalışmalarda elde edilen önemli bulgular özetlenmiştir.



Şekil 3. Ultrason teknolojisi ile immobilizasyonda enzim aktivasyonunun artırılmasına yönelik uygulanan stratejiler  
Figure 3. Strategies applied to increase enzyme activation in immobilization with ultrasound technology

Tablo 2. Ultrasonun immobilize enzim aktivasyonuna etkisi  
Table 2. Effect of ultrasound on immobilized enzyme activation

| Enzim                                   | Araştırma konusu   | Ultrason koşulları   | Önemli bulgular   | Kaynak |
|---|--|--|---|--------|
| $\beta$ -Glukosidaz                     | Enzime US ön işlemi; çapraz bağlama ile immobilizasyon (gluteraldehit ve amonyum sülfat)                         | ultrasonik banyo; 50 W, %30 görev döngüsünde, 20 dk        | • Ön işlemden sonra immobilize edilen enzim ile işlem görmemiş immobilize enzime kıyasla %82'lik bir aktivite geri kazanımı   | [28]   |
| Glukoamilaz ve $\alpha$ -amilaz         | Immobilize enzimin olduğu ekstraksiyon ortamına US işlemi; MNP'le birlikte immobilize edilmiş enzimler           | ultrasonik banyo; 20 kHz, 20 W, 15 dk                      | • Ultrason ve immobilize enzim ile ekstraksiyon verimi 108.23 mg/g iken ön işlemsiz ekstraksiyon verimi 89.97 mg/g; ekstraksiyon veriminde 1.3-1.5 kat artış  | [36]   |
| Peroksidaz                              | Ultrason kullanılarak Zn-MOF nanoparçısı sentezi   | ultrasonik prob; 20 kHz, 200 W, 20 dk, 90°C                | • Immobilizasyon verimi, %93.3<br>• Immobilize enzimin spesifik aktivitesi, serbest enzime göre yaklaşık 3 kat artmış   | [37]   |
| Lipaz                                   | Immobilizasyon işlemine destek; Mezopor (çok gözenekli) silika üzerine immobilizasyon                            | ultrasonik prob; 20 kHz, 100 W, 10 dk                      | • Ultrasonik destekli immobilizasyonda<br>• Lipaz yükleme miktarı (177.3 mg/g ve verim %41.3) ultrasonik olmayan (84.4 mg/g) göre 1.1 kat yüksek<br>• Katalitik verim (6.4 mmol/g saat) 9.1 kat yüksek<br>$V_{max}/K_m$<br>• Ultrason destekli immobilize enzim, $11.24 \times 10^{-3}$<br>• Immobilize enzim, $3.10 \times 10^{-3}$                          | [38]   |
| Pektinaz ve selüloz                     | Immobilize enzime işlem; Amino-MNP'le birlikte immobilize edilmiş enzimler                                       | ultrasonik banyo; 20 kHz 10 W, 20 dk                       | • Ekstraksiyon veriminde 1.3 kata kadar bir artış   | [39]   |
| Ticari immobilize lipaz, Lipozyme® RMIM | Ultrasonik ön işlemin, domuz yağının lipaz katalizli gliserolizle diasilgliserol (DAG) sentezi üzerindeki etkisi | ultrasonik prob; 5 dakika boyunca 45°C ve güç 250 W        | • Ultrasonik ön işlem ile 4 saatlik gliseroliz reaksiyonlarının DAG içeriği, ultrasonik ön işlem olmadan 11 saatlik gliseroliz reaksiyonlarına benzer: ön işlem, gliseroliz reaksiyon süresini önemli ölçüde kısaltmış  | [40]   |
| Lizozim                                 | Immobilizasyon işlemine destek; kalsiyum aljinat film üzerine immobilizasyon                                     | ultrasonik prob; 22 kHz, 147,8 W, 25°C, 40 dk              | • Maksimum katalitik aktivite (72.34 U) %13.2 oranında artmış   | [23]   |
| Lipaz                                   | US destekli manyetik Ta-MOF@Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> nanoparçısı sentezi                                   | ultrasonik prob; 25°C sıcaklık, 15 dakikalık süre ve 120 W | • Immobilize enzim aktivitesi, yüksek substrat konsantrasyonunda kontrole kıyasla artmış<br>• Immobilize enzimin termal stabilitesi daha fazla artmış<br>• Reaksiyon sonunda immobilize enzim aktivitesini %95 korumuş  | [22]   |
| Lipaz                                   | Enzime ön işlem; immobilizasyon materyali: MOF   | ultrasonik prob; 22 kHz, 11.38 Wcm <sup>2</sup> , 25 dk    | • Ön işlem sonrasında lipaz aktivitesi 1.6 kata kadar artmış<br>• $K_m$ ve $V_{max}$ değerleri, sonikasyona tabi tutulmuş immobilize lipaz ile sonikasyona tabi tutulmuş serbest lipaz ile hemen hemen aynı<br>• Immobilize enzim art arda 7 kez yeniden kullanım döngüsünden sonra kalan aktivite %54<br>• 25 günlük depolamada aktivitesini %90'ını korumuş | [18]   |
| Selüloz                                 | Immobilize enzime işlem; MNP'le immobilize edilmiş enzimler  | ultrasonik banyo; 6.3 W, 6 dk                              | • Immobilize enzimin aktivitesi 3.6 kata kadar artmış<br>• $V_{max}$ 'sı artmış ve $K_m$ 'i azalmış   | [41]   |

US: Ultrason, MNP: Magnetik nano partikül, MOF: metal-organik çerçeve

US: Ultrasound, MNP: Magnetic nanoparticles, MOF: Metal organic framework

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Uygun ultrasonik işlem serbest enzime, substrata ve/veya immobilize enzime uygulandığında enzimin aktivitesini iyileştirebilir, enzimatik reaksiyonun hızını ve verimini artırabilir. Enzim aktivasyonunun artışında ultrason tarafından oluşturulan kaviteasyonun önemli bir rolü bulunmaktadır. Kaviteasyon dinamik bir olgudur ve etkileri büyük ölçüde çalışma parametrelerine bağlıdır. Uygun koşullarda gerçekleştirilen ultrason, enzimin ve substratın konformasyonunu değiştirir, bu da enzimin katalitik etkinliğinde bir iyileşmeye yol açabilir. Ultrasonun neden olduğu mekanik etkiler makromoleküller üzerinde kayma kuvvetleri oluşturur, enzimlerin ve substratların kümeleşmelerini zayıflatır ve bağlanmaları kolaylaştırır.

Ultrasonun enzim aktivitesi üzerine umut verici sonuçlarına rağmen, bu teknolojinin ölçeklenebilirliği konusunda bazı zorluklar devam etmektedir. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için yapılacak çalışmalarla ultrasonun, enzimatik reaksiyonlar üzerindeki olumlu etkisinin ve çalışma koşullarının etkisinin incelenmesi sonrasında verimli bir ultrason destekli enzimatik reaksiyonun tasarlanması çok önemlidir. Ayrıca enzimatik reaksiyon verimliliğini artırmak ve ultrason ekipmanının enerji tüketimini azaltmak için ultrason proses parametrelerinin optimize edilmesi gereklidir.

## KAYNAKLAR

- [1] Chen, N., Chang, B., Shi, N., Yan, W., Lu, F., Liu, F. (2023). Cross-linked enzyme aggregates immobilization: preparation, characterization, and applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 43(3), 369-383.
- [2] Lindsay, M., Hellmeister, J., Augusto, P.E. (2016). The ultrasound technology for modifying enzyme activity. *Scientia Agropecuaria*, 7(2), 145-150.
- [3] Wang, D., Yan, L., Ma, X., Wang, W., Zou, M., Zhong, J., Ding, T., Ye, X., Liu, D. (2018). Ultrasound promotes enzymatic reactions by acting on different targets: Enzymes, substrates and enzymatic reaction systems. *International Journal of Biological Macromolecules*, 119, 453-461.
- [4] Priya, Gogate, P.R. (2021). Ultrasound-Assisted Intensification of activity of free and immobilized enzymes: A Review. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 60, 9650–9668.
- [5] Ma, X., Liu, D., Hou, F. (2023). Sono-activation of food enzymes: From principles to practice. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22, 1184-1225.
- [6] Chavan, P., Sharma, P., Sharma, S.R., Mittal, T.C., Jaiswal, A.K. (2022). Application of high-intensity ultrasound to improve food processing efficiency: A review, *Foods*, 11(1), 122.
- [7] Su, J., Cavaco-Paulo, A. (2021). Effect of ultrasound on protein functionality. *Ultrasonics Sonochemistry*, 76, 105653.
- [8] Wang, Y., Tian, X., Zhang, Z., Tian, M., Zhang, F. (2024). Investigation of the potential mechanisms of  $\alpha$ -amylase and glucoamylase through ultrasound intensification. *Food Science & Technology*, 198, 115979.
- [9] Bhargava, N., Mor, R.S., Kumar, K., Sharanagat, V.S. (2021). Advances in application of ultrasound in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105293.
- [10] Singla, M., Sit, N. (2021). Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73, 105506.
- [11] Zadeike, D., Degutyte, R. (2023). Recent advances in acoustic technology in food processing. *Foods*, 12(18), 3365.
- [12] Nadar, S.S., Rathod, V.K. 2017. Ultrasound assisted intensification of enzyme activity and its properties: a mini-review. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33(9), 170.
- [13] Mawson, R., Gamage, M., Terefe, N.S, Knoerzer, K. (2010). Ultrasound in Enzyme Activation and Inactivation. In *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*, Edited by H. Feng, G. Barbosa-Canovas, J. Weiss, Springer, New York, 665p.
- [14] Oliveira, H.M., Correia, V.S., Segundo, M.A., Fonseca, A.J.M., Cabrita, A.R.J. (2017). Does ultrasound improve the activity of alpha amylase? A comparative study towards a tailor-made enzymatic hydrolysis of starch. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 674-685.
- [15] Mishra, S. K., Yadav, P., Gogate, P.R. (2024). Intensification of  $\alpha$ -amylase activity using ultrasound and its application for food waste hydrolysis. *Process Biochemistry*, 143, 73-82.
- [16] Qian, J., Chen, D., Zhang, Y., Gao, X., Xu, L., Guan, G., Wang, F. (2023). Ultrasound-assisted enzymatic protein hydrolysis in food processing: mechanism and parameters. *Foods*, 12(21), 4027.
- [17] Wang, F., Liu, Y., Du, C., Gao, R. (2022). Current strategies for real-time enzyme activation. *Biomolecules*, 12(5), 599.
- [18] Nadar, S.S., Rathod, V.K. (2018). Encapsulation of lipase within metal-organic framework (MOF) with enhanced activity intensified under ultrasound. *Enzyme and Microbial Technology*, 108, 11-20.
- [19] Pourmohammadi, K., Sayadi, M., Abedi, E. (2023). Ultrasound-assisted activation amylase in the presence of calcium ion and effect on liquefaction process of dual frequency ultrasonicated potato starch. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17, 3435-3449.
- [20] Roohi, R., Abedi, E., Hashemi, S.M.B. (2024). Ultrasound-assisted starch hydrolyzing by alpha-amylase: Implementation of computational fluid dynamics, acoustic field determination, and rheology modeling. *Ultrasonics Sonochemistry*, 103, 106785.
- [21] Soares, A.D.S., de Castro Leite Júnior, B.R., Tribst, A.A.L., Augusto P.E.D., Ramos, A.M. (2020). Effect of ultrasound on goat cream hydrolysis by lipase: Evaluation on enzyme, substrate and assisted reaction. *LWT-Food Science and Technology*, 130, 109636.
- [22] Sargazi, G., Afzali, D., Ebrahimi, A.K., Badoei-Dalfard, A., Malekabadi, S., Karami, Z. (2018). Ultrasound assisted reverse micelle efficient

- synthesis of new Ta-MOF@ Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> core/shell nanostructures as a novel candidate for lipase immobilization. *Materials Science and Engineering: C*, 93, 768-775.
- [23] Wang, D., Lv, R.L., Ma, X.B., Zou, M. M., Wang, W.J., Yan, L.F., Ding, T., Ye, X.Q., Liu, D.H. (2018). Lysozyme immobilization on the calcium alginate film under sonication: Development of an antimicrobial film. *Food Hydrocolloids*, 83, 1-8.
- [24] Liow, M.Y., Chan, E., Ng, W.Z., Song, C.P. (2024). Enhancing efficiency of ultrasound-assisted biodiesel production catalyzed by Eversa® Transform 2.0 at low lipase concentration: Enzyme characterization and process optimization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 271(2), 132538.
- [25] Ferreira, A.L.A., da Silva Monteiro Wanderley, B.R., da Silva Haas, I.C., Biluca, F.C., de Oliveira Costa, A.C., Hoff, R.B., Pereira-Coelho, M., dos Santos Madureira, L.A., de Sena Aquino, A.C.M., de Mello Castanho Amboni, R.D., Fritzen-Freire, C.B. (2024). Low-alcohol wine made from uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess): Influence of ultrasound-assisted enzymatic pre-treatment on its bioactive properties. *Microchemical Journal*, 198, 110177.
- [26] Zhang, Z., Shan, P., Zhang, Z.H., He, R., Xing, L., Liu, J., He, D., Ma, H., Wang, Z., Gao, X. (2023). Efficient degradation of soybean protein B<sub>3</sub> subunit in soy sauce by ultrasound-assisted prolyl endopeptidase and its primary mechanism. *Food Chemistry*, 429, 136972.
- [27] Zhang, X., Yu, Y., Yu, J., Wang, M., Gao, S., Li, W., Yu, D., Wang, L. (2023b). Ultrasound pretreatment for lipase-catalyzed synthesis of stigmasteryl oleate and evaluation of its physicochemical properties. *LWT-Food Science and Technology*, 183, 114929.
- [28] Priya, Gogate, P.R. (2022). Ultrasound-assisted intensification of  $\beta$ -glucosidase enzyme activity in free and immobilized forms, A review. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 61(5), 2023-2036.
- [29] Atiya, S.A., Gatea, I.H., Abdulla, K.J. (2021). Effect of ultrasonic technology on cellulase enzyme activity produced by local bacterial isolate. *Journal of Physics: Conference Series*, 1963(1), 012051.
- [30] Li, F., Tang, Y. (2021). The activation mechanism of peroxidase by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 71, 105362.
- [31] Lorenzetti, A., Penha, F. M., Petrus, J.C.C., Rezzadori, K. (2020). Low purity enzymes and ultrasound pretreatment applied to partially hydrolyze whey protein. *Food Bioscience*, 38 (December), 100784.
- [32] Fan, X.H., Zhang, X.Y., Zhang, Q.A., Zhao, W.Q., Shi, F.F. (2019). Optimization of ultrasound parameters and its effect on the properties of the activity of beta-glucosidase in apricot kernels. *Ultrasonics Sonochemistry*, 52, 468-476.
- [33] Soares, A.D.S., Augusto, P.E.D., Leite Júnior B.R.D.C., Nogueira, C.A, Vieira, É.N.R., Barros, F.A.R. D., Stringheta, P.C., Ramos, A.M. (2019). Ultrasound assisted enzymatic hydrolysis of sucrose catalyzed by invertase: Investigation on substrate, enzyme and kinetics parameters. *LWT-Food Science and Technology*, 107, 164–170.
- [34] Hou, F., Ma, X., Fan, L., Wang, D., Wang, W., Ding, T., Ye, X., Liu, D. (2019). Activation and conformational changes of chitinase induced by ultrasound. *Food Chemistry*, 285, 355-362.
- [35] Meng, H., Li, D., Zhu, C. (2018). The effect of ultrasound on the properties and conformation of glucoamylase. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 411-417.
- [36] Patil, S.S., Rathod, V.K. (2022). Combined effect of enzyme co-immobilized magnetic nanoparticles (MNPs) and ultrasound for effective extraction and purification of curcuminoids from *Curcuma longa*. *Industrial Crops and Products*, 177, 114385.
- [37] Farhadi, S., Riahi-Madvar, A., Sargazi, G., Mortazavi, M. (2021). Immobilization of *Lepidium draba* peroxidase on a novel Zn-MOF nanostructure. *International Journal of Biological Macromolecules*, 173, 366-378.
- [38] Sun, T., Dong, Z., Wang, J., Huang, F.H., Zheng, M.M. (2020). Ultrasound-assisted interfacial immobilization of lipase on hollow mesoporous silica spheres in a pickering emulsion system: A hyperactive and sustainable biocatalyst. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(46), 17280–17290.
- [39] Ladole, M.R., Nair, R.R., Bhutada, Y.D., Amritkar, V.D., Pandit, A.B. (2018). Synergistic effect of ultrasonication and co-immobilized enzymes on tomato peels for lycopene extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 453-462.
- [40] Zhao, X., Sun, Q., Qin, Z., Liu, Q., Kong, B. (2018). Ultrasonic pretreatment promotes diacylglycerol production from lard by lipase-catalysed glycerolysis and its physicochemical properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 11-18.
- [41] Ladole, M.R., Mevada, J.S., Pandit, A.B. (2017). Ultrasonic hyperactivation of cellulase immobilized on magnetic nanoparticles. *Bioresource Technology*, 239, 117-126.



## Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları

**Akademik Gıda** dergisi gıda bilimi ve teknoloji alanlarında 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](http://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](mailto:ogursoy@yahoo.com) e-posta adresinden editöre 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.

### Yayın Ücreti

Sidas Medya Limited Şirketi'nin 15 Ocak 2024 tarihli kararı uyarınca, 1 Şubat 2024 tarihinden sonra Akademik Gıda dergisine gönderilen Türkçe makaleler için "kabul/red şartına bağlı olmaksızın" yazar/yazarlar tarafından katkı payı olarak 1000 TL (KDV Dahil) ödenmesi uygun görülmüştür. İngilizce olarak dergiye gönderilen makaleler için ise katkı payı olarak 750 TL (KDV Dahil) ödenmesi gerekmektedir.

### 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 gerekliyse 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

yapılacağında (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](http://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](mailto: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

There is a 1000 TL submission fee for Turkish manuscripts submitted after February 1, 2024. This fee may not be waived. 750 TL fee is charged for articles submitted to the journal in English.

### 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 almış 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 için 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](mailto: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](mailto:sidasmedya@gmail.com)

**SIDAS MEDYA**