

ISSN Online 2148-015X

ACADEMIC FOOD JOURNAL

AKADEMİK

**GIDA**



Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademik-gida> Cilt/Volume: 21 Sayı/Number: 3 Temmuz - Eylül 2023

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

Akademik Gıda 21 (3) (2023)  
**İÇİNDEKİLER / CONTENTS**

■ Editörden / Editorial

VII-VIII

■ **MAKALELER / PAPERS**

■ Araştırma Makaleleri / Research Papers

**Effect of Freeze-Drying and Oven-Drying on Volatiles, Bioactive and Structural Properties of Hawthorn (*Crataegus tanacetifolia*) Fruit** / Dondurarak ve Fırında Kurutmanın Alıç (*Crataegus tanacetifolia*) Meyvesinin Uçucu Maddeleri, Biyoaktif ve Yapısal Özellikleri Üzerine Etkisi / Hasene Keskin Çavdar, Eda Adal

202-210

**Effect of Microfiltration, Storage Time and Temperature on Properties of Shalgam Juices** / Şalgam Sularının Özellikleri Üzerine Mikrofiltrasyon ile Depolama Sıcaklık ve Süresinin Etkisi / Hasan Tanguler, Huseyin Erten

211-219

**Effect of D-Allulose Use as a Sugar Substitute on Some Physicochemical, Textural and Sensory Properties of Cakes** / Şeker İkamesi Olarak D-Alüloz Kullanımının Keklerin Bazı Fizikokimyasal, Dokusal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi / Mustafa Özgür, Aslı Uçar

220-232

**Zeytin Yapraklarından Fenolik Bileşenlerin Mikrodalga Destekli Ekstraksiyonu ve Kinetiği ile Ekstraktların Antioksidan Özellikleri** / Microwave-Assisted Extraction of Phenolic Components in Olive Leaves and its Kinetics, and Antioxidant Properties of Extracts / Elif Meltem İşçimen, Mehmet Hayta

233-242

**Karides Unlu Atıştırmalık Üretiminde 3D Gıda Yazıcısı Kullanımı: Yazdırma Parametreleri ve Formülasyonun Optimizasyonu** / Production of Snacks with Shrimp Flour by 3D Food Printers: Optimization of Printing Parameters and Formulation / Hanife Aydan Yatmaz

243-253

**Vişne Çekirdeği Protein Konsantresi Tozu İlavesinin Glütensiz Baton Keklerin Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi** / Effect of Sour Cherry Seed Protein Concentrate Powder Addition on Some Quality Characteristics of Gluten-Free Baton Cakes / Ali Cingöz

254-263

**Türkiye’de Satışa Sunulan Glütensiz Ürünler ile Glüten İçeren Eşdeğerlerinin Besin Ögesi İçeriği ve Maliyet Yönünden Değerlendirilmesi** / Evaluation of Gluten-Free Products and Their Gluten-Containing Equivalents Sold in Turkey in Terms of Nutrient Content and Cost / Sümeyra Sevim, Damla Gümüş, Mevlüde Kızıl

264-273

**Use of Microwave Drying for Production of Protein-Oil Based Edible Films** / Protein-Yağ Bazlı Yenilebilir Filmlerin Üretiminde Mikrodalga Kurutmanın Kullanılması / Burcu Gökkaya Erdem

274-283

**Duyusal Unsurların Tat Algısına Etkisinin Gastrofizik Bağlamında Değerlendirilmesi** / Evaluation of Sensory Elements' Influence on Taste Perception in Gastro-physics Context / Nebahat Tarhan, Müesser Korkmaz

284-300

**Satışa Sunulan Bazı Peynirlerde Taklit ve Tağşiş Durumu** / Imitation and Adulteration Status of Some Cheeses Sold in Markets (Turkey) / Gülden Kekik, Hayri Coşkun

301-311

■ 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: 21

Sayı: 101

Temmuz - Ağustos - Eylül 2023

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 21. yayın yılının üçüncü sayısında yine sizlerle birlikteyiz. Bu sayımızda 10 araştırma makalesi 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/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 iletmiyorduk. 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 5 Ocak 2023 tarihli kararı uyarınca, 15 Ocak 2023 tarihinden sonra Akademik Gıda dergisine gönderilen Türkçe makaleler için "kabul/red şartına bağlı olmaksızın" yazar/yazarlar tarafından katkı payı olarak 300 TL (KDV Dahil) ödenmesinin uygun görüldüğünü tekrar hatırlatmak istiyoruz. Diğer taraftan İngilizce olarak dergiye gönderilen makalelerden herhangi bir ücret talep edilmeyecektir (<https://dergipark.org.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 çalışmaları 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****13. Gıda Mühendisliği Kongresi**

Gıda sektörü ile ilgili tüm kurum ve kuruluşları bir araya getirerek gıdalara ilişkin bilimsel gelişmelerin ve güncel konuların tartışılması amacıyla TMMOB Gıda Mühendisleri Odası tarafından on üçüncüsü 2-4 Kasım 2023 tarihleri arasında Ankara'da ulusal bir kongre olarak gerçekleştirilecek 13. Gıda Mühendisliği Kongresi ile ilgili bilgilere [www.gidamuhendisligikongresi.org](http://www.gidamuhendisligikongresi.org) adresinden ulaşılabilir.

**TARGET 4. Uluslararası Tarım ve Gıda Etiği Kongresi**

Tarım ve Gıda Etiği Derneği (TARGET) tarafından düzenlenen TARGET 4. Uluslararası Tarım ve Gıda Etiği Kongresi 16-17 Kasım 2023 tarihlerinde Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://www.targetcongress.org/> adresinden ulaşılabilir.



**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.gidaguvendigikongresi.org/> adresinden ulaşılabilir.

**3. Uluslararası Gıda Kimyası Kongresi**

3. Uluslararası Gıda Kimyası Kongresi, Kimyagerler Derneği ve Gebze Teknik Üniversitesi'nin ortak organizasyonu ile 29 Şubat-3 Mart 2024 tarihleri arasında Antalya'da Mirage Park Resort'ta (Kemer, Antalya) gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://gidakimyasikongresi.org/> adresinden ulaşılabilir.

## Effect of Freeze-Drying and Oven-Drying on Volatiles, Bioactive and Structural Properties of Hawthorn (*Crataegus tanacetifolia*) Fruit

Hasene Keskin Çavdar<sup>1</sup> , Eda Adal<sup>2</sup>  <sup>1</sup>Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Gaziantep University, 27310 Gaziantep, Turkey<sup>2</sup>Gastronomy and Culinary Arts, Faculty of Tourism, Iskenderun Technical University, 31200 Iskenderun, Hatay, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 24.03.2023, Accepted (Kabul Tarihi): 19.10.2023

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [eda.adal@iste.edu.tr](mailto:eda.adal@iste.edu.tr) (E. Adal)

☎ +90 326 613 5600 📠 +90 326 613 5613

### ABSTRACT

Hawthorn (*Crataegus*) fruit, which is traditionally used as a folk medicine, has been commonly used in pharmaceuticals due to its positive neuro- and cardio-selective effects in recent years. Drying is a practical approach for the long-term storage of hawthorn fruits due to their high annual abundance. This study aimed to compare the effects of oven-drying and freeze-drying methods on the quality, bioactivity, volatiles, and surface structure of hawthorn fruits. Total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), and antioxidant activity (IC<sub>50</sub>) were used to compare the bioactive properties of the fresh and dried fruits. The volatiles of fresh and dried hawthorn fruits were determined by GC-MS. The TPC and TFC of freeze-dried fruit extracts were markedly higher than those of fresh and oven-dried fruit extracts (p<0.05). The IC<sub>50</sub> value of the freeze-dried fruit extract was 480 µg/mL, considerably lower than the fresh (530 µg/mL) and oven-dried fruit extracts (500 µg/mL) (p<0.05). Freeze-drying preserved hawthorn fruit color with the highest L\* value and the lowest a\* and b\* color values. Many volatile compounds were identified as esters, aldehydes, hydrocarbon, terpene, etc., and their concentration decreased significantly with oven-drying, in contrast to freeze-drying. Scanning electron microscopy showed that the microstructure of freeze-dried samples was relatively homogenous and more uniform while oven-dried samples were unevenly broken pieces. Consequently, freeze-drying was determined as the best method for the dehydration of hawthorn fruits in terms of the bioactive content and natural color of fruits, and volatile preservation.

**Keywords:** Hawthorn, Freeze-drying, Oven-drying, Bioactive compounds, Volatiles

### Dondurarak ve Fırında Kurutmanın Alıç (*Crataegus tanacetifolia*) Meyvesinin Uçucu Maddeleri, Biyoaktif ve Yapısal Özellikleri Üzerine Etkisi

#### Öz

Geleneksel olarak bir halk ilacı olarak kullanılan alıç (*Crataegus*) günümüzde pozitif nöro- ve kardiyoselektif etkileri nedeniyle farmasötiklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kurutma alıç meyvesinin yıllık bol miktarda olması nedeniyle uzun süreli depolama için uygun bir yaklaşımdır. Bu çalışmanın amacı, fırında kurutma ve dondurarak kurutmanın alıç meyvelerinin kalitesi, biyoaktivitesi, uçucu bileşenleri ve yüzey yapısı üzerindeki etkilerini karşılaştırmaktır. Taze ve kurutulmuş meyvelerin biyoaktif özelliklerini karşılaştırmak için toplam fenolik içeriği (TPC), toplam flavonoid içeriği (TFC) ve antioksidan aktiviteleri (IC<sub>50</sub>) kullanılmıştır. Taze ve kurutulmuş alıçların uçucu madde içeriği GC-MS kullanılarak incelenmiştir. Dondurularak kurutulmuş meyve özütlerinin TPC ve TFC değerleri, taze ve fırında kurutulmuş meyvelerinkinden belirgin şekilde daha yüksek bulunmuştur (p<0.05). Dondurularak kurutulmuş meyve özütünün IC<sub>50</sub> değeri 480 µg/mL olup, taze (530 µg/mL) ve fırında kurutulmuş (500 µg/mL) meyve özütünden oldukça düşük bulunmuştur (p<0.05). Dondurarak kurutma en yüksek L\* değeri ve en düşük a\* ve b\* değerleri ile alıç rengini koruyabilmiştir. Birçok uçucu bileşik ester, aldehit, hidrokarbon, terpen vb. olarak tanımlanmış ve bunların

konsantrasyonu, dondurarak kurutmanın aksine fırında kurutma yöntemiyle önemli ölçüde azalmıştır. Taramalı elektron mikroskobu, dondurularak kurutulmuş numunelerin mikro yapısının nispeten homojen ve daha düzgün olduğunu, fırında kurutulmuş numunelerin ise düzensiz kırılmış parçalar olduğunu gösterdi. Sonuç olarak, alıçta biyoaktif içerik, doğal renk ve uçucu koruma açısından en iyi dehidrasyon yöntemi dondurarak kurutma olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Alıç, Dondurarak kurutma, Fırında kurutma, Biyoaktif bileşikler, Uçucu maddeler

## INTRODUCTION

Hawthorn fruit, also known as haw berries or haws, are the small, red or yellow berries that grow on the hawthorn tree. Hawthorn, which belongs to the Rosaceae family's *Crataegus* genus, has 1000 species and has been cultured for 1700 years [1]. Hawthorn fruit is native to Europe, Asia, and North America but is now widely cultivated in many other parts of the world. It is a hardy and adaptable plant that can grow in various soil types and climates. Different species of hawthorn fruit may have additional environmental requirements, and not all species will grow well in all regions.

Hawthorn trees' leaves, blossoms, and berries have been traditionally used in medicine and consumed by people due to their anti-inflammatory, antibacterial, anti-proliferative, and mutagenic effects [2]. Hawthorn fruit has traditionally been used to treat heart diseases such as hypertension and heart problems. Researchers have proved their effectiveness in reducing blood cholesterol and the risk of cardiovascular illnesses [3]. However, more research is needed to understand its effects fully. The popularity of hawthorn is increasing, and utilizing methods such as vinegar, pomace are started to take attention of consumers. However, because hawthorn species and variants are not authorized in Turkey, its production is confined to trees that grow naturally in the wild [1].

Although there is a large amount of hawthorn in Turkey, the ripe fruit is not harvested due to the lack of usage area, and it dries up and disappears on the branch [4]. Harvested fruits and vegetables can be consumed fresh, as they are perishable foods, and can be processed in different ways and offered for consumption by increasing their shelf life. Drying fruits and vegetables inhibits microbiological, enzymatic activity and quality deterioration. Because dried material has less water activity, physical and chemical changes are minimized during storage, increasing shelf-life [5]. Drying can be done in a few different ways, such as using a traditional (sun drying, oven drying etc.) and modern techniques (freeze-drying etc.). The general use of hawthorn is jams, jellies, and vinegar production. Drying hawthorn fruit is a way to preserve the fruit for later use. For this reason, this study aims to expand the usage of hawthorn fruit and increase its consumption. By this way, drying hawthorn fruit can improve its economic value.

Obtaining high-quality dried products is one of the most important concerns of commercial manufacturers of dried fruits. The process of drying hawthorn fruits can

impact their quality. Nowadays, the most common method for drying fruits is sun-drying. In this scenario, drying takes an extended period of time, and the fruits are exposed to environmental contaminants such as dust, mice, birds, and bacteria. Hence, the quality of the dried items may be seriously reduced. Hot-air dryers offer an alternative to open-air sun-drying and can contribute to the solution of these issues. Freeze-drying, a modern sublimation-based drying technique, has become an important technology. It creates a high-quality, shelf stable product with a distinctive texture [6]. Because there are so many hawthorn fruits that need to be dried yearly and the drying process is not affected by weather, hot-air drying is a good way to dry them [7].

This study aimed to analyze the impact of two drying techniques (oven and freeze-drying) on hawthorn fruits' qualitative characteristics, bioactive properties, and volatile profile. Scanning electron microscopy was used to evaluate the effect of the drying technique on fruit structure. Total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant activity were used to compare the nutritional content of the fresh and dried fruits.

## MATERIALS and METHODS

Mature hawthorn fruits (*Crataegus tanacetifolia*) were collected from different trees in Acaroba village near Gaziantep, Turkey (Figure 1), in September 2021. Fruits were taken to Gaziantep University and kept at 4°C until used. Fresh fruits were cut into small pieces (1×1 cm), and analyzed immediately. Analytical solvents, Folin-Ciocalteu reagent, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), sodium carbonate were supplied from Merck (Darmstadt, Germany). The chemical standards were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA).

### Drying Methods

Fresh fruits were cut and frozen at -78°C in a freezer (New Brunswick Scientific, U570 Premium, England) for 24 h before freeze drying. A freeze drier (alpha 1-4 LD plus, Christ, Osterode am Harz, Germany) was used to dry the frozen samples during 48 h. The freeze-drying process was set up to work at -58°C for the freezing step, 10°C for the drying step, and 10 Pa for the pressure in the chamber during the drying step. The dried fruits were ground in a blender (Waring, Model HGB55E, Torrington, USA) and sieved through a 250-mesh sieve. The products were kept in a freezer at -20°C before usage. The fruits were put on a plate and dried at 60°C (Japan Synthetic Rubber Co., Ltd, JSOF 100, Japan) for oven drying.

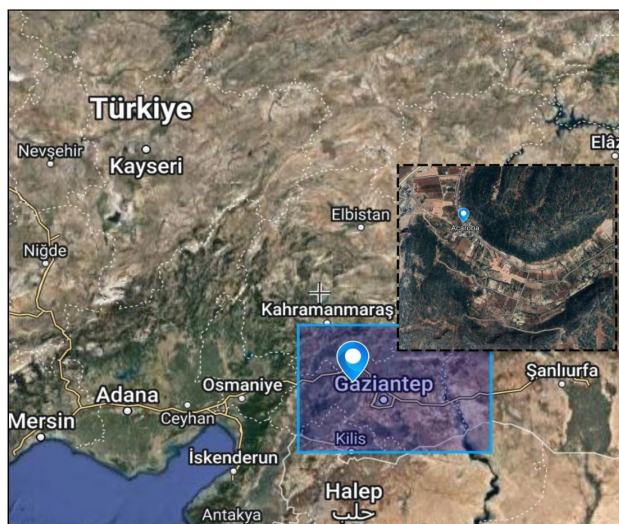


Figure 1. Acaroba village, Gaziantep, Turkey. The map was illustrated using the free version of Scribblemaps.

### Extraction

Extraction was performed using a modified method suggested by Bushra et al. [8]. The fresh, freeze-dried, and oven-dried samples (1 g) were extracted using 30 mL methanol: water (80:20) for 90 min at 25°C in a rotary incubator (New Brunswick Scientific, Nova 40, Edison, NJ, USA). The residues were centrifuged by a centrifuge (Eppendorf, 5810 R, Vienna, Austria) for 10 min at 4°C and 6000 rpm. The supernatants were utilized in the further experiments.

### Total Phenolic Compounds (TPC)

Folin-Ciocalteu colorimetric method was modified to quantify total phenolic compounds [9]. 200 µL extract solution and 1 mL Folin Ciocalteu's reagent were combined in a test tube. The solution was vortexed with 0.8 mL of 7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> after 3 min. Then, the vortexed mixture was kept under darkness for 30 min. The absorbance of extracts was measured at 765 nm using UV/Vis spectrophotometer (Lambda 25, PerkinElmer, Connecticut, USA). A calibration curve was plotted using different concentrations of gallic acid (12.5-400 mg/mL). The concentration of total phenolic compounds was indicated as milligrams of gallic acid equivalent per hundred grams of dried weight (mg GAE/100 g DW).

### Antioxidant Activity

The antioxidant activity of the fruits was determined using DPPH based on a method suggested by Roesler et al. [10]. Each aliquot (0.5 mL) of extract solution was prepared in methanol at different concentrations mixed with 3.5 mL of 0.2 mM DPPH methanolic solution. The tubes were firmly shaken and left for 30 min at 25°C in the dark. UV/Vis spectrophotometer (Lambda 25, Perkin Elmer, Connecticut, USA) measured sample absorbance at 517 nm. A control measurement was done with methanol. For each different concentration, the percent reduction in absorbance was noted. The percent quenching of DPPH was then determined from

the percent reduction in absorbance of the radical. In order to determine radical scavenging, we used the following formula and reported it as a percentage called the inhibitory percentage:

$$\text{Inhibition (\%)} = \frac{A_c - A_s}{A_c} \cdot 100 \quad (1)$$

where  $A_c$  and  $A_s$  are the absorbances at 517 nm of the control and sample, respectively. The sample concentration required to scavenge 50% of DPPH radicals, IC<sub>50</sub> (half-maximal inhibitory concentration), was used to demonstrate DPPH radical-scavenging activity. This was found by doing a linear regression analysis between the extract's concentration and the inhibition percentage. The IC<sub>50</sub> values are given as the concentration of the extract, which is evaluated in µg/mL of dried extracts necessary to reduce the initial concentration of DPPH by 50%.

### Total Flavonoid Content

The total flavonoid content was analyzed using the method Chang et al. reported [11] with some modifications. Each 2.0 mL diluted extract was added to 0.1 mL 10% (w/v) aluminum chloride and mixed. Then 0.1 mL of 0.1mM potassium acetate was added and diluted to 4 mL using water. The absorbance of each mixture was measured at 415 nm after being incubated at room temperature for 30 min, using a spectrophotometer Lambda 25 UV/Vis spectrophotometers (Perkin Elmer, Connecticut, USA). Varying quantities of quercetin ranging from 0.02 to 1 mg/mL were employed to make a calibration curve. The findings were expressed as the amount of quercetin present in one milligram for every one hundred grams of dried weight (mg quercetin/100 g DW).

### Color

Color measurements of about 25 g of crushed fruit samples were taken using a HunterLab ColorFlex (A60-1010-615 Model Colorimeter, HunterLab, Reston VA) in

accordance with the International Commission on Illumination (CIE) methodology. The measurements were obtained at three distinct time points from a transparent glass sample cup and subsequently averaged. The instrument was calibrated against black and white standard tiles ( $L^* = 93.41$ ,  $a^* = -1.12$ ,  $b^* = 1.07$ ).  $L^*$  = lightness,  $+a^*$  = redness,  $-a^*$  = greenness,  $+b^*$  = yellowness, and  $-b^*$  = blueness are the parameters measured. The following equation was used to calculate the total color differences ( $\Delta E$ ):

$$\Delta E = [(L_f^* - L_o^*)^2 + (a_f^* - a_o^*)^2 + (b_f^* - b_o^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

where the subindices o and f represent the values for the initial (fresh fruit) and final (dehydrated fruit) samples [12].

### Volatile Compositions by Gas Chromatography

Volatile compounds in fresh, freeze-dried, and oven-dried hawthorn fruit were analyzed using solid phase microextraction (SPME). SPME fiber was coated with 50/30  $\mu\text{m}$  Carboxen/ Divinylbenzene/ Polydimethylsiloxane (CAR/DVB/PDMS). The fibers were inserted into the headspace of a 20 mL vial that contained 3 grams of the sample and 5  $\mu\text{L}$  of the internal standard (4-nonanol in EtOH, 8.3 g 100 mL<sup>-1</sup>). Supelco (Bellefonte, Pennsylvania, United States) supplied the fiber, which was conditioned in accordance with the manufacturer's specifications by remaining in the GC injector. The SPME working settings included an extraction temperature of 60°C for 15 min, a rotational speed of 250 rpm, an agitation period of 1 s, and a desorption temperature of 250°C for 5 min. Analyses were carried out on an Agilent 7890B gas chromatograph that was outfitted with an Agilent 7010B network mass selective detector (EI) (electron energy = 70eV). The mass range that was analyzed was 20-550 amu. A DB-Wax column with dimensions of 60 m x 0.25 mm and a thickness of 0.25  $\mu\text{m}$  was used by J&W Scientific of Folsom, California, in order to separate volatile compounds. The following working conditions were established: the injector and FID temperatures were set to 270 and 280°C, respectively. High-purity helium (99.999%) was employed as the carrier gas during the splitless injection mode that lasted for 0.5 min. Carrier gas (He) flow was maintained at 1.5 mL min<sup>-1</sup>, and the column oven temperature was maintained at 50°C for 5 min before being elevated to 200°C at a rate of 5°C min<sup>-1</sup> and then held for 5 min. The temperature at the MS interface was 250 °C, whereas the ion source temperature was 180°C. The mass spectra were obtained by scanning rapidly at 2.0 scans s<sup>-1</sup> in the electron ionization (EI) mode with an energy setting of 70 eV. The 30–300 m/z range was covered. The mass spectra of the compounds were compared to those in the Wiley 9, National Institute of Standards and Technology (NIST) 14, and an in-house library of alkane standards to determine which compounds they were. The amounts of volatile compounds were then determined using the internal standard method with 4-nonanol (43.3 g/kg). The area of the peak ratio was

corrected using response factors for each component, which were calculated using the intensity ratio of each compound to 4-nonanol [13-14].

### Scanning Electron Microscopy

The structural and morphological properties of oven- and freeze-dried fruit were examined using SEM (Quanta Field Emission 650, FEI, USA). Prior to SEM analysis, the freeze- and oven-dried hawthorn fruit (100 g) were processed into powder using stainless steel electronic grinder. Samples were fixed and coated with gold using a coater (Q150R Plus Sputter Coater Combined System, Quorum Technologies, UK). The surface morphology images were photographed in a high vacuum at 15 kV and 300X, 1000X and 5000X magnification [15].

### Statistical Analysis

SPSS 22.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used to conduct all of the statistical analyses, and Duncan's Multiple Range Test was employed as the post-hoc test. The results of the data analysis were reported as the mean value standard deviation of three independent determinations. A significant difference was determined to exist when the p-value was less than 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ).

## RESULTS and DISCUSSION

### Color

The effects of drying methods on the color values of dried hawthorn fruits compared to fresh ones are given in Table 1. The fresh hawthorn's  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values were 71.72, 11.46, and 47.36, respectively. The drying processes considerably impacted the color parameters of the samples. The decrease of the  $L^*$  value in oven drying led to dried fruits having a dark color compared to fresh samples (Figure 2). The unavoidable Maillard and non-enzymatic browning events during drying procedures can explain the decrease in  $L^*$  value of dried samples [16].

Meanwhile, freeze-dried samples presented significantly higher  $L^*$  values than those obtained from oven-dried and fresh samples ( $p < 0.05$ ). This was attributed to the freeze-dried sample's shallow moisture content and well-preserved porosity, which caused greater light scattering [17]. When looking at the fresh sample, freeze and oven-dried samples had lower  $a^*$  and  $b^*$  values. The decrease in  $b^*$  showed the loss of yellowness in fruit. Deterioration of color pigments was typically reflected in a reduction in  $a^*$  and  $b^*$  values [5]. The freeze-dried samples exhibited higher total color changes ( $\Delta E$ ) compared to the oven-dried samples, mostly attributed to the significantly elevated  $L^*$  value observed in the freeze-dried sample. Baeghbali et al. [18] observed similar result for freeze- dried okra slices as compared to oven-dried samples.

Table 1. Bioactive and color properties of fresh and dried hawthorns

Properties	Samples <sup>1</sup>		
	FH <sup>2</sup>	FDH	ODH
Color			
L*	71.72±0.06 <sup>b</sup>	85.97±1.10 <sup>a</sup>	63.03±0.10 <sup>c</sup>
a*	11.46±0.02 <sup>c</sup>	2.46±0.29 <sup>a</sup>	8.35±0.47 <sup>b</sup>
b*	47.36±0.04 <sup>c</sup>	23.00±0.27 <sup>a</sup>	33.01±0.27 <sup>b</sup>
ΔE	-	29.62±0.18 <sup>a</sup>	17.06±0.24 <sup>b</sup>
TPC (mg gallic acid/100 g DW)	950.02±28.03 <sup>a</sup>	1173.92±25.23 <sup>b</sup>	992.85±32.52 <sup>a</sup>
TFC (mg quercetin eq/100 g DW)	330.36±0.57 <sup>a</sup>	332.04±0.85 <sup>b</sup>	331.95±0.57 <sup>c</sup>
TFC/TPC ratio	0.34	0.28	0.33
IC <sub>50</sub> (µg/mL)	530.01±2.88	480.01±5.57	500.12±51.30

<sup>1</sup>FH: Fresh hawthorn, FDH: Freeze-dried hawthorn, ODH: Oven-dried hawthorn. <sup>2</sup>Different letters in the same row indicate significant differences ( $p < 0.05$ ). Data are presented as means ±SD (Standard deviation) (n=3).



Figure 2. Photograph of hawthorn fruits; fresh (A), freeze-dried (B), oven-dried (C)

### Total Phenolic Content

The effects of freeze- and oven-drying on total phenolic content were investigated and compared to fresh samples. According to the TPC results gained from the spectrophotometric method, freeze-dried hawthorn fruit exhibited a higher concentration of total phenolics (1173.2 g GA/ 100 g DW) than oven-dried fruit (992.85 g GA/ 100 g DW) and fresh fruit (950.02 g GA/ 100 g DW) ( $p < 0.05$ ). Similarly, Asami et al. [19], Chan et al. [20] and Garcia et al. [21] found that phenolic content was lost less in the freeze-drying process than in the oven-drying process. Asami et al. [19] explained the reason for higher TPC content in the freeze-dried sample compared to fresh and oven-dried samples as the high extraction efficiency because ice crystals formed within the plant matrix can rupture cell structure, allowing cellular components to exit and solvent access, resulting in better extraction. The TPC of oven-dried showed a higher TPC than that of the fresh sample, but this result was statistically non-significant ( $p > 0.05$ ). The reason may be explained by the phenomenon that exposure to high temperatures might cause the development of new phenolic compounds (low molecular weight) [22]. Hawthorn fruits exhibited considerably higher TPC compared to the reported TPC of fruits such as apples, strawberries, mulberry, apricot, and plum, which were also extracted using a methanol: water (80:20) solvent mixture as in our study [8].

### Total Flavonoid Content

The total flavonoid contents (TFC) of fresh and dried fruit samples are given in Table 1. Similar to the TPC

results, freeze-dried fruit had the highest TFC (332.04 mg QE/ 100 g DW), followed by oven-dried (331.95 mg QE/ 100 g DW) and fresh fruit (330.36 mg QE/ 100 g DW). It is clear from the data that there was a significant response regarding the flavonoid content in relation to the drying method. The samples that were dried in an oven with hot air showed a lower TFC than freeze-dried samples. According to Hirsch et al. [23], the loss of flavonoid content is caused by the activation of oxidative enzymes such as polyphenol oxidase during the hot air oven drying process. The polyphenol oxidase enzyme's activity was reduced during the freeze-drying process since it was carried out at a lower temperature [24].

The flavonoid-phenolic ratio showed that flavonoids comprise a high proportion of the phenolics. These results showed the importance of flavonoids in the total phenolic content of hawthorn fruits. Similarly, high flavonoid/phenolic ratios were noticed for different fruits such as berries, grapes, and pears in literature [25].

### Antioxidant Activity

DPPH technique was applied to compare the antioxidant activity of hawthorn fruit extracts dried by different methods. Comparisons in antioxidant assays were done using IC<sub>50</sub> values, which are the concentrations of sample extract required to prevent 50% of DPPH scavenging. As a result, a lower IC<sub>50</sub> value indicates that the samples have higher radical scavenging activity [26]. As shown in Table 1, freeze-dried samples recorded the lowest IC<sub>50</sub> value (480 µg/mL) with a significant difference compared with the fresh sample (530 µg/mL), and oven-dried sample (500 µg/mL) ( $p < 0.05$ ). Thus,

freeze-dried samples showed the highest antioxidant capacity due to their ability to scavenge 50% free radical activity at the lowest concentration. Samples that were dried in an oven had the second-highest antioxidant capacity. Therefore, freeze-drying favors the antioxidant activity of hawthorn fruits, suggesting its prospective application as a drying technique.

### Volatile Composition

The major volatile components of fresh, freeze-dried, and oven-dried hawthorn fruits were given in Table 2. All samples' dominant volatile group was esters, followed by alcohols, aldehydes, and terpenes. Table 2 showed (E)-2-hexenal, ethyl hexanoate, hexyl acetate, cis-3-hexenyl acetate, (Z)-2-hexenyl acetate, 1-hexanol, cis-2-hexenol, hexyl butyrate, trans-2-hexenyl butyrate, and hexyl hexanoate were the most abundant volatiles in fresh hawthorn fruit. Hexyl acetate had the highest amount of these compounds, measuring 999.25 µg/kg. Similarly, Horvat et al. [27] reported that hexanal, butyl acetate, (E)-2-hexenal, butyl butyrate, linalool, butyl hexanoate, methyl octanoate, pentyl hexanoate, and hexyl hexanoate were nine major components in raw hawthorn fruit.

When compared to fresh hawthorn fruit, both drying processes caused alterations in the volatile profile and amount. In the case of freeze-dried hawthorn fruit, the main volatile compounds detected were butyl acetate, ethyl hexanoate, hexyl acetate, cis-3-hexenyl acetate, (z)-2-hexenyl acetate, 1-hexanol, hexyl butyrate, hexyl hexanoate, d-limonene, and styrene (ethenyl benzene) (Table 2). Results showed an increase in esters like butyl acetate, hexyl butyrate, hexyl hexanoate, and d-limonene and the formation of styrene (ethenyl benzene) in the freeze-dried fruit.

The major volatile compounds in the oven-dried hawthorn fruit include butyl acetate, hexyl acetate, 1-hexanol, hexyl butyrate, d-limonene, styrene (ethenyl benzene), dodecane, furfural/3-furaldehyde, and dihydro-3-methylene-5-methyl-2-furanone. For the oven-

dried fruits, a loss of compounds such as (e)-2-hexenal, ethyl hexanoate, cis-3-hexenyl acetate, (z)-2-hexenyl acetate, trans-2-hexenyl butyrate, hexyl hexanoate was observed. The formation of dodecane, furfural/3-furaldehyde, dihydro-3-methylene-5-methyl-2-furanone, and the increase of d-limonene and styrene (ethenyl benzene) was also observed. Furfural obtained only in oven-drying is one of the main byproducts of ascorbic acid, and it is partially responsible for why fruit turns brown [28].

### Microstructure

The information on microstructure changes is critical for better process control and appearance improvement. Microstructure analysis of the dried fruit surface was performed to investigate the effects of the drying method on the microstructure changes of the samples. Figure 3 shows the morphology and structure of oven-dried and freeze-dried hawthorn samples as observed under a scanning electron microscope at different magnifications. The particles of oven-dried and freeze-dried fruits significantly differed in structure, reflecting the SEM results. Freeze-dried fruits developed a porous or honeycomb-like structure. The microstructure of freeze-dried fruits were relatively homogenous, clear and more uniform (Figure 3A-C) The oven-dried samples had unevenly broken pieces or flake-like structure (Figure 3D-F). The oven-dried sample shrank more than the freeze-dried sample due to the excessive microstructural stress generated by high moisture gradients inside the product.

The porous structure is caused by ice sublimation in the freeze-dried fruits, and voids are likely formed due to the sublimation process [29]. Higher porosity in food, on the other hand, means that it has more surface area. Thus, it has a shorter shelf life because the surface is exposed and a higher rehydration ratio since it has more open pores that act as capillaries to take in water [30]. Therefore, it is vital to regulate the drying process to produce the desired porosity and meet the intended objectives.

Table 2. The composition of major volatile compound in fruits of hawthorn for different drying techniques

Compound	Chemical Family	Concentration (µg/kg)*		
		FH <sup>1</sup>	FDH	ODH
Butyl Acetate	Ester	119.37±2.2 <sup>a</sup>	345.60±5.5 <sup>b</sup>	77.77±0.8 <sup>b</sup>
Ethyl Hexanoate	Ester	183.37±1.1 <sup>a</sup>	55.16±0.3 <sup>b</sup>	nd
Hexyl Acetate	Ester	999.25±28 <sup>a</sup>	599.52±10.8 <sup>b</sup>	57.79±0.1 <sup>c</sup>
Cis-3-Hexenyl Acetate	Ester	583.07±14 <sup>a</sup>	202.10±2.8 <sup>b</sup>	nd
(Z)-2-Hexenyl Acetate	Ester	408.54±6.8 <sup>a</sup>	55.07±0.3 <sup>b</sup>	nd
Hexyl Butyrate	Ester	246.72±3.8 <sup>a</sup>	358.86±5.7 <sup>b</sup>	16.71±0.1 <sup>c</sup>
Trans-2-Hexenyl Butyrate	Ester	85.08±1.2	nd	nd
Hexyl Hexanoate	Ester	153.91±2.3 <sup>a</sup>	166.36±1.6 <sup>b</sup>	nd
1-Hexanol	Alcohol	159.80±2.5 <sup>a</sup>	119.80±1.9 <sup>b</sup>	47.26±0.2 <sup>c</sup>
Cis-2-Hexenol	Alcohol	104.97±1.5	nd	nd
(E)-2-Hexenal	Aldehyde	103.55±5.0	nd	nd
Furfural/3-Furaldehyde	Aldehyde	nd <sup>2</sup>	nd	465.36±10
Styrene (Ethenyl Benzene)	Hydrocarbon	nd	156.31±2.2 <sup>a</sup>	522.98±6.5 <sup>b</sup>
Dodecane	Hydrocarbon	nd	nd	117.17±0.7
D-Limonene	Terpene	16.56±0.1 <sup>a</sup>	61.91±0.1 <sup>b</sup>	443.84±5.2 <sup>c</sup>
Dihydro-3-Methylene-5-Methyl-2-Furanone	Furan	nd	nd	81.02±3.2

\*Different letters in the same row indicate significant differences ( $p < 0.05$ ). Data are presented as means ±SD (Standard deviation) (n=3). <sup>1</sup>FH: Fresh Hawthorn, FDH: Freeze-dried hawthorn, ODH: Oven-dried hawthorn, <sup>2</sup>not detected

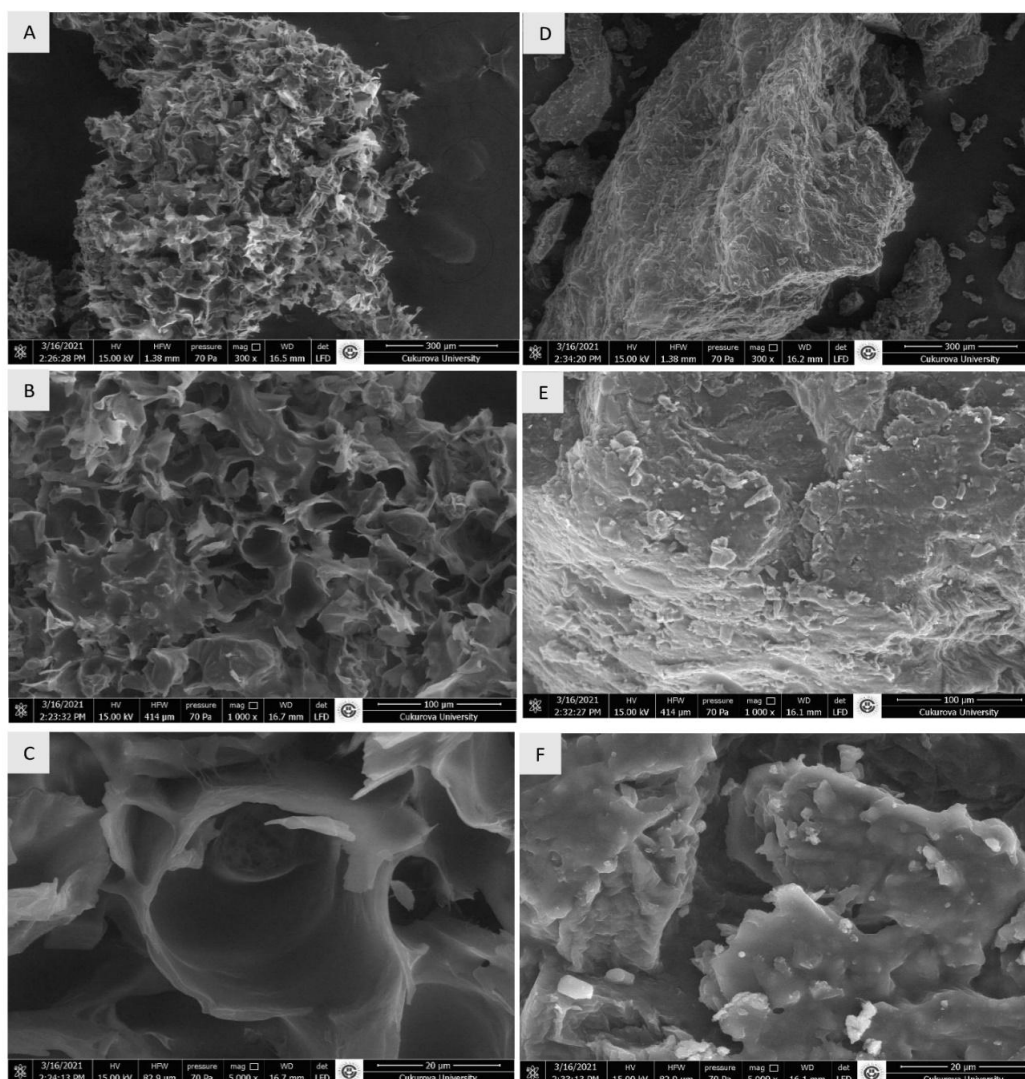


Figure 3. Scanning electron microscope images of freeze-dried hawthorn fruits (A) 300 X magnification (B) 1000 X and (C) 5000 X magnification and oven-dried hawthorn fruits (D) 300 X magnification (E) 1000 X and (F) 5000 X magnification

## CONCLUSION

Various drying techniques exist within the food industry. Drying techniques using heat are undesirable due to the detrimental impact on the bioactive characteristics of the dried sample. In this study, freeze-drying was superior to oven-drying, being rich in total phenolics and flavonoids and having a high antioxidant capacity. Freeze-drying preserved the hawthorn color with the highest  $L^*$  value and the lowest  $a^*$  and  $b^*$  values. Esters and aldehydes were the most common group of compounds susceptible to giving flavor. Freeze-dried samples had more volatile compounds than those that were oven-dried. As a result, freeze-drying can be a promising option for drying hawthorn to retain the maximum quantity of naturally existing bioactive components, antioxidant activity, volatiles, and color. The results of this study hold significant practical significance for various industries, including those associated with food production, pharmaceuticals, traditional medicine, and agriculture. The results provided that freeze-drying was the most effective

drying technique for hawthorn fruit to preserve its bioactive characteristics, color, and flavor, enhancing its value for producers and consumers across several industries.

## REFERENCES

- [1] Ağlar, E., Sümbül, A., Karakaya, O., Ozturk, B. (2020). Determination of the quality characteristics of naturally growing hawthorn in Suşehri. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 19(1), 61-70.
- [2] Popović-Djordjević, J.B., Fotirić Akšić, M., Katanić Stanković, J.S., Pantelić, N.Đ., Mihailović, V. (2022). Wild-Growing Species in the Service of Medicine: Environmental Challenges and Sustainable Production. In: *Environmental Challenges and Medicinal Plants. Environmental Challenges and Solutions*, Edited by Aftab, T. Springer, Cham. Switzerland AG, p.49.
- [3] Jurikova, T., Sochor, J., Rop, O., Mlcek, J., Balla, S., Szekeres, L., Adam, V., Kizek, R. (2012).



- Polyphenolic profile and biological activity of Chinese hawthorn (*Crataegus pinnatifida* bunge) fruits. *Molecules*, 17(12), 14490-14509.
- [4] Rüzgar, H., Yazıcı, Ş. Alıç meyvesinden sanayiye uygun alıç püresi üretimi. *Gıda*, 47(3), 447-456.
- [5] Aral, S. Beşe, A.V. (2016). Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): Effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. *Food Chemistry*, 210, 577-584.
- [6] Gümüşay, Ö.A., Yalçın, M.Y. (2019). Effects of freeze-drying process on antioxidant and some physical properties of cherry laurel and kiwi fruits. *Akademik Gıda*, 17(1), 9-15.
- [7] Unal, H.G. Sacilik, K. (2011). Drying characteristics of hawthorn fruits in a convective hot-air dryer. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(2), 272-279.
- [8] Bushra, S., Farooq, A., Muhammad, A., Nazamid, S. (2012). Effect of drying techniques on the total phenolic contents and antioxidant activity of selected fruits. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(1), 161-167.
- [9] Keskin Çavdar, H., Yıldırım, Z.İ., Fadiloğlu, S. (2021). Evaluation of the effect of geographical origin and extraction solvents on bioactive and antioxidative properties of *Inula viscosa* L. grown in Turkey by chemometric approach. *European Food Research and Technology*, 1-9.
- [10] Roesler, R., Malta, L.G., Carrasco, L.C., Pastore, G. (2006). Evaluation of the antioxidant properties of the Brazilian cerrado fruit *Annona crassiflora* (araticum). *Journal of Food Science*, 71(2), C102-C107.
- [11] Bhardwaj, R., Pareek, S., Domínguez-Avila, J.A., Gonzalez-Aguilar, G.A., Valero, D., Serrano, M. (2022). An exogenous pre-storage melatonin alleviates chilling injury in some mango fruit cultivars, by acting on the enzymatic and non-enzymatic antioxidant system. *Antioxidants*, 11(2), 384.
- [12] Salazar, N.A., Alvarez, C., Orrego, C. E. (2018). Optimization of freezing parameters for freeze-drying mango (*Mangifera indica* L.) slices. *Drying Technology*, 36(2), 192-204.
- [13] Dursun, A., Çalışkan, O., Güler, Z., Bayazit, S., Türkmen, D., Gündüz, K. (2021). Effect of harvest maturity on volatile compounds profiling and eating quality of hawthorn (*Crataegus azarolus* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 288, 110398.
- [14] Zhao, Y., Wang, Y., Wang, J., Wu, Z., Sun, Z., Tian, T., Niu, H., Jing, L., Fang, Z., Yang, J. *Characterization of volatile constituents of Chinese hawthorn (Crataegus spp.) fruit juices*. in *Advances in Applied Biotechnology: Proceedings of the 2nd International Conference on Applied Biotechnology (ICAB 2014)-Volume II*. 2015. Springer.
- [15] Feng, S., Bi, J., Yi, J., Li, X., Li, J., Ma, Y. (2022). Cell wall polysaccharides and mono-/disaccharides as chemical determinants for the texture and hygroscopicity of freeze-dried fruit and vegetable cubes. *Food Chemistry*, 395, 133574.
- [16] İzli, N., Yıldız, G., Ünal, H., Işık, E., Uylaşer, V. (2014). Effect of different drying methods on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 49(1), 9-17.
- [17] Puente, L., Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K.S., Rodríguez, A., Pasten, A., Poblete, J., Pardo-Orellana, C., Muñoz, M. (2020). Refractance window drying of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) pulp: A comparison of quality characteristics with respect to other drying techniques. *LWT- Food Science and Technology*, 131, 109772.
- [18] Baeghbali, V., Ngadi, M., Niakousari, M. (2020). Effects of ultrasound and infrared assisted conductive hydro-drying, freeze-drying and oven drying on physicochemical properties of okra slices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 63, 102313.
- [19] Asami, D.K., Hong, Y.-J., Barrett, D.M., Mitchell, A.E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(5), 1237-1241.
- [20] Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K., Tan, S., Lianto, F., Yong, M. (2009). Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry*, 113(1), 166-172.
- [21] Garcia, L.M., Ceccanti, C., Negro, C., De Bellis, L., Incrocci, L., Pardossi, A., Guidi, L. (2021). Effect of drying methods on phenolic compounds and antioxidant activity of *Urtica dioica* L. Leaves. *Horticulturae*, 7(1), 10.
- [22] Abd Rahman, N.F., Shamsudin, R., Ismail, A., Shah, N.N.A.K., Varith, J. (2018). Effects of drying methods on total phenolic contents and antioxidant capacity of the pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) peels. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 50, 217-225.
- [23] Hirsch, A.R., Förch, K., Neidhart, S., Wolf, G., Carle, R. (2008). Effects of thermal treatments and storage on pectin methylesterase and peroxidase activity in freshly squeezed orange juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5691-5699.
- [24] Kumar, D., Ladaniya, M., Gurjar, M., Kumar, S. (2022). Impact of drying methods on natural antioxidants, phenols and flavanones of immature dropped *Citrus sinensis* L. Osbeck fruits. *Scientific Reports*, 12(1), 1-12.
- [25] Ribarova, F., Atanassova, M., Marinova, D., Ribarova, F., Atanassova, M. (2005). Total phenolics and flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40, 255-260.
- [26] Shekhar, T.C., Anju, G. (2014). Antioxidant activity by DPPH radical scavenging method of *Ageratum conyzoides* Linn. leaves. *American Journal of Ethnomedicine*, 1(4), 244-249.
- [27] Horvat, R., Chapman Jr, G., Payne, J. (1991). Identification of volatile compounds from ripe

- mayhaw fruit (*Crataegus opaca*, *C. aestivalis*, and *C. rufula*). *Journal of Food Quality*, 14(4), 307-312.
- [28] Nunes, J.C., Lago, M.G., Castelo-Branco, V.N., Oliveira, F.R., Torres, A.G., Perrone, D., Monteiro, M. (2016). Effect of drying method on volatile compounds, phenolic profile and antioxidant capacity of guava powders. *Food Chemistry*, 197, 881-890.
- [29] Elavarasan, K. Shamasundar, B.A. (2016). Effect of oven drying and freeze drying on the antioxidant and functional properties of protein hydrolysates derived from freshwater fish (*Cirrhinus mrigala*) using papain enzyme. *Journal of Food Science and Technology*, 53(2), 1303-1311.
- [30] Alirezalu, A., Ahmadi, N., Salehi, P., Sonboli, A., Alirezalu, K., Mousavi Khaneghah, A., Barba, F.J., Munezata, P.E., Lorenzo, J.M. (2020). Physicochemical characterization, antioxidant activity, and phenolic compounds of hawthorn (*Crataegus spp.*) fruits species for potential use in food applications. *Foods*, 9(4), 436.
-

## Effect of Microfiltration, Storage Time and Temperature on Properties of Shalgam Juices

Hasan Tanguler<sup>1</sup> , Huseyin Erten<sup>2</sup> <sup>1</sup>Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Nigde Omer Halisdemir University, Nigde, Turkey<sup>2</sup>Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Cukurova University, Adana, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 12.01.2023, Accepted (Kabul Tarihi): 19.10.2023

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): htanguler@ohu.edu.tr (H. Tanguler)

☎ +90 388 225 2478 📠 +90 388 225 0112

### ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of microfiltration, storage temperature and time on some quality characteristics of shalgam juices. Shalgam juice samples produced by fermentation with *Lactiplantibacillus plantarum* were filtered through a 0.45µm diameter filter and stored at 4°C and 20°C temperatures for six months. Significant decreases in the microbial population of beverages were found by microfiltration, and logarithmic reductions were between 3.60 and 4.96 log cfu/mL in shalgam samples. It was found that microfiltration could be used in the production of shalgam juice to reduce the population of microorganisms before storage, and microbial growth could be inhibited by storing micro-filtered juices at 4°C during storage. During storage at 4°C, micro-filtered shalgam juices were preferred over other shalgam samples. Sensory properties of shalgam juices stored at 4°C were preserved better than those of shalgam samples stored at 20°C. Results indicated that microfiltration treatment and/or cold-storage at 4°C could increase the shelf-life and improve sensory properties of shalgam juices, and this combination of treatments could be recommended as an alternative to thermal pasteurization, which might be unfavoured by many consumers.

**Keywords:** Consumer preference, *Lactiplantibacillus plantarum*, Logarithmic reduction value, Microfiltration, Shalgam (shalgam) juice, Storage temperature

### Şalgam Sularının Özellikleri Üzerine Mikrofiltrasyon ile Depolama Sıcaklık ve Süresinin Etkisi

#### ÖZ

Bu çalışmada mikrofiltrasyon, depolama sıcaklık ve süresinin şalgam suyu kalitesi üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. *Lactiplantibacillus plantarum* fermantasyonu ile üretilen şalgam suyu, 0.45µm gözenek çaplı filtreden süzölmüş ve hem 4°C hem de 20°C'de altı ay süreyle depolanmıştır. Mikrofiltrasyon işlemi ile mikroorganizma sayılarında önemli azalmalar meydana gelmiş ve logaritmik azalma değerleri 3.60-4.96 kob/mL arasında belirlenmiştir. Bu nedenle, şalgam suyu üretiminde mikrofiltrasyon, depolamadan önce ve depolama sırasında mikroorganizma popülasyonunu azaltmak için kullanılabilir ve ürünler 4°C'de tutularak mikrobiyal büyüme yavaşlatılabilir. Uzayan depolama süresine bağlı olarak, panelistler mikrofiltrasyon işlemi uygulanmış ve 4°C'de depolanmış şalgam sularını diğer örneklerle tercih etmişlerdir. Ayrıca, 4°C'de saklanan numunelerin duyusal özellikleri, 20°C'de saklanan numunelere kıyasla korunmuştur. Mevcut çalışmaya göre şalgamların raf ömrünü uzatmak ve duyusal özelliklerini daha iyi hale getirmek için mikrofiltrasyon işlemi ve/veya 4°C'de depolama, birçok tüketici tarafından tercih edilmeyen termal pastörizasyona alternatif bir işlem olarak önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Tüketici tercihi, *Lactiplantibacillus plantarum*, Logaritmik azalma değeri, Mikrofiltrasyon, Şalgam suyu, Depolama sıcaklığı

## INTRODUCTION

Shalgam juice is an important commercial product produced by lactic acid fermentation on the raw materials consisting of bulgur flour which is also called setik, sourdough/baker's yeast, unrefined rock salt, the root of turnip (*Brassica rapa* L.), drinkable water and mainly black carrot [1]. There is no industrial-level starter use. However, producers can also resort to using starter cultures, especially autochthonous *Lactiplantibacillus* (*Lpb.*) *plantarum* (Formerly *Lactobacillus plantarum*) [2, 3].

The quality of shalgam juice is not stable during storage and it undergoes microbiological deterioration [1, 4]. The most important factors affecting microbial growth, especially during lacto-fermentation or storage, are mainly oxygen, temperature, fermentable sugar level, buffer capacity, pH, acidity, natural inhibitory compounds and the amount of lactic acid produced [5]. Even during cold storage, it has a shelf life of up to three months depending on storage conditions. Wild yeasts easily can develop on the surface and can deteriorate the physicochemical properties of the shalgam juice, they can reduce acidity and produce off-flavour. For this reason, it is important to inactivate and/or reduce microorganisms to preserve the shalgam juice for a longer period. Although the shelf life can be increased by heat treatment, this process can lead to a cooked carrot flavour in the product. This situation adversely affects the sensory properties of the product and cannot be accepted by consumers. Using chemical additives can increase the shelf life too but the used amount is too high and restricted legally. However, only benzoic acid is allowed and the maximum amount to be added to the shalgam juice is 200 mg/L [1, 4]. The industrial producers have been searching to satisfy the preferences of the customer on this product (essentially, good quality, healthy and safe) by creating new techniques able to overcome the limitations of the presented preservation techniques. In this regard, microfiltration (MF), as a non-thermal process seems to be a very suitable preservation method [6].

MF is used for different purposes (clarification, stabilization and cold sterilization) in a wide variety of industries such as the food and beverage industry (apple, pear, grape, orange, lemon juice, beer, wine and dairy industry), biotechnology, and biochemistry and biomedicine industries. Particulate matters including microorganism cells in many fermented liquids or beverages could be removed by MF using filters of with a diameter of 0.1-10  $\mu\text{m}$  [7, 8].

As far as it is known, there is no research regarding the effect of the filtration processes of shalgam juice and their storage at different temperatures. In addition, only a few studies investigated the use of starter culture in the production of shalgam juice. However, no study has been found on shalgam juice that has been microfiltered, or even related to its storage for a long time. Regarding quality, temperature is an important parameter during the storage of food and beverages. Shalgam juice is generally stored at ambient

temperatures in plants or packaged in supermarkets and sometimes at 4°C with a lesser extent. For this reason, both temperatures (ambient and 4°C) were chosen for storage in the present study. Therefore present study aimed to investigate the effect of (i) microfiltration, (ii) storage temperatures (4 and 20°C) and (iii) storage time (2, 4 and 6 months) on the microbiological, chemical and sensory quality of shalgam juice.

## MATERIALS and METHODS

Autochthonous *Lpb. plantarum* used as a starter culture was isolated from the extract in shalgam juice production in the Cukurova University, Laboratory of Biotechnology.

### Preparation of Pasteurized Black Carrot Juice and Proliferation of Culture

Autochthonous *Lpb. plantarum* was proliferated in pasteurized carrot juice. To obtain pasteurized carrot juice, freshly obtained carrots were selected, sorted and washed, then it was cut into small pieces and the juice was extracted with a juice extractor (F172 Felix Juicy, Kocaeli, Türkiye). The resulting juice was pasteurized at 85°C for five minutes to inactivate microorganisms and the pasteurized juice was cooled to 25°C. For inoculum preparation, two colonies of *Lpb. plantarum* was inoculated into sterile conical flasks containing carrot juice and 1.2% sterilized salt and it was incubated for 48 h at 25°C in an orbital shaker with a speed of 160 rev/min.

### Production of Shalgam Juice

The mixture of bulgur flour (30 g/L), rock salt (2 g/L), sourdough (2 g/L) and water was kneaded and fermented. Fermentation was carried out at 25°C for 3 days. Then, the dough was diluted 3-4 times with water and a diluted sample was used for carrot fermentation. Carrot fermentation was done by using sorted and chopped black carrot (150 g/L), rock salt (10 g/L) and sliced turnip (10 g/L) in a 10 L closed tank. The tank was filled with water. In addition, autochthonous starter culture prepared as described above, *Lpb. plantarum* (5%), was added to the tank [1] and all fermentations were performed in duplicate at 25°C.

### Microfiltration

After fermentation, all shalgam juices were clarified, then combined in a 50 liter drum and divided into two parts. One part was filtered; the other part was not filtered and used as a control. The unfiltered samples were transferred to 200 mL of closed polyethylene terephthalate plastic bottles. Filters are autoclave sterilized in aluminum foil. Samples were first passed through a coarse filter. Later on, they were passed through a 1.2  $\mu\text{m}$  filter (Whatman grade, GF/C) and a 0.7  $\mu\text{m}$  filter (Whatman grade, GF/F). At last, MF was performed with a 0.45  $\mu\text{m}$  diameter filter (Millipore Hydrophilic HVLP) with the aid of the vacuum pump. Filtration processes were done at a room temperature of about 22±2°C.

## Storage Conditions

At the end of the filtration process, filtered and unfiltered samples were transferred to 200 mL of closed plastic bottles. Before storage, filtered SJ samples were divided into two parts. One part was stored at  $4\pm 2^{\circ}\text{C}$  and the other one at  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ , and coded respectively as F-4 and F-20. In addition, unfiltered samples were also divided into two parts. Each sample was stored at  $4^{\circ}\text{C}$  (Un-4) and  $20^{\circ}\text{C}$  (Un-20). Chemical, microbiological and sensory evaluations were carried out during storage (0, 2, 4 and 6 months).

## Microbiological Analysis

Samples were taken from the middle of the sealed bottles. For the counts of LAB, MRS Agar supplemented with 50 mg/L cycloheximide was used. Each plate was incubated at  $30^{\circ}\text{C}$  for 3 days in jars anaerobically using Gas Packs (Anaerocult A, Merck AG, Darmstadt, Germany). Total aerobic mesophilic bacteria (TAMB) number was determined on PCA agar (Merck, 1.05463, Darmstadt, Germany) and yeast counts were determined on plate including PDA (Merck, 1.10130, Darmstadt, Germany) supplemented with 0.1 g/L oxytetracycline. Violet Red Bile Agar was used for counting coliform bacteria [9, 10].

## Measurement of Logarithmic Reduction Value

LAB, TAMB and yeast counts before and after the filtration were detected. The logarithmic reduction value (LRV) was determined according to the following equation [11].

$$\text{LRV} = \log_{10} \times \left[ \frac{\text{Feed sample concentration}}{\text{Filtered sample concentration}} \right]$$

## Chemical Analysis

Proximate compositions of samples, including pH, total solids, ash, and protein contents were measured according to the AOAC [12] methods. Titratable acidity was analysed by the method given by TS 11149 Shalgam Standard [13]. Total anthocyanin determination was performed according to the method reported by Toktas et al. [2]. Results presented in terms of cyanidin-3-glycoside.

## Sensory Analysis

The samples were assessed by 18 panellists aged 20 to 64 years. A Triangle test (Figure 1) was carried out to find if the filtered and unfiltered shalgam juices during storage time and temperature were significantly different and the significance of the test was given in the statistical table [14]. The panellists were selected from people who are experienced in sensory testing and were informed before the evaluation. The three samples were given to the panellists in each test. Two questions were asked of the panellists. First question; which of the three examples, two of which are the same, is different? Second question; which of these two different samples

did you prefer? Sensory tests, evaluators and environmental conditions were set to be the same and, were carried out in daylight, in a bright environment. For these reasons, since the evaluations of the same people were taken into account in the sensory tests performed at different storage times, the data of the panellists who could not perform some tests were not taken into account. The data of 13 panellists who performed all tests were taken into account. Panellists were given bran bread and water for taste neutralization after tasting each shalgam juice.

**TRIANGLE TEST**

Name Surname : ..... Date : .....

Two of these three examples are the same, one is different.

1. Identify the example that is different.  
Code:

2. Which sample did you prefer

Figure 1. Sensory evaluation form (triangle test) [14]

## Statistical Analysis

Shalgam juice production and analysis were carried out in parallel. The data obtained in the analyses were evaluated according to a one-way analysis of variance and the difference between the significant groups was subjected to Duncan's multiple comparison test. The SPSS 10.0 package program was used for this purpose.

## RESULTS and DISCUSSION

Due to limited knowledge of the effect of shalgam juice storage conditions (temperature and time) on microbial growth and composition, present research contributes significantly to the understanding of these processes.

### Logarithmic Reduction Value in Filtered Shalgam Juice

In this research, most of the microorganisms were physically removed by passing the samples through a filter and LRVs were determined. The cell concentration of each microbial group analysed was determined based on the colony-forming unit (cfu) on MRS, PCA and PDA agar. TAMB showed the highest value before filtration followed by yeast and LAB, whilst coliforms were not found in any sample. Because they are more sensitive to high acidity and low pH than LAB and TAMB. Interestingly, Kirlangic et al. [15] stated that the number of coliform counts in the samples at the beginning of storage was between 1.93-2.69 log cfu/mL and they could be isolated from the environment even at  $30^{\circ}\text{C}$  after 90 days of storage.

To create the desired microbial safety in fruit juices or fermented beverages, membrane filters with a 0.45  $\mu\text{m}$  diameter pore size are used [11]. LRV of LAB, TAMB and yeasts were determined as 3.60, 4.13 and 4.96, respectively. As a result, the LRVs of the

microorganisms exhibited a decrease of more than 1000 times with the filtration process. The highest LRV was found with yeast because yeast cell diameter is bigger than that of bacteria. Not only yeast but also LAB and TAMB counts were also reduced by MF. It is determined that the MF process was an important parameter for decreasing microbial load before storage. The findings in the present work follow a previous study by Asano et al. [11] who found between 2.39 and 6.17 in LRV for LAB using a 0.65  $\mu\text{m}$  pore-size membrane filter in beer. In addition, Purkayastha et al. [6], Hahn [16] and Renouf et al. [17] stated that MF through between 0.2-0.65  $\mu\text{m}$  pore-size membrane filters are generally used for the removal of various microbial groups from heat-susceptible juice but they were not enough to remove out the microorganisms from the products. The results of this study are in consistent with the results found in freshwater samples [16], in wine during storage [17] and in coconut water [6].

### Changes in Counts of Microorganisms During Storage of Shalgam Juice

While the LAB count was 5.68 log cfu/mL in unfiltered

samples at the beginning of storage, it was determined as 2.08 log cfu/mL in filtered shalgam juices (Figure 1). Interestingly, besides LAB, TAMB counts were determined to be  $>2$  log cfu/mL in filtered juices. This may be due to the presence of very small cells of bacteria. Asano et al. [11] stated that in brewery products the sterile filtration process has gained importance instead of pasteurization, especially due to consumer preferences. They reported that even if the pore size of the filter used for this purpose is at the recommended levels, there is a possible risk of penetration of some small LAB.

A higher storage temperature favoured microbial growth. LAB counts increased significantly at 4°C and 20°C in unfiltered samples, they reached 7.04 log cfu/mL (Un-4) at the beginning of the storage and they reached 7.60 (Un-20) log cfu/mL on month 6 (end-storage). Similarly, their counts in filtered samples increased to 3.0 (F-4) and 3.83 (F-20) log cfu/mL in month 4 and then decreased slightly to 2.91–3.42 log cfu/mL in month 6, respectively.

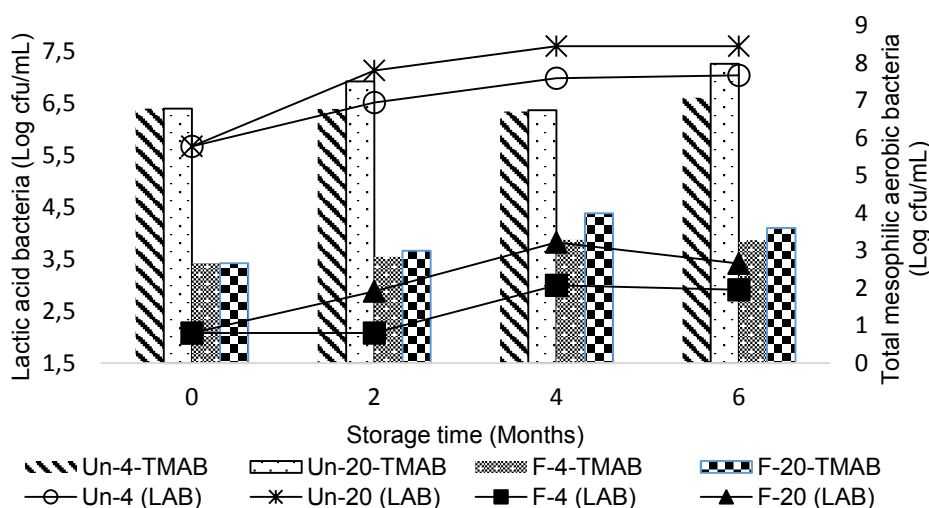


Figure 1. Population dynamics of LAB and TAMB in shalgam juices treated with MF and throughout storage at 4°C and 20°C

TAMB counts were found as 6.79 log cfu/mL in unfiltered samples. According to the Turkish Shalgam Standard, the number of TAMB in shalgam juice should be between 4.0 log cfu/mL and 5.0 log cfu/mL (TS 11149 Shalgam Standard 2003). Therefore, unfiltered samples do not comply with the standards. After MF, TAMB counts were significantly reduced to 2.66 log cfu/mL. During 6 months of storage, their counts increased, except for some minor exceptions. In unfiltered samples stored at 20°C, TAMB counts increased faster than those stored at 4°C, and their numbers increased from 6.79 to 7.98 log cfu/mL (Un-20) at the end of the observation period. It was determined as 7.08 log cfu/mL (Un-4) when stored at 4°C. Similarly, TAMB numbers in filtered samples increased more rapidly when stored at 20°C and decreased after maximum numbers were reached in the fourth month of

storage. It was determined as 3.27 (4°C) and 3.60 log cfu/mL (20°C) at the end of storage. As a result, the filtration process led to a decrease in the number of microorganisms. However, as the storage temperature increased, the microorganisms increased more rapidly. Moreover, generally, an increase in TAMB numbers was determined with six months of storage. The reason for the increase in LAB and TAMB numbers in filtered and unfiltered samples during storage can be expressed as the presence of fermentable sugars in carrots remaining at the end of fermentation [15]. At the end of the storage period, while the data obtained in unfiltered samples were higher than the values reported by Standard [13], they were below the permissible limits obtained in filtered samples.

While the total yeast count in unfiltered samples was 6.26 log cfu/mL, it was determined below 30 cfu/mL after filtration. The filtration process had a very important effect on the decrease in the number of total yeast. Yeast is the main spoilage factor in shalgam juice it is very important in terms of shortening the shelf life.

In the present study, we found that not only the MF process is an important parameter for the shelf life of shalgam juice but also storage temperature is important too. The effect of temperature on the growth of microorganisms was clear (Figure 1). This suggests that after MF and throughout storage, low-temperature storage at 4°C does not inhibit the growth of these microorganisms, but slows down their growth compared to storage at 20°C. Voon et al. [18] stated that rising temperatures resulted in an enhancement of the microbial growth rates but low-temperature storage (4°C) lowered the rate of growth of microorganisms in durian pulp during storage. Peñas et al. [19] stated that storage at refrigerated temperature resulted in an important increment of TAMB and LAB counts in raw cabbage and sauerkraut.

#### Chemical Composition of Shalgam Juices During Storage

In this study, shalgam juices were sampled on months 0 (before storage), 2, 4, and 6 for analyses. The amounts of titratable acidity and total solid decreased from 8.92 g/L to 8.58 g/L ( $P<0.05$ ) and from 26 g/L to 23.9 g/L ( $P<0.05$ ), respectively. However, an important effect of MF treatment on pH and ash values could not be determined (Table 1). There is no previous research on

the effect of MF on the composition of shalgam juice.

The effects of 2, 4 and 6 months of storage on the chemical composition of samples and the interaction between the MF process, storage temperature and time in this composition are given in Table 2 and Table 3, respectively. In particular, Table 3 indicates according to the analysis of variance whether the MF process, storage temperature and time have an effect together and whether they create synergy. As seen in these Tables, one of the most significant variables affecting the chemical composition is storage time. The total acidity of shalgam juice is one of the main quality factors that affect sensory characteristics, especially the sour taste of the product [3]. Titratable acidity decreased during storage in filtered and unfiltered samples ( $P<0.05$ ). Similarly, Kirlangic et al. [15] reported a decrease in acidity in shalgam juice (both 4°C and 30°C) after 90 days of storage, and Voon et al. [18] reported a decrease in durian paste after 5 weeks of storage at 4°C. In contrast, Iyicinar [20], and Avci [21] stated that acidity increased from the beginning of storage to the end in unpasteurized shalgam juice, and storage time was statistically important on titratable acidity. Moreover, acidity decreased sharply in unfiltered shalgam juice, especially samples stored at 20°C, whereas in filtered shalgam juice it decreased more slowly ( $P<0.01$ ). It is thought that during storage the most important reason for this may be due to the utilization of acids by microorganisms such as spoilage yeasts found in unfiltered juices.

Table 1. Composition of filtered and unfiltered shalgam juices before storage

Parameter	Unfiltered shalgam juice	Filtered shalgam juice	S
pH	3.43±0.014	3.46±0.007	ns
Titratable acidity <sup>1</sup> (g/L)	8.92±0.028	8.58±0.057	*
Total solid (g/L)	26.06±0.021	23.89±0.134	**
Ash (g/L)	13.65±0.368	12.90±0.120	ns
Protein (g/L)	2.85±0.014	2.93±0.007	*
Total anthocyanin <sup>2</sup> (mg/L)	140.1±1.53	138.3±1.57	ns

<sup>1</sup>: as lactic acid, <sup>2</sup>: as cyanidin-3-glycoside, S: Significance, \*\* and \* display the significance at 1% and 5% by LSD, respectively. ns: not significant.

According to the standard in Turkey [13], the amount of titratable acidity must be at least 6.0 g/L as lactic acid and pH 3.8 (revised standard in 2016). The findings in the present research for titratable acidity and pH follow the standard. However, in this research titratable acidity amounts of stored samples were higher than that stated by Iyicinar [20]. While MF and storage temperature had no significant effect on pH and titratable acidity (Table 3), storage time was found statistically important ( $P<0.05$ ). Moreover, MF and storage time were found statistically important in total solid, ash and protein contents of shalgam juices, but storage temperature has no significant effect on ash and protein contents (Table 3).

The anthocyanins found in the shalgam juice derive from the black carrot used in production Therefore; the

main anthocyanin is cyanidin-3-glycoside [2]. Ates et al. [22] and Ulu [23] reported that anthocyanin compounds decreased in all samples with storage time, regardless of storage temperature and high hydrostatic pressure or UV application. Urkiaga et al. [24] reported that as the pore diameter decreases, the total anthocyanin content in wines decreases partially and the use of a filter with a pore diameter of 0.45 µm instead of a 0.8 µm filter reduces the amount of anthocyanin from 220 mg/L to 217 mg/L. In addition, there was a decrease in anthocyanin content after storage at both temperatures (except for Un-4). Similarly, Wang et al. [25] stated that the anthocyanin amount of black soybean koji decreased with storage. According to the analysis of variance, the effect of the filtration process ( $P>0.05$ ) and storage time ( $P>0.05$ ) on total anthocyanin was

statistically insignificant, while the effect of temperature was significant ( $P < 0.05$ ).

Table 2. Chemical composition of shalgam juices after storage for two, four and six months

	Two months					Four months					Six months				
	Unfiltered shalgam juice		Filtered shalgam juice		S	Unfiltered shalgam juice		Filtered shalgam juice		S	Unfiltered shalgam juice		Filtered shalgam juice		S
	Un-4	Un-20	F-4	F-20		Un-4	Un-20	F-4	F-20		Un-4	Un-20	F-4	F-20	
pH	3.45±0.01	3.44±0.01	3.46±0.01	3.45±0.01	ns	3.445±0.01	3.455±0.01	3.465±0.01	3.46±0.0	ns	3.46b±0.01	3.54a±0.04	3.47b±0.01	3.47b±0.0	*
Titrateable acidity <sup>1</sup> (g/L)	8.86b±0.03	8.97a±0.03	8.57c±0.1	8.6c±0.03	**	8.87a±0.02	8.59b±0.1	8.525b±0.07	8.54b±0.02	**	8.69a±0.04	7.59b±0.2	8.515a±0.1	8.5a±0.0	**
Total solid (g/L)	24.96a±0.04	23.74b±0.16	23.28b±0.37	22.57c±0.24	**	24.63a±0.04	23.05b±0.13	23.12b±0.37	22.04c±0.2	**	24.82a±0.06	22c±0.2	22.87b±0.4	21.53c±0.44	**
Ash (g/L)	13.97a±0.01	13.85a±0.26	12.91b±0.18	12.97b±0.07	**	13.77a±0.04	13.68a±0.09	12.73b±0.16	12.81b±0.13	**	13.81a±0.01	13.62a±0.11	12.59b±0.2	12.72b±0.09	**
Protein (g/L)	3.01a±0.02	2.99a±0.02	2.94b±0.003	2.94b±0.003	*	3.16a±0.06	3.11a±0.04	2.95b±0.02	2.94b±0.01	*	3.19a±0.02	3.16a±0.02	2.96b±0.02	2.95b±0.04	**
Total anthocyanin <sup>2</sup> (mg/L)	149a±0.69	120.1d±1.12	137.1b±0.8	128.3c±0.93	**	151.3a±1.13	106.2d±0.5	140.3b±5.6	124.7c±2.83	**	151.3a±0.14	104.2d±0.5	136.7b±4.86	122.1c±3.2	**

<sup>1</sup>: as lactic acid, <sup>2</sup>: as cyanidin-3-glycoside, Un-4: Unfiltered shalgam juice stored at 4°C, Un-20: Unfiltered shalgam juice stored at 20°C; F-4: Filtered shalgam juice stored at 4°C, F-20: Filtered shalgam juice stored at 20°C. S: Significance, \*\*\* and \* display the significance at 1% and 5% by LSD, respectively. ns: not significant.

Table 3. The interaction among the MF process, storage temperature and time on the composition of shalgam juice according to the analysis of variance

	Microfiltration		S	Temperature		S	Storage time (month)			S
	Unfiltered shalgam juice	Filtered shalgam juice		+4°C	+20°C		2	4	6	
	pH	3.46±0.037		3.46±0.008	ns		3.46±0.01	3.47±0.04	ns	
Titrateable acidity <sup>1</sup> (g/L)	8.59±0.49	8.54±0.05	ns	8.67±0.16	8.47±0.44	ns	8.75a±0.18	8.63a±0.15	8.32b±0.47	*
Total solid (g/L)	23.87±1.12	22.57±0.69	***	23.95±0.93	22.49±0.79	***	23.64a±1.0	23.21ab±1.0	22.81b±1.36	**
Ash (g/L)	13.78±0.15	12.79±0.16	***	13.3±0.6	13.28±0.48	ns	13.42a±0.5	13.25b±0.52	13.19b±0.6	**
Protein (g/L)	3.10±0.08	2.94±0.016	***	3.03±0.11	3.01±0.09	ns	2.97b±0.035	3.04a±0.11	3.06a±0.12	**
Total anthocyanin <sup>2</sup> (mg/L)	130.4±21.8	131.6±7.6	ns	144±7.07	117.6±9.6	***	133.6±11.5	130.6±18	129±18.8	ns

<sup>1</sup>: as lactic acid, <sup>2</sup>: as cyanidin-3-glycoside. S: Significance. \*\*\*, \*\* and \* display the significance at 0.1%, 1% and 5% by LSD, respectively. ns: not significant.

The effect of 6 months of storage at different temperatures on the overall composition of the samples was evaluated by PCA score and loading charts (Figures 2a and 2b). According to PCA, the first principle component (PC1) explains 54.2% of the total variance, while the second component (PC2) explains 42.4%. The unexplained part is very low (3.4%). The variables that positively correlate the most with the PC1 are total solid, total anthocyanin, and titrateable acidity (Figure 2b). That result is in agreement with Table 2, and the indicated parameters decreased more in samples stored at 20°C (F-20 and Un-20) than in samples stored at 4°C. When the score plot graph (Figure 2a) was examined, it was seen that the samples formed clustering according to the microfiltration process and storage temperature. The Un-20 sample is grouped separately on the left side of the graph, and the others on the right side. According to the Loading plot (Figure 2b), protein and ash characterize the Un-20 sample, while dry matter characterizes the Un-4 sample, and total anthocyanin and titrateable acidity characterize the other samples (F4 and F20). As a result, it can be said that 6 months of storage according to PCA has a significant effect on the components of MF-treated and untreated samples.

### Sensory Evaluation of Shalgam Juice During Storage

Sensory properties greatly affect the quality of beverages and therefore sensory analyses were also carried out on the samples, as it is one of the important properties of microbiological safety for the consumer. During the storage period, a sensory analysis was carried out by 13 panellists in comparison of the

samples that were microfiltered with those that were not, and the samples stored at low temperature with the samples stored at 20°C. For this purpose, two of the three samples presented to the panellists were given the same, one was different (For example Un-4, Un-4 and F-4), and the panellists were asked to find the different samples. Then, the panellists were asked which sample they preferred.

In triangle tests, 12 out of 13 panellists correctly determined that the filtered shalgam juices were different from the unfiltered samples ( $P < 0.001$ ). Two of those who knew it right preferred filtered shalgam juice. As can be seen from Table 4, after two months of storage, 9 out of 13 panellists correctly determined that the filtered sample was different from the control (unfiltered) sample in shalgam juices stored at both 4°C and 20°C. Three of the panellists who found the different samples in shalgam juices stored at 4°C and five of the panellists who found the different samples in shalgam juices stored at 20°C preferred the applied method (filtered sample). On the other hand, the MF process had significant effects ( $P < 0.01$ ) at both temperatures. At the end of 6 months of storage, 10 out of 13 panellists correctly determined that the filtered sample was different from the control sample in shalgam juices stored at 4°C and 11 out of 13 panellists in shalgam juices stored at 20°C. Six of the panellists who found the different samples in shalgam juices stored at 4°C and nine of the panellists who found the different samples in shalgam juices stored at 20°C preferred the applied method. MF process was found statistically significant at 4°C ( $P < 0.01$ ) and 20°C ( $P < 0.001$ ).



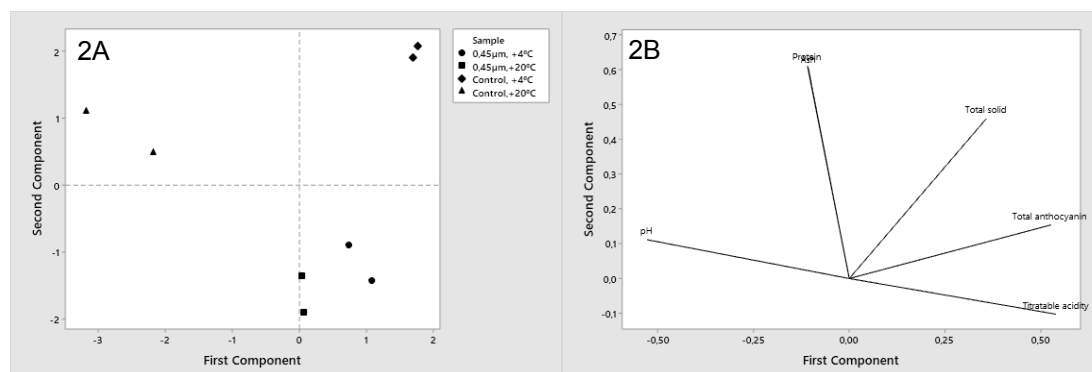


Figure 2. The PCA plots express the distribution of the general composition of shalgam juices after 6 months of storage, a: Score plot, b: Loading plot.

Table 4. The comparison of sensory evaluation according to the triangle test method during storage of shalgam juices (Panellist preferences according to the effect of microfiltration or temperature treatment during the storage period)

Samples	The effect of microfiltration		S	The effect of temperature		S
	Number of panellists who found the different sample	Number of panellists who preferred the microfiltration		Number of panellists who found the different sample	Number of panellists who preferred the cold storage	
After microfiltration – Before storage						
Unfiltered shalgam juice	Filtered shalgam juice	12	2	***	-	-
After 2 months of storage						
Un-4	F-4	9	3	**	-	-
Un-20	F-20	9	5	**	-	-
Un-20	Un-4	-	-	-	7	3
F-20	F-4	-	-	-	10	3
After 4 months of storage						
Un-4	F-4	9	4	**	-	-
Un-20	F-20	10	7	**	-	-
Un-20	Un-4	-	-	-	10	7
F-20	F-4	-	-	-	9	5
After 6 months of storage						
Un-4	F-4	10	6	**	-	-
Un-20	F-20	11	9	***	-	-
Un-20	Un-4	-	-	-	11	9
F-20	F-4	-	-	-	9	7

Un-4: Unfiltered shalgam juice stored at 4°C. Un-20: Unfiltered shalgam juice stored at 20°C; F-4: Filtered shalgam juice stored at 4°C. F-20: Filtered shalgam juice stored at 20°C.

Shalgam juice stored at 20°C was used as a control in the sensory test performed to see the effect of temperature applied in the second, fourth and sixth months of storage (Table 4). In the triangle test method performed after two months of storage, the number of panellists who found different samples in filtered shalgam juices was 10, and 3 of these 10 panellists preferred shalgam juice stored at 4°C. On the other hand, while seven panellists found the different samples in unfiltered shalgam juices, three of them preferred the applied temperature. While the effect of temperature was found statistically important ( $P < 0.01$ ) in filtered shalgam juice, its effect was not important in unfiltered shalgam juices ( $P > 0.05$ ). At the end of 6 months of storage, the number of panellists who found a different sample in filtered shalgam juices was nine, and seven of them preferred shalgam juice stored at 4°C. On the other hand, while 11 panellists found a different sample in unfiltered shalgam juices ( $P < 0.01$ ), nine of them preferred shalgam juice stored at 4°C ( $P < 0.001$ ).

According to the results of sensory analysis during the entire storage period, the number of panellists who preferred the filtered shalgam juice increased in both temperatures and the number of panellists who preferred the shalgam juice stored at 4°C with the increasing storage time. This shows that the sensory

properties of the filtered samples were stable during storage at both temperatures compared to unfiltered shalgam juice. On the other hand, the sensory properties of filtered and unfiltered samples stored at 4°C were also stable compared to samples stored at 20°C. Ulu [23] reported that the control samples (22°C) of shalgam juices deteriorated in 49 days, however, among the samples kept for the same time, those that underwent UV treatment were preferred. Kirlangic et al. [15], in their study, looked at the effect of pasteurization on shalgam juice stored at different periods and reported that the most preferred samples were obtained in the first 7th days of storage, according to sensory analysis. They also reported that the preference for sensory properties decreased with storage. Iyicinar [20] stated that the sensory properties of unpasteurized samples deteriorated at the end of storage. In a study conducted by Tanguler et al. [26], it was reported that the most popular products in terms of smell and aroma were shalgam juices produced by rapid processing at 25°C and stored for 4 months. In addition, researchers reported that shalgam juices produced under suitable conditions can be stored for up to 4 months at room conditions without using any heat treatment or preservatives [26].

## CONCLUSION

The results obtained in this research provide significant information about the effect of MF, storage time and temperature on the shelf life of shalgam juice. In recent years, the tendency of consumers on safe and additives free beverages with original characteristics have increased. Based on our knowledge, there is no information about the MF process of shalgam juice, and there are few studies on its storage. Therefore, microbiological, chemical and sensory qualities of manufactured shalgam juice were assessed after filtering and throughout 6 months of storage at 4°C and 20°C. The microfiltration process led to lower TAMB, LAB and yeast counts and titratable acidity and total solid levels. Considering that yeasts are the main spoilage factor in shalgam juice, it is important to reduce the amount and growth of TAMB, especially yeasts to prolong the shelf life. On the other hand, the effect of storage temperature and the effect of microfiltration on shalgam juice samples during six months of storage were significantly recognized by the panellists.

According to the results,

- It could be said that before the storage of shalgam juice, microfiltration could be used to reduce the population of microorganisms and during its storage; refrigerated temperature could be used to retard the growth of microorganisms.
- It can be said that microfiltration is a suitable method that can be used instead of thermal pasteurization for the preservation of shalgam juice.
- It can be said that one of the most important variables affecting the chemical composition is the storage time
- Shalgam juice could be stored at 4°C without filtration, and with filtration at 4°C and 20°C for 6 months without any important change.

Therefore, this study is a pioneering study that provides important information about shalgam juice. In addition to a more detailed investigation of the effects of different filtration technologies on the characteristics of shalgam juice produced and stored under different conditions on an industrial scale, studies on different preservation techniques should be conducted.

## AUTHOR STATEMENTS

Hasan TANGULER: Conceptualization; investigation, performing experiments, verifying the overall replication/reproducibility of results/experiments, writing - original draft. Huseyin ERTEN: Conceptualization; Data curation; funding acquisition, designing experiments, leading the relevant project, writing - review and editing.

## DECLARATION OF COMPETING INTEREST

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study is a part of Hasan Tanguler's dissertation, and authors thank the Turkish Scientific and Technological Research Institution (TUBITAK, Number: 106O670) for funding and Icenbilir Hacinin Shalgami Company (Adana) for supplying raw materials.

## REFERENCES

- [1] Erten, H., Tanguler, H., Canbas, A. (2008). A traditional Turkish lactic acid fermented beverage: Shalgam (Salgam). *Food Reviews International*, 24, 352-359.
- [2] Toktas, B., Bildik, F., Ozcelik, B. (2018). Effect of fermentation on anthocyanin stability and in vitro bioaccessibility during shalgam (şalgam) beverage production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 3066–3075.
- [3] Tanriseven, D., Kadiroglu, P., Selli, S., Kelebek, H. (2020). LC-DAD-ESI-MS/MS-assisted elucidation of the phenolic compounds in shalgams: Comparison of traditional and direct methods. *Food Chemistry*, 305, 125505.
- [4] Tanguler H., Agirman B. (2020). Şalgam suyu üretimi. In *Fermente ürünler teknolojisi ve mikrobiyolojisi*, Edited by O. Erkmn, H. Erten, H. Saglam, Nobel Academic Publishing, Ankara, p. 511-530.
- [5] Demir N., Bahçeci K.S., Acar J. (2006). The effects of different initial *Lactobacillus plantarum* concentrations on some properties of fermented carrot juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30, 352-363.
- [6] Purkayastha, M.D., Kalita, D., Mahnot, N.K., Mahanta, C.L., Mandal, M., Chaudhuri, M.K. (2012). Effect of L-ascorbic acid addition on the quality attributes of micro-filtered coconut water stored at 4°C. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 69-79.
- [7] Hatti-Kaul, R., Mattiasson, B. (2001). Downstream processing in biotechnology. In *Basic Biotechnology*, Edited by C. Ratledge, B. Christiansen, Cambridge University Press. p. 187-211.
- [8] Czekaj, P., Lopez, F., Guell, C. (2001). Membrane fouling by turbidity constituents of beer and wine: characterization and prevention by means of infrasonic pulsing. *Journal of Food Engineering*, 49, 25-36.
- [9] Harrigan, W.F., McCance, M.E. (1990). *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*. London, USA: Academic Press.
- [10] Halkman, A.K. (2005). *Food Microbiology Applications*. Ankara, Turkey: MERCK.
- [11] Asano, S., Suzuki, K., Iijima, K., Motoyama, Y., Kuriyama, H., Kitagawa, Y. (2007). Effects of morphological changes in beer-spoilage lactic acid bacteria on membrane filtration in breweries. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 104(4), 334-338.
- [12] AOAC, (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. (K.

- HENRICH, editor), Vol: 1 and 2, 15th edn, Arlington, Virginia, USA.
- [13] TS 11149 Shalgam Standard (2003). Turkish Standards Institute, TSE, Ankara, Turkey.
- [14] Barillere, J.M., Benard, P. (1986). Exemples d'interpretation de resultats de degustation. *Connaiss Vigne Vin*, 20, 137-154.
- [15] Kirlangic, O., Ilgaz, C., Kadiroglu, P. (2021). Influence of pasteurization and storage conditions on microbiological quality and aroma profiles of shalgam. *Food Bioscience*, 44(A), 101350.
- [16] Hahn, M.W. (2004). Broad diversity of viable bacteria in 'sterile' (0.2 µm) filtered water. *Research in Microbiology*, 155, 688-691.
- [17] Renouf, V., Perello, M., Revel, G., Lonvaud-Funel, A. (2007). Survival of wine microorganisms in the bottle during storage. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58(3), 379-386.
- [18] Voon, Y.Y., Hamid, N.S.A., Rusul, G., Osman, A., Quek, S.Y. (2006). Physicochemical, microbial and sensory changes of minimally processed durian (*Durio zibethinus* cv. D24) during storage at 4 and 28°C. *Postharvest Biology and Technology*, 42, 168-175.
- [19] Peñas, E., Frias, J., Sidro, B., Vidal-Valverde, C. (2010). Impact of fermentation conditions and refrigerated storage on microbial quality and biogenic amine content of sauerkraut. *Food Chemistry*, 123, 143-150.
- [20] Iyicinar, H. (2007). The effect of different formulations on shalgam juice production in controlled conditions. Master Thesis, Selcuk University, Konya, Turkey.
- [21] Avci, S. (2008). Inactivation of *Candida inconspicua* in the shalgam juice by heat and sonication. Master Thesis, Yuzuncu Yil University, Van, Turkey.
- [22] Ates, C., Evrendilek, G.A., Uzuner, S. (2021). High-pressure processing of shalgam with respect to quality characteristics, microbial inactivation, and shelf life extension. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, e15598.
- [23] Ulu, G. (2019). Use of ultraviolet technology for the pasteurization and shelf-life extension of fermented salgham drink. Master Thesis, Bolu Abant Izzet Baysal University, Bolu, Turkey.
- [24] Urkiaga, A., Fuentes, L.D.L., Acilu, M., Uriarte, J. (2002). Membrane comparison for wine clarification by microfiltration. *Desalination*, 148(1-3), 115-120.
- [25] Wang, Y.J., Sheen, L.Y., Chou, C.C. (2010). Storage effects on the content of anthocyanin, mutagenicity and antimutagenicity of black soybean koji. *LWT-Food Science and Technology*, 43(4), 702-707.
- [26] Tanguler, H., Dinc, S.O., Ekenel, G., Aytekin, D.A., Simsek, C., Ataklı, H. (2022). Effect of production method and temperature on quality characteristics of shalgam beverages during storage. *Akademik Gıda*, 20(1), 20-29.
-

## Effect of D-Allulose Use as a Sugar Substitute on Some Physicochemical, Textural and Sensory Properties of Cakes

Mustafa Özgür<sup>1</sup> , Aslı Uçar<sup>2</sup>  <sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Burdur, Turkey<sup>2</sup>Ankara University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Ankara, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 20.03.2023, Accepted (Kabul Tarihi): 23.10.2023

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [aucar@ankara.edu.tr](mailto:aucar@ankara.edu.tr) (A. Uçar)

☎ +90 312 381 2350-6542 📠 +90 312 381 2355

### ABSTRACT

D-allulose is a monosaccharide that belongs to the class of sugars known as rare derivatives of monosaccharides in nature. The aim of this study was to investigate how the sugar substitute D-allulose influenced the physicochemical, textural, and sensory characteristics of cakes. Solvent water retention capacity analysis of flour used in cake production and ash, dry matter, texture, color and reducing sugar analyses of cake dough were carried out in a day while water activity, pH, titratable acidity, antioxidant activity analysis and sensory analyses of cakes were performed in three different days. The average heights of control, AL50 and AL100 cakes were  $2.60\pm 0.14$ ,  $1.75\pm 0.1$  and  $1.50\pm 0.0$  cm while they had the cake yields of  $87.2\pm 1.9$ ,  $86.2\pm 4.1$  and  $87.6\pm 3.2\%$ , respectively. Viscosity analysis results showed that viscosity of dough samples decreased with an increase in spindle speed for all groups. The total dry matter content of control cakes was  $76.1\pm 3.0\%$  while AL50 and AL100 cakes had a dry matter content of  $76.4\pm 4.6$  and  $75.0\pm 2.6\%$ , respectively. Total ash contents were  $1.2\pm 0.0$ ,  $1.3\pm 0.0$  and  $1.4\pm 0.0\%$  for control, AL50 and AL100 cakes, respectively. The mean radical scavenging activity (RSA) of control cakes on the first day of production was  $26.1\pm 5.8$ ,  $51.6\pm 1.3$  in the AL50 group and  $53.9\pm 1.2$  in the AL100 group. When evaluating the panelists' overall acceptability scores for the sensory qualities of cakes, the first day yielded the highest AL50 ( $7.9\pm 1.2$ ), while the 8th day of storage yielded the lowest AL50 ( $8.5\pm 0.8$ ) for the control group. The 8th day analysis yielded the lowest result ( $6.7\pm 1.4$ ) for the AL100 group. Results indicated that D-allulose preserved the physicochemical, textural, and sensory characteristics of cakes while increasing their antioxidant capacity, and it could be utilized to create novel products in the food industry because of these qualities.

**Keywords:** D-Allulose, Cake, Physicochemical analysis, Sensory analysis, Sugar substitutes

### Şeker İkamesi Olarak D-Alüloz Kullanımının Keklerin Bazı Fizikokimyasal, Dokusal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi

### ÖZ

D-Alüloz, monosakkaritlerin doğada ender türevleri olarak bilinen şekerler sınıfına ait bir monosakkarittir. Bu çalışmanın amacı, şeker ikamesi olan D-alüloz keklerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özelliklerine etkilerini araştırmaktır. Kek üretiminde kullanılan unda yapılan çözücü su tutma kapasitesi analizi ve kek hamurunda yapılan küllü, kuru madde, tekstür, renk ve indirgen şeker analizleri tek seferde; keklerde yapılan su aktivitesi, pH, titrasyon asitliği, antioksidan aktivite analizi ve duyusal analizler ise üç farklı günde yapılmıştır. Üretilen kontrol, AL50 ve AL100 kek gruplarının yükseklik ortalamaları sırasıyla  $2.60\pm 0.14$ ,  $1.75\pm 0.1$  ve  $1.50\pm 0.0$  cm'dir. Keklerin kek verimlerinde ise sırasıyla  $87.2\pm 1.9$ ,  $86.2\pm 4.1$  ve  $87.6\pm 3.2$  olarak saptanmıştır. Viskozite analizi sonuçlarına bakıldığında tüm gruplarda spindle hızının artmasıyla viskozite değerlerinin düştüğü görülmüştür. Toplam kuru madde oranı kontrol grubunda  $76.1\pm 3.0$ , AL50 grubunda  $76.4\pm 4.6$  ve AL100 grubunda  $75.0\pm 2.6$ ; toplam küllü oranları kontrol grubu,

AL50 ve AL100 grupları için sırasıyla  $1.2\pm 0.0$ ,  $1.3\pm 0.0$  ve  $1.4\pm 0.0$  olarak bulunmuştur. Kontrol grubunun birinci gün ortalama radikal süpürme aktivitesi (RSA)  $26.1\pm 5.8$ , AL50 grubunda  $51.6\pm 1.3$  ve AL100 grubunda  $53.9\pm 1.2$ 'dir. Panelistlerin keklerin duyu özelliklerine verdiği genel kabul edilebilirlik puanları incelendiğinde 1. gün en yüksek AL50 ( $7.9\pm 1.2$ ), 8. gün kontrol grubu ( $8.5\pm 0.8$ ) almıştır. AL100 grubu 8. analiz gününde en düşük puanı ( $6.7\pm 1.4$ ) almıştır. D-Alüloz, keklerde fizikokimyasal, tekstürel ve duyu nitelikleri koruyarak antioksidan kapasitesini artırmıştır. Bu özellikleri nedeniyle gıda endüstrisinde yeni ürünlerin oluşturulmasında kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** D-Alüloz, Kek, Fizikokimyasal analiz, Duyusal analiz, Şeker ikameleri

## INTRODUCTION

According to the World Health Organization (WHO), the prevalence of obesity has increased approximately 3 times from 1975 to 2016 worldwide. In 2016, 16% of the world's adult population (11% in men and 15% in women) were obese. The number of obese children under the age of 5 is 39 million, especially in low and middle developed countries; It has been reported that there are 340 million children and adolescents aged 5-19 years [1], and the prevalence of overweight and obese individuals aged 5-19 was 18% in 2016 due to environmental and social changes associated with inadequate health-supporting policies [2]. Sugar (sucrose) is the main sweetener used worldwide and is therefore an important ingredient in the food industry. However, high sugar in the diet leads to many chronic diseases, especially obesity [3]. The World Health Organization stated that the daily consumption amount of added sugars consumed by the consumer should not exceed 10% of the daily energy intake, except for the sugar found naturally in the structure of foods [4]. Studies have found a direct and indirect positive relationship between mild obesity and obesity and the amount of consumption of foods containing sugar [5]. This shows that the prevalence of obesity and obesity-related diseases may reach alarming levels in the coming years [6]. For this reason, it has been suggested in recent years to add taxes to sugar-sweetened foods and beverages in order to reduce the availability of these products [7].

In order to reduce overall sugar and calorie intake, products including natural and artificial sweeteners are now used in the food industry. People with Type 2 diabetes in particular are becoming more interested in maintaining a healthy weight [8]. These foods do not promote satiety, do not increase insulin secretion, and have effects that are similar to addiction by increasing dopamine release while having less energy and a sweeter flavor than sugar [9]. Low sugar and low energy foods are now being made by lowering the sugar level in foods or adding artificial sweeteners due to the detrimental effects of excessive sugar consumption on human health. Natural sweeteners have been recommended as an alternative, however, as evidenced by studies on the harmful effects of artificial sweeteners on health [10].

D-Allulose is a monosaccharide from the group of sugars rarely found in nature, called the rare derivatives of monosaccharides in nature [11]. D-Allulose, originally known as D-psychose (D-ribo 2-hexulose), is a natural sweetener that has essentially no energy and plays a

key role in controlling how rapidly glucose and fat are metabolized [12]. It has a 70% relative sweetness when compared to sucrose [13].

Cakes are bakery goods made in a variety of combinations and shapes that are frequently consumed due to their high nutritional value and addition of sugar in various regions of the world. After bread and biscuits, cake production and consumption is third among bakery items [14]. Cakes may have less sugar or have higher quality cakes thanks to the usage of different sugar substitutes. Kim et al. [15] and Hao et al. [16] examined the quality parameters of cakes by using sugar alcohols as sugar substitutes in cakes. Kim and Lee [17] compared the ash syrup by Quiles et al. [18] fruit purees and Shahidi et al. [19] used date syrup as a sugar substitute. On the other hand, Lee et al. [20] and Bolger et al. [21] used D-allulose as a sugar substitute in pancakes and cupcakes and demonstrated its effects.

The aim of this study is to evaluate the physicochemical, textural, and sensory parameters of cakes prepared using D-allulose, a sugar substitute that has nearly no energy compared to sucrose and may be used to make cakes, which are the third most commonly bakery product after bread and biscuits.

## MATERIALS and METHODS

### Materials

The ingredients for the cakes, wheat flour, sugar, eggs, milk, salt, margarine, vanilla, and baking powder, were bought from local stores in Burdur, Turkey ( $37.7183^{\circ}\text{N}$ ,  $30.2823^{\circ}\text{E}$ ). A specialized Japanese sugar producer provided (Astraea, Matsutani Chemical Industry Co., Ltd.) with D-allulose (Cas No: 551-68-8). Chemical products that were sold commercially and used in the analysis included hydrochloric acid, sodium hydroxide, sodium carbonate, methanol, deionized water, lactic acid, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil (DPPH), Fehling A, Fehling B, phenolphthalein, methylene blue, potassium ferrocyanide, and zinc sulfate. The analysis was performed in the laboratories of the Scientific and Technology Application and Research Center and the Burdur Mehmet Akif Ersoy University Health Sciences Faculty's Food Chemistry and Analysis Department.

### Method

#### Preparation of Cake Dough

Based on trials where D-allulose was utilized as a sugar substitute, the amounts of D-allulose added to the cakes

were determined [20, 21]. Three different forms of cakes were prepared in the study using three different ratios of sugar substitutes: 100% sucrose, 0% D-allulose (control), 50% sucrose, 50% D-allulose (AL50), and 100% D-allulose, 0% sucrose (AL100). Goswami et al. [22] modified the cake production method to meet the technique cakes are produced in Turkey when using it for cake production. The final version of the cake recipes was chosen after the preliminary trial phase cakes were assessed for general acceptability. As a result, three times the amount of the recipe from Table 1 was used to make cake recipes, and analyses were based on these ratios

Table 1. Cake recipes

Ingredients	Control	AL50	AL100
Wheat flour (g)	100	100	100
Sugar (g)	80:0	40:40	0:80
Egg (g)	60	60	60
Milk (mL)	65	65	65
Salt (g)	0.5	0.5	0.5
Baking powder (g)	4	4	4
Margarine (g)	60	60	60
Vanilla (g)	9	9	9

Too much heat (>200°C) and/or too much time (35-40 min) in the oven can cause in the crust color of cakes darkening, cracks appearing on the top surface, a weak cake core, and insufficient volume. Preliminary study was conducted to determine the optimum baking temperature and duration for cake recipes, and as a result, it was found that 30 min and 175°C were the most effective conditions. All of the components were kept at room temperature for 60 mins to the study's start. When preparing cakes, baking powder, salt, and wheat flour are first mixed. The egg, sugar, and D-allulose mixtures were mixed well in a separate bowl using an electric mixer on the fifth speed for five minutes. After a minute of beating during which milk and vanilla were added, pre-mixed wheat flour, baking powder, and salt were added and given enough time to thoroughly mix with the batter. All mixtures were homogenized for an extra five min with the addition of room temperature margarine. The cake dough was kept for five minutes after the beating process was completed [23].

### Baking and Storage of Cake Dough

The obtained doughs were placed in an oven that had been preheated to 175°C and baked for 30 min on the second level (Arçelik/9620 Mi). The cakes were taken out of the oven at the finish of the baking duration and left to cool for an hour at room temperature. Before being analyzed, they were packaged and kept at room temperature. Solvent water retention capacity of the wheat flour used in the cakes produced and ash, dry matter, texture profile, color and reducing sugar analysis in the cake dough were performed on the first day of cake production. Water activity, pH, antioxidant activity, and sensory analyses of the cakes were performed in duplicate on the first, fourth, and eighth days of storage.

## Analyzes

### Solvent Retention Capacity

One of the study's key components, wheat, is prepared using the American Association of Cereal Chemists' procedures, and the Solvent Retention Capacity (CTC) analysis method is utilized to assess its quality [24]. Deionized water, 100% sucrose solution, 50% sucrose + D-allulose solution, 100% D-allulose solution, 5% sodium carbonate solution, and 5% lactic acid solution were the six solvents that were prepared using this procedure 1 g of flour ( $\pm 0.05$  g) was weighed into 15 mL of centrifuge tubes, and 5 mL of each solvent was then added to each. The centrifuge tubes were shaken with a vortex for 5 seconds after their caps were secured at 0, 5, 10, 15 and 20 minutes. Each centrifuge tube was weighed before being centrifuged at 3000 rpm for 15 minutes. After the tubes were removed from the device, water was poured through them at a 90-degree angle and their weights were recorded once again. The weight of solvent retained by the flour after centrifugation was estimated using the following formula after this procedure was carried out three to four times for each solvent [25].

$$\% \text{ Solvent Retention Capacity} = \left[ \frac{\text{Gel Weight/Flour weight}-1}{86/(100-\% \text{ moisture of flour})} \right] \times 100$$

### Dough Density and Volume

The density of the dough used in cake production was measured with a previously weighed and tared container with known volume. Density was calculated by dividing the dough weight by the water weight obtained [26].

### Dough Height Measurement

With a stainless steel knife and a plane perpendicular to the cakes' bases (vertical axis), the cakes were sliced. The highest cake center height a digital camera could capture (Xiaomi, POCO X3 Pro, China).

### Cake Yield and Weight Loss

Calculations were made to determine the weight reduction based on the difference between the weight of the cake batter and the weight of the baked cakes, as well as the weight of the cake batter to the weight of the baked cakes yield.

### Viscosity

Following the preparation of the doughs in the control group and the addition of D-allulose at the specified ratios, the viscosity of the cake batter was measured in a viscometer equipment (Brookfield brand, DV-II pro series) at room temperature (23°C) at various rpms with an RV-07 tip. In mPa.s, viscosities at various speeds were expressed.

## Water Activity

The Testo 650 (Germany) equipment was used to measure the water activity values of the cake samples. Prior to measurement, the instrument was calibrated with distilled water. After calibrating, the sample chamber was filled with enough homogenized sample and sealed. After waiting for approximately 15-20 minutes, the value reported on the device's screen stabilized. The device screen was used to read the fixed water activity (aw) value [27].

## pH

For pH analysis in cake samples, 10 g of cakes dried for 55 minutes at 130°C were taken and homogenized with 90 mL of distilled water for 10 minutes in a laboratory type homogenizer at high speed, and at the end of this period, pH was determined using a pH meter (704 pH Meter, Metrohm) [28].

## Dry Matter and Ash

The gravimetric method was used to calculate the amount of dry matter in cake samples [29]. The cake samples were dried using this procedure in an oven at 105°C for 4 hours after being weighed in a porcelain crucible and brought to a constant weight. By dividing the weight of the cake sample by the weight after drying, the dry matter percentage was computed. The AACC 08.01 technique was used to evaluate the ash. The samples were placed in a porcelain crucible that had been previously been raised to a set weight and burned in the muffle furnace at 550–550°C. By dividing the sample mass still in the crucibles after the burning process by the starting sample mass, the ash content of the cakes was calculated.

## Color Analysis

Using a colorimeter (Konica-Minolta), analyze the color of experimental cake batches using the CIE values L\* [indicates lightness and ranges from 0 (for black) to 100 (for white)], a\* [-a\* (for greenness) and +a\* (for redness)]. and the color scheme b\* [-b\* for blueness, +b\* for yellowness]. The cake's crust color was measured from the center of the top of the cake using a ceramic-standard color measuring instrument, and the crumb color was examined using a sample taken from the middle point. Using the L\*, a\*, and b\* data obtained from the color measurement device, the browning index was calculated [30]. Below is a formula for calculating the browning index.

$$\text{Browning Index} = [100 (x-0.31)] / 0.172$$

$$x = a^* + 1.75L^* / [(5.645L^*) + a^* - (0.3012b^*)]$$

## Texture Profile Analysis

The TA-XT Plus texture profile analyzer was used to measure instrumental texture profile analysis (Stable Micro Systems, UK). A 35 mm probe was used to apply 2 cm high printing operations to samples with a dimension of 2.5x2.5 that were taken from the cakes

stored at room temperature. One mm/s pretest speed, five mm/s test speed, five mm/s post test speed, thirty percent compression force, and five g initial detection force were the conditions for the device's operation. The cakes' values for hardness, stickiness, resilience, adhesions, cohesiveness, chewiness, and elasticity were identified. The average of two analyses is used to represent the results.

## Antioxidant Activity

Prior to taking the measurements of antioxidant activity, the cakes were extracted. The extract was extracted using the technique used by Çelik [31]. Using this technique, 1 g of the cake samples were weighed, placed in falcon tubes, and mixed with a 70 percent methanol solution. The collected samples were homogenized with the vortex for 1 minute at 12 rpm. The homogenized cake samples were maintained at 50°C for 10 minutes in a water bath with shaking (Thermomac WBS 30). It was then shaken in an orbital shaker (CLS Scientific/CLOS 300) for 15 minutes at 180 rpm. The upper serum portion of the centrifuged cake samples was transferred using a pipette into 150 mL balloon flasks after centrifuge at 8500 rpm and 4°C for 20 minutes (Electro-Mag M 815 A). The serum component was then added to the flasks after repeating the same procedures while adding 10 mL of the methanol solution. The solutions were transferred to amber-colored bottles and kept at -18°C after being filled to a volume of 25 mL with a 70 percent methanol solution in the balloons.

The method developed by Thaipong et al. [32] was modified in order to measure antioxidant activity. During the analysis, the stock solution was produced up to 1000 mL after 24 mg of DPPH had been dissolved in 100 mL of methanol. Using ethanol as a blank solution and ascorbic acid as a reference, the absorbance was measured at 517 nm with a UV-VIS spectrophotometer (PGI brand T60U series). The following equation was used to calculate the percent inhibition (percent I) of the DPPH radical scavenging activity.

$$I (\%) = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$$

A0: Absorbance of control group

A1: Absorbance of sample

## Reducing Sugar Analysis

Cake samples were evaluated for reducing sugar, total sugar, and sucrose using the Lane-Eynon method [33]. Only reducing sugar analysis was done on cakes made entirely of D-allulose.

## Sensory Analysis

The ISO [34] standard was followed for conducting sensory analyses. A panel of 10 participants, 5 men and 5 women, with a minimum of a master's degree, training in this department, and participation in at least one taste panel-conducted the study. In a room that was well-lit, odor-free, and the optimum temperature (20°C), cake

groups were evaluated. Each sample was placed on porcelain dishes for all panel sessions and coded with a letter corresponding to each group. Prior to analysis, all samples were stored for 30 minutes at room temperature (about 20°C). A 9-point hedonic scale was used for evaluation (9 being extremely good and 1 being extremely bad). The cake samples were scored by the panelists based on their appearance (crust appearance, crust thickness, crumb appearance, and volume), color (crumb-crust color), texture (elasticity, pore structure, hardness-softness, chewiness), aroma-flavor (sweetness-bitterness), and general acceptability.

### Energy and Macro Nutrient Value

Applying nutrition information systems (BEBIS), all of the baked goods were evaluated for their energy and macronutrient content. The Turkish Nutrition Guide (TUBER) was used to determine the size of one portion of the cakes. One matchbox-sized cake (40–45 g) was accepted as the standard portion sizes for cakes in TUBER, and it was stated that this portion size contained roughly 185 kcal of calories [35]. As a result, the produced cakes were divided into 21 equal portions, and each portion's energy and macronutrient values were calculated.

### Statistical Analysis

The statistical package for the social sciences (SPSS) (version 26) package software [36] was used to analyze the data. All data are given as mean ( $\bar{x}$ ) and standard deviation, apart from texture profile analysis data (SD). Texture profile analysis data are given as mean and standard error (SE). Non-parametric Mann Whitney U test was used in the analyzes comparing the two groups. To compare the differences between more than two groups, a one-way ANOVA test was used. The difference between groups was assessed using the

Tukey Post Hoc Multiple Comparison test. ANOVA analysis with repeated measurements was used to determine differences among days.  $p < 0.05$  was considered statistically significant.

## RESULTS and DISCUSSION

### Solvent Retention Capacity

When compared to D-allulose and other solvents, sucrose, which performed as the study's control group, had the highest solvent retention capacity (SRC). Sucrose (control) was determined to have an SRC of  $129.7 \pm 10.1$ . The AL50 and AL100 groups' SRC percentages were  $115.5 \pm 8.5\%$  and  $101.4 \pm 4.7\%$ , respectively (Table 2). An analysis known as solvent retention capacity is used to assess the characteristics and quality of the flour used as well as the baking performance profile. It also assesses the degree of solvent compatibility for the functional components of wheat flour like gluten, damaged starch, and arabinoxylans (pentosans) [37]. This is conducted to assess the functional impact of each solvent used on the quality of the final product [38]. When compared to D-allulose and other solvents, sucrose, which served as the control group, had the highest level of solvent retention capacity (Table 2). The usage of D-allulose as a sugar substitute in cakes is inferred from the fact that it has an SRC that is close to sucrose. In a study by Lee et al. [20], D-allulose was utilized to make cakes as a sugar substitute, the SRC of sucrose was found to be  $130 \pm 1.8$ , 50% of D-allulose,  $118 \pm 2.5$ , and 100% of D-determined that allulose was  $100 \pm 2.3$ . These results appear to be similar to the results of this study. It is reported that sucrose has a higher effect on gluten complex formation than D-allulose. Due to heat treatment, the resulting gluten complex gives cakes a better rise [39]. This demonstrates that the control group made a large number of cakes.

Table 2. Solvent retention capacity

Solvents	Solvent Retention Capacity (%) ( $\bar{x} \pm SD$ )
Sucrose (Control)	$129.7 \pm 10.1$
AL50	$115.5 \pm 8.5$
AL100	$101.4 \pm 4.7$
Distilled water	$55.6 \pm 7.5$
Lactic acid	$110.9 \pm 13.9$
Sodium carbonate	$73.4 \pm 4.5$
p*	0.00

\*One Way ANOVA analysis was used.  $\bar{x} \pm SD$ : mean  $\pm$  standart deviation

### Physicochemical Analysis of Cake Dough and Cakes

As the D-allulose ratio rises, the cake volumes decrease ( $p < 0.05$ ). When the specific volume averages of the cakes were examined, it was found that the control, AL50 and AL100 groups were  $1.13 \pm 0.1$ ,  $1.13 \pm 0.2$  and  $1.12 \pm 0.0$  mL/g, respectively ( $p > 0.05$ ). While the average cake yields were  $87.2 \pm 1.9\%$ ,  $86.2 \pm 4.1\%$  and  $87.6 \pm 3.2\%$  for the control, AL50 and AL100 groups, respectively ( $p > 0.05$ ) (Figure 1). When the water activity values of the cakes produced on the 1st day were examined, it was determined that the control group was

$0.83 \pm 0.3$ , the AL50 group  $0.82 \pm 0.1$  and the AL100 group  $0.81 \pm 0.5$  (Table 3). The components of the cake recipe, dough viscosity, solvent retention capacity of the solvents, starch gelatinization, molecular weight, baking temperature and time, and baked cake mold are just a few of the factors that can influence physical analyses of cakes [40, 41]. Cake height and specific volume are related to the increased air retention of the ingredients used in the cake during whipping [42]. Table 3 displays the physical characteristics of the cakes used in this study. The higher viscosity of cake dough containing D-allulose and the fact that sucrose induces swelling in cakes by retaining carbon dioxide and water vapor



during baking are also factors that contribute to the lower height values of the AL50 and AL100 groups in cakes. According to Manisha et al. [43], sucrose delays the starch gelatinization process during baking, which results in cakes gaining volume. In their production of cupcakes, Bolger et al. [21] substituted D-allulose for sugar and demonstrated that sucrose produced cakes that were superior to D-allulose at all baking temperatures. They claimed that the cause of this was due to the cakes hardening more quickly as a result of D-allulose and fructose's early induction of egg white and starch denaturation, respectively. In general, the

physical qualities of cakes prepared using various sugar substitutes or food additives exhibit similarities to those of typical (control) cakes made using sucrose. According to this study, the effect of D-allulose, a sugar replacement used in baking, on the physical characteristics of cakes is similar to that of sugar. In terms of microbial growth, spoiling reactions, and physical qualities, water activity is a crucial parameter to determine nutrient stability and nutritional security. By regulating the degree of reliance of water in a system, water activity analysis is utilized as a gauge of physical, chemical, and microbiological deterioration [44].



Figure 1. Images of cake samples (AL50: 50% Sucrose, 50% D-Allulose; AL100:100% D-Allulose)

Table 3 displays the water activity and pH values of the cakes used in this study. The close proximity of the differences between the groups is regarded as indicating that the shelf life of D-allulose-produced cakes will be comparable to that of standard cakes. From a microbiological perspective, it is believed that increased water activity in the cakes for eight days increases the danger. In order to assess the overall amount of carbohydrates in a food, dry matter analysis is a method used to determine the total amounts of protein, fat, and

ash [45]. In this study, it was determined that the total dry matter ratio of the control group was 76.1±3.0, the AL50 group was 76.4±4.6, and the AL100 group was 75.0±2.6. That's because the only ingredient in the cake recipe that is modified is sugar, and the sugar substitute D-allulose is also a simple carbohydrate. Although the weight of the cake sample under study and the high dry matter content in the AL50 group are related, the difference is negligible for the food industry.

Table 3. Results of physicochemical analyses in cakes

Physical analyses in cakes	Control (x±SD)	AL50 (x±SD)	AL100 (x±SD)	p*	
Height (cm)	2.60±0.14 <sup>a</sup>	1.75±0.1 <sup>b</sup>	1.50±0.0 <sup>b</sup>	0.003	
Volume (mL)	1084±19.8 <sup>a</sup>	1106±129.4 <sup>a</sup>	1036±13.4 <sup>a</sup>	0.67	
Specific volume (mL/g)	1.13±0.1 <sup>a</sup>	1.13±0.2 <sup>a</sup>	1.12±0.0 <sup>a</sup>	0.99	
Cake density (g/mL)	1.01±0.1 <sup>a</sup>	1.03±0.14 <sup>a</sup>	1.01±0.0 <sup>a</sup>	0.95	
Cake yield (%)	87.2±1.9 <sup>a</sup>	86.2±4.1 <sup>a</sup>	87.6±3.2 <sup>a</sup>	0.90	
Weight loss (%)	12.8±1.9 <sup>a</sup>	13.7±4.1 <sup>a</sup>	12.3±3.2 <sup>a</sup>	0.90	
Chemical analyses in cakes					
Water activity	Days				
	1	0.83±0.3 <sup>Aa</sup>	0.82±0.1 <sup>Aa</sup>	0.81±0.5 <sup>Aa</sup>	0.80
	4	0.83±0.3 <sup>Aa</sup>	0.84±0.0 <sup>Aa</sup>	0.86±0.1 <sup>Aa</sup>	0.39
	8	0.86±0.1 <sup>Aa</sup>	0.87±0.3 <sup>Ba</sup>	0.85±0.0 <sup>Aa</sup>	0.19
pH	p <sup>#</sup>	0.51	0.02	0.35	
	1	7.5±0.1 <sup>Aa</sup>	6.9±0.0 <sup>Ab</sup>	6.7±0.0 <sup>Ab</sup>	0.00
	4	7.1±0.1 <sup>Ba</sup>	6.8±0.4 <sup>Ab</sup>	6.7±0.2 <sup>Ab</sup>	0.03
	8	7.2±0.0 <sup>Ba</sup>	6.8±0.0 <sup>Ab</sup>	6.7±0.0 <sup>Ac</sup>	0.0
Total dry matter (g)	p <sup>#</sup>	0.03	0.93	0.29	
	1	6.4±1.4 <sup>a</sup>	9.1±2.0 <sup>a</sup>	7.7±0.3 <sup>a</sup>	0.21
	4	76.1±3.0	76.4±4.6	75.0±2.6	0.88
	8	0.09±0.0 <sup>a</sup>	0.17±0.03 <sup>b</sup>	0.15±0.01 <sup>a</sup>	0.03
Total ash (%)	1.2±0.0 <sup>a</sup>	1.3±0.0 <sup>b</sup>	1.4±0.0 <sup>c</sup>	0.01	

\* One Way ANOVA analysis was used. The differences between the groups were identified and displayed using lowercase letters using the Tukey multiple comparison test. # Repeated Measurements ANOVA analysis was used. x±SD: mean ± standard deviation

### Viscosity

Viscosity analysis was carried out on cake dough. In all groups, it can be shown that the viscosity values drop as spindle speed rates. The viscosity values of the AL100 group were found to be higher than those of the control and AL50 groups at the same spindle speeds (Figure 2).

The viscosity values for the control, AL50, and AL100 groups, respectively, were determined to be 8.000, 6.842, and 8.758 mPa.s in the values recorded at the highest speed. One of the components that influence the final cake volume is the cake batter's viscosity, and the buoyancy force causes the bubble rising rate to be inversely proportional to the viscosity [46]. In order to

avoid the added air bubbles from rising to the surface and being lost during early heating, a good cake batter must have enough viscosity [47]. In the amorphous region between the hydroxyl groups of the sugar and the starch, the interaction of the starch molecule and the sugar creates a sugar bridge. Each glucose unit in the -D-glucopyranose unit, which makes up the structure of starch, contains three locations where hydroxyl groups might interact with other molecules. Starch and the hydrogen bond are both impacted by the sugar's hydroxyl group. The starch granule's expansion and granule fragmentation are decreased as a result of the sugar's hydroxyl group replacing for the water molecule

[48]. The starch suspension has less viscosity as a result of the addition of sugar [49]. As the study's viscosity analysis findings, it can be noted that all groups' viscosity values drop as spindle speed rises (Figure 2). When compared to sucrose, it may be claimed that D-Allulose makes cakes more viscous. According to Bolger et al. [21], D-allulose had a higher viscosity despite having a similar flow behavior to sucrose and fructose in the cupcakes they made using D-allulose, sucrose, and fructose. Due to its high viscosity qualities, it has been demonstrated in this study that D-allulose has a negative impact on the final cake volume and height.

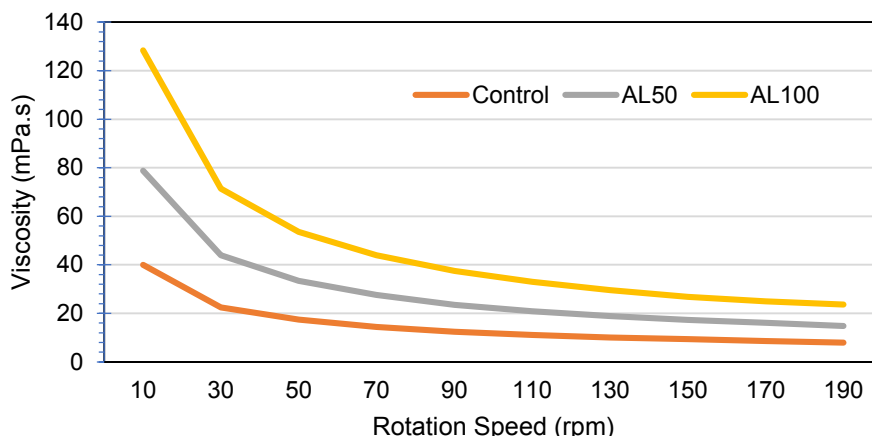


Figure 2. Viscosity analysis of cake dough samples (AL50: 50% Sucrose, 50% D-Allulose; AL100:100% D-Allulose; rpm: Revolutions per minute)

### Color Analysis

The mean  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  color values of the crust part of the control group were  $57.5 \pm 0.4$ ,  $18.1 \pm 0.3$ , and  $38.5 \pm 0.6$ , respectively. The mean  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values of the AL50 group were determined as  $53.6 \pm 0.7$ ,  $20.6 \pm 0.2$  and  $40.6 \pm 2.4$ , respectively. In the AL100 group, these values were  $47.9 \pm 1.3$ ,  $21.9 \pm 0.2$  and  $35.9 \pm 1.4$ , respectively. When the crumb color analyzes were examined, the mean  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values of the control group were determined as  $84.4 \pm 0.5$ ,  $-2.6 \pm 0.3$  and  $26.1 \pm 0.6$ , respectively. The mean crumb color values of the AL50 group were  $77.8 \pm 1.5$ ,  $0.98 \pm 0.6$  and  $30.5 \pm 0.3$ , respectively; In the AL100 group, these rates were  $65.4 \pm 2.7$ ,  $6.3 \pm 0.8$ , and  $33.3 \pm 1.7$  (Table 4). Melanoidin, a substance produced by the maillard reaction between the amino groups of proteins and carbohydrates in cake components, has an impact on the crust and crumb color characteristics of cakes [50]. After heat treatment, cakes contain more melanoid, which darkens the color of the crumb and crust. According to Hossain et al. [11] and O'Charoen et al. [51], D-allulose shows a better Maillard reaction than other monosaccharides, which enhances functional characteristics. Table 4 displays the findings of the analysis of the cakes made for this study's crust and crumb colors. The color values of the crust and crumb portions of the cakes produced were investigated in a study that used D-Allulose as a sugar substitute. Mean crust  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  and  $\Delta E$  values of cakes produced from 50% and 100% D-allulose were  $35.3 \pm 0.8$ ,  $6.2 \pm 0.7$ ,  $5.5 \pm 0.9$ , and  $17.7 \pm 0.6$  ve  $34.5 \pm 0.6$ ,

$4.8 \pm 0.8$ ,  $3.7 \pm 0.8$ ,  $19.8 \pm 0.3$ , respectively. The browning index of cakes was reported in the same study to be  $0.10 \pm 0.0$ ,  $0.12 \pm 0.0$ , and  $0.23 \pm 0.0$ , respectively [20]. The browning index and color values of cake samples increased in direct proportion to the D-allulose ratio and baking time, according to Bolger et al. [21] investigation with D-allulose substitution. Although there have only been a few studies with D-Allulose, Lee et al. [20] found that the findings of their investigation were comparable to those of this study. The browning index and other color parameters were greater in the D-allulose group, and D-allulose provided a better Maillard reaction than sucrose, according to Lee et al. [20] and Bolger et al. [21]

### Texture Profile Analysis

As a result of the texture profile analysis of the cakes produced as control, AL50 and AL100, the mean hardness values were found to be  $1657.2 \pm 157.3$  g,  $2486.4 \pm 122.8$  g and  $3721.8 \pm 244.1$  g, respectively ( $p < 0.05$ ). Chewiness values of the cakes produced as control, AL50 and AL100 were found  $87.8 \pm 45.1$ ,  $89.0 \pm 37.5$ , and  $299.6 \pm 11.0$  respectively. The statistical significance of the differences in the stickiness, resilience, adherences, and elasticity values of the generated cake groups was not determined ( $p > 0.05$ ) (Table 5). Food's textural qualities play a significant role in how well it is received by consumers [52]. Table 5 displays the outcomes of this study's analysis of the texture profile. According to Lee et al. [20], the cakes

prepared using D-allulose as a sugar substitute had the highest hardness value compared to the cakes in the control group, and the hardness value increased as the D-allulose ratio increased. The same study found that the resilience value increased as the D-allulose ratio increased, with the control group having the lowest resilience value. It was found that the control group had the highest gumminess value, and that this value increased as the D-allulose ratio increased. It is believed that the differences in the cake recipe are what caused the difference in these study outcomes. Similar findings were made in the study by Bolger et al. [21], which

suggested that the retrograding starch network in D-allulose-containing cakes may be responsible for the cakes' firmness. According to Gao et al. [53], a decrease in sugar concentration may result in an increase in hardness and flexibility values. Karaoğlu and Bedir [54] also concluded that the partial baking method was effective in increasing the chewiness and elasticity values of the cakes and decreasing the cohesiveness value, and that 20 minutes of partial baking and up to 14 days of intermediate storage could be used in cake production.

Table 4. Color analysis results for cake groups

Color value	Crust			p*	Crumb			p*
	Control (x±SD)	AL50 (x±SD)	AL100 (x±SD)		Control (x±SD)	AL50 (x±SD)	AL100 (x±SD)	
L*	57.5±0.4 <sup>a</sup>	53.6±0.7 <sup>b</sup>	47.9±1.3 <sup>c</sup>	0.00	84.4±0.5 <sup>a</sup>	77.8±1.5 <sup>b</sup>	65.4±2.7 <sup>c</sup>	0.04
a*	18.1±0.3 <sup>a</sup>	20.6±0.2 <sup>b</sup>	21.9±0.2 <sup>c</sup>	0.00	-2.6±0.3 <sup>a</sup>	0.98±0.6 <sup>b</sup>	6.3±0.8 <sup>c</sup>	0.02
b*	38.5±0.6 <sup>a</sup>	40.6±2.4 <sup>a</sup>	35.9±1.4 <sup>a</sup>	0.13	26.1±0.6 <sup>a</sup>	30.5±0.3 <sup>b</sup>	33.3±1.7 <sup>b</sup>	0.01
ΔL*	-37.2±0.4 <sup>a</sup>	-41.1±0.7 <sup>b</sup>	-46.8±1.3 <sup>c</sup>	0.04	-10.3±0.5 <sup>a</sup>	-16.9±1.5 <sup>b</sup>	-29.3±2.7 <sup>c</sup>	0.00
Δa*	18.2±0.3 <sup>a</sup>	20.7±0.2 <sup>b</sup>	21.9±0.2 <sup>c</sup>	0.01	-2.5±0.3 <sup>a</sup>	1.1±0.6 <sup>b</sup>	6.4±0.8 <sup>c</sup>	0.00
Δb*	35.7±0.6 <sup>a</sup>	37.8±2.4 <sup>a</sup>	33.1±1.4 <sup>a</sup>	0.13	23.3±0.6 <sup>a</sup>	27.8±0.3 <sup>b</sup>	30.6±1.7 <sup>b</sup>	0.01
ΔE	54.7±0.6 <sup>a</sup>	59.6±1.1 <sup>b</sup>	61.4±0.3 <sup>b</sup>	0.00	25.6±0.7 <sup>a</sup>	32.5±1.1 <sup>b</sup>	42.8±3.1 <sup>c</sup>	0.00
BI	28.2±0.1 <sup>a</sup>	33.6±0.3 <sup>b</sup>	38.1±0.9 <sup>c</sup>	0.00	0.8±0.3 <sup>a</sup>	4.8±0.7 <sup>a</sup>	11.9±1.6 <sup>c</sup>	0.00

BI: Browning index, x±SD: mean ± standart deviation, AL50: 50% Sucrose, 50% D-Allulose), AL100: (100% D-Allulose)

\* One Way ANOVA analysis was used. With the Tukey multiple comparison test, the differences among the groups were determined and shown with lowercase letters.

Table 5. Texture Profile Analysis experimental cake groups

Parameter	Control (x±SE)	AL50 (x±SE)	AL100 (x±SE)	p*
Hardness (g)	1657.2±157.3 <sup>a</sup>	2486.4±122.8 <sup>a</sup>	3721.8±244.1 <sup>c</sup>	0.00
Stickiness	-37.2±4.9 <sup>a</sup>	-24.3±7.6 <sup>a</sup>	-6.0±4.7 <sup>a</sup>	0.07
Resilience	0.34±0.2 <sup>a</sup>	0.21±0.1 <sup>a</sup>	0.62±0.0 <sup>a</sup>	0.14
Adherences (%)	0.15±0.0 <sup>a</sup>	0.16±0.0 <sup>a</sup>	0.13±0.0 <sup>a</sup>	0.31
Cohesiveness	251.6±9.1 <sup>a</sup>	403.6±34.1 <sup>a</sup>	481.5±31.9 <sup>c</sup>	0.02
Chewiness	87.8±45.1 <sup>a</sup>	89.0±37.5 <sup>a</sup>	299.6±11.0 <sup>c</sup>	0.03
Elasticity (%)	0.058±0.01 <sup>a</sup>	0.059±0.01 <sup>a</sup>	0.052±0.0 <sup>a</sup>	0.76

SE: Standart Error, AL50: 50% Sucrose, 50% D-Allulose), AL100: (100% D-Allulose). \*One Way ANOVA analysis was used. With the Tukey multiple comparison test, the differences between the groups were determined and shown with lowercase letters.

## Antioxidant Activity

The total radical scavenging activity (RSA) of the cakes is calculated by taking the average of five dilutions (0.1-0.5 mL/mg), and Figure 3a, 3b, and 3c shows the total RSA at various dilutions. The mean RSA on the first day was found to be 26.1±5.8% in the control group, 51.6%±1.3% in the AL50 group and 53.9%±1.2% in the AL100 group (Figure 3a). The mean RSA of the cakes on the fourth day were 32.8%±7.7%, 47.0±2.2% and 47.9±0.6% (Figure 3b), respectively; the mean RSA on the eighth day were 53.9%±1.2%, 57.6%±2.0% and 58.5±1.0% (p<0.05) (Figure 3c). Compounds known as antioxidants work to counteract the effects of free radicals in the body and prevent the oxidation of lipids, particularly in foods. Natural antioxidant components isolated from plants have started to replace synthetic antioxidants like butylated hydroxyanisole and butylated

hydroxytoluene, which are commonly utilized in the food industry today [55]. D-Allulose has reportedly been linked to increased antioxidant activity in food as a result of its high Maillard reaction products [56]. O'Charoen et al. [51] in a study investigating the nutritional properties of albumen modified by rare ketohexoses by Maillard reaction, reported that D-allulose showed higher antioxidant activity compared to fructose. On the other hand, Kim and Han [57] reported that the RSA value of D-allulose varied between 54.2% and 47.0%, but the decrease in RSA was not statistically significant as the D-allulose ratio increased. In addition, in this study, it was emphasized that D-allulose showed high antioxidant activity. No study was found that investigated the effect of D-allulose on antioxidant activity in cakes. Therefore, this study is the first study in the literature with this aspect.

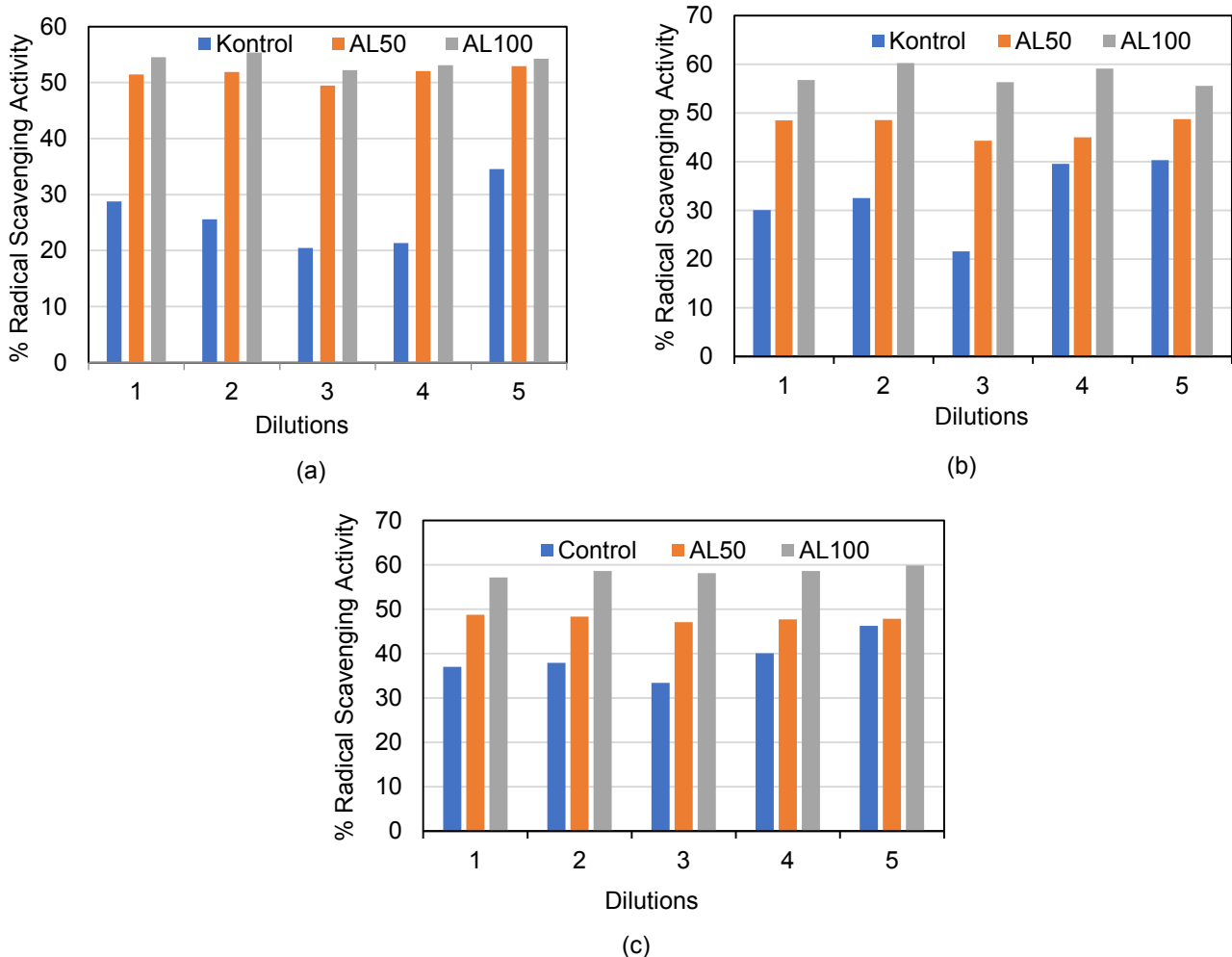


Figure 3. Results of the total radical scavenging activity assay on the first day (a), the fourth day (b) and the eighth day (c) (Dilution 1: 1 mL/mg, Dilution 2: 2 mL/mg, Dilution 3: 3 mL/mg, Dilution 4: 4 mL/mg, Dilution 5: 5 mL/mg; AL50: 50% Sucrose, 50% D-Allulose, AL100: 100% D-Allulose)

### Reducing Sugar Analysis

The reducing sugar ratios of the control group were 0.46%, the AL50 group was 4.20% and the AL100 group was 7.0%. The ratio of total reducing sugar increases positively with the ratio of D-allulose ( $p < 0.05$ ). Since the AL100 group does not contain sucrose, the ratio of total sugar and sucrose was not analyzed. Total sugar ratios of the control group and AL50 group were found to be 22.7% and 15.8%, respectively. The sucrose ratios of the control and AL50 group cakes were 21.1% and 11.0%, respectively. The Lane-Eynon method is frequently preferred for reducing sugar analysis even if there are several methods available. Based on the reduction of copper-II-oxide in Fehling's solution to water-insoluble copper-I-oxide by inverting sugar in an alkaline medium at boiling temperature, the Lane-Eynon method analyzes sugar [33]. Reducing sugars are substances used in the baking of cakes in the bakery industry that affect the color and texture of the cake's crust and crumbs [58]. According to reports [59], the Maillard reaction creates carbohydrates with reducing abilities. These compounds impact the flavor, aroma, and color of food, and some, such as hydroxymethyl furfural, acrylamide, and heterocyclic amines, have been

linked to cancer. Because it lacks free aldehyde or ketone groups in its chemical composition, sucrose, which is extensively used to sweeten food, does not exhibit reducing activities [60]. However, sucrose is converted into glucose and fructose and gains reducing characteristics through actions like strong acid or heat treatment [61]. Because of this, the increased amount of reducing sugar created by the breakdown of sucrose and its enhanced Maillard reaction is what gives bakery products like bread and cake their characteristic brown color [62]. Because it has a free ketone group in its chemical structure, D-allulose exhibits direct reducing activities [11]. There aren't many researches that indicate functional foods made with D-allulose have reducing sugar activity. There were not enough resources available to report the findings because these researches did not focus on baked products. When this study is compared to studies that investigate the reducing sugar content of cakes, it becomes clear that D-allulose has a higher reducing property than sweet potato flour and a lower reducing property than molasses prepared from different fruits. To demonstrate similar results to those in the literature, it is crucial to note that the reducing sugar ratio in the cakes made with D-allulose was higher than in the control group.

## Sensory Analysis

On the first day of the sensory analysis, the control group's mean general acceptability value was  $7.8 \pm 1.5$ , the AL50 group's mean general acceptability was  $7.9 \pm 1.2$ , and the AL100 group's mean general acceptability value was  $7.3 \pm 1.0$  ( $p > 0.05$ ). The AL100 group cakes received lower scores in terms of volume (swelling), elasticity, pore structure, and hardness-softness values after the sensory analysis was carried out on the first day, and this was statistically significant ( $p < 0.05$ ). According to the findings of the sensory analysis conducted on the fourth day, the control group's mean general acceptability score was  $8.2 \pm 0.8$ , while the scores for the AL50 and AL100 groups were  $8.2 \pm 0.8$  and  $7.4 \pm 0.9$ , respectively ( $p < 0.05$ ) and the overall acceptability scores were higher than the 1st day (Table 6). In order to evaluate new product designs, improve product quality, assess acceptability of the product, and identify quality-control and assurance issues, sensory analysis is a scientific discipline that uses the senses of hearing, touching, tasting, smelling, and seeing [63]. An significant factor in establishing consumer preference is the sensory qualities of the newly created product or one or more of its components [64]. Lee et al. [20] found that the general acceptability score of cake products

containing D-allulose at different rates in pancake samples, in which D-allulose was used as a sugar substitute at different rates, was  $6.7 \pm 1.4$ ,  $6.1 \pm 1.6$ , and  $5.3 \pm 1.8$  respectively. The overall acceptability score of the control (sucrose) group was reported to be  $7.0 \pm 1.2$ . In cakes made with D-allulose utilized in a variety of ratios, it is seen that the product's acceptance score decreases as the D-allulose ratio increases. Because D-allulose tastes less sweet than sucrose, the decline in sweetness levels and the D-Allulose ratio can be attributed to this. In compared to the other groups, cakes containing 25% D-allulose were found to be more palatable at the conclusion of the study. In a study by Bolger et al. [21], D-allulose was compared to sucrose and fructose in cupcakes baked at  $20^\circ\text{C}$ . It was shown that D-allulose had similar physical and textural characteristics to fructose and sucrose. Additionally, he said that D-allulose might be used in the bakery industry when combined with extended baking durations or other items that need less volume enhancement and have lower moisture contents. When compared to studies using various sugar substitutes, the decreased D-Allulose scores compared to the control group indicate similar outcomes. This lends support to the idea that the panelists are more appreciative of the flavours they are familiar to.

Table 6. Sensory analysis of cake groups

		1 <sup>st</sup> day			p*	4 <sup>th</sup> day			p*	8 <sup>th</sup> day			p*
		Control (x±SD)	AL50 (x±SD)	AL100 (x±SD)		Control (x±SD)	AL50 (x±SD)	AL100 (x±SD)		Control (x±SD)	AL50 (x±SD)	AL100 (x±SD)	
Appearance	Crust appearance	$7.6 \pm 1.6^{Aa}$	$7.9 \pm 1.1^{Aa}$	$7.5 \pm 1.2^{Aa}$	0.50	$7.8 \pm 1.6^{Aa}$	$8.2 \pm 0.8^{Aa}$	$7.7 \pm 1.0^{Aa}$	0.45	$7.9 \pm 1.6^{Aa}$	$8.0 \pm 0.9^{Aa}$	$7.1 \pm 1.1^{Aa}$	0.14
	Crust thickness	$7.6 \pm 1.7^{Aa}$	$7.9 \pm 0.7^{Aa}$	$7.8 \pm 1.0^{Aa}$	0.79	$7.7 \pm 1.4^{Aa}$	$8.2 \pm 0.8^{Aa}$	$7.7 \pm 0.8^{Aa}$	0.20	$8.3 \pm 1.1^{Aa}$	$8.0 \pm 1.0^{Aa}$	$6.9 \pm 1.5^{Ac}$	0.02
	Crumb appearance	$8.1 \pm 1.2^{Aa}$	$7.8 \pm 1.0^{Aa}$	$7.3 \pm 1.1^{Aa}$	0.06	$8.0 \pm 1.1^{Aa}$	$7.9 \pm 0.9^{Aa}$	$7.2 \pm 1.0^{Ab}$	0.03	$8.1 \pm 1.2^{Aa}$	$7.8 \pm 0.9^{Aa}$	$6.7 \pm 1.6^{Ac}$	0.02
Color	Volume (swelling)	$8.4 \pm 1.0^{Aa}$	$7.6 \pm 0.9^{Aa}$	$7.0 \pm 1.3^{Ab}$	0.00	$8.2 \pm 0.7^{Aa}$	$8.1 \pm 0.7^{Aab}$	$7.1 \pm 1.0^{Ac}$	0.00	$8.7 \pm 0.7^{Aa}$	$7.7 \pm 1.2^{Ab}$	$6.5 \pm 1.4^{Ac}$	0.00
	Crumb color	$7.6 \pm 1.7^{Aa}$	$7.9 \pm 0.9^{Aa}$	$7.2 \pm 1.1^{Aa}$	0.24	$7.9 \pm 1.2^{Aa}$	$8.1 \pm 0.8^{Aa}$	$7.5 \pm 0.9^{Aa}$	0.15	$7.9 \pm 1.3^{Aa}$	$8.0 \pm 1.2^{Aa}$	$6.9 \pm 1.6^{Aa}$	0.11
	Crust color	$7.5 \pm 1.7^{Aa}$	$8.0 \pm 0.9^{Aa}$	$7.3 \pm 1.1^{Aa}$	0.22	$7.9 \pm 1.1^{Aa}$	$8.1 \pm 0.7^{Aa}$	$7.4 \pm 0.9^{Aa}$	0.05	$7.9 \pm 1.2^{Aa}$	$8.0 \pm 0.9^{Aa}$	$7.2 \pm 1.2^{Aa}$	0.14
Texture	Elasticity	$8.5 \pm 0.6^{Aa}$	$7.8 \pm 1.1^{Aa}$	$7.3 \pm 1.5^{Ab}$	0.00	$8.2 \pm 0.6^{Aa}$	$7.7 \pm 1.0^{Aa}$	$7.2 \pm 1.2^{Ac}$	0.00	$8.5 \pm 0.9^{Aa}$	$7.6 \pm 1.2^{Aa}$	$6.9 \pm 1.6^{Ac}$	0.01
	Pore structure	$8.3 \pm 0.7^{Aa}$	$7.5 \pm 1.2^{Aa}$	$7.2 \pm 1.4^{Ab}$	0.01	$8.2 \pm 0.8^{Aa}$	$7.9 \pm 0.9^{Aa}$	$7.4 \pm 1.0^{Ac}$	0.04	$8.5 \pm 0.7^{Aa}$	$8.0 \pm 1.2^{Aa}$	$7.1 \pm 1.5^{Ac}$	0.01
	Hardness-Softness	$8.4 \pm 0.7^{Aa}$	$7.7 \pm 1.1^{Aa}$	$7.3 \pm 1.2^{Ab}$	0.00	$8.3 \pm 0.8^{Aa}$	$7.9 \pm 0.8^{Aa}$	$7.4 \pm 0.9^{Ac}$	0.00	$8.6 \pm 0.9^{Aa}$	$7.8 \pm 1.1^{Aa}$	$6.6 \pm 1.5^{Ac}$	0.00
Aroma-Flavor	Chewiness	$8.4 \pm 1.1^{Aa}$	$7.8 \pm 1.3^{Aa}$	$7.7 \pm 1.2^{Aa}$	0.15	$8.2 \pm 0.9^{Aa}$	$8.3 \pm 0.7^{Aa}$	$7.7 \pm 0.8^{Aa}$	0.05	$8.7 \pm 0.7^{Aa}$	$8.3 \pm 1.0^{Aa}$	$7.3 \pm 1.4^{Ac}$	0.00
	Sweetness-Bitterness	$7.8 \pm 1.3^{Aa}$	$7.5 \pm 1.3^{Aa}$	$7.1 \pm 1.4^{Aa}$	0.31	$8.1 \pm 0.9^{Aa}$	$7.9 \pm 0.9^{Aa}$	$7.2 \pm 1.2^{Ac}$	0.03	$8.4 \pm 0.9^{Aa}$	$8.0 \pm 1.2^{Aa}$	$6.6 \pm 1.8^{Ac}$	0.00
<b>General acceptability</b>		$7.8 \pm 1.5^{Aa}$	$7.9 \pm 1.2^{Aa}$	$7.3 \pm 1.0^{Aa}$	0.39	$8.2 \pm 0.8^{Aa}$	$8.2 \pm 0.8^{Aa}$	$7.4 \pm 0.9^{Ac}$	0.00	$8.5 \pm 0.8^{Aa}$	$7.8 \pm 1.3^{Aa}$	$6.7 \pm 1.4^{Ac}$	0.00

\* One Way Anova analysis was used. With the Tukey multiple comparison test, the differences between the groups were determined and shown with lowercase letters.

x±SD: mean ± standart deviation, Al 50: 50% Sucrose, 50% D-Allulose), AL100: (100% D-Allulose)

## Energy and Macro Nutrient Value of a Portion of Cake

The total energy values of the cakes in the control, AL50 and AL100 groups included 3654.4 kcal, 3191.6 kcal and 2728.9 kcal energy, respectively. Although it was not statistically examined, it was found that the energy value of the cakes containing D-Allulose decreased. Without any variation between the groups, the cakes included 469.2 g of carbohydrates, 58.4 g of protein, and 170.7 g of fat. One portion of the baked cakes had energy values of 174.0, 152.0, and 130.0 kcal/45 g, respectively. Cakes prepared with AL100 have a lower energy content per portion than cakes made with AL50 or the control group. According to the WHO, free or added sugar consumption should not account for more than 10% of daily calorie intake [4]. Due to these

findings and suggestions, the food industry has seen an increase in requests for the rearrangement of goods that contain free or added sugar [25]. As shown in this study, one portion of the cakes prepared with control (sucrose), AL50, and AL100, each had 174.0, 152.0, and 130.0 kcal/45 g of energy, respectively. One of the limitations of this study is the absence of total nitrogen/protein, total fat, and total fiber analyses in the energy and macronutrient analyses. It is clear that the cakes produced in this study using D-allulose as a sugar substitute had less calories than those produced in the studies. Low-glycemic index D-allulose, which has also demonstrated anti-diabetic effects [65], is believed to be a potential ingredient for low-energy cakes. D-allulose is preferred by the consumer when used in cake production, according to the panelists' ratings of the baked products.

## CONCLUSION

The impact of D-allulose, a sugar substitute, on the physicochemical, textural, and sensory characteristics of cakes were examined in this study. These analyses show that it can be used in the development of new products in this field. The positive health effects, such as antidiabetic, antihyperlipidemic, and antioxidant effects when consumed, seem to make it better than regular cake samples in addition to these effects on cake quality attributes. In order to assess the quality of the items generated, other analyses such as total protein, total fat, acrylamide, hydroxymethylfurfural, and dietary fiber could not be carried out. The study's limitations can be attributed to the lack of these analyses. In addition, the cost and selling price of the cake selection of participants in the sensory analyses presented to the panelists, as well as the fact that their health effects were also mentioned, may give the cakes a higher score in terms of general acceptance. At the same time, it is thought that D-allulose will be used more frequently in the food industry by conducting studies that include the analyzes specified as the limitations of this study. On the other hand, D-allulose should be used in a lot more food-related products, and both human and experimental animal studies should be conducted to show what effects it has on health. As a result, D-allulose is a natural sweetener that has positive effects on health and increases the quality of the food it is used in. Cakes from bakery products can be recommended as snacks in diets where the added sugar content does not exceed 10%. Cakes produced by using D-allulose as a sugar substitute can be used as an alternative snack in diets where the added sugar content exceeds 10% or in individuals where daily added sugar consumption is limited.

## Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

## REFERENCES

- [1] World Health Organization-WHO (2020a). Controlling the global obesity epidemic. World Health Organization-Nutrition. Available from: <https://www.who.int/nutrition/topics/obesity/en/>. (Accessed Date: 27.10.2022).
- [2] WHO (2020b). Obesity and overweight. World Health Organization- Obesity and overweight. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (Accessed Date: 27.10.2022).
- [3] Ofei, F. (2015). Obesity-a preventable disease. *Ghana Medical of Journal*, 39, 98.
- [4] WHO (2015). Sugars intake for adults and children: Guideline. Retrieved from [https://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars\\_intake/en/](https://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars_intake/en/) (Accessed Date: 29.10.2022).
- [5] Shonkoff, E.T., Dunton, G.F., Chou, C.-P., Leventhal, A.M., Bluthenthal, R., Pentz, M.A. (2017). Direct and indirect effects of parent stress on child obesity risk and added sugar intake in a sample of Southern California adolescents. *Public Health Nutrition*, 20(18), 3285–3294.
- [6] Kartiosuo, N., Ramakrishnan, R., Lemeshow, S., Juonala, M., Burns, T.L., Woo, J.G., Jacobs, D.R., Daniels, S.R., Venn, A., Steinberger, J., Urbina, E.M., Bazzano, L., Sabin, M.A., Hu, T., Prineas, R.J., Sinaiko, A.R., Pahkala, K., Raitakari, O., Dwyer, T. (2019). Predicting overweight and obesity in young adulthood from childhood body-mass index: comparison of cutoffs derived from longitudinal and cross-sectional data. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 3(11), 795–802.
- [7] Backholer, K., Vandevijvere, S., Blake, M., Tseng, M. (2018). Sugar-sweetened beverage taxes in 2018: a year of reflections and consolidation. *Public Health Nutrition*, 21(18), 3291–3295.
- [8] Honorio, A.R., Soares, A.F., Lima, D.C. N. de, Tribst, A.A.L. (2021). Passion fruit nectar sweetened with stevia and sucralose: Is perception affected by the regular consumption of sweeteners or diabetes? *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100404.
- [9] van Opstal, A.M., Hafkemeijer, A., van den Berg-Huysmans, A.A., Hoeksma, M., Mulder, Theo. P.J., Pijl, H., Rombouts, S.A.R.B., van der Grond, J. (2021). Brain activity and connectivity changes in response to nutritive natural sugars, non-nutritive natural sugar replacements and artificial sweeteners. *Nutritional Neuroscience*, 24(5), 395–405.
- [10] Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., Raposo, A. (2020). Natural sweeteners: The relevance of food naturalness for consumers, food security aspects, Sustainability and health impacts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6285.
- [11] Hossain, A., Yamaguchi, F., Matsuo, T., Tsukamoto, I., Toyoda, Y., Ogawa, M., Nagata, Y., Tokuda, M. (2015). Rare sugar D-allulose: Potential role and therapeutic monitoring in maintaining obesity and type 2 diabetes mellitus. *Pharmacology & Therapeutics*, 155, 49–59.
- [12] Matsuo, T., Izumori, K. (2009). Retraction: D-psiocose inhibits intestinal alpha-glucosidase and suppresses the glycemic response after ingestion of carbohydrates in rats. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 45(2), 202–206.
- [13] Iida, T., Hayashi, N., Yamada, T., Yoshikawa, Y., Miyazato, S., Kishimoto, Y., Okuma, K., Tokuda, M., Izumori, K. (2010). Failure of D-psiocose absorbed in the small intestine to metabolize into energy and its low large intestinal fermentability in humans. *Metabolism*, 59(2), 206–214.
- [14] Longoria-García, S., Cruz-Hernández, M.A., Flores-Verástegui, M.I.M., Contreras-Esquivel, J.C., Montañez-Sáenz, J.C., Belmares-Cerda, R.E. (2018). Potential functional bakery products as delivery systems for prebiotics and probiotics health enhancers. *Journal of Food Science and Technology*, 55(3), 833–845.
- [15] Kim, J.-N., Park, S., Shin, W.-S. (2014). Textural and sensory characteristics of rice chiffon cake

- formulated with sugar alcohols instead of sucrose. *Journal of Food Quality*, 37(4), 281–290.
- [16] Hao, Y., Wang, F., Huang, W., Tang, X., Zou, Q., Li, Z., Ogawa, A. (2016). Sucrose substitution by polyols in sponge cake and their effects on the foaming and thermal properties of egg protein. *Food Hydrocolloids*, 57, 153–159.
- [17] Kim, K.-H., Lee, G.-H. (2016). Characteristics of sponge cake prepared with yacon concentrates as sugar substitute. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 45(10), 1453–1459.
- [18] Quiles, A., Llorca, E., Schmidt, C., Reißner, A.-M., Struck, S., Rohm, H., Hernando, I. (2018). Use of berry pomace to replace flour, fat or sugar in cakes. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(6), 1579–1587.
- [19] Shahidi, B., Kalantari, M., Boostani, M. (2017). Effect of date syrup as a sugar replacement on the rheological and physical properties of sponge cake. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 14, 63-72.
- [20] Lee, P., Oh, H., Kim, S. Y., Kim, Y.S. (2020). Effects of D-allulose as a sucrose substitute on the physicochemical, textural, and sensorial properties of pound cakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(6), e14472.
- [21] Bolger, A.M., Rastall, R.A., Oruna-Concha, M.J., Rodriguez-Garcia, J. (2021). Effect of D-allulose, in comparison to sucrose and d-fructose, on the physical properties of cupcakes. *LWT*, 150, 111989.
- [22] Goswami, D., Gupta, R.K., Mridula, D., Sharma, M., Tyagi, S.K. (2015). Barnyard millet based muffins: physical, textural and sensory properties. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 374–380.
- [23] Dizlek, H., Altan, A. (2021). The impacts of batter and baking temperatures and baking time on sponge cake characteristics. *Electronic Letters on Science and Engineering*, 17(2), 89–95.
- [24] AACC. (2000). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, Method 56–11. MN: Author St Paul.
- [25] Hamed, A.M., Ozsisli, B., Ohm, J.-B., Simsek, S. (2015). Relationship between solvent retention capacity and protein molecular weight distribution, quality characteristics, and breadmaking functionality of hard red spring wheat flour. *Cereal Chemistry Journal*, 92(5), 466–474.
- [26] Nazari, Z., Karazhyan, R., Mehraban Sangh Atash, M., Ehtiati, A. (2022). Evaluation of the effect of fat replacer gel on physicochemical and rheological properties of low-calorie cake dough and texture. *Food Science and Technology*, 19(122), 211–222.
- [27] Hojjatoleslami, M., Azizi, M.H. (2015). Impact of tragacanth and xanthan gums on the physical and textural characteristics of gluten-free cake. *Nutrition and Food Sciences Research*, 2(2), 29–37.
- [28] AOAC (2005). Association of Official and Analytical Chemists International. Official methods of analysis (18th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC Intl. Washington, DC, USA.
- [29] AOAC (2019). Official Methods of Analysis of AOAC International, 21st Edition. Association Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- [30] Palou, E., Lopez-Malo, A., Barbosa-Canovas, G.V., Welti-Chanes, J., Swanson, B.G. (1999). Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, 64(1), 42–45.
- [31] Çelik, C. (2021). Potential for use of watermelon peel powder in gluten-free cake. MSc Thesis. Pamukkale University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Denizli, Turkey.
- [32] Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 669–675.
- [33] AOAC. (2012). Official method of analysis of AOAC International. 19th ed. Virginia.
- [34] ISO13299:2016. (2016). Sensory analysis-Methodology-General guidance for establishing a sensory profile. ISO standard. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- [35] Turkey Nutrition Guidelines 2022 (TUBER). Ankara, Turkey: First ed. Merdiven Advertisement; 2022. Available from: [https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Rehberler/T%C3%BCrkiye%20Beslenme%20Rahber%20\(T%C3%9CBER\)%202022.pdf](https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Rehberler/T%C3%BCrkiye%20Beslenme%20Rahber%20(T%C3%9CBER)%202022.pdf) (Accessed Date 10.04.2023).
- [36] IBM Corp. (2010). SPSS Statistics for Windows, v.19.0, Armonk, NY, USA; 2010. Available from: [https://www.ibm.com/analytics/spss-statisticssoftware?lnk=STW\\_US\\_STESCH&lnk2=trial\\_SPSS&pexp=def&psrc=none&mhsrc=ibmsearch\\_a&mhq=spss](https://www.ibm.com/analytics/spss-statisticssoftware?lnk=STW_US_STESCH&lnk2=trial_SPSS&pexp=def&psrc=none&mhsrc=ibmsearch_a&mhq=spss). (Accessed Date 10.04.2023).
- [37] Haynes, L.C., Bettge, A.D., Slade, L. (2009). Soft wheat and flour products methods review: Solvent retention capacity equation correction. *Cereal Foods World*, 54(4), 174–175.
- [38] Kweon, M., Slade, L., Levine, H. (2011). Solvent Retention Capacity (SRC) Testing of wheat flour: principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding-A Review. *Cereal Chemistry Journal*, 88(6), 537–552.
- [39] Wang, Z., Ma, S., Sun, B., Wang, F., Huang, J., Wang, X., Bao, Q. (2021). Effects of thermal properties and behavior of wheat starch and gluten on their interaction: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 177, 474–484.
- [40] Amin, T., Naik, H.R., Hussain, S.Z., Rather, S.A., Makroo, H.A., Dar, B.N., Wani, S.M., Bashir, O. (2021). Functional cake from rice flour subjected to starch hydrolyzing enzymes: Physicochemical properties and in vitro digestibility. *Food Bioscience*, 42, 101072.
- [41] Meng, L.-W., Kim, S.M. (2020). Effects of different carbohydrases on the physicochemical properties of rice flour, and the quality characteristics of

- fermented rice cake. *Food Science and Biotechnology*, 29(4), 503–512.
- [42] Shevkani, K., Singh, N. (2014). Influence of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates on the characteristics of starch-based gluten-free muffins. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(10), 2237–2244.
- [43] Manisha, G., Soumya, C., Indrani, D. (2012). Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. *Food Hydrocolloids*, 29(2), 363–373.
- [44] Bernasconi, M. (2011). The influence of water activity in meat. *Fleischwirtschaft*, 3, 41-2.
- [45] Gökçe, C. (2019). The use of carob flour and stevia as sugar substitutes for cake production and enrichment with wheat germ. M.Sc. Thesis. Gaziantep University, Gaziantep, Turkey.
- [46] Sumnu, S.G., Sahin, S. (Eds.). (2008). *Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods* (1st ed.). CRC Press.
- [47] Lu, T.M., Lee, C.C., Mau, J.L., Lin, S.D. (2010). Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry*, 119(3), 1090-1095.
- [48] Ploypetchara, T., Suwannaporn, P., Pechyen, C., Gohtani, S. (2015). Retrogradation of rice flour gel and dough: plasticization effects of some food additives. *Cereal Chemistry Journal*, 92(2), 198–203.
- [49] Ploypetchara, T., Gohtani, S. (2018). Effect of sugar on starch edible film properties: Plasticized effect. *Journal of Food Science and Technology*, 55(9), 3757–3766.
- [50] Ataman, Ç., Gül, H. (2020). The effect of broken roasted chickpea flour as a by-product in roasted chickpea production on muffin quality. *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(4), 308–316.
- [51] O'Charoen, S., Hayakawa, S., Matsumoto, Y., Ogawa, M. (2014). Effect of D-psicose used as sucrose replacer on the characteristics of meringue. *Journal of Food Science*, 79(12), E2463–E2469.
- [52] Bartolozzo, J., Borneo, R., Aguirre, A. (2016). Effect of triticale-based edible coating on muffin quality maintenance during storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(1), 88–95.
- [53] Gao, J., Brennan, M.A., Mason, S.L., Brennan, C.S. (2016). Effect of sugar replacement with stevianna and inulin on the texture and predictive glycaemic response of muffins. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(9), 1979–1987.
- [54] Karaoğlu, M.M., Bedir, Y. (2020). Kısmi pişirme yönteminin kek kalitesi üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 18(3), 256-263.
- [55] Rangaraj, M.V., Rambabu, K., Banat, F., Mittal, V. (2021). Natural antioxidants-based edible active food packaging: An overview of current advancements. *Food Bioscience*, 43, 101251.
- [56] Sun, Y., Hayakawa, S., Jiang, H., Ogawa, M., Izumori, K. (2006). Rheological characteristics of heat-induced custard pudding gels with high antioxidative activity. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 70(12), 2859–2867.
- [57] Kim, H.J., Han, M.J. (2019). The fermentation characteristics of soy yogurt with different content of D-allulose and sucrose fermented by lactic acid bacteria from Kimchi. *Food Science and Biotechnology*, 28(4), 1155–1161.
- [58] Konak Ü.İ. (2009). Effect of different cooking methods and ultraviolet irradiation on cake quality. M.Sc. Thesis. Akdeniz University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Antalya, Turkey.
- [59] Sarion, C., Codină, G.G., Dabija, A. (2021). Acrylamide in bakery products: A review on health risks, legal regulations and strategies to reduce its formation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4332.
- [60] Queneau, Y., Jarosz, S., Lewandowski, B., Fitremann, J. (2007). Sucrose chemistry and applications of sucrochemicals. *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*, 61, 217–292.
- [61] Lee, J.W., Thomas, L.C., Jerrell, J., Feng, H., Cadwallader, K.R., Schmidt, S.J. (2011). Investigation of thermal decomposition as the kinetic process that causes the loss of crystalline structure in sucrose using a chemical analysis approach (Part II). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(2), 702–712.
- [62] Jing, H., Kitts, D.D. (2004). Antioxidant activity of sugar–lysine Maillard reaction products in cell free and cell culture systems. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 429(2), 154–163.
- [63] Korkerd, S., Wanlapa, S., Puttanlek, C., Uttapap, D., Rungsardthong, V. (2016). Expansion and functional properties of extruded snacks enriched with nutrition sources from food processing by-products. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 561–570.
- [64] Yousif, E.I., Gadallah, M.G.E., Sorour, A.M. (2012). Physico-chemical and rheological properties of modified corn starches and its effect on noodle quality. *Annals of Agricultural Sciences*, 57(1), 19–27.
- [65] Shintani, T., Yamada, T., Hayashi, N., Iida, T., Nagata, Y., Ozaki, N., Toyoda, Y. (2017). Rare sugar syrup Containing D-allulose but not high-fructose corn syrup maintains glucose tolerance and insulin sensitivity partly via hepatic glucokinase translocation in wistar rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(13), 2888–2894.
- [66]



## Zeytin Yapraklarından Fenolik Bileşenlerin Mikrodalga Destekli Ekstraksiyonu ve Kinetiği ile Ekstraktların Antioksidan Özellikleri

Elif Meltem İşçimen , Mehmet Hayta  

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kayseri

Geliş Tarihi (Received): 20.04.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 15.10.2023

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [mhayta@erciyes.edu.tr](mailto:mhayta@erciyes.edu.tr) (M. Hayta)

☎ 0352 437 5755 📠 0352 437 5784

### ÖZ

Son zamanlarda, çeşitli gıda üretim yan ürünlerinden antioksidan aktivite gibi sağlık yararları nedeniyle fenolik bileşen ekstraksiyonuna artan bir ilgi olduğu dikkat çekmektedir. Mevcut çalışmada, zeytin yapraklarından (ZY) fenoliklerin ekstraksiyonu için verimli bir alternatif ve yeşil teknik olarak nitelendirilen mikrodalga destekli ekstraksiyon (MDE) tekniği çalışılmıştır. Değişen mikrodalga gücünün toplam fenoliklerin salınım kinetiği üzerindeki etkisi  $K_1$ ,  $B_0$ ,  $C_{eq}$ ,  $k$ , ve  $SEE$  parametreleri belirlenerek mikrodalga gücünün etkisini ekstraksiyon süresi açısından açıklamak için kinetik modeller oluşturulmuştur. Üç farklı güçte (100, 300 ve 500W) artan süre ile birlikte ekstraksiyon verimi ve ekstraktların antioksidan özellikleri değerlendirilmiştir. 100 W uygulama için artan süre ile birlikte 15. dakikaya kadar ekstraktların antioksidan özelliklerinin arttığı görülmüştür. 300 W güç uygulamasında ekstraktların fenolik bileşen içeriği ve 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikali süpürücü aktivite değerleri 10. dakikaya kadar artış göstermiştir. 500 W güç uygulaması için ekstraktların hem fenolik içeriğinin hem de antioksidan özelliklerinin 4. dakikaya kadar arttığı ve daha sonra ilerleyen uygulama süresiyle doğru orantılı olarak azaldığı görülmüştür. Tüm ekstraktlar arasında en yüksek toplam fenolik bileşen içeriği ve antioksidan kapasite değerleri 500 W güçte ve 4 dakika süre ile ekstrakte edilen örnekte gözlemlenmiştir. Aynı örnek için toplam fenolik bileşen içeriği, DPPH radikali süpürücü aktivite ve metal şelatlama aktivite değeri sırasıyla  $9.52 \pm 0.21$  mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/mL,  $15.22 \pm 0.45$  mg Trolox eşdeğeri (TE)/g ZY ve  $98.13 \pm 0.04$   $\mu$ mol etilenediaminetetraasetik asit (EDTA)/g zeytin yaprağı (ZY) olarak elde edilmiştir. Ekstraksiyon kinetiğine ait sonuçlara göre MDE için Peleg modelinin daha uygun olduğu görülmüştür. Sonuçlar göz önüne alındığında zeytin yapraklarından MDE için artan güç, ekstraksiyon süresinin kısalmasını sağlamıştır. Ayrıca yüksek güçlerde uzun uygulama sürelerinin ekstraksiyon verimini azalttığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Zeytin yaprağı, Mikrodalga, Kinetik, Fenolik bileşen, Antioksidan

### Microwave-Assisted Extraction of Phenolic Components in Olive Leaves and its Kinetics, and Antioxidant Properties of Extracts

#### ABSTRACT

Recently, there has been an increasing interest in phenolic component extraction from various by-products of food production due to the health benefits of phenolics like antioxidant activity. In the present study, microwave-assisted extraction (MAE), which is characterized as an efficient alternative and green technique for extraction, was used for the extraction of phenolic compounds from olive leaves. In addition, the effect of different microwave powers on the release kinetics of total phenolic contents in extracts was determined. Extraction efficiency and antioxidant properties of extracts were evaluated with increasing time in three different microwave powers of 100, 300 and 500W. It was observed that the antioxidant activities of extracts increased up to the 15<sup>th</sup> minute for the microwave power of 100W. Phenolic compound content and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity values increased up to 10 minutes for the microwave power of 300W. It was found that both phenolic contents and antioxidant properties

of extracts increased up to 4 minutes and then decreased with time for extracts with the microwave power of 500W. Among all extracts, the highest total phenolic content, DPPH radical scavenging activity, and metal chelating activity value were found for the extracts treated with 500W for 4 minutes as 9.52±0.21 mg gallic acid equivalent (GAE)/mL, 15.22±0.45 mg Trolox equivalent (TE)/g, and 98.13±0.04 µmol ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)/g olive leaves, respectively. According to the results of extraction kinetics, the Peleg model was found to be more suitable for MAE. Results indicated that the increased potency for MAE from olive leaves resulted in shorter extraction time. In addition, it was observed that longer time at high microwave powers might reduce the extraction efficiency of MAE.

**Keywords:** Olive leaf, Microwave, Kinetic, Phenolic component, Antioxidant

## GİRİŞ

Doğal gıdalar ve gıda kaynaklı antioksidanlar özellikle fenolik fitokimyasallar, oksidatif hasarlara karşı kanser önleyici ajanlar olarak işlev gördüklerinden büyük ilgi görmektedir [1]. Zeytin yaprağı ekstraktları, güçlü biyolojik aktivitelerle ilişkili olduğu bilinen fenolik bileşimi nedeniyle ilgi çekmektedir [2]. İçerdiği sekoiridoidler (oleuropein, ligstroside, dimethyloleuropein ve oleoside), flavonoidler (apigenin, kaempferol, luteolin) ve fenolik bileşikler gibi değerli fitokimyasallar sayesinde sağlık üzerine önemli etkilere sahiptir [3, 4]. Zeytin yaprağı ekstraktı içerdiği fenolik bileşenler sayesinde doğal antioksidan olarak kullanılabilir önemli bir yan üründür. Gıdalarda oksidasyonu önlemek için kullanılan BHT, BHA ve TBHQ gibi sentetik antioksidanların güvenlik sorunları nedeniyle son zamanlarda doğal antioksidanlara olan ilgi artmıştır [5]. Yağların oksidasyonunu önlemek için zeytin yaprağı, zeytin yaprağı ekstresi ve yapraktaki sekoiridoid bileşik (oleuropein) ile zenginleştirilmesi ile ilgili çalışmalar [3, 6, 7] ile birlikte zeytin yapraklarının antimikrobiyal aktivitesinde yapılan bir çalışmada kanıtlanmıştır [8].

Son yıllarda zeytin yapraklarından oleuropein ve diğer fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için farklı ekstraksiyon teknikleri geliştirilmiştir. MDE, süper kritik sıvı ekstraksiyonu ve basınçlı sıvı ekstraksiyonu gibi geleneksel olmayan ekstraksiyon teknikleri zeytin yaprağından fenolik bileşenlerin ekstraksiyonu için kullanılmıştır [9-12]. MDE, düşük çözücü ve enerji tüketimi sunabilen, otomasyona uygun, verimli ekstraksiyon sağlayan yeni ve yeşil bir ekstraksiyon tekniğidir. Yapılan çalışmalar da MDE ile elde edilen verimin geleneksel yöntemlere göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir [10, 13]. MDE, narenciye kabukları [14], fıstık kabukları [15], yaban mersini [16], ve ceviz yaprakları [17] gibi farklı birçok bitki materyalinden fenolik bileşen ekstraksiyonunda kullanılmıştır. Hasat zamanının ve ekstraksiyon koşullarının zeytin yapraklarından fenolik bileşenin ekstraksiyonuna etkisinin belirlemek amacıyla MDE çalışması yapılmıştır [18]. Zeytin yapraklarından fenolik bileşenlerin farklı yöntemlerle ekstraksiyonunun karşılaştırıldığı bir başka çalışmada MDE ultrason destekli ve geleneksel ekstraksiyon yöntemleriyle karşılaştırılmıştır [19]. Yapılan literatür taramasına göre MDE, zeytin yapraklarından fenoliklerin ekstraksiyonu için potansiyel bir yöntem olduğu görülmektedir. Mevcut çalışmada MDE ile fenolik bileşen ekstraksiyonunun matematiksel modellenmesi yapılmıştır.

Matematiksel modelleme süreçlerin tasarımını, optimizasyonunu ve kontrolünü kolaylaştıran bir araçtır ayrıca ekipmanın büyütülmesi için faydalı bilgiler sağlayabilir. Matematiksel model, süreçleri anlamaya yardımcı olmak için de kullanılabilir. Tipik kinetik ekstraksiyon modelleri, kararsız difüzyon, Fick'in difüzyon yasası, film teorisi ve ampirik modelleri içerir [20, 21]. Nar kabukları [22], vanilya [23], zerdeçal [24], kerkede [25] gibi bitkilerden MDE kinetik çalışmaları literatürde mevcuttur. Zeytin yapraklarından fenoliklerin MDE'nun kinetik modellenmesi için mevcut bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmanın amacı, mikrodalga uygulama süresinin ve gücünün zeytin yaprağı fenolik bileşenleri ekstraksiyonuna ve antioksidan özelliklere etkisini gözlemlemek. Zeytin yaprağından fenolik bileşiklerin kütle transferinin kinetiğini matematiksel modeller ile incelemektir.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Folin-Ciocalteu reaktifi, ferrozin (160601), DPPH (D913-2) Sigma Aldrich Co. (St. Louis, MO, ABD)'den temin edilmiştir. Demir klorür (3260) Carlo-Erba (Chau. du Vexin, Fransa)'dan alınmıştır. Tüm analizler için analitik saflıkta kimyasallar kullanılmıştır. Zeytin yaprakları yerel bir marketten temin edilmiştir.

### Metot

#### Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon

Kurutulmuş formda alınan zeytin yaprakları öncelikle öğütülmüş ve 0.500 µm gözenek çaplı elek yardımıyla elenmiştir. Mikrodalga destekli ekstraksiyon kapalı mikrodalga ekstraksiyon sisteminde (Mars 6, CEM, ABD) yürütülmüştür. 1.25 g toz örnek 10 mL saf su içerisine eklendikten sonra mikrodalga ekstraksiyon sistemi haznelere (CEM) yerleştirilmiştir [9]. Fenolik ve antioksidan bileşenlerin ekstraksiyon verimi farklı süre (0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 10 ve 15 dk.) ve farklı güç (100, 300 ve 500W) uygulama noktalarında belirlenmiştir. Uygulanan mikrodalga gücü yapılan ön denemeler ve literatür göz önünde bulundurularak belirlenmiştir [18]. Mikrodalga ekstraksiyon işlemi sonrasında örnekler 5000xg'de 10 dakika 20°C'de santrifüj edilmiş ve analiz süresine kadar -20°C'de saklanmıştır.

## Toplam Fenolik Bileşen İçeriğinin Belirlenmesi

Toplam fenolik bileşen analizi Folin-Ciocalteu metoduna göre yapılmıştır [26]. Öncelikle örnek (30 µL) üzerine Folin-Ciocalteu reaktifi (150 µL) ve ardından %7.5'lük sodyum karbonat (120 µL) eklenmiştir. Örnekler mikro okuyucuda (Multiscan FC, Thermo, İstanbul) oda sıcaklığında ve karanlıkta 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin ardından örneklerin absorbansı 750 nm'de belirlenmiştir. Yukarıda bahsedilen prosedür kalibrasyon eğrisi hazırlamak için kullanılan farklı konsantrasyonlardaki galik asit (GA) çözeltileri için de uygulanmış ve GA standart grafiği oluşturulmuştur. Sonuçlar mg GAE/g olarak verilmiştir.

## DPPH Radikal Süpürücü Aktivite

DPPH radikal süpürücü aktivite analizi [27]'ne göre küçük değişikliklerle yürütülmüştür. Örnek (30 µL) üzerine DPPH çözeltisi (270 µL) eklenmiş ve 1 saat inkübasyon süresince oda sıcaklığında ve karanlıkta bekletilmiştir. İnkübasyon sonunda 520 nm'de mikro okuyucuda (Multiscan FC, Thermo, İstanbul) absorbans belirlenmiştir. Sonuçlar Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır:

$$\% = \frac{A_k - A_0}{A_k} \times 100 \quad (1)$$

Ak: kontrol absorbansını, A0: örnek absorbansını göstermektedir.

Sonuçlar Trolox kalibrasyon eğrisi kullanılarak mg TE/ g ZY olarak verilmiştir.

## Metal Şelatlama Aktivitesi

Zeytin yaprağı ekstraktı (400 µL) ve FeCl<sub>2</sub> (50 µL, 2 mM) deney tüplerine eklenip 30 dakika 25°C'de inkübasyona bırakılmış ve sürenin ardından ortama ferrozin (200 µL, 5 mM) ve etanol (3.350 mL) eklenmiştir. 10 dakika inkübasyon süresinin ardından örneklerin absorbansı spektrofotometrede (UV1700 Pharmaspec, Shimadzu, Japonya) 542 nm'de belirlenmiştir. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak % şelatlama belirlenmiştir [28]:

$$\% = \frac{A_k - A_0}{A_k} \times 100 \quad (2)$$

Burada Ak: kontrol absorbansını, A0: örnek absorbansını göstermektedir.

Şelatlayıcı bir ajan olarak bilinen EDTA ile elde edilen kalibrasyon eğrisi kullanılarak sonuçlar µmol EDTA/g ZY olarak verilmiştir.

## Kinetik Model

Bu çalışmada, Peleg modeli ve ikinci dereceden kinetik model olmak üzere iki farklı matematiksel yaklaşım kullanılmıştır. Fenolik bileşenlerin ekstraksiyonunun kinetik modellenmesi elde edilen deneysel veriler ile her bir modele uydurularak karşılaştırılmıştır [22].

## Peleg Modeli

Peleg eşitliği (Eşitlik 3) üstel olmayan ampirik bir eşitliktir [29, 30]:

$$Ct = \frac{1}{K_1 + K_2 t} \quad (3)$$

Burada Ct, t (dk) zamanında ekstrakttaki (mg/mL) fenolik bileşen konsantrasyonunu, K<sub>1</sub>, hız sabiti (dk. mL/mg) ve K<sub>2</sub>, kapasite sabitidir (mL/mg). Peleg modeli kullanılarak ekstraksiyon hızı B<sub>0</sub> (mg/mL dk.) Eşitlik 4'e göre belirlenmiştir.

$$B_0 = \frac{1}{K_1} \quad (4)$$

## İkinci Derece Kinetik Model

Katı-sıvı ekstraksiyon işlemi, bir adsorpsiyon işleminin tersi olarak düşünülebilir, bu nedenle adsorpsiyon kinetik eşitliklerinin temelleri katı-sıvı ekstraksiyonuna uygulanabilir [31]. [33]'e göre kullanılan ikinci derece ekstraksiyon kinetik modeli Eşitlik 5'te verilmiştir:

$$\frac{dCt}{dt} = k_b (C_{eq} - Ct)^2 \quad (5)$$

Burada k<sub>b</sub> (mL/mg dk), ikinci dereceden ekstraksiyon hızı sabitidir. C<sub>eq</sub> (mg GAE/g) ise ekstrakt içindeki fenolik bileşen denge konsantrasyonudur.

t=0 ile t ve Ct=0 ile Ct sınır koşulları altında ikinci dereceden bir ekstraksiyon için entegre hız yasası Eşitlik 6'ya göre yazılabilir [32]:

$$Ct = \frac{k_1 \cdot t \cdot C_{eq}^2}{1 + k_1 \cdot t \cdot C_{eq}} \quad (6)$$

## İstatistiksel Analiz

Örnekler arasında istatistiksel farklılıklar Minitab 17 (Minitab Ltd., Coventry, Birleşik Krallık) kullanılarak %95,0 güven düzeyinde ANOVA ve TUKEY testleri ile incelenmiştir. Kinetik modellerin parametreleri, doğrusal olmayan regresyon ile tahmin edilmiştir. Parametrelerin değerlendirilmesinde Statistica (Tibco Software Inc. ABD) kullanılmıştır. Ayrıca tahmini standart hata (SEE) (Eşitlik 7) her bir modelin uyumluluğunu değerlendirmek için belirlenmiştir.

$$SEE = \sqrt{\sum \frac{(C_{t\text{tahmini}} - C_{t\text{deneysel}})^2}{N}} \quad (7)$$

C<sub>t<sub>deneysel</sub></sub>, t zamanındaki ekstraktın fenolik bileşen konsantrasyonunun deneysel değeri, C<sub>t<sub>tahmini</sub></sub> tahmin edilen fenolik bileşen değeri ve N, gözlem sayısıdır.

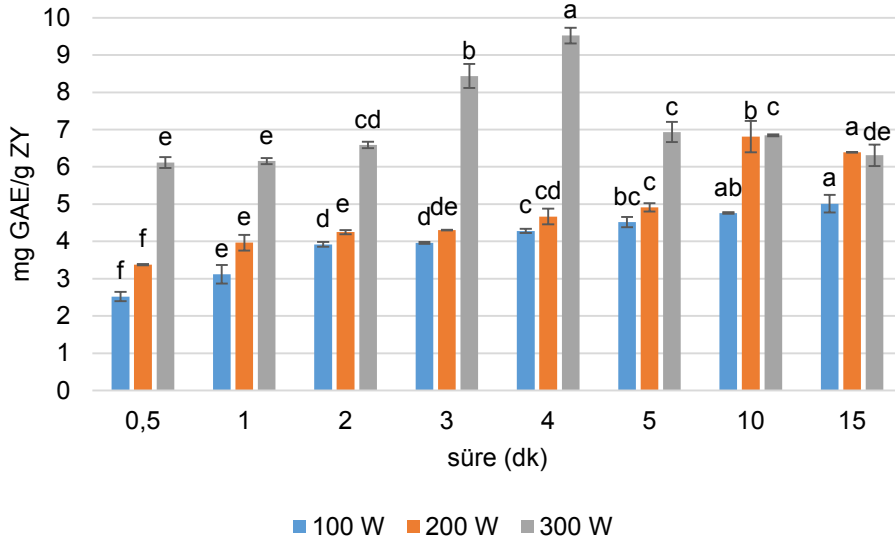
## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Toplam Fenolik Bileşen

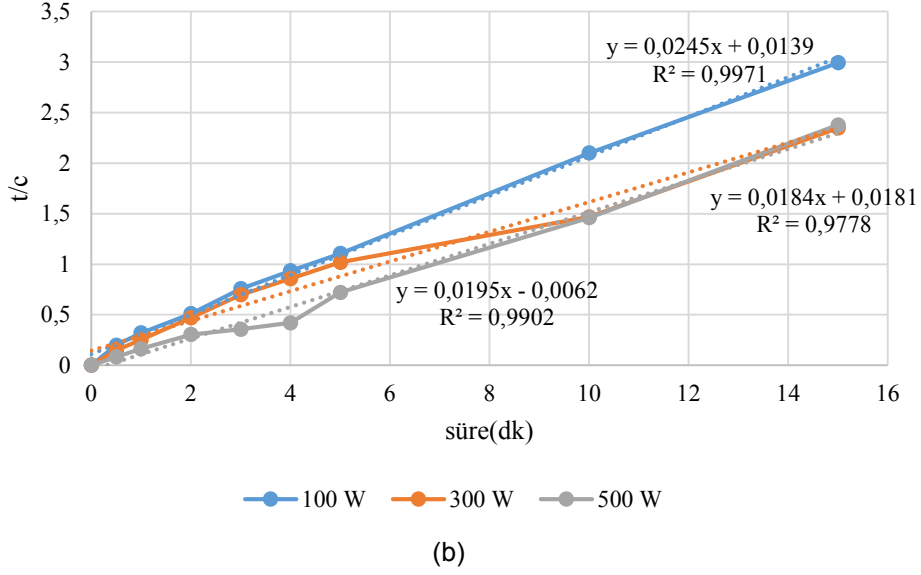
MDE ile farklı güç ve sürelerde elde edilen TPC verileri Şekil 1a'da verilmiştir. Mikrodalganın gücünün ve sürenin ekstraksiyon verimi üzerine önemli etkilerinin olduğu görülmektedir. Ekstraksiyon prosesi üç farklı adımda

gerçekleşir: substratın partikülün dış yüzeyinden yaklaşık olarak sabit bir hızla çıkarıldığı bir denge fazı gerçekleşir. Daha sonra, bu aşamayı, konveksiyon ve difüzyon yoluyla kütle transferinin hakim olduğu difüzyona ara geçiş aşaması izler. Son aşamada, ekstraksiyon hızı düşüktür ve çözünen kendisini matrikse bağlayan ve ekstraksiyon çözücüsüne yayılan etkileşimlerin üstesinden gelmelidir [34]. 100W güç uygulanan örneklerde TPC değerinin süre ile doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. 300W güç uygulanan örneklerde 10. dakikaya kadar bir artış gözlenirken bu noktadan sonra TPC değerinin düştüğü görülmüştür. 500W uygulamada ise en yüksek TPC verimi 4. dakikada elde edilmiş ve bu noktadan sonra verim düşüş göstermiştir. [22] yaptıkları çalışmada 0.5 ile 4. dakika arasındaki mikrodalga uygulamalarında verim artarken ilerleyen sürelerde verimin azaldığını bildirmişlerdir. Yapılan bir çalışmada *Vernonia amygdalina* (Afrika'da yetişen küçük bir çalı) yapraklarından fenoliklerin ekstraksiyonu sırasında, artan uygulama süresi ile ekstraksiyon veriminde başlangıçta bir artış daha sonra düşüş bildirilmiştir [35]. MDE'da uygulama süresiyle birlikte başlangıçta artış meydana gelse de, uzun süreli uygulamalarda fenolik bileşiklerin olası bozunması nedeniyle ekstraksiyon verimini azaldığı bildirilmiştir [25]. En yüksek TPC verimi 500W uygulamada 4. dakikada  $9.52 \pm 0.21$  mg GAE/mL olarak elde edilmiştir. 100W güç uygulanmış örneklerde en yüksek verim 15. dakikada  $5.01 \pm 0.23$  mg GAE/mL ve 300W uygulamada 10. dakikada  $6.81 \pm 0.43$  mg GAE/ mL olarak bulunmuştur. 500W uygulamada 4 dakika gibi kısa bir sürede yüksek verimin elde edildiği görülmektedir. *Hibiscus sabdariffa* bitkisinin yapraklarından fenolik bileşenlerin eldesinde MDE'nun incelendiği bir çalışmada 10:1 mL/g sabit

çözücü/numune oranı, 40°C sıcaklık ve 30 ila 180 s arasında değişen sürelerde mikrodalga güçleri uygulanmış mikrodalga gücü arttıkça verimin arttığı bildirilmiştir. Yine aynı çalışmada, mikrodalga gücü 300'den 500W'a artırıldığında verimin arttığı ve 3 dakikalık ekstraksiyon süresinde *Hibiscus sabdariffa*'den en yüksek verimi elde etmek için 500W mikrodalga gücünün uygun olduğu bildirilmiştir [25]. Nar kabuklarından MD fenolik bileşen ekstraksiyonunun incelendiği bir çalışmada uygulanan gücün 173W'tan 600W'a artmasıyla verimin arttığı gözlemlenirken, 100W'dan 173W'a yükseldiğinde ters bir eğilim olduğu bildirilmiştir [22]. Bu durum artan mikrodalga gücü ile moleküller üzerinde iyonik iletim ve dipol rotasyonları sayesinde daha fazla elektromanyetik enerjinin transfer edilmesi ve bunun sonucunda ekstraksiyon sisteminin hızla ısınmasına atfedilebilir [36]. Ayrıca mevcut çalışmada kullanılan mikrodalga sisteminde artan güç ile artan ekstraksiyon sıcaklığı kontrol edilemediğinden ekstraksiyon verimine güç ile birlikte artan sıcaklığın etkisi de söz konusudur. Mikrodalga gücündeki artış sıcaklığı arttırdığı için ekstraksiyon veriminin artmasına neden olduğu görülmüştür. Ancak artan güç ve uygulama süresi ile meydana gelen sıcaklıkta ki aşırı artışlar fenolik bileşiklerin bozunmasına ve belli bir süreden sonra verimde azalmaya neden olur [35, 37]. Mevcut çalışmada ekstraktların TPC değerleri  $20.17 \pm 1.01$  ile  $76.16 \pm 1.69$  mg GAE/g ZY olarak bulunmuştur. Aseton, su, metanol ve etanol gibi farklı çözücüler ve çözücü oranları kullanılarak zeytin yaprağından ultrason destekli fenolik bileşenlerin ekstraksiyonunun incelendiği bir çalışmada TPC değerleri 106.50 mg GAE /g ile 2.94 mg GAE/g olarak bildirilmiştir [38].



(a)



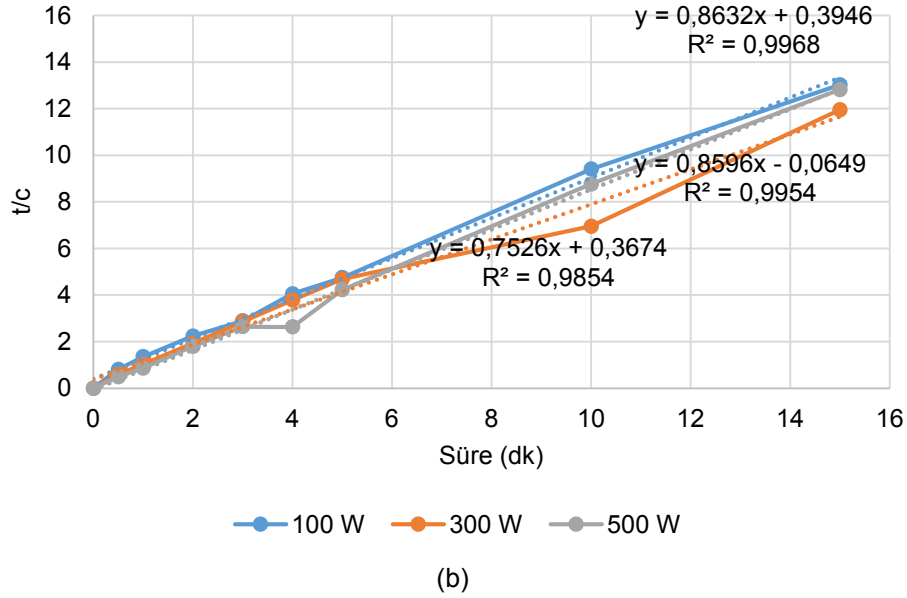
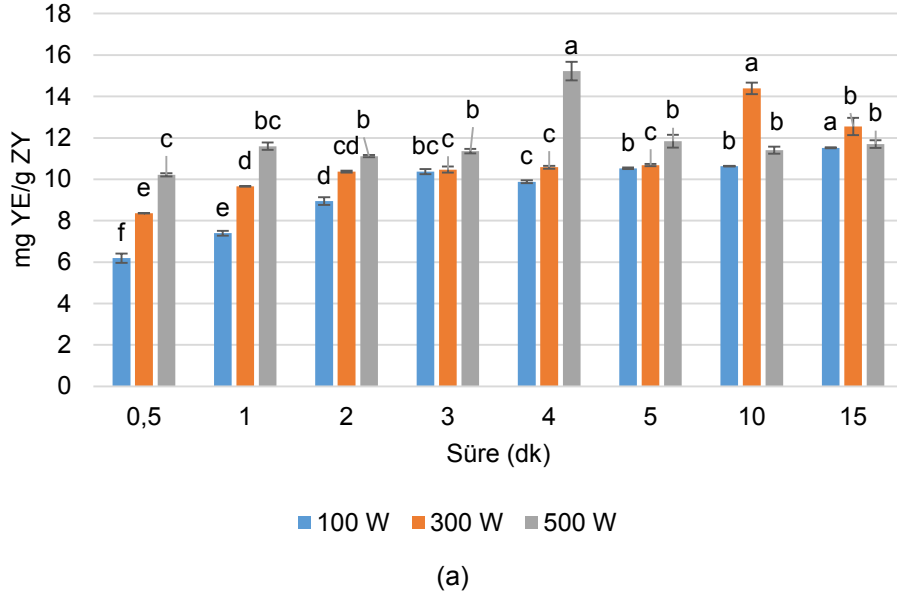
Şekil 1. Toplam fenolik bileşen ekstraksiyonu (Şekil 1a; Uygulanan farklı güçlerde zamana karşı elde edilen toplam fenolik bileşen miktarı; Şekil 1b; t/c ve fenolik bileşen arasındaki korelasyon. <sup>a-f</sup>: aynı güç uygulamasında farklı sürelerin arasındaki istatistiksel farkı Tukey testine göre göstermektedir (p<0.05) \*ZY; zeytin yaprağı

*Figure 1. Total phenolic component extraction (Figure 1a; Total phenolic contents against time at different microwave powers; Figure 1b; correlation between t/c and phenolic content. a-f shows the statistical difference between different times at the same power application according to the Tukey test (p<0.05) \*ZY; olive leaf*

### DPPH Radikal Süpürücü Aktivite

Fenolik bileşikler içeren bitki ekstraktlarının antioksidan aktivitesi, hidrojen atomları veya elektronları verici olma ve serbest radikalleri yakalama kapasitelerinden kaynaklanmaktadır. DPPH analizi, bitki ekstraktlarının bileşenlerinin hidrojen atomları vericisi olarak hareket etme kabiliyetini kanıtlamak için kullanılan testlerden biridir [39]. Farklı güç ve sürede gerçekleştirilen MDE'dan elde edilen ekstraktlara ait DPPH süpürücü aktivite değerleri Şekil 2a'da verilmiştir. Elde edilen sonuçların TPC verileri ile paralellik gösterdiği görülmektedir. Yapılan bir çalışmada zeytin yaprağı etil asetat ekstraktına ait DPPH radikal süpürücü aktivitenin, fenolik içeriği ile iyi bir korelasyon gösterdiği bildirilmiştir [40]. 100W'lık uygulama için süreyle birlikte doğrusal bir artış meydana geldiği görülmektedir. 3., 4., 5. ve 10. dakika örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değilken 15. dakika örneğinin DPPH süpürücü aktivite değeri diğer örneklerden yüksek ve istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (p<0.05). 300W mikrodalga gücü uygulanarak elde edilen ekstraktlarda en yüksek DPPH süpürücü aktivite değeri 10.63±0.02 mg TE/ g ZY olarak 10. dakika ekstraktından elde edilmiştir. 15. dakikada ise antioksidan aktivitenin azaldığı görülmektedir. 500W güç uygulanmış örneklerde ise en

yüksek DPPH süpürücü aktivite değeri 4. dakikada (15.22±0.45 mg TE/ g ZY) elde edilmiştir. 5.dakika örneğinde antioksidan aktivitenin azaldığı ve 5., 10. ve 15. dakika örnekleri DPPH süpürücü aktivite değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir (p>0.05). Çözücüsüz MDE'nun incelendiği bir çalışmada zeytin yapraklarından elde edilen en yüksek DPPH süpürücü aktivite değeri 20 mg TE/g kuru yaprak olarak bildirilmiştir [41]. Rus zeytin yapraklarından MD fenolik bileşen ekstraksiyonunun incelendiği bir çalışmada çözücü olarak farklı konsantrasyonlarda etanol- su karışımı kullanılmış ve DPPH süpürücü aktivite 4.86-17.25 mg TE/g olarak bildirilmiştir. Ekstraksiyonda kullanılan çözücü farklılıkları ekstraksiyon verimini etkilemektedir [13]. DPPH süpürücü aktivite değerleri hegzan kullanılarak elde edilen zeytin yaprağı ekstraktı için %55.5 olarak bildirilmiştir [40]. Ultrason destekli ekstraksiyonun incelendiği bir çalışmada farklı etanol konsantrasyonları ile hazırlanan çözücülerden elde edilen ekstraktların DPPH süpürücü aktivite değerleri %86.31 ile 97.97 arasında değiştiği bildirilmiştir [42]. Çözücü olarak suyun kullanıldığı mevcut çalışmada konsantrasyonu 1.25 mg/mL (ZY/su) olan örneklerin DPPH süpürücü aktivite değerleri %39.01 ile %94.74 arasında bulunmuştur.



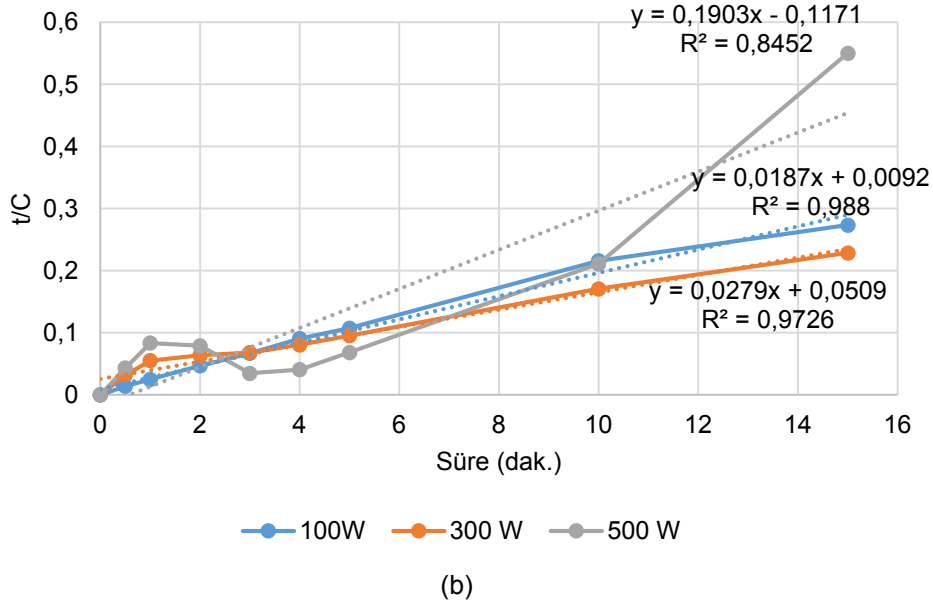
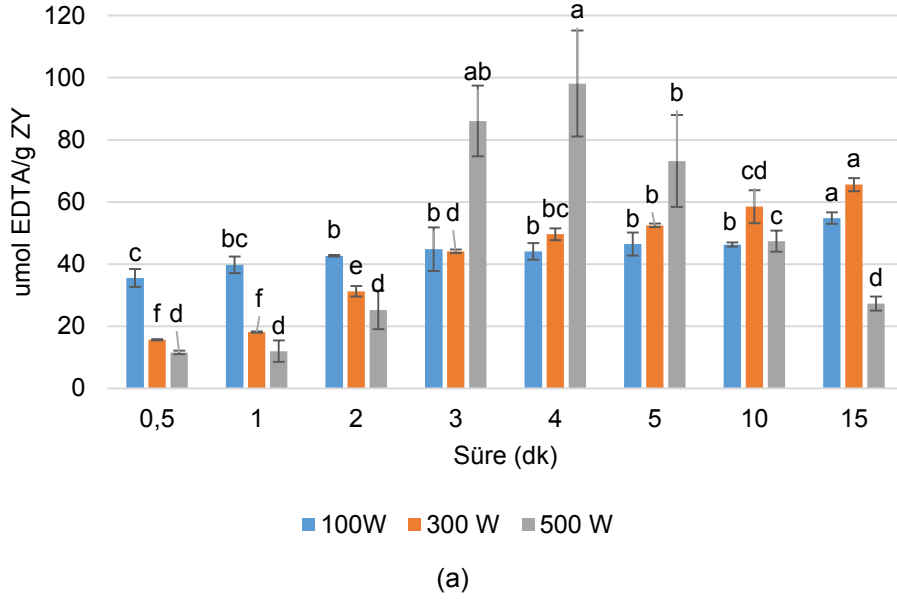
Şekil 2. DPPH radikal süpürücü aktivite (Şekil 2a; Uygulanan farklı güçlerde zamana karşı elde edilen DPPH radikal süpürücü aktivite, Şekil 2b; t/c ve DPPH radikal süpürücü aktivite arasındaki korelasyon). a-f: aynı güç uygulamasında farklı sürelerin arasındaki istatistiksel farkı Tukey testine göre göstermektedir ( $p < 0.05$ ) \*ZY; zeytin yaprağı

Figure 2. DPPH radical scavenging activity (Figure 2a; DPPH radical scavenging activity against time at different microwave powers, Figure 2b; correlation between t/c and DPPH radical scavenging activity). a-f shows the statistical difference between different times at the same power application according to the Tukey test ( $p < 0.05$ ) \*ZY; olive leaf

### Metal Şelatlama Aktivitesi

Ekstraktların metal şelatlama aktiviteleri incelendiğinde TPC ve DPPH süpürücü aktivite analizlerinde aynı güç uygulamalarında elde edilen değerler ile benzer bir ilişkinin olduğu görülmektedir (Şekil 3a). [43] yaptıkları çalışmada DPPH ve metal şelatlama aktivitesi için Pearson korelasyon katsayısının 0.996 olarak bildirmişlerdir. Ayrıca DPPH ve metal şelatlama aktivitesinin mikrodalga gücü, ekstraksiyon süresi ve çözücü konsantrasyonunun ve bunların birbiriyle etkileşimin önemli bir rol oynadığını bildirmişlerdir. Diğer

analizlerde olduğu gibi en yüksek değer 500W güç uygulanmış 4. dakika örneğinde  $98.13 \pm 0.04$   $\mu\text{mol}$  EDTA/g ZY olarak gözlenmiştir. 500W için 4. dakikadan sonra artan süre ile birlikte metal şelatlama aktivitesi değerinin düştüğü görülmektedir. Bu durum ekstraksiyon süresinin uzamasıyla daha yüksek bir sıcaklığa ulaşılması ve fenoliklerin termal bozunması ile açıklanabilir [44]. 100 ve 300W güç uygulanmış örneklerde en yüksek metal şelatlama aktiviteleri 15 dakika mikrodalga uygulanmış örneklerde sırasıyla  $57.84 \pm 0.27$  ve  $65.59 \pm 0.23$   $\mu\text{mol}$  EDTA/g ZY olarak bulunmuştur.



Şekil 3. Metal şelatlama aktivitesi (Şekil 3a; Uygulanan farklı güçlerde zamana karşı elde edilen metal şelatlama aktivitesi, Şekil 3b; t/c ve metal şelatlama aktivite arasındaki korelasyon. a-f: aynı güç uygulamasında farklı sürelerin arasındaki istatistiksel farkı Tukey testine göre göstermektedir (p<0.05). \*ZY; zeytin yaprağı

*Figure 3. Metal chelating activity (Figure 3a; Metal chelating activity against time at different microwave powers, Figure 3b; correlation between t/c and metal chelating activity. a-f shows the statistical difference between different times at the same power application according to the Tukey test (p < 0.05). \*ZY; olive leaf*

### Kinetik Model

DeneySEL verilere uyması için mevcut çalışmada Peleg modeli ve ikinci dereceden kinetik model olmak üzere iki farklı kinetik model kullanılmıştır. [45]'e göre ekstraktların zaman/konsantrasyon (t/C) oranı için lineer eğrileri elde edilmiş, TPC, DPPH süpürücü aktivite ve metal şelatlayıcı aktivite için sırasıyla Şekil 1b, Şekil 2b ve Şekil 3b'de sunulmuştur Verilerin değerlendirilmesi için Statistica (Tibco Software Inc., ABD) programı kullanılmıştır. DeneySEL veriler doğrultusunda lineer

olmayan regrasyon ile programdan elde edilen R değerleri ve ayrıca hesaplanan SEE değerleri Tablo 1'de verilmiştir. SEE değerleri 100, 300 ve 500W güç uygulanmış örnekler için Peleg modelinde sırasıyla 0.64, 0.76 ve 1.51 ve ikinci dereceden model için ise sırasıyla 0.78, 1.39 ve 3.32 olarak bulunmuştur. SEE değerinin düşük oluşu deneySEL verilerin modele uygun olduğunu göstermektedir [22]. Değerler incelendiğinde Peleg modeli uygulandığında SEE değerlerinin düşük olduğu ve dolayısıyla verilerin Peleg modeline daha uygun olduğu görülmektedir. Daha önceki çalışmalarda da Peleg modelinin gıda maddelerine uygulanabilirliği

kapsamlı bir şekilde kanıtlanmıştır [22, 29, 46]. Peleg modelinde  $K_1$  değerinin düşük olması işlemin ne kadar hızlı olduğunu göstermektedir [47].  $K_1$  değeri uygulanan mikrodalga gücüyle ters orantılı bir şekilde azalmaktadır (Tablo 1) artan güç ile daha yüksek bir reaksiyon hızına ulaşıldığı görülmektedir. Mikrodalga gücü numunede merkezi bir ısınma sağlar, oluşan bu sıcaklık artışı bitki matrisinin zarar görmesi için bir itici güç görevi görür,

böylece çözünen madde difüze olur ve çözücü içinde çözülür ve buna bağlı olarak hız sabiti artar [22]. Ancak daha yüksek güç kullanıldığında veya uygulama süresi uzatıldığında daha yüksek bir sıcaklık meydana gelir ve hücre duvarının hızlı yırtılması gerçekleşebilir. Sonuç olarak safsızlıklar da istenen çözünen ile birlikte çözücüye sızabilir [34].

Tablo 1. Zeytin yapraklarından fenolik bileşiklerin mikrodalga destekli ekstraksiyonu için uygulanan kinetik modellerin istatistiksel parametreleri\*

**Table 1. Statistical parameters of kinetic models for microwave assisted extraction of phenolic compounds from olive leaves\***

Güç (W)	Peleg Modeli				İkinci Derece Model		
	$K_1$	$B_0$	SEE	R	Ceq	SEE	R
100	0.33	3.03	0.64	0.98	4	0.78	0.86
300	0.29	3.45	0.76	0.68	5	1.39	0.82
500	0.17	5.88	1.51	0.22	7	3.32	0.90

\*:  $K_1$ , hız sabiti (min mL/mg);  $B_0$ , ekstraksiyon hızı (mg/dk mL); Ceq,  $t_{\infty}$ daki konsantrasyon (mg GAE/g)

\*:  $K_1$ , rate constant (min mL/mg);  $B_0$ , extraction rate (mg/min mL); Ceq, concentration at  $t_{\infty}$  (mg GAE/g)

## SONUÇ

Ekonomik ve doğal antioksidanların araştırılmasına artan ilgi ve sentetik antioksidanların güvenliği konusundaki endişe doğal kaynaklardan çevre dostu tekniklerle antioksidan eldesine olan ilgiyi arttırmıştır. Zeytin yaprağı farklı ekstraksiyon işlemleriyle elde edilebilen ve konsantre edilebilen iyi bir ticari fenolik bileşik kaynağı olabilir. Zeytin yaprağı fenolik bileşen ekstraktları, gıda ürünleri için sentetik antioksidanların yerine kullanılabilir. Mevcut çalışmada, fenolik bileşiklerin MDE ile zeytin yaprağından fenolik bileşen eldesi için güç ve sürenin etkisi incelenmiştir. Fenolik bileşenleri zeytin yaprağından en yüksek verimle ( $9.52 \pm 0.21$  mg GAE/mL) geri kazanmak için çözücü olarak su kullanıldığında 500W güç uygulamasında 4 dakikanın yeterli olduğu görülmüştür. Ayrıca farklı güç ve sürelerde elde edilen ekstraktların antioksidan özellikleri DPPH radikal süpürücü aktivite ve metal şelatlama aktivitesi analizleri ile değerlendirilmiştir. 500W 4 dakika uygulama süresinde elde edilen ekstraktların DPPH süpürücü aktivite ve metal şelatlayıcı aktivite değerleri sırasıyla  $15.22 \pm 0.45$  mg TE/g ZY ve  $98.13 \pm 0.04$   $\mu$ mol EDTA/g ZY olarak bulunmuştur. Mikrodalga uygulamanın kütle transfer mekanizmasını daha iyi anlamak için, toplam fenoliklerin zeytin yaprağından farklı güç uygulamalarında ekstraksiyonu ve salınma kinetiği deneysel olarak incelenmiştir. SEE değerleri incelendiğinde verilerin diğer modellere göre Peleg modelinde daha düşük olduğu ve bu nedenle verilerin Peleg modeline daha uygun olduğu söylenebilir. Artan mikrodalga gücü ile daha yüksek bir reaksiyon hızına ulaşıldığı görülmektedir. Mikrodalga enerjisi işlem süresini azalttığı, alternatif çözücülerin (sulu etanol) ve yenilenebilir doğal ürünlerin kullanımına izin verdiği ve güvenli ve yüksek kaliteli bir ekstrakt/ürün sağladığı için yeşil süreç tanımının şartlarını karşılamaktadır. Bu düşük maliyetli teknolojinin uygulanmasından daha fazla fayda sağlamak için, gelecekteki çalışmalar da farklı

çözücü veya çözücü karışımlarının ve örnek/çözücü oranı etkilerinin ayrıntılı incelemeleri yapılabilir.

## KAYNAKLAR



- [1] Pérez-Bonilla, M., Salido, S., van Beek, T.A., Linares-Palomino, P.J., Altarejos, J., Nogueras, M., Sánchez, A. (2006). Isolation and identification of radical scavengers in olive tree (*Olea europaea*) wood. *Journal of Chromatography A*, 1112(1-2), 311-318.
- [2] Goulas, V., Exarchou, V., Troganis, A.N., Psomiadou, E., Fotsis, T., Briasoulis, E., Gerothanassis, I. P. (2009). Phytochemicals in olive-leaf extracts and their antiproliferative activity against cancer and endothelial cells. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53(5), 600-608.
- [3] Mohammadi, A., Jafari, S.M., Esfanjani, A.F., Akhavan, S. (2016). Application of nano-encapsulated olive leaf extract in controlling the oxidative stability of soybean oil. *Food Chemistry*, 190, 513-519.
- [4] Ranalli, A., Marchegiani, D., Contento, S., Girardi, F., Nicolosi, M.P., Brullo, M.D. (2009). Variations of iridoid oleuropein in Italian olive varieties during growth and maturation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(7), 678-687.
- [5] Park, Y.K., Lee, W.Y., Park, S.Y., Ahn, J.K., Han, M.S. (2005). Antioxidant activity and total phenolic content of *Callistemon citrinus* extracts. *Food Science and Biotechnology*, 14(2), 212-215.
- [6] Talhaoui, N., Taamalli, A., Gómez-Caravaca, A.M., Fernández-Gutiérrez, A., Segura-Carretero, A. (2015). Phenolic compounds in olive leaves: Analytical determination, biotic and abiotic influence, and health benefits. *Food Research International*, 77, 92-108.
- [7] Erbay, Z., Icier, F. (2010). Thin-layer drying behaviors of olive leaves (*Olea europaea* L.).



- Journal of Food Process Engineering*, 33(2), 287-308.
- [8] Gömen, M., Akkaya, L., Kara, R., Gök, V., Önen, A., Ektik, N. (2016). Zeytin yaprağı ekstraktı ilavesinin köftelerde *S. typhimurium*, *E. coli* o157 ve *S. aureus* gelişimi üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 14(1), 28-32.
- [9] Taamalli, A., Arráez-Román, D., Ibañez, E., Zarrouk, M., Segura-Carretero, A., Fernandez-Gutierrez, A. (2012). Optimization of microwave-assisted extraction for the characterization of olive leaf phenolic compounds by using HPLC-ESI-TOF-MS/IT-MS2. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(3), 791-798.
- [10] Chanioti, S., Siamandoura, P., Tzia, C. (2016). Evaluation of extracts prepared from olive oil by-products using microwave-assisted enzymatic extraction: effect of encapsulation on the stability of final products. *Waste and Biomass Valorization*, 7(4), 831-842.
- [11] Şahin, S., Bilgin, M., Dramur, M.U. (2011). Investigation of oleuropein content in olive leaf extract obtained by supercritical fluid extraction and soxhlet methods. *Separation Science and Technology*, 46(11), 1829-1837.
- [12] Xynos, N., Papaefstathiou, G., Gikas, E., Argyropoulou, A., Aligiannis, N., Skaltsounis, A.L. (2014). Design optimization study of the extraction of olive leaves performed with pressurized liquid extraction using response surface methodology. *Separation and Purification Technology*, 122, 323-330.
- [13] Darvishzadeh, P., Orsat, V. (2022). Microwave-assisted extraction of antioxidant compounds from Russian olive leaves and flowers: Optimization, HPLC characterization and comparison with other methods. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 27, 100368.
- [14] Hayat, K., Hussain, S., Abbas, S., Farooq, U., Ding, B., Xia, S., Xia, W. (2009). Optimized microwave-assisted extraction of phenolic acids from citrus mandarin peels and evaluation of antioxidant activity in vitro. *Separation and Purification Technology*, 70(1), 63-70.
- [15] Ballard, T.S., Mallikarjunan, P., Zhou, K., O'Keefe, S. (2010). Microwave-assisted extraction of phenolic antioxidant compounds from peanut skins. *Food Chemistry*, 120(4), 1185-1192.
- [16] Zheng, X., Xu, X., Liu, C., Sun, Y., Lin, Z., Liu, H. (2013). Extraction characteristics and optimal parameters of anthocyanin from blueberry powder under microwave-assisted extraction conditions. *Separation and Purification Technology*, 104, 17-25.
- [17] Vieira, A., Abar, L., Chan, D., Vingeliene, S., Polemiti, E., Stevens, C., Norat, T. (2017). Foods and beverages and colorectal cancer risk: a systematic review and meta-analysis of cohort studies, an update of the evidence of the WCRF-AICR Continuous Update Project. *Annals of Oncology*, 28(8), 1788-1802.
- [18] Di Meo, M.C., De Cristofaro, G.A., Imperatore, R., Rocco, M., Giaquinto, D., Palladino, A., Zotti, T., Vito, P., Paolucci, M., Varricchio, E. (2021). Microwave-assisted extraction of olive leaf from five Italian cultivars: Effects of harvest-time and extraction conditions on phenolic compounds and in vitro antioxidant properties. *ACS Food Science & Technology*, 2(1), 31-40.
- [19] da Rosa, G.S., Vanga, S.K., Garipey, Y., Raghavan, V. (2019). Comparison of microwave, ultrasonic and conventional techniques for extraction of bioactive compounds from olive leaves (*Olea europaea* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 58, 102234.
- [20] Da-Wen, S., Song-Jiu, D. (1989). Study of the heat and mass transfer characteristics of metal hydride beds: a two-dimensional model. *Journal of the Less Common Metals*, 155(2), 271-279.
- [21] Sun, D.W., Deng, S.J. (1990). A theoretical model predicting the effective thermal conductivity in powdered metal hydride beds. *International Journal of Hydrogen Energy*, 15(5), 331-336.
- [22] Kaderides, K., Papaoikonomou, L., Serafim, M., Goula, A.M. (2019). Microwave-assisted extraction of phenolics from pomegranate peels: Optimization, kinetics, and comparison with ultrasounds extraction. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 137, 1-11.
- [23] Dong, Z., Gu, F., Xu, F., Wang, Q. (2014). Comparison of four kinds of extraction techniques and kinetics of microwave-assisted extraction of vanillin from *Vanilla planifolia* Andrews. *Food Chemistry*, 149, 54-61.
- [24] Li, M., Ngadi, M. O., Ma, Y. (2014). Optimisation of pulsed ultrasonic and microwave-assisted extraction for curcuminoids by response surface methodology and kinetic study. *Food Chemistry*, 165, 29-34.
- [25] Alara, O.R., Abdurahman, N.H. (2019). Microwave-assisted extraction of phenolics from *Hibiscus sabdariffa calyces*: Kinetic modelling and process intensification. *Industrial Crops and Products*, 137, 528-535.
- [26] Singleton, V. (1985). Citation classic-colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Current Contents/Agriculture Biology & Environmental Sciences*, 48, 18-18.
- [27] Orhan, I., Kartal, M., Naz, Q., Ejaz, A., Yilmaz, G., Kan, Y., Choudhary, M.I. (2007). Antioxidant and anticholinesterase evaluation of selected Turkish *Salvia* species. *Food Chemistry*, 103(4), 1247-1254.
- [28] Dinis, T.C., Madeira, V.M., Almeida, L.M. (1994). Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 315(1), 161-169.
- [29] Poojary, M.M., Passamonti, P. (2015). Extraction of lycopene from tomato processing waste: kinetics and modelling. *Food Chemistry*, 173, 943-950.
- [30] Peleg, M. (1988). An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*, 53(4), 1216-1217.
- [31] Goula, A.M. (2013). Ultrasound-assisted extraction of pomegranate seed oil–Kinetic modeling. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 492-498.

- [32] Pan, Z., Qu, W., Ma, H., Atungulu, G.G., McHugh, T.H. (2012). Continuous and pulsed ultrasound-assisted extractions of antioxidants from pomegranate peel. *Ultrasonics Sonochemistry*, 19(2), 365-372.
- [33] Chan, C.H., Yusoff, R., Ngho, G.C. (2014). Modeling and kinetics study of conventional and assisted batch solvent extraction. *Chemical Engineering Research and Design*, 92(6), 1169-1186.
- [34] Chemat, F., Cravotto, G. (2012). Microwave-assisted extraction for bioactive compounds: theory and practice (Vol. 4): Springer Science & Business Media.
- [35] Alara, O.R., Abdurahman, N.H., Olalere, O.A. (2018). Optimization of microwave-assisted extraction of flavonoids and antioxidants from *Vernonia amygdalina* leaf using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 107, 36-48.
- [36] Gfrerer, M., Lankmayr, E. (2005). Screening, optimization and validation of microwave-assisted extraction for the determination of persistent organochlorine pesticides. *Analytica Chimica Acta*, 533(2), 203-211.
- [37] Patil, D.M., Akamanchi, K.G. (2017). Microwave assisted process intensification and kinetic modelling: Extraction of camptothecin from *Nothapodytes nimmoniana* plant. *Industrial Crops and Products*, 98, 60-67.
- [38] Irakli, M., Chatzopoulou, P., Ekateriniadou, L. (2018). Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds: Oleuropein, phenolic acids, phenolic alcohols and flavonoids from olive leaves and evaluation of its antioxidant activities. *Industrial Crops and Products*, 124, 382-388.
- [39] Ardestani, A., Yazdanparast, R. (2007). Antioxidant and free radical scavenging potential of *Achillea santolina* extracts. *Food Chemistry*, 104(1), 21-29.
- [40] Brahmi, F., Mechri, B., Dabbou, S., Dhibi, M., Hammami, M. (2012). The efficacy of phenolics compounds with different polarities as antioxidants from olive leaves depending on seasonal variations. *Industrial Crops and Products*, 38, 146-152.
- [41] Şahin, S., Samli, R., Tan, A.S.B., Barba, F.J., Chemat, F., Cravotto, G., Lorenzo, J.M. (2017). Solvent-free microwave-assisted extraction of polyphenols from olive tree leaves: Antioxidant and antimicrobial properties. *Molecules*, 22(7), 1056.
- [42] Şahin, S., Şamli, R. (2013). Optimization of olive leaf extract obtained by ultrasound-assisted extraction with response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(1), 595-602.
- [43] Krishnaswamy, K., Orsat, V., Gariépy, Y., Thangavel, K. (2013). Optimization of microwave-assisted extraction of phenolic antioxidants from grape seeds (*Vitis vinifera*). *Food and Bioprocess Technology*, 6(2), 441-455.
- [44] Chen, Y., Xie, M.Y., Gong, X.F. (2007). Microwave-assisted extraction used for the isolation of total triterpenoid saponins from *Ganoderma atrum*. *Journal of Food Engineering*, 81(1), 162-170.
- [45] Kadiri, O., Gbadamosi, S.O., Akanbi, C.T. (2019). Extraction kinetics, modelling and optimization of phenolic antioxidants from sweet potato peel vis-a-vis RSM, ANN-GA and application in functional noodles. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(4), 3267-3284.
- [46] Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., Gimeno-Añó, V., Martín-Belloso, O. (2008). Modeling changes in health-related compounds of tomato juice treated by high-intensity pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering*, 89(2), 210-216.
- [47] Ghafoor, M., Misra, N., Mahadevan, K., Tiwari, B. (2014). Ultrasound assisted hydration of navy beans (*Phaseolus vulgaris*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(1), 409-414.
-

## Karides Unlu Atıştırmalık Üretiminde 3D Gıda Yazıcısı Kullanımı: Yazdırma Parametreleri ve Formülasyonun Optimizasyonu

Hanife Aydan Yatmaz  

Akdeniz Üniversitesi, Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırmalar Merkezi, Antalya

Geliş Tarihi (Received): 12.10.2022, Kabul Tarihi (Accepted): 15.10.2023

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): aydan@akdeniz.edu.tr (H.A. Yatmaz)

☎ 0242 227 2057 (2579) 📠 0242 310 6306

### ÖZ

Üç boyutlu (3D) yazıcıların son yıllarda gıda sektöründe kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. 3D gıda yazıcıları gıda ürünlerinin verimli kullanımını sağlamakta, karmaşık şekillerde, farklı tekstürel özellikte ve istenen içerikte ürünlerin geliştirilmesine imkân vermektedir. Bu çalışmanın amacı 3D gıda yazıcı ile karides unu katkılı tahıl bazlı üç boyutlu sağlıklı atıştırmalık üretimi ile karides tüketiminin artırılmasına katkı sağlanmasıdır. Ürünlerin yazdırılması için ilk olarak karides unu olmaksızın gıda yazıcısında yazdırılabilir en uygun özellikteki (referans) hamur içeriği belirlenmiştir. Daha sonra 3D gıda yazıcısında, hedeflenen şekilde 3D olarak yazdırılabilen ve yazdırma sonrası yapısını koruyabilen ürünlerin elde edilmesi amacıyla hamur yapısına etki eden parametreler Plackett-Burman deneysel tasarımı kullanılarak optimize edilmiştir. Bunun için karides unu, buğday unu/mısır unu oranı, su sıcaklığı, yağ miktarı, ürün yüksekliği ve şekil doluluk oranı bağımsız değişken parametreler olarak belirlenmiştir. Analizler sonucunda, karides unu oranı ve su sıcaklığının hamurun sertliği, kıvam ve iç yapışkanlık değeri üzerindeki etkisinin önemli olduğu, viskozite indeksi üzerine ise sadece karides unu oranının etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). 3D yapı analizleri sonucunda dış çap hata oranına söz konusu değişkenlerin etkisinin önemsiz olduğu, iç çap hata oranına ise buğday unu/mısır unu oranı, eklenen suyun sıcaklığı ve şekil doluluk oranının etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Karides unu miktarı, buğday unu/mısır unu oranı, su sıcaklığı ve şekil doluluk oranının, ürünlerin toplam hata oranına etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

**Anahtar Kelimeler:** 3D gıda yazıcısı, Optimizasyon, Tekstür, Atıştırmalık gıda, Karides

### Production of Snacks with Shrimp Flour by 3D Food Printers: Optimization of Printing Parameters and Formulation

#### ABSTRACT

The use of three-dimensional (3D) printers in the food industry is widespread in recent years. 3D food printers improve products with complex shapes, different textural properties, and desired compositions apart from providing efficient utilization of foods. This study aimed to contribute to an increase in shrimp consumption with the production of 3D healthy snacks with cereal-based shrimp flour with a 3D food printer. Firstly, the most printable (reference) dough composition was determined, which could be printed by a food printer without the addition of shrimp flour. Then, significant factors affecting dough structure were optimized using the Plackett-Burman experimental design to obtain products that could be 3D-printed in a targeted design and self-supporting ability after printing. Shrimp flour, corn flour/wheat flour ratio, water temperature, butter amount, product height, and infill rate were determined as independent variables. It was determined that the effect of shrimp flour ratio and water temperature on the firmness, consistency, and cohesiveness of the dough was statistically significant while the effect of shrimp flour ratio on the viscosity index was significant ( $p<0.05$ ). Results of the 3D structure analysis showed that the effect of these variables on the outer diameter error rate was insignificant, while the effect of the wheat flour/corn flour ratio, the water

temperature, and the infill level were significant on the inner diameter error rate ( $p<0.05$ ). The influence of the amount of shrimp flour, wheat flour/corn flour ratio, water temperature, and infill level on the total error rates of the products were significant ( $p<0.05$ ).

**Keywords:** 3D food printer, Optimization, Texture, Snack food, Shrimp

## GİRİŞ

Yeterli ve dengeli beslenme, toplumun sağlıklı yaşamasının yanı sıra üretkenliğini de arttırmaktadır. Beslenmenin en önemli olgusu tüm besin öğelerinden doğru ve yeterli miktarda faydalanabilmektir. Bireylerin gıda seçiminde ise yaş, cinsiyet, genetik, yaşam biçimi, geleneklerin yanı sıra ekonomik, kültürel ve çevresel etmenler etkili olmaktadır [1]. Kaliteli protein kaynağına erişebilmek amacıyla tercih edilebilecek hayvansal ürünler kırmızı et, kümes hayvanları ve su ürünleri olmaktadır. Fazla miktarda protein, mikro-besinler ve *n-3* yağ asitleri (özellikle eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA)) içeren su ürünleri, diyetle yer verilmesi gereken, kaliteli ve kolay sindirilebilen bir gıda grubudur [2]. Besin değeri yüksek olmasına karşın ülkemizde su ürünlerinin tüketimi sınırlı olmakta ve kişi başına yıllık tüketim miktarı 6.8 kg ile dünya ortalaması olan 22 kg'ın oldukça altında kalmaktadır [3, 4]. Dünyada ve ülkemizde su ürünleri tüketiminin artırılması için gıda sektörü ve araştırmacılar yeni ürünler geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapmaktadırlar.

Son yıllarda hazır gıda ürünlerine olan ilginin sürekli olarak arttığı ve beslenmede önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. Özellikle insanların beslenme bilgisindeki artışa paralel olarak ürün seçiminde de değişimler olmaktadır. Daha önce ürünlerin görşelliği tüketiciyi cezbeden ana unsur iken artık üretimde kullanılan ürünlerin içeriği, son ürünün besleyiciliği ve fonksiyonelliği, koruyucu içerip içermediği gibi özellikler genel algının önüne geçmiş ve sağlık açısından daha faydalı olduğu düşünülen ürünlere olan ilgi artmıştır. Hazır gıdalar arasında yer alan çerez tipi ürünler ise geniş anlamda atıştırmalık tüm ürünleri (cipsler, bisküviler, kuruyemişler ve krakerler vb.) kapsamaktadır [5]. Özellikle çocuklar arasında bu gıdaların tüketim pratikliği, rahatlığı ve kabul edilebilirliği nedeniyle [6] yüksek besinsel ve fonksiyonel özelliklere sahip sağlıklı atıştırmalıklara yönelik talepler de artmıştır [7].

Ticari olarak satışa sunulan, belirli kalıplarla veya ekstrüzyon yöntemiyle üretilen atıştırmalıklar genellikle düşük protein içeriğine ve besin değerine sahiptir [8, 9]. Bu yüzden, besin değerinin artırılması amacıyla tahıl bazlı atıştırmalıklara çeşitli katkıları eklenebilmektedir. Turna balığı eti eklenmiş cips [10], balık protein konsantrati eklenmiş bisküviler [11], Çin mersin balığı filetosu tozu eklenmiş bisküvi [12], sarı un kurdu larvası katkılı ekstrüdatlar [13], tapyoka nişastası ve balık eti eklenmiş ekstrüdatların [14, 15] yanı sıra *spirulina* [16], kitosan [17] ve karides unu [18] eklenmiş atıştırmalıklar besin değeri artırılmış ürünlere örnek olarak verilebilir. Atıştırmalıkların protein miktarının ve besin değerinin artırılması amacıyla su ürünlerinin kullanımı, bu konuda uygulanan yaklaşımlardan biridir.

Önemli su ürünlerinden biri olan karidesler, protein, vitamin (A ve D) ve mineral (kalsiyum ve demir) ve çoklu doymamış yağ asitleri (DHA ve EPA) içeriği ile zengin bir gıda ürünüdür. Karidesler, diğer su ürünlerine göre daha az avlanmakta ve tüketiciler açısından sınırlı düzeyde tercih edilebilmektedir [19, 20]. Karides mevcut üstün özellikleri nedeniyle taze, dondurulmuş, kurutulmuş, dumanlanmış ve salamura edilerek tüketilebilmekle birlikte atıştırmalıkların zenginleştirilmesinde de kullanılabilirliği, besinsel değeri yüksek atıştırmalıkların üretilebilmesi açısından önemlidir [19].

Gıda hazırlamanın bir diğer yolu ise 3D gıda yazıcılarından faydalanmaktır. 3D gıda yazıcıları, ürün hazırlanması sırasında özel alet-ekipman gerektirmemesi, ürün kalitesine etki etmemesi, ürünü şekil ve tekstürel olarak tasarlama imkânı sağlayabilmesi, üretilen materyalin içeriğinin kolayca ayarlanabilmesi ile besleyicilik, aroma ve renk tasarımı konusunda özgürlük sağlaması gibi avantajlarından dolayı gıda üretimleri alanında kullanımı yaygınlaşmaktadır [21, 22]. 3D gıda yazıcısında hazırlanan ürünlerin lezzetinin yanı sıra albenisi artırılarak sağlıklı beslenme adına besleyiciliği yüksek ürünlerin tercih edilebilirliği sağlanmakta ve kişiye özel ürünler geliştirilebilmektedir. 3D gıda yazıcılarında ürün hazırlamada farklı prensiplere göre çalışan cihazlar kullanılabilmektedir. Bunlar; seçici sinterleme teknolojisi, sıcak eriyik ekstrüzyon yöntemi, bağlayıcı püskürtme yöntemi ve püskürtmeli yazıcılarıdır [21]. Kullanılan teknolojiye göre hazırlanması gereken gıda formülasyonu değişmekle birlikte çikolata, hamur, püre, sos, şeker, toz vb. materyaller gıda yazıcılarında yazdırılabilmektedir [23]. Genellikle ekstrüzyon bazlı 3D gıda yazıcıları araştırmalarda ve endüstride kullanılmaktadır. Hidrojel yapı oluşturabilen nişasta ve protein gibi maddeler, peynir, çikolata ve humus gibi gıda ürünleri yazıcı şiringasından kolayca ekstrüde edilebilen ürünlerdendir [24]. Bununla beraber pirinç, et, meyve ve sebzeler gibi her insanın günlük tükettiği yiyecekler hiçbir işlem ya da katkı olmaksızın yazdırılabilen gıda ürünlerinden değillerdir [21]. Bu ürünlerin yazdırılabilir hale getirilmesinde, tekstürel özelliklerin doğru ayarlanabilmesi için ilave edilen bileşenlerin türü ve miktarı önemli olmaktadır. Bunu için akışkanlığı azaltıcı (viskoziteyi artırıcı) hidrokolloidlerden (jellan gam, keçiyoynuzu gamı, pektin, karragenan, ksantan gam vb.) sıklıkla yararlanılmakla birlikte [25], eklenen bileşenler (tuz, baharat, yağ vb.) esas gıdanın yapısında fizikokimyasal değişimlere de sebep olabilmektedir.

3D gıda yazıcısında üretilen, besin değeri artırılmış tahıl ürünleri üretiminde meyve sebze [26-28], mantar [29], mikroalg [30], bitki proteini [31, 28] ve böcek [32] katkısı kullanımı ve bu ürünlerin yazdırılabilirliği ile ilgili

çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Tüm çalışmaların ortak yönü geliştirilen ürünlerin, cihaz kapsüllerinden ekstrüde edilebilecek akışkanlığa sahipken baskı sonrası şeklini koruyabilecek kadar da viskoz olması ve ilerleyen işlemler süresince de bu şekli muhafaza edilebilen özelliğe sahip içeriklerin oluşturulmasıdır.

Klasik deneysel tasarımlarda bileşenlerin etkilerinin belirlenmesi için bir seferde yalnızca bir değişkenin değiştirilmesini gerektirmektedir. Yine bileşenlerin ortak etkilerinin belirlenmesi çok fazla sayıda üretim yapılması ile mümkün olmaktadır. Plackett-Burman deney tasarımı, çok sayıda değişken arasından önemli faktörleri taramak için etkili bir yöntemdir [33]. Plackett-Burman deney tasarımı, belirli işleme değişkenlerinin önemini tanımlamak ve sistem performansını optimize etmek ve bunların nasıl kontrol edileceğini incelemek için matematiksel araçları kullanan, sistematik bir yaklaşım olan bir tasarımıdır. Tek değişkenli yöntem ile kıyaslandığında Plackett-Burman tasarımı üretim ve deney gruplarının sayısını azaltabilmekte, çeşitli faktörlerin beraber olarak hamurun yapısına etkisinin araştırılmasında kullanılabilir [34, 35]. Yine deneysel tasarımlar farklı unların, içeriklerin, pişirme parametrelerinin etkilerinin, ekstrüzyon koşullarının belirlenmesinde [36-38] ve üç boyutlu gıda yazıcısında ürünlerin geliştirilmesinde [32] kullanılmaktadır.

Bu araştırmanın amacı tahıl bazlı atıştırmalıkların besin değeri yüksek bir su ürünü olan karides ile zenginleştirilip, fonksiyonel özelliklerinin artırılması ve kişiye özel üç boyutlu yazıcıda yazdırılabilir atıştırmalık ürün geliştirilmesidir. 3D gıda yazıcısında yazdırılabilen ve yazdırma sonrası hedeflenen şekli koruyan ürün oluşturulabilmesi için; karides unu, mısır ve buğday unu oranları, su sıcaklığı, yağ miktarı, ürün yüksekliği ve doluluk oranının hamur yapısı üzerine etkisi belirlenmiştir. Bu amaçla Plackett-Burman tasarımı kullanılarak oluşturulan deneme desenine göre üretimler yapılmış ve analizler sonucu elde edilen veriler ışığında üretimlere en uygun hamur formülasyonunun yanı sıra şekil doğruluğu açısından en uygun ürün yüksekliği ve doluluk oranı da belirlenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Çalışmada kullanılan karidesler taze olarak Antalya'da faaliyet gösteren bir balıkçıdan (Başoğlu Balıkçılık Ltd. Şti.), buğday unu (%11.1 protein), mısır unu (%5.4 protein) ve tereyağı ise Antalya'da yerel bir marketten temin edilmiştir. Çalışmada ortalama 19.49±8.24 g ağırlık ve 15.80±2.22 cm boya sahip *Aristeus antennatus* türü karidesler kullanılmıştır. Karidesler strafor kutular içerisinde buzlanarak laboratuvara getirilmiş, laboratuvara getirilen karideslerin hızla baş kısmı ve kabukları ayrılmış ardından yıkama işlemine tabi tutulmuştur.

Karides unu elde edilmesi Shaviklo ve ark. [18]'in bildirmiş olduğu yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Buna göre karidesler 2 g/L tuz içeren kaynayan suda (95-100°C) (1:2, w/v) 10 dakika haşlanmıştır. Haşlanan

karideslerin fazla suyu drene edildikten sonra laboratuvar tipi blender kullanılarak parçalanmıştır. Daha sonra etüvde 50°C sıcaklıkta 7 saat süre ile kurutulmuştur (aw: 0.2). Ardından parçalayıcıda (Retsch GM200, Almanya) un haline getirilen karidesler 500 µm'lik elekten geçirilmiştir. Toz haline getirilen karides eti polipropilen ambalajlara aktararak vakum paketlenmiş ve kullanım anına kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir. Elde edilen karides ununun nem içeriği %7.43±1.71, protein içeriği %92.42±1.64 ve yağ içeriği %1.61±0.69 olarak tespit edilmiştir.

### Üç Boyutlu Gıda Yazıcısı

Üç boyutlu ürünlerin yazdırılmasında ekstrüzyon bazlı Foodini 3D gıda yazıcısı (Natural Machines, Barselona, İspanya) kullanılmıştır. Ekstrüzyon işlemlerinde kullanılacak kapsülün başlık (nozül) çapı 1.5 mm olarak seçilmiştir.

Üç boyutlu atıştırmalıkların yazdırılmasında kullanılacak cihaz parametreleri ön denemeler sonucunda belirlenmiş olup bu parametreler Tablo 1'de verilmiştir. Ön denemelerde, 3D gıda yazıcısında yazdırma parametreleri belirlenirken yazdırılan ürünlerin hedeflenen şekle uygun yazdırılması amaçlanmış olup, yazdırılan ürünlerin şekil doğrulukları hesaplanmış ve en yüksek şekil doğruluğu sağlayan parametreler seçilmiştir.

Tablo 1. 3D gıda yazıcısı yazdırma parametreleri

**Table 1. Printing parameters of 3D food printer**

Yazdırma parametresi	Değer
Nozzle çapı	1.5 mm
Yazdırma hızı	2500 mm/dakika
Katmanlar arası uzaklık	1.4 mm
Baskı başlama akışı	6 mm
Nozzle başlangıç yüksekliği	1.4 mm
Damlama önleme	3 mm
Yazdırma atlama mesafesi	10 mm
Çizgi kalınlığı	1.4 mm
Ürün akış hızı	1.7
Baskı arası boşluk	%1
İlk katman hızı	%100
Yazdırma geçiş yüksekliği	3 mm

### Kontrol Şekilleri ve Plackett-Burman Deney Tasarımı ile Üç Boyutlu Atıştırmalıkların Üretimi

Hamur formülasyonunda yer alacak bileşenler ve oranları, üç boyutlu yazıcıda yazdırılabilirliği ve yazdırılan şeklin doğruluğunu etkileyen önemli unsurlardır. En az hata ile en yüksek şekil doğruluğuna sahip ürün elde edilmesini sağlayacak hamur bileşiminin ortaya konması amacıyla önemli parametrelerin belirlenmesi için Plackett-Burman deney tasarımı kullanılmıştır.

Üç boyutlu gıda yazıcısında bir gıda ürünü yazdırmak veya hazırlamak geleneksel ekstrüder sistemlerinden biraz daha farklı bir yaklaşım gerektirmektedir. Artık gelenekselleşmiş diyebileceğimiz ekstrüder cihazlar gıda ürünlerini rahatlıkla önceden ayarlanmış bir uçtan

ekstrüde edebilmektedirler. Ancak genel amaçlı üretilmiş 3D gıda yazıcılarında mevcut olan ekstrüzyon gücü geleneksel ekstrüderler kadar yüksek değildir. Bu nedenle de üç boyutlu gıda yazıcılarında kullanılacak gıda formülasyonu hedeflenen şeklin yazdırılabilirliğini etkileyen en önemli unsur olmaktadır. Hazırlanan gıda ürünün doğru akışkanlığa sahip olmasının yanı sıra katmanlar halinde yazdırıldığında da şeklini koruyabilecek kadar viskoz olması gerekmektedir [24]. Bunun dışında formülasyonlarda yer alan bazı bileşenler ve uygulamalar esas gıdanın yapısında fizikokimyasal değişimlere sebep olabilmektedir. Bu çalışmada da öncelikle genel bir kraker ya da bisküvi formülasyonları ile ürün yazdırma denemeleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ön denemelerde kraker ve bisküvi tarzı sert hamur formülasyonlarının yazdırmaya uygun olmadığı ve mevcut ekstrüder bazı (FDM) 3D gıda yazıcısı tarafından ekstrüde edilemediği belirlenmiştir. Farklı denemeler ile 3D gıda yazıcısında yazdırılabilir bir formülasyon oluşturulmaya çalışılmıştır. Denemelerde yine sadece buğday ununun kullanıldığı durumlarda glutenin oluşturmuş olduğu yapının yazdırılabilirliği direkt olarak etkilediği, bu yüzden ürünlerin istenen boyutlarda yazdırılmasını imkânsız kıldığı tespit

edilmiştir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için daha akışkan hamurlar hazırlanmış olsa da bu kez de kartuştan ekstrüde edilen hamur kopma davranışının olmadığı veya düşük viskozitesinden dolayı kontrolsüz olarak aktığı için yine yazdırılabilirliği olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bu yüzden hamur yapısının yazdırılmaya uygun olabilmesi için mısır unu ilavesi yapılmış ve farklı yağ-su oranları denenerek kontrol hamuru belirlenmiştir. Yine mısır unu : buğday unu oranı da Plackett-Burman tasarımında parametre olarak yer almıştır.

Bununla birlikte bütün parametreler; karides unu oranı, mısır unu: buğday unu oranı, su sıcaklığı, yağ miktarı, ürün yüksekliği ve katman sayısı olarak belirlenmiştir. Deneysel tasarımda kullanılan değişkenler ve minimum-maksimum noktaları -1 ve +1 olarak Tablo 2'de verilmiştir. Bu noktaların belirlenmesinde ön deneme sonuçları ve literatür bilgisi esas alınmıştır. Daha sonra Minitab (Version 19.2020.1, LLC, ABD) programı kullanılarak, belirlenmiş parametrelere ait değerler ile Plackett-Burman deneme deseni oluşturulmuştur. Buna göre Tablo 3'te gösterilmiş olan 12 deneme iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. Plackett-Burman deney tasarımı parametrelerinin minimum ve maksimum değerleri

*Table 2. Minimum and maximum values of Plackett-Burman design parameters*

Parametre	-1	+1
Un formülasyonunda karides unu oranı (%)	10	20
Mısır unu/Buğday unu oranı (g/g)	1	3
Su sıcaklığı (°C)	20	100
Yağ miktarı (g)	4	12
Ürün yüksekliği (Katman)	3	5
Doluluk oranı (Katman)	3	5

Plackett-Burman deney tasarımına göre üç boyutlu gıda yazıcısında üretilen ürünlerin analiz sonuçlarına bağlı çeşitli faktörlerin etkilerini belirlemek için Denklem 1 kullanılmaktadır.

Denklem 1'de verilen Y cevap değişkeni,  $\beta_0$  sabit,  $\beta_1$ - $\beta_i$  faktörlerin katsayılarını,  $X_1$ - $X_i$  seçilen faktör derecelerini göstermektedir [39, 40].

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_i X_i \quad (1)$$

Tablo 3. Atıştırmalıkların üretimi için Plackett-Burman deney tasarımı

*Table 3. Plackett-Burman experimental design for snacks production*

Üretim No	Karides unu oranı (%)	Mısır unu: Buğday unu (g:g)	Su sıcaklığı (°C)	Yağ miktarı (g)	Ürün yüksekliği (katman)	Doluluk oranı (katman)
1	20 (+)	1 (-)	100 (+)	4 (-)	3 (-)	3 (-)
2	20 (+)	3 (+)	20 (-)	12 (+)	3 (-)	3 (-)
3	10 (-)	3 (+)	100 (+)	4 (-)	5 (+)	3 (-)
4	20 (+)	1 (-)	100 (+)	12 (+)	3 (-)	5 (+)
5	20 (+)	3 (+)	20 (-)	12 (+)	5 (+)	3 (-)
6	20 (+)	3 (+)	100 (+)	4 (-)	5 (+)	5 (+)
7	10 (-)	3 (+)	100 (+)	12 (+)	3 (-)	5 (+)
8	10 (-)	1 (-)	100 (+)	12 (+)	5 (+)	3 (-)
9	10 (-)	1 (-)	20 (-)	12 (+)	5 (+)	5 (+)
10	20 (+)	1 (-)	20 (-)	4 (-)	5 (+)	5 (+)
11	10 (-)	3 (+)	20 (-)	4 (-)	3 (-)	5 (+)
12	10 (-)	1 (-)	20 (-)	4 (-)	3 (-)	3 (-)

Analizler sonucu elde edilen veriler Minitab programında analiz edilerek ANOVA sonuçları ve regresyon analizleri ile istatistiksel olarak önemli parametreler belirlenmiştir.

Bu aşamada özellikle üç boyutlu yapı analizi ve ürünlerin yazdırma sonrası hata oranı hesaplamalarının doğru olarak yapılabilmesi adına ön denemeler

sonucunda belirlenmiş olan kontrol hamuru ile ürünler yazdırılmıştır. Kontrol hamuru karides unu olmaksızın hazırlanmış olup, literatürdeki atıştırmalık, bisküvi ve kraker formülasyonları [37, 41, 42] esas alınarak oluşturulmuş ve üç boyutlu gıda yazıcısında yazdırmaya uygun yapı elde edilmesi amacıyla modifiye edilmiştir. 3D gıda yazıcısında 1.5 mm çapa sahip nozuldan yazdırmaya uygun sertlikteki kontrol hamur, 50 g mısır unu, 50 g buğday unu, 92 mL su (100°C) ve 8 g tereyağı kullanılarak elde edilmiştir. Kontrol ürünleri iki farklı doluluk (3, 5 katman) ve ürün yüksekliği (3, 5 katman) oranında yazdırılmıştır. Kontrol hamurunun üretimlerinin ardından Plackett-Burman deney tasarımının vermiş olduğu deneme üretimleri yapılmıştır. Bütün denemelerde un formülasyonu ve su/yağ oranı olmak üzere iki unsur ayrı olarak değerlendirilmiş ve her iki unsurun toplam miktarı ayrı 100 g olacak şekilde miktarlar belirlenmiştir. Deneme desenine göre hazırlanan hamurlar 20 dk dinlendirilmiş ve ardından 3D gıda yazıcısında üretimleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ürünlerin analizleri gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlar kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm denemeler tamamlandıktan sonra desenin optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiş ve optimum veriler belirlenerek en uygun hamur formülasyonu, ürün yüksekliği ve doluluk oranında yazdırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

## Analizler

Elde edilen hamurlara ve üç boyutlu gıda yazıcısı ile gerçekleştirilen üretimler sonucunda elde edilen ürünlere dair özelliklerin belirlenmesi için gerçekleştirilen analizlerin tümü üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\text{İç çap hata oranı (\%)} = \pm \left[ \frac{\text{İç çap}_{\text{örnek}} - \text{İç çap}_{\text{kontrol}}}{\text{İç çap}_{\text{kontrol}}} \right] * 100 \quad (2)$$

$$\text{Dış çap hata oranı (\%)} = \pm \left[ \frac{\text{Dış çap}_{\text{örnek}} - \text{Dış çap}_{\text{kontrol}}}{\text{Dış çap}_{\text{kontrol}}} \right] * 100 \quad (3)$$

$$\text{Toplam hata oranı (\%)} = \text{İç çap hata oranı} + \text{Dış çap hata oranı} \quad (4)$$

Optimizasyon aşamasından sonra belirlenen optimum ürünler konveksiyonel fırında (Unox XBC 405E, İtalya) 200°C'de 10 dk pişirme işlemine tabi tutulmuştur. Pişirilen ürünlerin belirlenmiş olan tasarıma uygunluğunun belirlenmesi amacıyla yine Denklem 2, Denklem 3 ve Denklem 4 kullanılarak 3D yapı analizi gerçekleştirilmiştir. 3D yapı analizi ile örneklerin pişirme sonucu üç boyutlu şekillerinde olan değişimler belirlenmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Kontrol Şekillerinin Üç Boyutlu Olarak Yazdırılması

Birinci aşama olarak; üretilen üç boyutlu ürünlerin katman sayısı ve doluluk oranının hesaplanarak şekil doğruluklarının (hata oranlarının) belirlenebilmesi amacıyla referans olarak kullanılacak olan kontrol üretimleri gerçekleştirilmiştir. İki farklı doluluk oranı ve

### Hamurun Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi

Üretilen hamurların tekstürel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla TA.XT ExpressC Tekstür Analiz cihazı (Stable Micro Systems, Godalming, Birleşik Krallık) kullanılmıştır. Sıkıştırma (kompresyon) kuvveti prensibine göre belirli bir hızda ve belirli bir derinliğe probun iki kez daldırılması ile geri ekstrüzyon testi gerçekleştirilmiştir. Buna göre 5 kg'lık yük hücrelerine ve 35 mm çapındaki silindirik proba sahip TA.XT ExpressC cihazı ürüne temas ettiği andan itibaren 1mm/sn hız ile 25 mm derinliğe daldırılarak iki ayrı sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Analizler her bir hamur için 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş olup elde edilen verilerden örneklerin sertlik, kıvam, iç yapışkanlık ve viskozite indeksi değerleri belirlenmiştir.

### Su Aktivitesi ve Kimyasal Kompozisyon Analizleri

Örneklerin su aktivite değerleri ( $a_w$ ) Decagon, Aqualab 4TE cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Üretilen karides ununun nem, protein, yağ miktarı ise AOAC [43]'nin belirttiği yöntemle göre belirlenmiştir.

### Üç Boyutlu Yapı Analizi ve Ürünlerin Yazdırma Sonrası Hata Oranının Hesaplanması

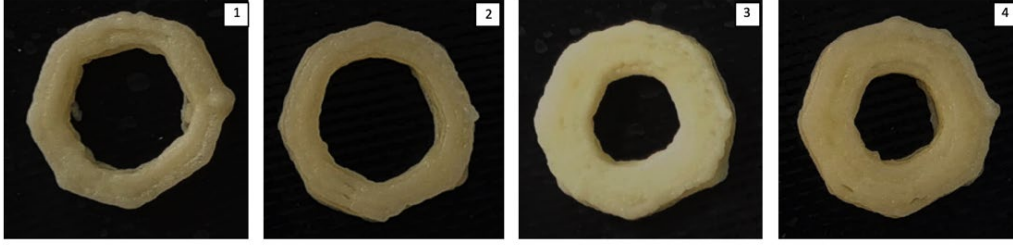
Yazdırılan üç boyutlu ürünlerden elde edilen görüntüler ImageJ programı ile analiz edilerek iç ve dış çap değerleri sırasıyla Denklem 2 ve 3 kullanılarak hesaplanmıştır. Analizler sonucu elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak kontrol değerlerine göre toplam sapma oranları ise Denklem 4 ile hesaplanmıştır.

ürün yüksekliğinde yazdırılan ürünlere ait görüntüler Şekil 1'de verilmiştir.

Kontrol ürünlerine ait iç ve dış çap değerleri ImageJ programı ile hesaplanmış ve ortalama değerler Tablo 4'te verilmiştir. Elde edilen bu değerler karidesli atıştırmalık üretimleri sonucunda elde edilen ürünlerin yazım doğruluğunun (hata oranlarının) analiz edilmesinde kullanılmıştır.

### Plackett-Burman Deney Tasarımı ile Üretime Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi

Ön denemeler sonucunda üç boyutlu gıda yazıcısında gerçekleştirilecek karidesli atıştırmalık üretime etki edebilecek parametreler derlenerek Plackett-Burman tasarımında bir deneme deseni oluşturulmuştur. Minitab programında oluşturulan deneme deseni sonucu üretilen ürünlere ait veriler ve görüntüler sırasıyla Tablo 5'te ve Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Farklı yükseklik ve doluluk oranlarında yazdırılan kontrol örnekleri (Y3:D3 (1), Y5:D3 (2), Y3:D5 (3), Y5:D5 (4); Y: Ürün yüksekliği, D: Doluluk oranı)

*Figure 1. Control samples which was printed with different height and infill levels (H3:I3 (1), H5:I3 (2), H3:I5 (3), H5:I5 (4); H: Height, I: Infill level)*

Tablo 4. Kontrol üretimlerine ait çap değerleri

*Table 4. Diameter values of control products*

Örnek	Dış çap (mm)	İç çap (mm)
Kontrol 1	28.50±0.99	17.84±0.63
Kontrol 2	28.40±1.03	17.71±0.82
Kontrol 3	26.88±0.97	11.66±0.92
Kontrol 4	28.28±0.98	12.20±0.64

Değerler "ortalama±standart hata" olarak verilmiştir.

Tablo 5. 3D atıştırılabilir ürünlerine ait tekstür ve 3D yapı analiz sonuçları

*Table 5. Textural and 3D structure analysis results of 3D snacks*

Deneme	Sertlik [Firmness (g)]	Kıvam [Consistency (g.sn)]	İç yapışkanlık [Cohesiveness (g)]	Viskozite indeksi [Work of Cohesion (g.sn)]	Dış çap hata oranı (%)	İç çap hata oranı (%)	Toplam hata oranı (%)
1	2655.77±45.82	41694.12±1740.60	-3209.97±117.63	-1766.67±458.46	3.65±0.58	3.51±0.99	7.16±0.94
2	899.86±36.18	16224.83±252.91	-767.79±117.63	-1500.57±32.39	4.38±0.59	3.15±0.67	7.53±0.84
3	1795.38±58.31	31323.59±772.49	-2051.58±124.59	-477.75±50.66	4.69±0.95	5.40±1.34	10.09±1.89
4	2046.19±35.97	32690±1135.94	-2526.69±88.02	-3039.77±1191.69	9.03±1.28	8.34±2.55	17.38±3.35
5	884.77±17.19	16195.70±183.93	-792.68±5.99	-1576.69±42.47	6.99±1.31	5.33±1.05	12.32±1.69
6	2881.91±35.40	50864.22±605.23	-2959.76±47.62	-3793.21±1669.60	5.74±1.04	6.64±1.15	12.38±1.83
7	1218.16±26.82	21188.85±428.59	-1541.76±51.32	-315.96±36.75	7.39±1.37	9.64±2.67	17.03±3.18
8	1239.96±12.88	19629.89±117.19	-1231.96±516.61	-490.42±244.42	4.19±0.87	4.08±1.03	8.28±1.45
9	404.26±15.32	6477.64±258.02	-562.29±4.68	-238.58±14.16	4.40±0.99	31.90±2.15	36.30±2.35
10	539.76±42.81	8992.87±692.98	-753.23±9.77	-637.73±363.70	7.12±1.39	20.70±1.97	27.81±2.73
11	174.88±5.57	3042.37±117.51	-258.05±23.97	-444.87±52.63	18.62±3.77	11.96±2.99	30.58±5.47
12	200.38±9.64	3333.66±180.61	-237.37±25.17	-138.72±64.48	5.03±1.16	21.11±1.91	26.13±2.44

Değerler "ortalama±standart hata" olarak verilmiştir.

Farklı üretim şekilleri ve farklı formülasyonlar hamurun tekstürel özelliklerini değiştirmektedir (Tablo 5). Özellikle sertlik değerleri incelendiğinde hamur hazırlamada kullanılan suyun sıcaklığının 20°C olduğu denemelerde (2, 5, 9, 10, 11 ve 12 numaralı denemeler) daha yumuşak hamurlar elde edildiği görülmektedir. Daha yumuşak hamurların elde edilmiş olması yazdırılabilirlik açısından iyi gibi görünse de yeterince sert olmayan hamur belirli yüksekliklerde yazdırılan 3D ürünlerde olumsuz etki göstermiş ve istenen şekil elde edilememiştir. Özellikle 9, 10, 11 ve 12 numaralı denemelerde en yüksek hata oranları tespit edilmiştir (Tablo 5). Yine toplam hata oranları yüksek olan üretimlerin sertlik değerleri daha düşük tespit edilmiş, özellikle 9, 11 ve 12 numaralı denemelerin iç yapışkanlık ve viskozite indeksi değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu da hamurun yazdırıldıktan sonra yayılmasını ve yazıcıda verilen şekli koruyamamasına sebep olabilmektedir. Yine Şekil 2 incelendiğinde, kontrol üretimlerine kıyasla şekil farklılıkları ve yazdırılan hamurlardaki yayılma belirgin olarak görülmektedir. 3D ürünler yazdırılırken istenen kalitede son ürün elde edilebilmesi için hazırlanan hamurun yine belirli tekstürel özelliklere de sahip olması gerekmektedir [42].

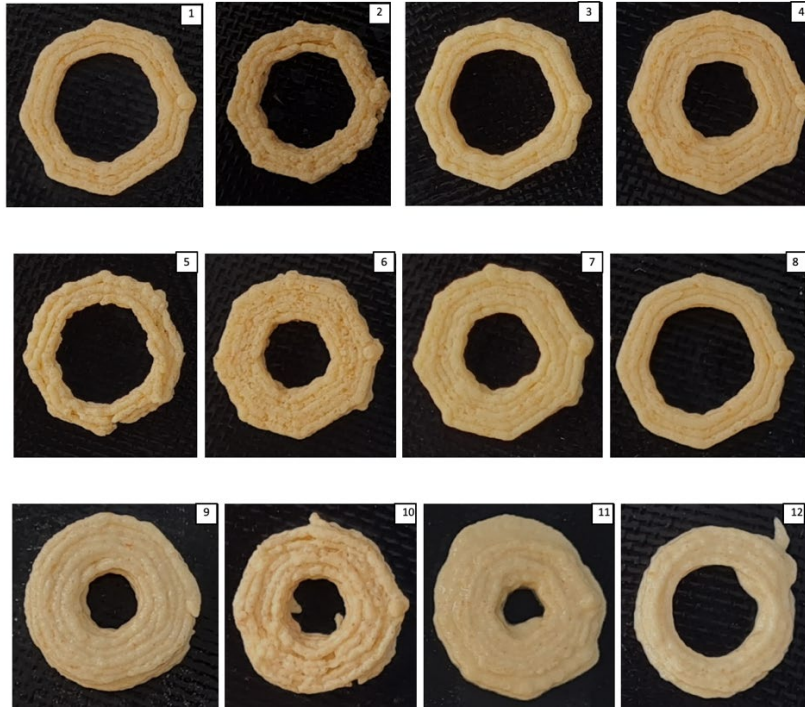
Bunun dışında kıvam, iç yapışkanlık ve viskozite indeksi değerleri de 3D karidesli atıştırılabilir üretiminde yazdırılabilirliği etkilemekte iken dış çap hata oranlarının deneme parametrelerinden etkilenmediği görülmektedir. Karşılaştırmaların daha doğru yapılabilmesi için elde edilen veriler analiz edilmiş ve ANOVA verileri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6 incelendiğinde üretim parametrelerinin dış çap hata oranları üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Yazdırılabilirlik, tasarlanmış olan üç boyutlu yapının oluşturulması ve korunması için hamurun tekstürel özellikleri önemli parametrelerden biridir. Buğday unu, hamurda daha yapışkan, yazdırma esnasında kopma özelliği olmayan ve böylece tasarlanan üç boyutlu şeklin elde edilmesini imkânsız kılan bir yapı oluşturmaktadır. Bununla birlikte mısır unu eklenmesi yazdırılabilirliği sağlamakta iken, yine karides unu eklenmesi hem yazdırılabilirliği hem de hamur yapısına etki etmektedir. Zhang ve ark. [41] yüksek protein içerikli un kullanımının gıda yazıcısında iyi ekstrüde edilebilen hamur oluşturduğunu fakat hamurda, basılan ürünün yapısını önemli oranda bozan elastik iplik oluşumundan dolayı baskı işleminde olumsuzluk yarattığını bildirmişlerdir. Sertlik değerleri için karides unu oranı ve su sıcaklığı; kıvam değeri için



karides unu oranı ve su sıcaklığı; iç yapışkanlık için karides unu oranı ve su sıcaklığı; viskozite indeksi için karides unu oranı; iç çap hata oranı için mısır unu:buğday unu oranı, su sıcaklığı ve doluluk oranı; toplam hata oranı için ise karides unu oranı, mısır unu:buğday unu oranı, su sıcaklığı ve doluluk oranı değerlerinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Vukušić Pavičić ve ark. [44] üç boyutlu kurabiye üretiminde kullanılan un çeşidinin son ürün şekline ve kalitesi üzerine önemli etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Buna göre tasarlanan şekle en uygun üç

boyutlu ürünlerin elde edilmesini yulaf, çavdar ve keçiyoynuzu unu karışımının sağladığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada sıcaklığın baskı doğruluğunu etkilediğini ve balmumu bazlı oleojel karışımının 30°C sıcaklıkla en yüksek baskı doğruluğuna sahip ürünlerin yazdırılmasını sağlandığını bildirilmiştir [45]. Tüm veriler ışığında karides unu oranı ve su sıcaklığının birçok sonucu istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilediği görülmüş olup, soğuk su kullanılan denemelerde daha yumuşak yapıda bir hamur oluşumunun gerçekleştiği belirlenmiştir.



Şekil 2. 3D gıda yazıcısında üretilen 3D karides katkı atıştırmalıklar  
Figure 2. 3D shrimp added snacks produced by 3D food printer

Tablo 6. Karides katkı atıştırmalıklara ait ANOVA sonuçları (kodlu verilere göre)

Table 6. Analysis of variance for the model of shrimp added snacks with coded units

	Sertlik [Firmness]		Kıvam [Consistency]		İç yapışkanlık [Cohesiveness]		Viskozite indeksi [Work of Cohesion]		Dış çap hata oranı		İç çap hata oranı		Toplam hata oranı	
	Katsayı	P-değeri	Katsayı	P-değeri	Katsayı	P-değeri	Katsayı	P-değeri	Katsayı	P-değeri	Katsayı	P-değeri	Katsayı	P-değeri
Sabit	1245	0.000*	20972	0.000*	-1408	0.000*	-1202	0.004*	6.77	0.002*	10.98	0.001*	17.749	0.000*
Karides unu oranı (%)	406	0.012*	6806	0.014*	-427	0.016*	-851	0.017*	-0.62	0.612	-3.03	0.083	-3.653	0.005*
Mısır unu : Buğday unu oranı (g : g)	64	0.573	2168	0.288	12	0.921	-150	0.565	1.20	0.342	-3.96	0.037*	-2.759	0.016*
Su sıcaklığı (°C)	728	0.001*	11927	0.001*	-846	0.001*	-446	0.126	-0.99	0.428	-4.71	0.020*	-5.697	0.001*
Yağ miktarı (g)	-130	0.277	-2237	0.275	171	0.213	8	0.975	-0.70	0.565	-0.57	0.701	-1.277	0.158
Ürün yüksekliği	46	0.684	1276	0.516	16	0.900	-1	0.998	-1.25	0.325	1.36	0.378	0.114	0.888
Doluluk oranı	-34	0.760	-429	0.824	-26	0.0837	-210	0.427	1.95	0.149	3.88	0.040*	5.832	0.001*
	R <sup>2</sup> = 0.93		R <sup>2</sup> = 0.92		R <sup>2</sup> = 0.93		R <sup>2</sup> = 0.77		R <sup>2</sup> = 0.57		R <sup>2</sup> = 0.87		R <sup>2</sup> = 0.97	

\* İstatistiksel olarak  $p<0.05$  düzeyinde önemlidir.

### Üç Boyutlu Karidesli Atıştırmalık Üretiminin Optimizasyonu

Elde edilen veriler ışığında minimum hata ile üç boyutlu karides unu eklenmiş atıştırmalıkların yazdırılabilmesi için farklı veriler baz alınarak optimum üretilere ait

deneme parametreleri belirlenmiştir. Optimum parametrelerin belirlenmesinde temel yaklaşım yazdırılan üç boyutlu şeklin korunabilmesi için sertlik değerinin yüksek ancak hata oranlarının (iç çap, dış çap ve toplam hata) sifira en yakın olduğu üretimin ortaya

konulmasıdır. Bu amaçla farklı sonuçlar hedeflenerek 3 farklı optimum belirlenmiş ve denenmiştir (Tablo 7).

Tablo 7 kapsamında elde edilen parametreler baz alınarak optimum üretim denemeleri gerçekleştirilmiş ve analizler sonucu elde edilen veriler beklenen değerler ile karşılaştırılmıştır (Tablo 8).

Tablo 7. 3D karides katkıli atıştırıcılara ait optimum üretim denemeleri

*Table 7. Optimum assays for 3D printed shrimp added snacks*

Optimum denemeler için hedeflenen sonuçlar	Optimum 1	Optimum 2	Optimum 3
• İç çap hata oranı (%)	-	Minimum	-
• Dış çap hata oranı (%)	-	Minimum	-
• Toplam hata oranı (%)	Minimum	Minimum	Minimum
• Sertlik (g)	-	Maksimum	Maksimum
Optimum denemelere ait parametreler	Optimum 1	Optimum 2	Optimum 3
• Karides unu oranı (%)	20	20	20
• Mısır unu:buğday unu oranı	3	2.80	3
• Su sıcaklığı (°C)	100	100	100
• Yağ miktarı (g)	12	4	4
• Ürün yüksekliği (Katman)	3	5	5
• Doluluk oranı (Katman)	3	3	3
• İstenilirlik faktörü (Desirability)	1	0.98	0.96

Tablo 8. 3D Karides katkıli atıştırıcılara için optimum denemeler sonucu tahmin edilen ve hesaplanan değerler\*

*Table 8. Predicted and calculated values of optimum assays for 3D printed shrimp added snacks*

		Optimum 1	Optimum 2	Optimum 3
Toplam hata	Tahmin edilen değer	1.58	1.75	1.20
oranı (%)	Hesaplanan değer	1.36±0.35	1.90±0.54	1.25±0.17
Sertlik (g)	Tahmin edilen değer	2302.00	2641.20	2654.00
	Hesaplanan değer	2470.52±51.93	2590.49±11.62	2791±31.99

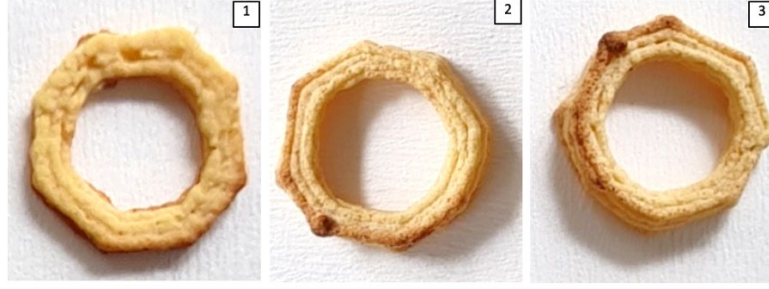
\*: Değerler "ortalama±standart hata" olarak verilmiştir.

Tablo 8 incelendiğinde denklemler kullanılarak hesaplanan değerler ile optimum üretimleri sonrası gerçekleştirilen analizler sonucu elde edilen veriler birbirini destekleyici niteliktedir. İlgili verilerin, standart hata değerleri baz alındığında hesaplanan veri aralığında yer alması sayesinde modelin karidesli atıştırıcılık üretiminde kullanımının uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler sonucunda karides eti içeren 3D atıştırıcılık üretiminde esasen birbirine yakın olan 3 farklı kompozisyonun rahatlıkla kullanılabilmesi ve benzer toplam hata oranları ile üretimlerin gerçekleştirilebileceği ortaya konmuştur. Optimum denemeler sonucu üretilen 3D ürünler 200±5°C'de 10 dk pişirilmiş ve ürünlerde şekil özellikleri incelenmiştir. Pişirilen ürünlerin su aktivitesi değerleri sırasıyla 0.82±0.02, 0.85±0.008, 0.85±0.002, nem içerikleri ise %14.18±0.04, %16.60±0.28, %16.81±0.60 olarak belirlenmiştir. İç çap değerleri 19.46± 0.39, 19.47±0.52, 19.33±1.88 mm, dış çap değerleri ise 27.74±0.28, 28.19±1.06, 28.95±0.24 mm olarak tespit edilmiştir. Üretimler sonrası pişirilen ürünlere ait görseller Şekil 3'te verilmiştir.

Bir çalışmada buğday unu, dondurularak kurutulmuş mango tozu, zeytinyağı ve su kullanılarak hazırlanan karışımda oranların yazdırma kalitesini direkt olarak etkilediği bildirilmiştir [42]. Farklı bir çalışmada da su oranı, un türü ve eklenen katkıların (kalsiyum kazeinat vb.) hamurun yazdırılabilirliğine etki ettiği ortaya konmuştur [41]. Farklı hamur formülasyonlarının yazdırılabilirliğe etkisinin ortaya konduğu bir çalışmada

en iyi hamur formülasyonunun 29 g su, 6.6 g sakaroz, 6 g tereyağ, 48 g düşük gluten içerikli un ve 10.4 g yumurtadan oluştuğu belirlenmiştir [46]. Karides tozu ve karides protein hidrolizatı katkıli ekstrüde atıştırıcılık üretimi optimizasyonu çalışmasında duyuşal olarak en beğenilen kombinasyon %47.75 pirinç unu, %38.64 mısır unu, %5.95 karides protein hidrolizatı ve %7.67 karides tozundan oluştuğu bildirilmiştir [47]. Çalışmamızda da optimizasyon sonucu istenen şekle en uygun ürün elde edilmesi için karides unu oranı %20 belirlenmiş olup, mısır unu : buğday unu oranının ise 3:1 ve 2.8:1 olduğu üretimlerin yine optimum ürün üretimi için uygun değerler olduğu tespit edilmiştir.

3D yazıcı teknolojisi kullanılarak gıda üretimlerinde üretim sonrası işlemlerin spesifikasyonu (pişirme yöntemi, depolama, vb.) son ürün üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Pişirme esnasında hacim değişimi, kabuk oluşumu, protein denatürasyonu, lezzet bileşiklerinin oluşumu, renk değişimi, tekstür ve nem gibi farklı özelliklerde (kimyasal, fiziksel ve yapısal) değişimler olmaktadır [32]. Çalışma kapsamında optimum şartlarda üretilen karidesli atıştırıcılıkların pişirme sonrasında da üç boyutlu yapılarını koruduğu belirlenmiş olup hamurun yazdırmaya izin verecek kadar yumuşak ancak üç boyutlu şekli koruyacak kadar da sert olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 9-12 numaralı ürünlerin pişirilmesi durumunda şeklin tamamen kaybolacağı hamurun akışkanlığından açıkça anlaşılmaktadır.



Şekil 3. Optimum ürünlerin pişirme sonrası görüntüleri (Optimum 1-3)  
 Figure 3. Images of optimum samples's after cooking (Optimum: 1-3)

## SONUÇ

Çalışma kapsamında ülkemizde bol miktarda bulunan kabuklu deniz ürünlerinden karideslerin taze tüketimi dışında 3D gıda yazıcısı kullanılarak tahıl bazlı atıştırmalık üretiminde kullanılarak tüketime hazır alternatif yeni bir ürün üretilmiştir. 3D gıda yazıcısında üretilen ürünlerin tekstürel özellikleri yazdırma ve yazdırma sonrası olası pişirme süreçlerinde şeklin korunumu açısından en önemli unsur oluşturmaktadır. Bu yüzden 3D gıda yazıcısında yazdırılabilen, şekilsel ve tekstürel yapısını koruyabilen hamur eldesi için söz konusu yapıya etki eden parametrelerin ve optimum koşulların belirlenmesi için Plackett-Burman tasarımı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda un türü ve oranları, su ve yağ oranı gibi değerlerin ürünlerin yazdırılmasını direkt olarak etkilediği, hamurun tekstürel parametreleri üzerine karides unu oranı ve su sıcaklığının etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Üç boyutlu yapı ile ilgili olarak toplam hata için karides unu katkısı, buğday unu oranı, sıcaklık ve şekil doluluğunun etkisi önemli bulunmuştur. Gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında da karides unu eklenmiş sağlıklı atıştırmalık üretiminde 3D gıda yazıcısında ürün yazdırmayı sağlayacak en uygun formülasyon belirlenmiş olup elde edilen optimum ürünlerin yazdırma sonrası pişirme uygulandığında da üç boyutlu yapısını korunduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber hamur yapısına ve ürünlerin yazdırılmasına etki eden parametreler de belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, benzer yaklaşımlar ile 3D gıda yazıcısında yazdırılabilecek formülasyonların oluşturulabileceğini göstermiştir. Yine sonuçlar değerlendirildiğinde su ürünlerinin tüketiminin artırılmasına yönelik alternatif yeni ürünlerinin geliştirilmesine ve özellikle 3D gıda yazıcısında geliştirilecek ürünlerin üretim parametrelerinin ortaya koyulmasına ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Sofi, F., Dinu, M.R. (2016). Nutrition and prevention of chronic-degenerative diseases. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 713-717.
- [2] Kris-Etherton, P.M., Harris, W.S., Appel, L.J. (2002). Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circularion*, 106, 2747-2757.
- [3] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2021). Su Ürünleri İstatistikleri. *Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü*.

<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr>,  
 Erişim tarihi: 24.08.2022.

- [4] T.C. Tarım Orman Bakanlığı. (2021). Tarım Ürünleri Piyasaları, Su Ürünleri. *Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü*. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Ürün%20Raporları/2021%20Ürün%20Raporları/Su%20Ürünleri%20Ürün%20Raporu%202021-338%20TEPGE.pdf>. Erişim tarihi: 24.08.2022.
- [5] Ertop, M.H., Kutluk, K., Coşkun, K., Canlı, S. (2016). Gıda endüstrisi yan ürünleri kullanımıyla cips üretimine yeni bir yaklaşım: Zenginleştirilmiş gluten cipsi. *Akademik Gıda*, 14(4), 398-406.
- [6] Potter, R., Stojceska, V., Plunkett, A. (2013). The use of fruit powders in extruded snacks suitable for children's diets. *LWT-Food Science and Technology*, 51, 537-544.
- [7] Rathod, R.P., Annapure, U.S. (2016). Effect of extrusion process on antinutritional factors and protein and starch digestibility of lentil splits. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 114-123.
- [8] Anton, A.A., Fulcher, R.G., Arntfield, S.D. (2009). Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effect of bean addition and extrusion cooking. *Food Chemistry*, 113, 989-996.
- [9] Sumargo, F., Gulati, P., Weier, S.A., Clarke, J., Rose, D.J. (2016). Effects of processing moisture on the physical properties and *in vitro* digestibility of starch and protein in extruded Brown rice and pinto bean composite flours. *Food Chemistry*, 211, 726-733.
- [10] Karaton Kuzgun, N. (2017). *Luciobarbus esocinus*, (Heckel 1843)'den elde edilen balık cipslerinin besin kompozisyonu ve duyu özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 13(2), 153-162.
- [11] Mohamed, G.F., Sulieman, A.M., Soliman, N.G. (2014). Fortification of biscuits with fish protein concentrate. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 9(2), 242-249.
- [12] Abraha, B., Mahmud, A., Admassu, H., Habte-Tsion, H.M., Xia, W., Yang, F. (2018). Production of biscuit from Chinese sturgeon fish fillet powder (*Acipenser sinensis*): A snack food for children. *Journal of Aquatic Food Production Technology*, 27(10), 1048-1062.
- [13] Azzollini, D., Derossi, A., Fogliano, V., Lakemond, C.M.M., Severini, C. (2018). Effects of formulation

- and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-enriched snacks. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 45, 344-353.
- [14] Suknark, K., McMatters, K.H., Phillips, R.D. (1998). Acceptance by American and Asian consumers of extruded fish and peanut snack products. *Journal of Food Science*, 63(4), 721-725.
- [15] Kong, J., Dougherty, M.P., Perkins, L.B., Camire, M.E. (2008). Composition and consumer acceptability of a novel extrusion-cooked salmon snack. *Journal of Food Science*, 73(3), 118-123.
- [16] Lucas, B.F., De Morais, M.G., Santos, T.D. (2018). Spirulina for snack enrichment: Nutritional, physical and sensory evaluations. *LWT-Food Science and Technology*, 90,270-276.
- [17] Kumar, R., Martin Xavier, K.A., Lekshmi, M., Balange, A. (2018). Fortification of extruded snacks with chitosan: Effects on techno functional and sensory quality. *Carbohydrate Polymers*, 194, 267-273.
- [18] Shaviklo, R.A., Azaribeh, M., Moradi, Y., Zangeneh, P. (2015). Formula optimisation and storage stability of extruded puffed corn-shrimp snacks. *LWT-Food Science and Technology*, 63, 307-314.
- [19] Erkan, N., Özden, Ö., Üçok Alakavuk, D, Tosun, Ş.Y., Varlık, C., Baygar, T. (2007). İstanbul'da satılan karideslerin sodyum metabisülfid düzeyinin tespiti, *Journal of Fisheries Sciences*, 1(1), 26-33.
- [20] Yerlikaya, P., Topuz, O.K., Buyukbenli, H.A., Gokoglu, N. (2013). Fatty acid profiles of different shrimp species: Effects of depth of catching. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22:290-297.
- [21] Sun, J., Peng, Z., Zhou, W., Fuh, J.Y.H., Hong, G.S., Chiu, A. (2015). A review on 3D Printing for Customized Food Fabrication. *Procedia Manufacturing*, 1,308-319.
- [22] Godoi, F.C., Prakash, S., Bhandari, B.R. (2016). 3D printing technologies applied for food design: Status and prospects. *Journal of Food Engineering*, 179, 44-54.
- [23] Liu, Z., Bhandari, B., Wang, Y. (2017). 3D printing: Printing precision and application in food sector. *Trends in Food Science and Technology*, 69, 83-94.
- [24] Cohen, D.L., Lipton, J.I., Cutler, M., Coulter, D., Vesco, A., Lipson, H. (2009). Hydrocolloid Printing: A Novel Platform for Customized Food Production. *Solid Freeform Fabrication Symposium*, September 18, 2009, Austin, Texas, USA, Book of Proceedings.
- [25] Dick, A., Bhandari, B., Dong, X., Sangeeta, P. (2020). Feasibility study of hydrocolloid incorporated 3D printed pork as dysphagia food. *Food Hydrocolloids*, 107, 105940.
- [26] Guo, C., Zhang, M., Devahastin, S. (2021). Color/aroma changes of 3D-printed buckwheat dough with yellow flesh peach as triggered by microwave heating of gelatin-gum Arabic complex cocervates. *Food Hydrocolloids*, 112, 106358.
- [27] Jagadiswaran, B., Alagarasan, V., Anandharamakrishnan, C. (2021). Valorization of food industry waste and by-products using 3D printing: A study on the development of value-added functional cookies. *Future Foods*.
- [28] Phuhongsung, P., Zhang, M., Devahastin, S. (2020). Influence of surface pH on color, texture and flavor of 3D printed composite mixture of soy protein isolate, pumpkin, and beetroot. *Food and Bioprocess Technology*, 13(9), 1600-1610.
- [29] Keerthana, K., Anukiruthika, T., Moses, J.A., Anandharam-akrishnan, C. (2020). Development of fiber-enriched 3D printed snacks from alternative foods: A study on button mushroom. *Journal of Food Engineering*, 287, 110116.
- [30] Uribe-Wandurraga, Z.N., Zhang, L., Noort, M.W.J., Schutyser, M.A.I., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J. (2020). Printability and physicochemical properties of microalgae-enriched 3D-Printed snacks. *Food and Bioprocess Technology*, 13(11), 2029-2042.
- [31] Lille, M., Nurmela, A., Nordlund, E., Metsä-Kortelainen, S., Sozer, N. (2018). Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *Journal of Food Engineering*, 220, 20-27.
- [32] Severini, C., Azzollini, D., Albenzio, M., Derossi, A. (2018). On printability, quality and nutritional properties of 3D printed cereal based snacks enriched with edible insects. *Food Research International*, 106, 666-676.
- [33] Ahuja, S.K., Ferreira, G.M., Moreira, A.R. (2004). Application of Plackett-Burman Design and Response Surface Methodology to Achieve Exponential Growth for Aggregated Shipworm Bacterium. *Biotechnology and Bioengineering*, 85(6), 666-675.
- [34] Li,X., Xu, H., Liu, F., Peng, Q., Chen, F., Guo, Y. (2021). Utilizing Plackett-Burman design and response surface analysis to optimize ultrasonic cleaning of pesticide residues from rape. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102, 2061-2069.
- [35] Pacularu-Burada, B., Turturica, M., Rorcha, J.M., Bahrim, G.E. (2021). Statistical approach to potentially enhance the postbiotication of gluten-free sourdough. *Applied Sciences*, 11(11), 2-25.
- [36] Valmorida, J.S., Castillo-Israel, K.A.T. (2018). Application of Plackett-Burman experimentals design in the development of muffin using adlay flour. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 102, 012081.
- [37] Singh, R.K.R., Majumdar, R.K., Venkateshwarlu, G. (2014). Optimum extrusion conditions for improving physical properties of fish cereal-based snacks by response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1827-1836.
- [38] Majumdar, R.K., Singh, R.K.R. (2014). The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of fish-based expanded snacks. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38, 864-879.
- [39] Vanaja, K., Rani, R.H.S. (2007). Design of experiments: Concept and applications of Plackett-

- Burman design. *Clinical Research and Regulatory Affairs*, 24(1),1-23.
- [40] Khan, M.A., Sastry, S.V., Vaithiyalingam, S.R., Agarwal, V., Nazzal, S., Reddy, I.K. (2000). Captopril gastrointestinal therapeutic system coated with cellulose acetate pseudolatex: evaluation of main effects of several formulation variables. *International Journal of Pharmaceutics*, 193, 147-156.
- [41] Zhang, L., Lou, Y., Schutyser, M.A.I. 2018. 3D printing of cereal-based food structures containing probiotics. *Food Structure*, 18, 14-22.
- [42] Liu, Y., Liang, X., Saeed, A., L. W., Quin, W. (2019). Properties of 3D printed dough and optimization of printing parameters. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 54, 9-18.
- [43] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th edition. Washington, DC.
- [44] Vukušić Pavičić, T., Grgić, T., Ivanov, M., Novotni, D., & Herceg, Z. (2021). Influence of flour and fat type on dough rheology and technological characteristics of 3D-printed cookies. *Foods*, 10(1), 193.
- [45] Shi, Y., Zhang, M., Bhandari, B. (2021). Effect of addition of beeswax based oleogel on 3D printing of potato starch-protein system. *Food Structure*, 27, 100176.
- [46] Yang, F., Zhang, M., Prakash, S., Liu, Y. (2018). Physical properties of 3D printed baking dough as affected by different compositions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 49, 202-210.
- [47] Jeyakumari, A., Das, M.S.R., Bindu, J., Joshy, C.G., Zynudheen, A.A. (2016). Optimisation and comparative study on the addition of shrimp protein hydrolysate and shrimp powder on physicochemical properties of extruded snack. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 1578-1585.
-

## Vişne Çekirdeği Protein Konsantresi Tozu İlavesinin Glutensiz Baton Keklerin Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi

Ali Cingöz  

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat

Geliş Tarihi (Received): 03.04.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 22.10.2023

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [ali.cingoz@gop.edu.tr](mailto:ali.cingoz@gop.edu.tr) (A. Cingöz)

☎ 0 356 252 1616 📠 0 356 252 1729

### ÖZ

Nişasta bazlı glutensiz ürünlerin besinsel ve fonksiyonel içeriklerinin iyileştirilmesi amacıyla gluten içermeyen hububat ve hububat benzeri ürünler ile alternatif bileşenler ilave edilmektedir. Nişasta bazlı ürünlerin en önemli eksik bileşenlerinden biri olan protein, alternatif kaynaklardan ilave edilerek artırılmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmada meyve suyu sanayisinin önemli atıklarından biri olan vişne çekirdeklerinden toz halde protein konsantresi elde edilmiş ve elde edilen protein konsantreleri 3 farklı oranda (%2, 5 ve 10) glutensiz baton kek üretiminde una ikame edilmiştir. Üretilen baton keklerin fiziksel, fonksiyonel, renk, morfojeometrik, duyuusal ve tekstürel özellikleri ile kek hamurlarının akış özellikleri tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre vişne çekirdeği protein konsantresi ilavesinin kek örneklerinin toplam fenolik madde içeriği ve (FRAP ve DPPH yöntemleriyle) antioksidan kapasitesinde artış sağladığı belirlenmiştir. 60 gün süre ile depolanan kek örneklerinin sertlik değerinin %2'nin üzerinde vişne çekirdeği protein konsantresi ikamesi ile arttığı tespit edilmiştir. Protein konsantresi ilavesinin hamurun akışkanlığında 4.3 katlık bir artış meydana getirdiği Bostwick değerleri ile belirlenmiştir. Morfojeometrik özellikler (hacim, simetri ve tekdüzelik indeksi) %5 vişne çekirdeği protein ilavesine kadar olumsuz etkilenmemiş ve kekin simetrik yapısı stabil kalmıştır. Sonuç olarak vişne çekirdeği protein konsantresinin glutensiz baton keklerin protein ve fonksiyonel içeriklerini yükselterek besinsel yönden zenginleştirdiği ve %5 ilave düzeyine kadar kek örneklerinin fiziksel özelliklerinde herhangi bir olumsuz etki oluşturmadığı belirlenmiştir. Bu nedenlerle vişne çekirdeği protein konsantresinin glutensiz kek üretiminde kullanıma uygun bir fonksiyonel hammadde olduğu değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çölyak, Glutensiz ürün, Morfojeometri, Vişne

### Effect of Sour Cherry Seed Protein Concentrate Powder Addition on Some Quality Characteristics of Gluten-Free Baton Cakes

#### ABSTRACT

Gluten-free cereals, pseudo-cereals and alternative grains are added into starch-based gluten-free products to improve their nutritional and functional contents. Protein, one of the primary missing ingredients in starch-based products, is increased in these products by adding alternative sources. In this study, protein concentrates from the sour cherry seed, a fruit juice industry's primary waste, was extracted, and its powder form was added into flour at three different substitution ratios (2, 5, and 10%) in the production of gluten-free baton cakes. The physical, functional, color, sensory, morphogeometric and textural properties of baton cakes and the flow properties of cake batters were determined. The addition of sour cherry seed protein concentrated increased the total phenolic content and antioxidant capacity (determined by FRAP and DPPH methods) of cake samples. After 60 days of storage, the hardness value of cake samples increased with the addition of more than 2% sour cherry seed protein concentrate powder. It was determined by Bostwick values that the addition of protein concentrate powder caused a 4.3-fold increase in the fluidity of cake dough. The morphogeometric properties (volume, symmetry and uniformity index) were

not negatively affected by up to 5% addition of sour cherry seed protein concentrate powder, and the symmetrical structure of cakes remained stable. As a result, it was determined that cherry seed protein concentrate powder enriched gluten-free baton cakes nutritionally by increasing their protein and functional contents and did not cause any negative effect on their physical properties up to 5% substitution level. For these reasons, it was concluded that cherry seed protein concentrate could be a functional raw material suitable in gluten-free cake production.

**Keywords:** Celiac, Gluten-free product, Morphogeometry, Sour cherry

## GİRİŞ

Vişne (*Prunus cerasus* L.), gülgiller (Rosaceae) familyasında ekşi tada sahip bir meyvedir [1]. Vişne (*Prunus cerasus* L.), kiraza göre (*Prunus avium* L.) daha yüksek asit/şeker oranına sahiptir. Bundan dolayı vişne daha çok meyve suyu, konsantre, reçel, püre veya marmelat yapımında kullanılırken, kiraz genellikle meyve halinde tüketilmektedir [2]. Vişne çekirdekleri %25.3–31.7 protein, %9.5–30.3 diyet lifi ve %17.0–41.9 yağ içermektedir [3-5]. Ayrıca Garcia ve ark. [6] vişne çekirdeği proteinlerinde antioksidan ve antihipertansif peptitlerin varlığını bildirmişlerdir. FAOSTAT verilerine göre 2020 yılında dünyada 1.48 milyon ton vişne üretimi gerçekleşirken bunun 189.000 tonu Türkiye’de üretilmiştir. Üretilen bu vişnenin yaklaşık %85’i çeşitli gıda ürünlerine işlenmektedir [7]. Vişne meyvesinin %7-15’lik kısmını çekirdek, çekirdeğin de %20-25’lik kısmını çekirdek içi oluşturmaktadır [2]. Dünyada yıllık yaklaşık 163.000 ton vişne çekirdeği atığı açığa çıkmaktadır. Meydana gelen bu atık vişne çekirdeğinden 37.000 ton vişne çekirdeği içi elde edilebilmektedir. Meyve işleme proseslerinin farklı aşamalarında meydana gelen kabuk, posa ve çekirdek gibi atıkların katma değerlerinin yükseltilmesi gerekmektedir [8].

Yüksek protein ve yağ içeriği ile ön plana çıkan vişne çekirdeği ile ilgili yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu vişne çekirdeği yağının elde edilmesi [9], antibakteriyel ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi [10, 11], biyodizel üretimi [12, 13], günlük tüketim olanaklarının araştırılması [14, 15] üzerinedir. Vişne proteini ile ilgili olan çalışmalar ise proteinlerin ekstraksiyon verimleri ve fonksiyonel özelliklerinin tespiti [16, 17] ile ilgilidir. Yapılan literatür taramalarında vişne çekirdeği ununun ekme yapımında ikame maddesi olarak kullanımı [18], vişne çekirdeğinin kek üretiminde kullanılması [19] gibi sınırlı sayıda çalışma mevcuttur.

Glutensiz ürün çeşitliliğinin az olması ve çölyak hastalığının farkındalığının artması ile birlikte glutensiz ürün çeşitliliğine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Ayrıca üretilen glutensiz ürünlerin besin içeriklerinin düşük olması ve nişasta bazlı ürün gamının yüksek olması bu ürünlere besin değeri yüksek bileşenlerin ilave edilmesini gerekli kılmaktadır. Glutensiz keklerin yapısal, besinsel ve teknolojik özelliklerini iyileştirmek ve geliştirmek için çiya, amarant, kinoa ve karabuğday [20], bamyaya tohumu [21], nohut, badem ve keçiyoynuzu unu [22], portakal lifi [23] ve karpuz kabuğu [24] gibi çeşitli hammaddelerin kullanıldığına dair çalışmalar mevcuttur. Ayrıca glutensiz kek üretiminde soya ve bezelye protein izolatu ile yumurta beyazı protein ilavesi [25], barbunya protein izolatu [26] ve börülce protein izolatu [27] kullanımı ile ilgili çalışmalar da belirlenmiştir. Ancak bu

çalışmanın konusu olan vişne çekirdeği protein konsantresinin glutensiz ürünlerde kullanımı ile ilgili herhangi bir literatür bilgisine ulaşılamamıştır.

Tüketicilerin sağlıklı ve fonksiyonel ürünlere olan talebi her geçen gün artarken, üreticilerinde meydana gelen atık ve artıkları değerlendirme çalışmaları da gıda-tarım değer zincirinde sürdürülebilirliğin artırılması ile önem kazanmıştır. Bu çalışmanın amacı; başta çölyak hastaları olmak üzere glutensiz diyet yapan tüm bireylerin ürün çeşitliliğini arttırmak ve nişasta bazlı glutensiz keklerin besinsel içeriğini iyileştirmektir. Ayrıca çalışmanın meyve suyu sanayinde açığa çıkan atığın değerlendirilmesine katkı sunması hedeflenmektedir. Bu amaç doğrultusunda vişne çekirdeğinden protein konsantresi elde edilmiş ve vişne çekirdeği protein konsantresi 3 farklı oranda pirinç ununa ikame edilerek glutensiz baton kek üretimi gerçekleştirilmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

Pirinç unu İngro (Karaman, Türkiye), vişne çekirdekleri Dimes A.Ş. (Tokat), şeker, tuz, yumurta ve ayçiçek yağı yerel marketten (Tokat), potasyum sorbat, ksantan ve guar gam (Alfasol), yağsız süt tozu Pınar A.Ş. (İzmir)’den temin edilmiştir. Tüm hammaddeler kullanıncaya kadar +4°C’de muhafaza edilmiştir. Araştırmada kullanılan tüm kimyasallar; Sigma Chemical Company (MO, ABD), Merck KGaA (Almanya) veya Alfa Aesar GmbH & Co KG (Almanya)’dan satın alınmıştır.

### Metot

### Vişne Çekirdeği Protein Konsantresi Üretimi

Temin edilen vişne çekirdekleri yüksek hızlı öğütücü (Demsan, İstanbul, Türkiye) ile 26000 devir/dakikada parçalanarak toz haline getirilmiştir. Çekirdek tozları hekzan veya petrol eter ilavesinden (1:5; a/h) sonra oda sıcaklığında, bir saat manyetik karıştırıcı da karıştırılmıştır. Süre sonunda karışım kaba filtre kağıdından süzülerek hekzan veya petrol eter ayrılmıştır. Ekstraksiyon işlemi 3 kez hekzan ve 2 kez petrol eter ile tekrarlanarak çekirdek yağı uzaklaştırılmıştır. Hekzan/petrol eter kalıntılarının tamamen uzaklaşması için örnekler 12 saat 50°C’de hava akımlı etüvde (Mommert, UFE600, Schwabach, Almanya) bekletilmiştir. Yağ uzaklaştırma işlemi ile vişne çekirdeğinin yağ oranı %35.2’den %2.1’e düşürülmüştür. Yağı uzaklaştırılan çekirdek tozları saf su (1:20; a/h) ile karıştırılmış ve bu karışımın pH değeri digital pH metre (Hanna, HI 2211, Woonsocket, ABD) yardımıyla 2 N

NaOH kullanılarak 10.0'a ayarlanmıştır. Daha sonra karışım magnetik karıştırıcıda (Velp, Are, Usmate, İtalya) 3 saat, 550 rpm'de karıştırılmıştır. Süre sonunda karışım kaba filtre kağıdından geçirilerek çökelti uzaklaştırılmıştır. Elde edilen sıvı kısmın pH değeri 2 N HCl ile 4.5'e ayarlanmış ve 15 dk. bekletilmiştir. Ardından karışım kaba filtre kağıdından geçirilerek çökelti kısmı toplanmış ve bir miktar saf su ile dispers edilerek pH değeri 7.0'a ayarlanmıştır. Elde edilen karışım 50°C'de hava akımlı etüvde (Memmert, UFE600, Schwabach, Almanya) 12-18 saat kurutulmuş ve yüksek hızlı öğütücü (Demsan, İstanbul, Türkiye) ile öğütülerek üretimde kullanılmıştır [28].

## Baton Kek Üretimi

Levent ve Bilgiçli [29]'nin kek üretim metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. Baton kek üretiminde kullanılan bileşenlerin oranı Tablo 1'de gösterilmiştir. Yumurta ve şeker 3 dk. mikserde (Kitchenaid, Artisan Stand Mikser, ABD) 4. devirde çırpılmış ve ardından su ve yağ ilavesi yapılarak 1 dk. mikserde 4. devirde çırpma işlemine devam edilmiştir. Süre sonunda diğer bileşenler ilave edilerek 3. devirde 3 dk. çırpma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çırpma işlemi sonunda baton kek kalıplarına 150 g hamur karışımı alınmış ve 170°C'de 20 dk konveksiyonel fırında (Kromlüks, E10, Ankara, Türkiye) pişirilmiştir. Pişirilen kek örnekleri kalıplarından çıkarılarak 30 dk. oda koşullarında soğutulmuştur.

Tablo 1. Baton kek üretiminde kullanılan formülasyon

*Table 1. Formulation used in the preparation of baton cakes*

Bileşen	Miktar (g)
Pirinç unu	100
Şeker	75
Yumurta	55
Ayçiçek yağı	55
Su	60
Yağsız süt tozu	7
Kabartma tozu	5
Ksantan gam	1.2
Guar gam	0.5
Tuz	1
Vanilin	0.06
Potasyum sorbat	0.10
Vişne çekirdeği protein konsantresi	Baton kek üretiminde vişne çekirdeği protein konsantresi unla yer değiştirme esasına göre %2, %5 ve %10 oranlarında ilave edilmiştir.

## Fiziksel Analizler

Soğutulan kek örneklerin ağırlıkları hassas terazi (Radwag, AS 220.R2, Polonya) yardımıyla tartılmış ve yükseklikleri kumpas kullanılarak ölçülmüştür. Keklerin hacimleri, hacim ölçüm cihazında hardal tohumu kullanılarak AACCC metod 10-05'e göre tespit edilmiştir [30]. Spesifik hacim değerleri, kek hacminin kek ağırlığına oranlanması ile hesaplanmıştır [31]. Ağırlık kaybı hamur ağırlığının pişmiş kek ağırlığına oranlanması ile % olarak belirlenmiştir.

## Renk Analizi

Baton kek örnekleri 1 cm genişliğinde dilimlenmiş ve orta kısımdan iki dilim alınarak renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) kolorimetre (Minolta, CR-300, Minolta Co., Osaka, Japonya) kullanılarak tespit edilmiştir [32]. Ayrıca örneklerin  $\Delta E$  değerleri Eşitlik 1 kullanılarak tespit edilmiştir.

$$\Delta E = [(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

## Su Aktivitesi

Örneklerin su aktivitesi değerleri su aktivitesi ölçme cihazı (Testo 650, Testo SE&Co., Almanya) ile tespit edilmiştir.

## Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite

Ekstraksiyon amacıyla 1 g örnek üzerine 20 mL asitlendirilmiş metanol çözeltisi ((HCl (%37'lik)/metanol(%99'luk)/su, 1:80:10, v/v) ilave edilmiş ve 25°C'de 2 saat çalkalamalı su banyosunda (Memmert, WB 22, Schwabach, Almanya) bekletilmiştir. Süre sonunda karışım 3000 rpm'de 10 dk. santrifüj (Nüve, NF800, Ankara, Türkiye) edilmiş ve santrifüj sonrası süpernatant alınarak analiz edilinceye kadar -18°C'de depolanmıştır [33].

*Toplam fenolik madde tayini:* Analiz 2 N Folin-Ciocalteu fenol ayırıcı kullanılarak Singleton ve Rossi [34] tarafından tanımlanan yöntemle göre belirlenmiştir. Sonuçlar "gallik asit eş değeri" olarak hesaplanmıştır.

*FRAP yöntemiyle antioksidan kapasite tayini:* Benzie ve Strain [35] tarafından tanımlanan yöntemle göre yapılmıştır ve sonuçlar "Trolox eş değeri" cinsinden hesaplanmıştır.

*DPPH Radikal Süpürme Aktivitesi:* Brand-Williams ve ark. [36] tarafından açıklanan yöntemle göre yapılmıştır sonuçlar "Trolox eş değeri" cinsinden hesaplanmıştır.

## Kek Simetri (Morfojeometrik) Analizleri

Kek örneklerinin hacim, simetri ve tekdüzelik indeksi AACCC metod 10-91'e göre [30], toplam hacim indeksi



değeri ise Bath ve ark. [37]'nin belirttiği yöntemle göre tespit edilmiştir. Yapısal özelliklerin belirlenmesinde kullanılan simetri şablonu Şekil 1'de gösterilmektedir.

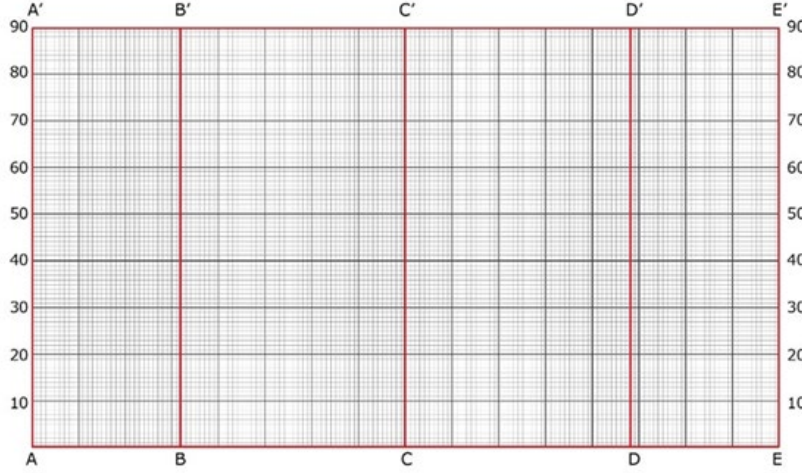
Hacim, simetri ve tekdüzelik indeksleri ile toplam hacim indeksleri aşağıdaki Eşitliklere göre hesaplanmıştır.

$$\text{Hacim İndeksi (mm)} = |BB'| + |CC'| + |DD'| \quad (2)$$

$$\text{Simetri İndeksi (mm)} = 2 \times |BB'| - |CC'| - |DD'| \quad (3)$$

$$\text{Tekdüzelik İndeksi (mm)} = |BB'| - |DD'| \quad (4)$$

$$\text{Toplam Hacim İndeksi (mm)} = |AA'| + |BB'| + |CC'| + |DD'| + |AE| + |A'E'| \quad (5)$$



Şekil 1. Baton keklerin yapısal özelliklerinin ölçümünde kullanılan şablon  
Figure 1. Template used for measuring the structural properties of baton cakes

### Tekstür Analizi

Sertlik değeri (Newton/cm<sup>2</sup>) tekstür analiz cihazı (Zwick/Roell, Z0.5, Ulm, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir [38]. Kek örnekleri 60 gün boyunca oda sıcaklığında ısıtılmalı metalize film içerisinde paketlenerek depolanmıştır. Depolama süresince 1, 2, 3, 7, 14, 21, 30 ve 60. gün sonunda baton kek paralellerinden 3 tanesi ambalajından çıkarılarak kenar kısımları kesilmiş kalan kısmı ise 1 cm'lik 5 dilime bölünmüştür. Ortada kalan 3 dilim alınmış ve sertlik değerleri tespit edilmiştir. Tekstür analiz cihazı çalışma koşulları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Tekstür analiz cihazı çalışma koşulları

Table 2. Operating conditions for the texture analyzer

Ayarlar	Değerler
V <sub>test</sub>	35.0 mm/dakika
V <sub>return</sub>	500 mm/dakika
V <sub>pos1</sub>	500 mm/dakika
V <sub>pos2</sub>	10 mm/dakika
L <sub>max</sub>	10 mm
F <sub>v</sub>	0.1 N

### Bostwick testi

Glutensiz hamur karışımının reolojik özellikleri Bostwick konsistometresi (Model 24925-000, CSC Scientific Company, Inc, Fairfax, VA, ABD) kullanılarak tespit edilmiştir [39]. Hamurun akış hücresi üzerinde 10, 20, 30, 40, 50 ve 60. saniyelerde kat ettiği mesafeler ölçülmüştür.

### Duyusal Analiz

Kek örneklerinde duyusal değerlendirme 25-60 yaş aralığında 18 panelist ile gerçekleştirilmiştir. Kek örnekleri renk, aroma, gözenek yapısı, tekstür ve genel kabul edilebilirlik özellikleri bakımından 1-5 (1=çok kötü, 5=çok iyi) puan aralığında hedonik skala kullanılarak değerlendirilmiştir [49]. Duyusal analize katılan panelistlere çalışmanın doğası ve oluşabilecek riskler aktarılmış ve riskleri kabul eden panelistler ile duyusal analiz gerçekleştirilmiştir.

### İstatistiksel Analiz

Glutensiz baton kek üretiminde elde edilen veriler "SPSS" paket programı (SPSS, version 25.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, ABD) kullanılarak ANOVA ve Duncan testlerine tabi tutulmuş ve istatistiksel farklılıkları (p<0.05) belirlenmiştir. Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Glutensiz gıda ürünlerinde sıklıkla kullanılan pirinç, düşük düzeyde sodyum, protein, yağ ve lif içerirken yüksek miktarda hızlı sindirilebilen karbonhidrat içermektedir [40]. Ayrıca düşük gaz tutma kapasitesi nedeniyle pirinç ürünlerinde hacim, tekstür, renk ve gözenek yapısı sorunları meydana gelmektedir [41]. Vişne çekirdeği protein konsantrisi (VÇPK) ilaveli glutensiz baton keklerin fiziksel özellikleri Tablo 3'de gösterilmektedir. Pişen kek örneklerinin son ağırlıkları kontrol örneğinde 130.08 g iken VÇPK ilave oranı arttıkça ağırlıkta artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Ağırlıkta meydana gelen artışın tersine kek örneklerinin

yüksekliklerinin 6.26 cm'den 4.82 cm'ye kadar düştüğü belirlenmiştir. Kontrol örneğinde 497.81 cm<sup>3</sup> olan hacim değeri %10 VÇPK ilavesinde 343.13 cm<sup>3</sup>'e kadar azalmıştır. Hacmin ağırlığa oranlanması ile belirlenen spesifik hacim değerleri de bu durumu desteklemektedir. İlave edilen VÇPK'i kabarma mekanizmasını olumsuz etkilemiş ve keklerin hacimlerinde azalma meydana getirmiştir. VÇPK ilavesinin hamurda ağırlık kaybını

azalttığı belirlenmiştir. VÇPK su tutma kapasitesi 2.42-2.84 g su/g örnek arasında değişmektedir [16, 28]. İlave edilen VÇPK miktarının artması ile hamurun su tutma kapasitesinde artış olmaktadır. Yapıda daha fazla miktarda kalan su, ağırlık kaybını düşürmektedir. Örneklerin su aktivitesi değerleri 0.882-0.888 arasında değişmekte olup istatistiki olarak fark bulunmamaktadır (p<0.05).

Tablo 3. Vişne çekirdeği protein konsantresi ilaveli glutensiz baton keklerin fiziksel özellikleri

*Table 3. Physical properties of gluten-free baton cakes with added sour cherry seed protein concentrate*

Özellik	Kontrol*	%2 VÇPK	%5 VÇPK	%10 VÇPK
Ağırlık (g)	130.08±0.86 <sup>a</sup>	130.63±1.37 <sup>a</sup>	131.55±1.31 <sup>a</sup>	133.96±1.97 <sup>a</sup>
Yükseklik (cm)	6.26±0.26 <sup>a</sup>	5.52±0.30 <sup>b</sup>	5.41±0.12 <sup>b</sup>	4.82±0.28 <sup>c</sup>
Hacim (cm <sup>3</sup> )	497.81±20.68 <sup>a</sup>	441.56±15.46 <sup>b</sup>	379.68±20.85 <sup>c</sup>	343.13±9.22 <sup>d</sup>
Spesifik hacim (cm <sup>3</sup> /g)	3.83 <sup>a</sup>	3.38 <sup>b</sup>	2.89 <sup>c</sup>	2.56 <sup>d</sup>
Ağırlık kaybı (%)	13.20±0.68 <sup>a</sup>	12.91±0.92 <sup>a</sup>	12.30±0.87 <sup>a</sup>	10.69±1.31 <sup>b</sup>
Su aktivitesi (a <sub>w</sub> )	0.888 <sup>a</sup>	0.882 <sup>a</sup>	0.882 <sup>a</sup>	0.884 <sup>a</sup>

\*a,b,c, d harfleri aynı satırdaki örneklerle ait p<0.05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (VÇPK: Vişne çekirdeği protein konsantresi)

Morfojeometrik özellikler keklerde önemli kalite kriterlerinden birisidir. Keklerin üst yapıların çökük olması (simetri indeksi negatif değerde) istenmezken kabarık bir kek yapısı (simetri indeksi pozitif) arzu edilmektedir. Alt ve üst büzülme değerleri pişen hamurda meydana gelen değişimleri ifade etmektedir. Kekin yan görüntüsünün homojen yapıda olması istenen bir durumdur [42]. Vişne çekirdeği protein konsantresi ilaveli glutensiz baton keklerin yapısal özellikleri Tablo 4'te gösterilmiştir. Hazırlanan tüm keklerin simetri indeksi değerleri pozitifdir. Bu da keklerin üst yapılarının kavisli olduğu anlamına gelmektedir [42]. %5 vişne çekirdeği protein konsantresi (VÇPK) ilaveli kek

örneğin en yüksek simetri indeksi değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Simetri indeksi %10 VÇPK ilaveli keklerde azalmaya başlamıştır. Örneklerin tekdüzelik indekslerinin sıfıra yakın olması, örneklerin yan simetrisinin bozulmadığını göstermektedir [42]. Glutensiz una VÇPK ilave edilmesi tekdüzelik indeks değerlerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı tespit edilmiştir (p<0.05). Daha çok hava kabarcığı ve CO<sub>2</sub> tutabilen yüksek hacimli keklerin hamur kıvamı ve viskozitesi doğrudan hacim ile ilişkilidir [43]. VÇPK ilavesi ile keklerin toplam hacim indeksinde azalma meydana geldiği belirlenmiştir.

Tablo 4. Vişne çekirdeği protein konsantresi ilaveli glutensiz baton keklerin yapısal özellikleri

*Table 4. Structural properties of gluten-free baton cakes with added sour cherry seed protein concentrate*

Özellik	Kontrol*	%2 VÇPK	%5 VÇPK	%10 VÇPK
Hacim İndeksi	175.33±8.06 <sup>a</sup>	160.33±2.49 <sup>b</sup>	148.00±4.08 <sup>c</sup>	141.33±4.92 <sup>d</sup>
Simetri İndeksi	24.67±4.50 <sup>b</sup>	25.67±2.49 <sup>b</sup>	31.00±6.38 <sup>a</sup>	19.67±4.19 <sup>c</sup>
Tekdüzelik İndeksi	0.10±0.82 <sup>a</sup>	-0.67±0.46 <sup>a</sup>	-0.67±0.19 <sup>a</sup>	-0.33±0.47 <sup>a</sup>
Toplam Hacim İndeksi	537.67±23.98 <sup>a</sup>	506.33±1.25 <sup>b</sup>	494.00±11.43 <sup>c</sup>	483.67±6.24 <sup>c</sup>

\*a,b,c, d harfleri aynı satırdaki örneklerle ait p<0.05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (VÇPK: Vişne çekirdeği protein konsantresi)

Tüketiciler bir ürünü tercih ederken 5 duyu organına hitap etmesini istemektedir. Tüketecekleri ürünün teknolojik ve duyu özelliklerine önem veren bireyler koku, görünüş ve renk gibi özellikleri dikkate alarak ürün tercihlerini yapmaktadırlar. Tablo 5'de vişne çekirdeği protein konsantresi ilaveli glutensiz baton keklerin renk değerleri gösterilmektedir. Unlu mamullerin işlenmesi sırasında meydana gelen renk farklılıkları; unlu mamullerin yapısındaki bileşenlerin tek tek verdiği renk, üretim sürecinde meydana gelen Maillard ve karamelizasyon reaksiyonları gibi farklı bileşenlerin etkileşiminden kaynaklanan renk ve kimyasal veya enzimatik reaksiyon kaynaklı renk olmak üzere 3 bölüm altında incelenmektedir [25]. Glutensiz una VÇPK ilave edilmesinin L\* değerinde protein konsantresinin koyu

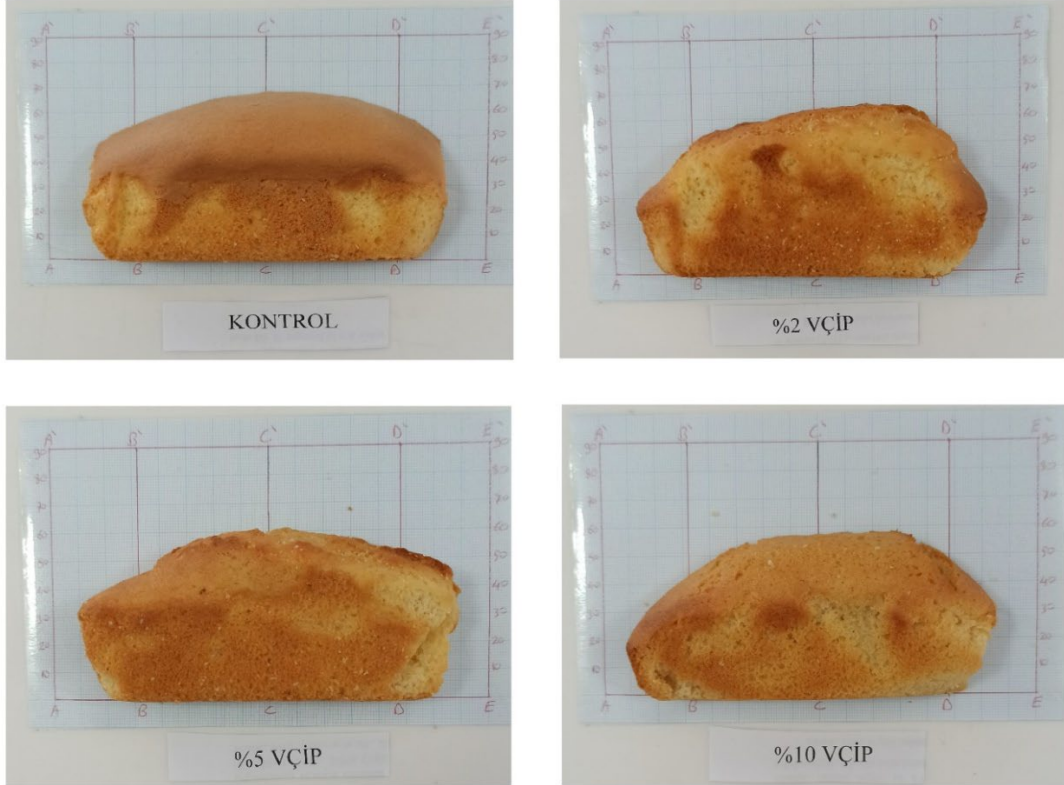
renginden dolayı azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Kırmızılık(+)/yeşillik(-) değerlerini ifade eden a\* değeri VÇPK ilavesi ile istatistiksel olarak önemli düzeyde artış göstermiştir (p<0.05). b\* Renk değeri değerlendirilen tüm numunelerde pozitif (sarı ton) olarak tespit edilmiştir. VÇPK ilavesi ile b\* değerinde azalma meydana gelmektedir. Protein konsantresi üretiminde proteinlerle birlikte polifenol gibi renklendirici bileşenler ekstrakte edilmektedir [27]. Vişne çekirdeği protein konsantresinin yapısında bulunan polifenoller b\* değerinde azalmaya neden olmuştur. Kek örneklerinin en yüksek ΔE değerinin 37.83 ile %2 VÇPK ilaveli keklerde olduğu tespit edilmiştir. VÇPK ilave oranı arttıkça ΔE değerinde düşme meydana gelmiştir.

Tablo 5. Vişne çekirdeği protein konsantresi ilaveli glutensiz baton keklerin renk değerleri

*Table 5. Color values of gluten-free baton cakes with added sour cherry seed protein concentrate*

Kek örneği	L* <sup>1</sup>	a*	b*	ΔE
VÇPK	62.2±0.2 <sup>d</sup>	3.1±0.4 <sup>a</sup>	18.3±0.2 <sup>d</sup>	-
Kontrol	75.8±1.1 <sup>a</sup>	-4.4±0.2 <sup>e</sup>	24.3±0.5 <sup>a</sup>	-
%2 VÇPK	74.0±1.0 <sup>a</sup>	-3.3±0.0 <sup>d</sup>	21.3±0.6 <sup>b</sup>	37.83
%5 VÇPK	70.2±1.2 <sup>b</sup>	-2.2±0.2 <sup>c</sup>	19.4±1.0 <sup>c</sup>	33.80
%10 VÇPK	66.4±1.6 <sup>c</sup>	-1.4±0.2 <sup>b</sup>	19.2±0.3 <sup>c</sup>	30.06

<sup>1</sup>a,b,c, d, e harfleri aynı sütundaki örneklere ait p<0.05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları göstermektedir.



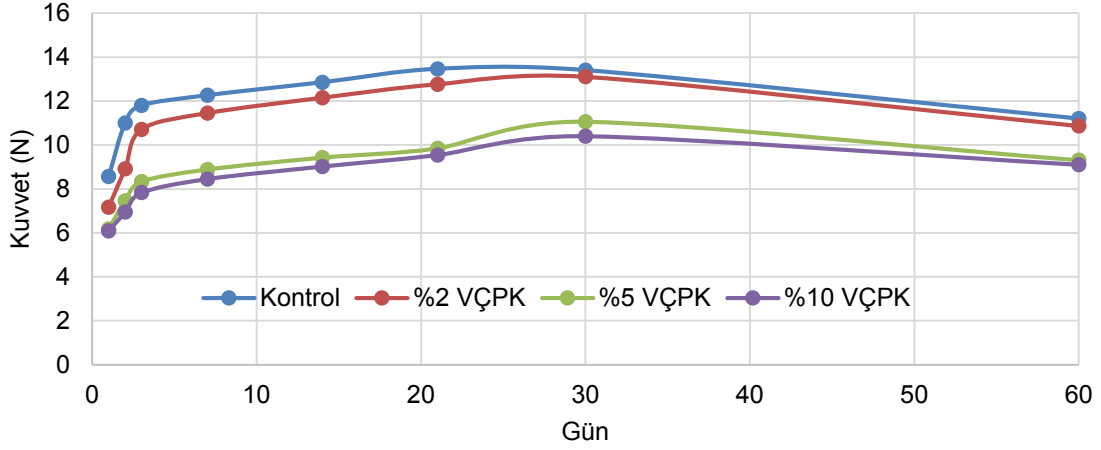
Şekil 2. Vişne çekirdeği protein konsantresi ilaveli glutensiz baton kek örnekleri

*Figure 2. Gluten-free baton cake samples with added sour cherry seed protein concentrate*

Tüketiciler satın aldıkları keklerin süngerimsi yapıda olmasını ve ufalanmamasını talep etmektedir. Üreticiler ise ürünlerinin raf ömrü süresince stabil tekstürel özellikler göstermesini, paket içinde ve tüketim esnasında yapısının bozulmamasını arzu etmektedir. Baton keklerin önemli kalite kriterlerinden biri olan sertlik değeri Newton (N) cinsinden 1, 2, 3, 7, 14, 21, 30 ve 60 gün boyunca takip edilmiştir. Vişne çekirdeği protein konsantresi ilaveli glutensiz baton keklerin tekstür analiz sonuçları Şekil 3'de gösterilmiştir. Kontrol örneğinde 8.56 N olan sertlik değeri 30. günde 13.40 N'a kadar yükselmiş 60. günde ise örneklerde ufalanma başlayarak 11.20 N'a düşmüştür. Glutensiz una VÇPK ilave edilmesi başlangıç sertlik değerlerinin sırasıyla 7.17 N, 6.17 N ve 6.08 N'a kadar düştüğü tespit edilmiştir. 30. gün sonunda örneklerin sertlik değerleri 13.10 N, 11.05 N ve 10.40 N olarak ölçülmüştür. Bütün örneklerde 60. günde ufalanma olmuş yapısal bozulmalar meydana gelmiştir. VÇPK ilavesi yapının daha yumuşak olmasına katkı sağlamıştır. Proteinler

kıvam artırma, su tutma ve serum ayrılmasını engelleme gibi fonksiyonel özelliklere sahiptir [44, 45]. Yapıya ilave edilen protein konsantresinin su tutma kapasitesinde meydana getirdiği artış kek yapısının daha yumuşak olmasına neden olmaktadır.

Vişne çekirdeği protein konsantresi ilave edilerek üretilen glutensiz baton keklerin toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasite analiz sonuçları Tablo 6'da gösterilmektedir. Kontrol örneğinde 312.23 mg GAE/100 g olan toplam fenolik madde içeriği VÇPK ilavesi ile 430.45 mg GAE/100 g düzeyine kadar yükseldiği belirlenmiştir. Kontrol örneğinde 148.45 µmol TE/100 g olan toplam antioksidan kapasite (FRAP) 255.02 µmol TE/100 g düzeyine, 60.21 µmol TE/100 g olan DPPH değerinin ise 112.09 µmol TE/100 g seviyesine kadar artış gösterdiği saptanmıştır (Tablo 6). Antioksidan kapasitesinde ki bu artışın vişne çekirdeği proteinlerinde antioksidan ve antihipertansif peptitlerin varlığından kaynaklandığı öngörülmektedir [6].



Şekil 3. Vişne çekirdeği protein konsantresi ilaveli glutensiz baton keklerin tekstür analiz sonuçları (N)

Figure 3. Texture analysis results of gluten-free baton cakes with added sour cherry seed protein concentrate (N)

Tablo 6. Vişne çekirdeği protein konsantresi ilaveli glutensiz baton keklerin fonksiyonel özellikleri

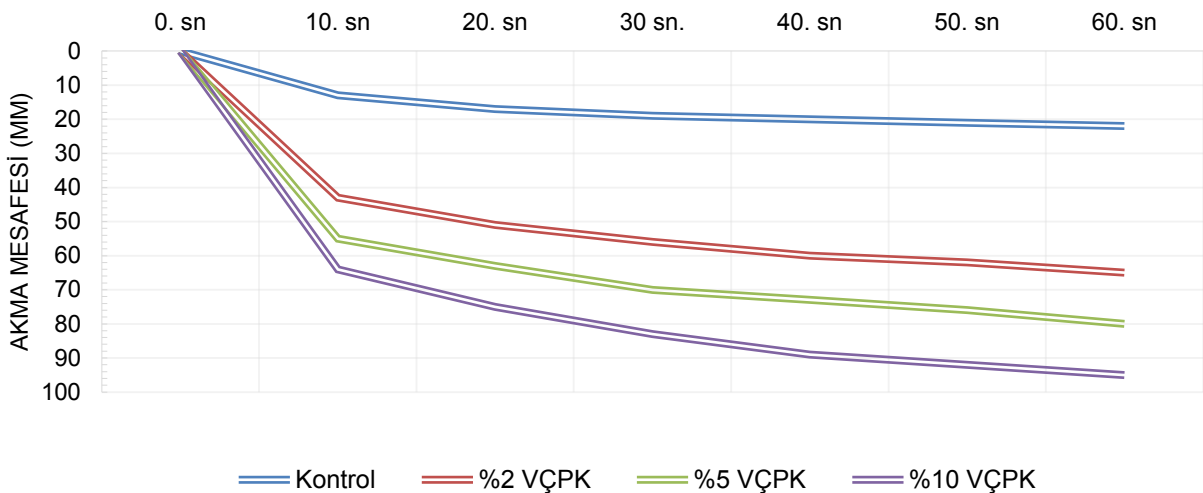
Table 6. Functional properties of gluten-free baton cakes with added sour cherry seed protein concentrate

Kek Örneği	Toplam Fenolik Madde* (mg GAE/100 g)	Toplam Antioksidan Kapasite (FRAP) (µmol TE/100 g)	Toplam Antioksidan Kapasite (DPPH) (µmol TE/100 g)
Kontrol	312.23±2.46 <sup>d</sup>	148.45±1.67 <sup>d</sup>	60.21±0.79 <sup>d</sup>
%2 VÇPK	346.56±1.14 <sup>c</sup>	186.12±1.45 <sup>c</sup>	84.24±1.12 <sup>c</sup>
%5 VÇPK	388.73±1.87 <sup>b</sup>	211.32±1.12 <sup>b</sup>	108.14±0.55 <sup>b</sup>
%10 VÇPK	430.45±1.26 <sup>a</sup>	255.02±1.84 <sup>a</sup>	112.09±0.81 <sup>a</sup>

\*a,b,c, d harfleri aynı sütundaki örneklere ait p<0.05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları göstermektedir.

Tahıl ürünleri işleme teknolojisinde hamur reolojisi önemli bir yere sahiptir. Kaliteli ürün eldesinde ideal hamur akışkanlığı hem endüstriyel hem de evsel üretimlerde önem arz etmektedir. Hamur viskozitesinin kabarcık boyutu, sayısı, stabilitesi ve dağılımı ile un parçacıklarının ve nişasta granüllerinin çökmesi üzerinde doğrudan bir etkisi vardır. Bundan dolayı kek üretiminde en önemli kalite özelliklerinden birisi hamur akışkanlığıdır [46]. Bostwick konsistometresi basitliği ve düşük maliyeti nedeniyle özellikle salça, meyve suyu ve

kek endüstrisinde kullanılmaktadır [47]. Vişne çekirdeği protein konsantresi ilave edilmiş kek hamurlarının bostwick sayıları Şekil 4'de gösterilmektedir. Glutensiz kek hamuruna VÇPK ilave edilmesi hamurun akışkanlığında artışa neden olmuştur. Proteinlerin su tutma kapasitesi nedeniyle kek hamurları daha fazla su tutmaktadır. İlave edilen VÇPK miktarı arttıkça hamur akışkanlığı da yükselmiştir. Bostwick sayısı kıvam ile negatif korelasyona sahiptir [48].



Şekil 4. Vişne çekirdeği protein konsantresi ilaveli glutensiz hamurlarının Bostwick analiz sonuçları

Figure 4. Bostwick analysis results of gluten-free doughs with added sour cherry seed protein concentrate

Tablo 7. Vişne çekirdeği protein konsantresi ilaveli glutensiz baton keklerin duyuşsal özellikleri

Kek Örneği	Renk	Tat ve Aroma	Gözenek Yapısı	Tekstür	Genel Kabul Edilebilirlik
Kontrol	4.2	3.9	4.1	4.3	4.1
%2 VÇPK	4.1	3.5	4.0	3.9	4.0
%5 VÇPK	4.2	3.7	3.8	3.8	4.1
%10 VÇPK	4.0	3.0	3.3	2.9	3.5

Kek örneklerinin duyuşsal analiz sonuçları Tablo 7'de gösterilmiştir. Keklerin renk puanları birbirlerine yakın değerler olup VÇPK ilavesi renk puanlarına etki etmemiştir. %5 VÇPK ilavesine kadar tat ve aroma puanları kontrol örneği yakın iken %10 VÇPK'li keklerde tat ve aromada bozulma meydana geldiği belirlenmiştir. VÇPK ilavesinin keklerin gözenek yapısında bozulmalara neden olduğu tespit edilmiştir. Gözenek yapısında meydana gelen bozulmanın keklerin tekstürüne de olumsuz etki ettiği görölmektedir. Kontrol örneğinde 4.3 puan olan tekstür değeri %10 VÇPK'li keklerde 2.9 puana kadar düşmüştür. Bütün parametrelerin bir arada değerlendirildiği genel kabul edilebilirlik puanlarında % 5 VÇPK'li kekler kontrol kekine en yakın puanı almıştır.

## SONUÇ

Başta çölyak hastaları olmak üzere glutensiz diyet ile beslenen bireylerde dengesiz ve karbonhidrat ağırlıklı bir beslenme ortaya çıkmaktadır. Glutensiz ürünlerin besin içeriklerini iyileştirmek amacıyla genellikle diğer hububatlar (yulaf, arpa, çavdar vb) ve yalancı tahıllar (kinoa, amarant vb) kullanılmaktadır. Bu çalışmada meyve suyu sanayinde atık olarak açığa çıkan ve genellikle yakacak olarak kullanılan vişne çekirdeğinden protein konsantresi elde edilmiş ve %2, 5 ve 10 düzeylerinde glutensiz una ilave edilerek glutensiz baton kek üretiminde kullanılmıştır. Vişne çekirdeği protein konsantresinin glutensiz una ilave edilmesi ile kek örneklerinin protein, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasitesinde artışa neden olmuştur. VÇPK ilavesi kek endüstrisinde önemli kalite kriterlerinden biri olan morfojeometrik özelliklere %5 seviyesine kadar olumsuz etki yapmamış ve keklerin simetri özelliklerini etkilememiştir. Kek üretiminde önemli parametrelerinden biri olan hamur akışkanlığı VÇPK ilavesi ile artmıştır. Artan bostwick değerleri kek hamurunun akışkan yapısının bozulduğunu göstermektedir. Keklerin raf ömrü boyunca tekstürel özelliklerini koruması istenen bir özelliktir. Çalışmada üretilen baton keklerin 60 gün boyunca sertlik değerleri takip edilmiştir. %2 VÇPK içeren kek örneğinin kontrol örneği ile benzer sertlik değerlerine sahip olduğu ve %5 üzerinde VÇPK ilavesinin kekleri daha sıkı ve sert bir yapıya dönüştürdüğu tespit edilmiştir. Keklere % 5 VÇPK ilavesinin duyuşsal özellikler de olumsuzluğa neden olmadığı ve duyuşsal özellikler bakımından tüketiciler tarafından kabul edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar bütün olarak değerlendirildiğinde meyve suyu endüstrisinin önemli bir atığı olan vişne çekirdeğinin protein kaynağı olarak kek formülasyonunda %5 düzeyine kadar kullanılabileceği belirlenmiştir. VÇPK ilavesi ile üretilen besinsel ve fonksiyonel içeriği daha zengin glutensiz baton kekler alternatif bir ürün olabilecek ve vişne çekirdeğinden katma değeri yüksek

bir ürün elde edilerek ülke ekonomisine katma değer sağlayacaktır.

## ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] lezzoni, A. (2008). Cherries. in the encyclopedia of fruits and nuts. In: Jules Janick, RE Paull (ed) Wallingford, Oxfordshire: CABI Publishing, UK, pp 685-693.
- [2] Yılmaz, F.M., Görgüç, A., Karaaslan, M., Vardin, H., Ersus Bilek, S., Uygun, Ö., Bircan, C. (2019). Sour cherry by-products: compositions, functional properties and recovery potentials—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(22), 3549-3563.
- [3] Bak, I., Lekli, I., Juhasz, B., Nagy, N., Varga, E., Varadi, J., Gesztelyi, R., Szabo, G., Szendrei, L., Bacskay, I., Vecsernyes, M., Antal, M., Fesus, L., Boucher, F., Leiris, J., Tosaki, A. (2006). Cardioprotective mechanisms of *Prunus cerasus* (sour cherry) seed extract against ischemia-reperfusion-induced damage in isolated rat hearts. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology*, 291, 1329–1336.
- [4] Yılmaz, C., Gokmen, V. (2013). Compositional characteristics of sour cherry kernel and its oil as influenced by different extraction and roasting conditions. *Industrial Crops and Products*, 49, 130–135.
- [5] Korlesky, N.M., Stolp, L.J., Kodali, D.R., Goldschmidt, R., Byrdwell, W.C. (2016). Extraction and characterization of montmorency sour cherry (*Prunus cerasus* L.) pit oil. *Journal of American Oil Chemisty Society*, 93, 995–1005.
- [6] Garcia, M.C., Endermann, J., Gonzalez-Garcia, E., Marina, M.L. (2015). HPLC-Q-TOF-MS identification of antioxidant and antihypertensive peptides recovered from cherry (*Prunus cerasus* L.) subproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(5), 1514-1520.
- [7] Toydemir, G., Capanoglu, E., Kamiloglu, S., Boyacioglu, D., De Vos, R.C., Hall, R.D., Beekwilder, J. (2013). Changes in sour cherry (*Prunus cerasus* L.) antioxidants during nectar processing and in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods*, 5, 1402–1413.
- [8] Kamel, B.S., Kakuda, Y. (1992). Characterization of the seed oil and meal from apricot, cherry, nectarine, peach and plum. *Journal of American Oil Chemisty Society*, 69, 492-494.

- [9] Atik, I., Karasu, S., Sevik, R. (2022). Physicochemical and bioactive properties of cold press wild plum (*Prunus spinosa*) and sour cherry (*Prunus cerasus*) kernel oils: fatty acid, sterol and phenolic profile. *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 991, 13-20.
- [10] Kazempour-Samak, M., Rashidi, L., Ghavami, M., Sharifan, A., Hosseini, F. (2021). Antibacterial and antioxidant activity of sour cherry kernel oil (*Cerasus vulgaris* Miller) against some food-borne microorganisms. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 4686-4695.
- [11] Maryam, K.S., Ladan, R., Mehrdad, G., Anoosheh, S., Fakhrisadat, H. (2022). Correction to: antibacterial and antioxidant activity of sour cherry kernel oil (*Cerasus vulgaris* Miller) against some food-borne microorganisms. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 16(1), 804-804.
- [12] Muchagato Mauricio, E., Rosado, C., Duarte, M.P., Fernando, A.L., Díaz-Lanza, A.M. (2020). Evaluation of industrial sour cherry liquor wastes as an ecofriendly source of added value chemical compounds and energy. *Waste and Biomass Valorization*, 11(1), 201-210.
- [13] Almasi, S., Najafi, G., Ghobadian, B., Jalili, S. (2021). Biodiesel production from sour cherry kernel oil as novel feedstock using potassium hydroxide catalyst: optimization using response surface methodology. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 35, 102089.
- [14] Yılmaz, E., Keskin, O., Ok, S. (2020). Valorization of sour cherry and cherry seeds: cold press oil production and characterization. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 26(3), 228-240.
- [15] Kazempour-Samak, M., Rashidi, L., Ghavami, M., Sharifan, A., Hosseini, F. (2021a). Sour cherry (*Cerasus vulgaris* Miller) kernel oil as the novel functional edible oil: sensory evaluation and antioxidant and physicochemical properties. *Journal of Food Quality*, 5529613.
- [16] Çelik, M., Güzel, M., Yıldırım, M. (2019). Effect of pH on protein extraction from sour cherry kernels and functional properties of resulting protein concentrate. *Journal of Food Science and Technology*, 56(6), 3023-3032.
- [17] Başyigit, B., Görgüç, A., Gençdağ, E., Cansu, Ü., Yılmaz, F.M., Karaaslan, M. (2022). Functional characterization of high-yield plant protein powder valorized from de-oiled sour cherry seed using microwave-assisted enzymatic extraction followed by spray-and freeze-drying. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-15.
- [18] Baudhuin, G.J. (1974). Cherry pit flour consisting of finely ground cherry hulls and cherry kernels. United State Patent No: 3821431.
- [19] Tuna, H.E. (2015). Gıda atığı olan vişne, nar, kabak ve kayısı çekirdeklerinin kek üretiminde değerlendirilmesi. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- [20] Mutlu, C., Tontul, S.A., Candal, C., Erbaş, M. (2019). Bazı tahıl benzeri ürünlerin glutensiz kek üretiminde kullanımı. *Gıda*, 44(5), 770-780.
- [21] Şahan, A. (2022). Glutensiz kek üretiminde bamyala tohumu unu kullanım olanaklarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- [22] Zıvalı Bilgin, E., Şen, S. (2021). Çölyak hastalarına yönelik zenginleştirilmiş glutensiz kek geliştirilmesi üzerine bir çalışma. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 5, 150-160.
- [23] Kumcuoğlu, S., Özyiğit, E., Eren, İ., Tavman, Ş. (2020). Diyet lifi ile zenginleştirilmiş glutensiz kek hamurlarının yüksek genlikli salınlı kayma analizi (laos) ile reolojik karakterizasyonu. *Gıda*, 45(2), 356-368.
- [24] Çelik, C. (2021). Karpuz kabuğu tozunun glutensiz kekte kullanım potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- [25] Matos, M.E., Sanz, T., Rosell, C.M. (2014). Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. *Food Hydrocolloids*, 35, 150-158.
- [26] Shevkani, K., Singh, N. (2014). Influence of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates on the characteristics of starch-based gluten-free muffins. *International Journal of Food Science Technology*, 49, 2237-2244.
- [27] Shevkani, K., Kaur, A., Kumar, S., Singh, N. (2015). Cowpea protein isolates: functional properties and application in gluten-free rice muffins. *LWT-Food Science Technology*, 63, 927-933.
- [28] Cingöz, A. (2012). Hidrolize vişne çekirdeği için protein konsantrasyonlarının bazı kimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- [29] Levent, H., Bilgiçli, N. (2011). Effect of gluten-free flours on physical properties of cakes. *Journal of Food Science and Engineering*, 1, 354-360.
- [30] AACCC. (2004). Approved methods of the american association of cereal chemists, 11th Edition.
- [31] Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N. (2005). Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü, S.Ü Ziraat Fakültesi Ders Notları, Konya.
- [32] Singh, N., Kaur, M., Sandhu, K.S. (2005). Physicochemical and functional properties of freeze-dried and oven dried corn gluten meals. *Drying Technology*, 23, 975-988.
- [33] Beta, T., Nam, S., Dexter, J.E., Sapirstein, H.D. (2005). Phenolic content and antioxidant activity of pearled heat and roller-milled fractions. *Cereal Chemistry*, 82, 390-393.
- [34] Singleton, V.L., Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- [35] 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.

- [36] Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft-und-Technologie/Food Science and Technology*, 28, 25-30.
- [37] Bath, D.E., Shelke, K., Hosney, R.C. (1992). Fat replacers in high-ratio layer cakes. *Cereal Foods World*, 37(7), 495-500.
- [38] Aydın, C., Öğüt, H. (1991). Determination of some biological properties of amasya apple and hazelnuts. *Selcuk University Journal of Agriculture*, 1, 45-54.
- [39] Cote, C., Germain, I., Dufresne, T., Gagnon, C. (2019). Comparison of two methods to categorize thickened liquids for dysphagia management in a clinical care setting context: the bostwick consistometer and the IDDSI flow test. are we talking about the same concept. *Journal of Texture Studies*, 50(2), 95-103.
- [40] Ji, Y., Zhu, K., Qian, H., Zhou, H. (2007). Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. *Food Chemistry*, 104(1), 53-58.
- [41] Turabi, E., Sumnu, G., Sahin, S. (2010). Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. *Food Hydrocolloids*, 24(8), 755-762.
- [42] Dizlek, H., Özer, M.S., Gül, H. (2008). Keklerin yapısal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan ölçütler. *Türkiye*, 10, 21-23.
- [43] Majzoobi, M., Poor, Z.V., Jamalian, J., Farahnaky, A. (2016). Improvement of the quality of gluten-free sponge cake using different levels and particle sizes of carrot pomace powder. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 1369-1377.
- [44] Özcan, T., Delikanlı, B. (2011). Gıdaların tekstürel özelliklerinin geliştirilmesinde peynir altı suyu protein katkılarının fonksiyonel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 77-88.
- [45] Yeniçeri, Ş.A., Göçer, E.M.Ç., Küçükçetin, A. (2021). Probiyotik bakteri içeren ayranın fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Akademik Gıda*, 19(4), 414-423.
- [46] Baik, B.K., Donelson, T. (2022). Grain, flour and batter properties estimating cake baking potential of wheat flour. *Cereal Chemistry*, 100(1), 1-10.
- [47] Tehrani, M.M., Ghandi, A. (2007). Modification of bostwick method to determine tomato concentrate consistency. *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1483-1486.
- [48] Majzoobi, M., Ghiasi, F., Habibi, M., Hedayati, S., Farahnaky, A. (2014). Influence of soy protein isolate on the quality of batter and sponge cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 1164-1170.
- [49] Land, D.G., Shepherd, R. (1984). Scaling and ranking methods. In: Piggott J.R. (ed.): *Sensory Analysis of Food*. Elsevier Applied Science, London, pp. 141-177.

## Türkiye’de Satışa Sunulan Glütensiz Ürünler ile Glüten İçeren Eşdeğerlerinin Besin Ögesi İçeriği ve Maliyet Yönünden Değerlendirilmesi

Sümeysra Sevim , Damla Gümüş , Mevlüde Kızıl  ✉

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Altındağ, Ankara

Geliş Tarihi (Received): 07.09.2022, Kabul Tarihi (Accepted): 22.10.2023

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [mkizil@hacettepe.edu.tr](mailto:mkizil@hacettepe.edu.tr) (M. Kızıl)

☎ 0 312 305 1094-120 📠 0 312 309 13 10

### ÖZ

Bu çalışma, Türkiye’de satılan glütensiz ürünler ile bu ürünlerin glüten içeren eşdeğerlerinin besin ögesi içeriği ve kalitesi ile maliyeti yönünden değerlendirmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya 29 ürün grubu ve toplam 176 ürün dahil edilmiştir. Ürünler enerji, toplam yağ, doymuş yağ, şeker, protein, tuz, lif ve sodyum içeriği, Nutri-Score değerleri ve satış fiyatları açısından incelenmiştir. Glütensiz ekmek, makarna, şehriye, tuzlu gevrek ve bisküvinin glütenli eşdeğerlerinden daha düşük protein içerdiği saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Glütensiz makarna ve şehriyenin şeker ve lif içeriği glütenli eşdeğerlerine göre düşük, glütensiz yulaf ezmesinin ise enerji içeriğinin eşdeğerine göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Glütenli ve glütensiz ürünlerin toplam yağ, doymuş yağ ve şeker içeriklerinde farklılık saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Nutri-Score değerlendirmesine göre besin kalitesi glütensiz ürünlerde glütenli ürünlere göre daha yüksek bulunmuştur ( $p<0.001$ ). Ekmek, makarna, şehriye, grissini/galetta, gofret ve bisküvi gruplarında glütensiz ürünlerin maliyeti eşdeğerlerinden yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Glütensiz ürün çeşitliliğinin artırılması, bu ürünlerin besin kalitesinin geliştirilmesi ve ürünlerin maliyetini düşürecek çalışmaların yapılması glütensiz diyet uygulayan bireylerin yaşam kalitesinin artırılması ve sağlıklı beslenebilmelerine katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Çölyak, Glüten, Glütensiz gıdalar, Besin ögesi, Maliyet

### Evaluation of Gluten-Free Products and Their Gluten-Containing Equivalents Sold in Turkey in Terms of Nutrient Content and Cost

#### ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the nutrient content, nutritional quality and cost of gluten-free products and their gluten-containing equivalents sold in Turkey. A total of 176 products from 29 food groups were included in the study. Products were analyzed in terms of their energy, total fat, saturated fat, sugar, protein, salt, fiber and sodium contents, Nutri-Score values and prices. Gluten-free bread, pasta, vermicelli, salty crisps and biscuits contained lower protein than their gluten-containing equivalents ( $p<0.05$ ). Sugar and fiber contents of gluten-free pasta and vermicelli were lower than their equivalents while the energy content of gluten-free oatmeal was higher than their equivalents ( $p<0.05$ ). There was no statistical difference in total fat, saturated fat and sugar contents between gluten-free products and their equivalents ( $p>0.05$ ). Nutritional quality was higher in gluten-free products than gluten-containing equivalents according to the Nutri-Score evaluation ( $p<0.001$ ). The cost of gluten-free products was higher than their equivalents in bread, pasta, vermicelli, grissini/breadstick, wafer and biscuit groups ( $p<0.05$ ). Increasing the variety of gluten-free products, improving their nutritional quality and reducing the cost of these products might improve the life quality and health of individuals on a gluten-free diet.

**Keywords:** Celiac disease, Gluten, Gluten-free food, Nutrient, Cost



## GİRİŞ

Çölyak hastalığı genetik olarak yatkınlığı bulunan bireylerde gluten ve prolaminlerin varlığına karşı immün reaksiyon geliştirilmesi ile ortaya çıkan otoimmün bir hastalıktır. Organizmanın farklı sistemlerinde oluşan zararın yanı sıra, bağırsak mukozasını etkileyen ve villusların atrofi ile kriplerin hiperplazisine yol açan otoimmün bir süreçtir. Çölyak hastalarında gıdalarla glutenin alınması, gastrointestinal mukoza yüzeyinin bozulması ve gıdaların emilim yüzeyinin hasara uğraması, emilimi bozukluğu ile sonuçlanan bir enteropatiye yol açmaktadır [1]. Bu durum bireylerde sıklıkla anoreksi, ishal, karın ağrısı, reflü, kabızlık, mide bulantısı, laktöz intoleransı ve ağırlık kaybı gibi bulguların görülmesine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra dermatit, kalıcı diş minesini hipoplazisi, osteopeni/osteoporoz, demir eksikliği anemisi, depresyon, arterit, yükselmiş karaciğer enzimleri ve kronik yorgunluk gibi ikincil bulgular da görülebilmektedir [2, 3]. Çölyak hastalığının mevcut etkin tek tedavi yöntemi diyetten glutenin çıkarılmasına dayanan glutensiz beslenmedir [4-7]. Gluten, buğday tanelerinin temel depo proteini olup başta gliadin ve gluteninden oluşan bir protein kompleksidir. Buğday ile birlikte arpa ve çavdar gibi tahıllarda bulunmaktadır [8]. Gluten kompleksi su emme kapasitesi, yapışkanlık, viskozite, elastikiyet gibi doku bütünlüğünün sağlanması ve hacim sağlama gibi özelliklerden dolayı katkı maddesi olarak gıda işlemede ve gıda sanayinde oldukça yaygın bir kullanıma sahiptir [8-10].

Çölyak hastalığının kanıtlanmış tek tedavi yöntemi glutensiz diyetir ve hastalarda glutensiz diyete sıkı uyum ince bağırsak mukozasını iyileştirerek semptomların azalmasını sağlamakta ve hastalığın ilerlemesini engellemektedir [11, 12]. Glutensiz diyete uyum sağlanmaması ise devam eden gastrointestinal sistem problemleri ile uzun vadede kanser, osteoporoz ve infertilite riskinde artış ile ilişkilendirilmektedir [13]. Glutensiz diyet temelde doğal olarak gluten içermeyen ürünler (işlenmemiş et, süt, sebze-meyve ve kuru baklagiller gibi) ve glutensiz özel ürünlerden oluşmaktadır [14-16]. Glutensiz diyetin sınırlı bir içeriğe sahip olmasının yanı sıra hem doğal hem de özel üretim glutensiz ürünlerle ilgili dezavantajlar (özellikle ulaşılabilirlik ve sınırlı çeşitlilik) ve sosyal problemler nedeniyle diyete uyumun güç olduğu ileri sürülmektedir. Bunun yanı sıra buğday, arpa, çavdar ve türevlerini içeren tüm gıdaların diyetten elimine edilmesi, diyetteki protein, çözünür ve çözünmez lif gibi besin öğelerinin ve niasin ve tiamin gibi B-kompleks vitaminlerin miktarında önemli bir azalmaya neden olmaktadır. Ayrıca glutensiz gıdaların genellikle besleyici değeri düşük rafine edilmiş glutensiz un veya nişastadan oluştuğunu ve glutensiz özel ürünlerin düşük kalsiyum, demir ve lif içeriği ile yüksek yağ, doymuş yağ, tuz, şeker ve enerji içeriğine sahip olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur [12, 17, 18]. Farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda, glutensiz ürünlere ulaşımın zor, ürün çeşitliliğinin yetersiz ve maliyetinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir [17-22]. Ayrıca mevcut kanıtlar glutensiz ürünlerin bileşiminin glutenli eşdeğerlerine göre değiştiğini de göstermektedir [23-25].

Ürünleri etiketlerinde yer alan bilgilere göre değerlendiren çalışmaların yanında, De Las Heras-Delgado ve ark.[1] ürünleri karşılaştırmak için daha bütüncül bir değerlendirme yapmayı sağlayacak olan Nutri-Score algoritmasından faydalanmışlardır. Nutri-Score, bir ürünün besin ögesi içeriğinin değerlendirilmesini sağlayan ve besin kalitesini ambalajın ön yüzeyinde renkli bir sembole ve harf ile temsil edildiği bir etiketleme yöntemidir [1]. Türkiye’de satışa sunulan glutensiz ürünlerin Nutri-Score algoritması ile değerlendirilerek besin ögesi profili ve maliyeti açısından gluten içeren eşdeğerleri karşılaştırıldığı bir veri bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışma, ülkemizde satışa sunulan glutensiz ürünlerin besin ögesi içeriği ve maliyetleri açısından gluten içeren eşdeğerleri ile karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

## MATERYAL ve METOT

Çalışmada Türkiye’de satışa sunulan glutensiz ürünler, besin ögesi içeriği ve maliyetleri açısından gluten içeren eşdeğerleri ile karşılaştırıp değerlendirilmiştir. Bu amaçla, Ankara’da faaliyet gösteren üç büyük market zincirinde satılan gluten içeren ve gluten içermeyen ürünlerin gıda etiketleri ve satış fiyatlarına yönelik bilgiler Nisan-Mayıs 2022 tarihleri arasında toplanarak değerlendirilmiştir. Tüketicilerin ürünlere erişim kolaylıkları göz önünde bulundurularak Ankara ilinde en fazla şubesi bulunan ve çevrimiçi sipariş olanağı sunan marketler seçilmiştir.

## Ürün Gruplarının Belirlenmesi

Çalışmada incelenen ürün grupları belirlenirken, Türkiye’de satışa sunulan glutensiz ürünler, De Las Heras-Delgado ve ark. [1] tarafından yapılan çalışmaya dahil edilen paketli gıdalar ve ülkemizdeki beslenme alışkanlıkları göz önünde bulundurulmuştur. Bu kapsamda 29 ürün grubu belirlenmiştir. Bu gruplar; ekmek, makarna, şehriye, yulaf ezmesi, mısır gevreği, granola/müsli, kek/kurabiye, kraker, gevrek (tuzlu), gevrek (tatlı), grissini/galetta, kakao, kremşanti, puding, gofret, bisküvi/bebe bisküvisi, kek karışımı, ekmek karışımı, pizza, lahmacun, irmik, galeta unu, tortilla cipsi, susamlı çubuk, pirinç patlağı, tarhana, protein bar, çikolata bar ve çikolata sos olarak sınıflanmıştır. Doğal olarak gluten içermeyen pirinç, işlenmemiş et, meyve ve sebzeler, süt ürünleri gibi gıdalar çalışmaya dahil edilmemiştir.

Ürün gruplarında yer alacak markalar belirlenirken satışa sunulan tüm glutensiz ürünler dahil edilmiştir. Glutensiz ürünlerin gluten içeren eşdeğerlerinin seçiminde öncelikle glutensiz eşdeğeri ile aynı marka olmasına, aynı markada eşdeğer ürün bulunmaması halinde ise glutensiz ürün ile en benzer içerik ve hammaddeye sahip olmasına dikkat edilmiştir. Veri toplama sürecinin sonunda 88 gluten içermeyen ve 88 gluten içeren olmak üzere toplam 176 adet ürün satın alınmış, ürünlerin etiketlerinde yer alan besin ögesi içerikleri ve satış fiyatına yönelik bilgiler analiz edilmiştir.

## Ürünlerin Enerji ve Besin Ögesi İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Çalışmada glutensiz ürünler ile gluten içeren eşdeğerlerinin besin ögesi içeriklerinin karşılaştırılması için gıda etiketlerinde yer alan enerji, toplam yağ, doymuş yağ, şeker, protein, tuz, lif ve sodyum içerikleri değerlendirilmiştir. Lif içeriği etikette belirtilmemiş olan ürünlerin lif içermediği kabul edilerek veri girişi yapılmıştır. Besin ögesi içeriklerinin karşılaştırılmasında ürünlerin 100 gramındaki içerikleri hesaplanarak değerlendirilmiştir.

## Ürünlerin Nutri-Score Yöntemine Göre Değerlendirilmesi

Nutri-Score, tüketicilerin paketli gıda ürünlerini satın alırken ürünler arasında karşılaştırma yapmalarını ve sağlıklı gıda seçimini kolaylaştırmayı amaçlayan, gıdaların besin kalitesinin farklı renk ve harflerle temsil edilerek sınıflandırıldığı bir etiketleme uygulamasıdır [26]. Nutri-Score, bir gıdanın 100 gramındaki besin ve besin ögesi içeriği dikkate alınarak hesaplanmakta ve toplam skor -15 ile 40 puan arasında değişmektedir. Bilimsel olarak onaylanmış bir algoritmaya dayanan bu skora, ürünleri besin ögesi içeriği açısından sınıflandırarak tüketicileri bilgilendirmeyi hedeflemektedir [27, 28]. Algoritma, gıdalardaki "negatif" olarak sınıflandırılan öğeler (şeker, doymuş yağ, tuz, enerji) ile "pozitif" olarak sınıflandırılan öğelerin (protein, lif, meyve, sebze, kurubaklagiller, yağlı tohumlar, zeytinyağı) dikkate alınarak hesaplanmasına dayanmaktadır [29]. Hesaplanan toplam skor kesme noktalarına göre sınıflandırılmaktadır. Kesme noktaları -15 ile -1 arası (Kategori A, koyu yeşil renk), 0 ile 2 arası (Kategori B, açık yeşil renk), 3 ile 10 arası (Kategori C, sarı renk), 11 ile 18 arası (Kategori D, turuncu renk) ve 19 ile 40 arasındadır (Kategori E, kırmızı renk). A kategorisi en yüksek besin kalitesini temsil ederken, E kategorisi en düşük besin kalitesini temsil etmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde satılan paketli ürünlerin etiketlerinde bu kategoriler paketlerin ön kısmında yer almaktadır [1, 30]. Ülkemizde Nutri-Score uygulaması bulunmadığından çalışmaya dahil edilen ürünlerin etiketlerinde yer alan bilgiler kullanılarak Nutri-Score algoritması kullanılarak hesaplama yapılmış ve ürünlerin toplam skorları ve kategorileri belirlenmiştir.

## Ürünlerin Maliyetinin Değerlendirilmesi

Glutensiz ürünler ve gluten içeren eşdeğerlerinin maliyetlerinin belirlenmesi için belirlenen marketlerin şubelerindeki ve çevrimiçi satışlardaki fiyat bilgileri toplanmıştır. Bir adet paketli ürün için toplanan fiyatlar aşağıdaki formül kullanılarak 100 gram fiyatına çevrilmiş, daha sonra farklı marketlerden elde edilen fiyatların ortalaması alınmıştır.

Ürünün 100 gramının maliyeti=[Ürünün paket fiyatı (TL)/Bir paket ürünün ağırlığı (g)]x100

## İstatistiksel Analiz

Toplanan verilerin istatistiksel analiz, IBM SPSS Statistics versiyon 26 kullanılarak yapılmıştır. Veriler Kolmogorov-Smirnov testine göre normallik açısından değerlendirilmiş ve normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Glutenli ve glutensiz ürünler arasındaki besin ögesi içeriği, Nutri-Score değerleri ve maliyetlerini karşılaştırmak için Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık için p değeri <0.05 olarak kabul edilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada, Türkiye'de satışa sunulan glutensiz ürünler ile gluten içeren eşdeğerleri besin ögesi içeriği ve maliyet yönünden değerlendirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen ürünler içerisinde en fazla çeşitlilik ekmek, makarna, granola, kurabiye, puding, bisküvi ve protein bar gruplarında saptanırken, pizza, ekmek karışımı, galeta, çikolata bar gibi ürünlerde ürün sayısı ve çeşitliliğinin sınırlı olduğu gözlenmiştir. Çalışmaya dahil edilen ürün grupları: ekmek (n=12), makarna (n=22), şehriye (n=10), yulaf ezmesi (n=6), mısır gevreği (n=4), granola/müsli (n=14), kek/kurabiye (n=18), kraker (n=6), gevrek (tuzlu) (n=8), gevrek (tatlı) (n=2), grissini/galeta (n=8), kakao (n=2), kremşanti (n=2), puding (n=8), gofret (n=10), bisküvi/bebe bisküvisi (n=10), kek karışımı (n=4), ekmek karışımı (n=2), pizza (n=2), lahmacun (n=2), irmik (n=2), galeta unu (n=2), tortilla cipsi (n=2), susamlı çubuk (n=4), pirinç patlağı (n=2), tarhana (n=2), protein bar (n=6), çikolata bar (n=2) ve çikolata sos (n=2) olarak belirlenmiştir.

Glutensiz ürünler ve gluten içeren eşdeğerlerine ait enerji ve besin ögesi içerikleri Tablo 1'de verilmiştir. Ürünler besin ögesi içerikleri yönünden karşılaştırıldığında en yaygın farklılık protein içeriğinde gözlenmiştir. Ekmek, makarna, şehriye, bisküvi ve tuzlu gevrek grubunda yer alan glutensiz ürünlerin protein içeriği glutenli ürünlerden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p<0.05). Literatürdeki birçok çalışma bu durumu destekler nitelikte olup Türkiye'de ve farklı ülkelerde satılan glutensiz ürünlerin glutenli eşdeğerlerine kıyasla daha düşük protein içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir [1, 10, 23, 31-33]. Buğday, arpa ve çavdar gibi tahıl grubundan çeşitli gıdalardaki proteinin gluten olduğu dikkate alındığında, glutensiz ürünlerin hazırlanmasında bunların tamamen ortadan kaldırılması, toplam protein içeriğinde azalmaya yol açmaktadır [1]. Ayrıca glutensiz ürünlerin içeriğinde beyaz pirinç, patates nişastası gibi karbonhidrat içeriği yüksek, protein içeriği düşük hammaddelerin yer alması da glutensiz ürünlerin toplam protein içeriğinin glutenli eşdeğerlerine göre daha düşük olmasına sebep olabilmektedir [34].

Tablo 1. Glütensiz ürünler ve glüten içeren eşdeğerlerinin enerji ve besin ögesi içerikleri  
 Table 1. Energy and nutrient content of gluten-free products and their gluten-containing equivalents

Ürün grubu	Ürün Sınıfı	Enerji (kcal/100 g)	Toplam yağ (g/100 g)	Doymuş yağ (g/100 g)	Şeker (g/100 g)	Protein (g/100 g)	Tuz (g/100 g)	Lif (g/100 g)	Sodyum (mg/100 g)
Ekmek	Glütensiz	238.83±23.96	3.72±2.46	0.59±0.35	4.91±2.52	3.94±1.09	1.12±0.12	6.51±2.83	433.33±58.88
	Glütenli	251.67±16.19	1.88±0.81	0.77±0.58	3.64±2.39	9.46±2.42	1.03±0.22	5.12±3.70	363.33±147.74
	p değeri	0.296	0.054	0.745	0.377	<b>0.004</b>	0.219	0.465	0.293
Makarna	Glütensiz	357.18±7.70	1.66±0.34	0.47±0.23	0.74±0.41	7.41±2.29	0	1.79±1.46	186.55±189.50
	Glütenli	354.82±4.26	1.46±0.62	0.38±0.14	2.97±0.53	11.87±0.61	0.02±0.04	3.01±0.44	319.27±275.70
	p değeri	0.336	0.763	0.242	< <b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.032</b>	<b>0.004</b>	0.285
Şehriye	Glütensiz	358.75±10.34	1.04±1.04	0.36±0.43	0.36±0.47	4.64±3.72	0.16±0.24	1.53±1.09	1.50±2.50
	Glütenli	354.0±4.05	1.35±0.62	0.35±0.14	2.7±0.46	11.32±0.62	0.03±0.05	2.98±0.50	180.67±251.80
	p değeri	0.198	0.667	0.829	<b>0.010</b>	<b>0.010</b>	0.610	<b>0.019</b>	<b>0.010</b>
Yulaf Ezmesi	Glütensiz	366.67±1.53	7±0.36	1.2±0.10	1.23±0.21	13.73±0.38	0.01±0.01	10.43±0.51	34.67±30.02
	Glütenli	359.33±0.58	6.97±0.50	1.37±0.45	1.13±0.21	12.37±1.56	0.17±0.13	11.9±1.28	6.00±5.64
	p değeri	<b>0.046</b>	1.000	0.513	0.376	0.376	0.072	0.127	0.507
Mısır Gevreği	Glütensiz	374.5±4.95	1.75±1.06	0.9±0.99	12.6±11.88	8.2±0.28	1.27±0.74	4.95±0.07	2.60±1.98
	Glütenli	375±1.41	1.95±0.07	0.45±0.07	18±9.90	6.55±0.78	0.97±0.16	5.7±0.14	26±25.46
	p değeri	1.000	1.000	1.000	0.439	0.121	1.000	1.121	0.121
Granola/Müsli	Glütensiz	418.57±33.39	16.57±5.47	5.54±3.78	19.32±5.25	11.86±2.84	0.14±0.29	8.39±3.11	9.43±19.03
	Glütenli	437.43±33.55	16.51±4.91	4.90±3.47	19.14±6.44	11.59±3.49	0.23±0.28	11.11±5.49	38.63±74.40
	p değeri	0.306	0.898	0.749	0.848	1.000	0.438	0.337	0.688
Kek/Kurabiye	Glütensiz	479.44±31.22	24.61±4.24	12.72±3.75	26.12±4.41	7.18±4.85	0.61±0.31	5.60±4.21	185.33±251.24
	Glütenli	472.14±21.02	21.38±4.01	9.98±2.08	28.98±8.55	6.59±1.49	0.65±0.39	2.59±0.98	57.33±38.57
	p değeri	0.536	0.092	0.065	0.377	0.566	0.790	0.165	0.929
Kraker	Glütensiz	456.67±62.01	17.03±12.34	8.1±6.98	1.93±1.00	2.44±2.83	2.87±0.72	2.8±0.85	118.67±195.15
	Glütenli	408.0±11.36	10.37±6.62	4.37±2.82	2.77±2.40	10.87±1.21	2.7±1.65	2.77±0.86	93.33±61.10
	p değeri	0.513	0.513	0.513	0.513	0.050	0.827	1.000	0.513
Gevrek (tuzlu)	Glütensiz	442.5±5.74	15.5±0.84	7.53±2.05	13.45±14.97	5.05±0.74	0.73±0.5	3.97±0.99	14±18.04
	Glütenli	391.25±76.53	10.4±10.65	3.15±4.58	6.88±10.43	11.3±2.02	0.9±0.37	13.88±10.41	102±117.87
	p değeri	0.245	0.248	0.191	0.146	<b>0.020</b>	0.237	0.083	0.149
Gevrek (tatlı)†	Glütensiz	439	16.3	2.38	28.3	14.4	0.41	8.4	8.00
	Glütenli	419	9.9	1.9	32.8	10.5	0.3	2.9	120
	p değeri	0.085	0.221	0.142	0.624	0.142	<b>0.049</b>	1.000	0.327
Grissini/Galeta	Glütensiz	463.75±51.95	18.63±12.03	9.76±6.22	3.75±3.30	6.73±5.87	2.23±0.81	5.90±8.14	427.0±636.43
	Glütenli	387.60±56.12	8.66±4.12	3.78±2.23	3.00±2.58	14.30±5.64	0.85±0.62	4.18±2.99	384.0±201.20
	p değeri	0.085	0.221	0.142	0.624	0.142	<b>0.049</b>	1.000	0.327
Kakao†	Glütensiz	226	10.5	6.4	0.6	23.1	0.12	0	400
	Glütenli	294	11	6.4	0.6	24	0.13	0	200
	p değeri	0.085	0.221	0.142	0.624	0.142	<b>0.049</b>	1.000	0.327

Tablo 1. Glütensiz ürünler ve glüten içeren eşdeğerlerinin enerji ve besin ögesi içerikleri (Devam)  
 Table 1. Energy and nutrient content of gluten-free products and their gluten-containing equivalents (Continue)

Kremsanti#	Glütensiz	192	10	8.7	18	3.1	0.14	0	308
	Glütensiz	180	10.5	8.45	17.04	3.0	0.12	0	360
Puding	Glütensiz	126±8.12	3.08±0.61	1.67±0.54	12.18±2.72	3.33±0.38	0.06±0.05	0	219.85±186.38
	Glütensiz	120.5±5.74	3.35±0.25	2.35±0.06	14.75±0.96	3.18±0.37	0.13±0.01	0	216±64.99
	p değeri	0.559	0.766	0.137	0.189	0.659	0.082	-	0.561
Gofret	Glütensiz	528.20±17.91	28.40±3.51	15.80±3.70	34.20±5.36	5.02±1.81	0.18±0.08	0	243.20±79.32
	Glütensiz	533.80±15.64	28.40±3.13	15±1.58	38.60±4.83	5.28±0.98	0.26±0.11	2±1.02	208±111.0
	p değeri	0.462	0.745	0.673	0.347	0.462	0.168	-	0.585
Bisküvi	Glütensiz	492.80±47.21	19.92±6.54	10.34±4.13	18.48±11.98	3.70±2.26	0.56±0.27	2.57±2.18	325.60±109.68
	Glütensiz	465.80±23.93	18±5.05	8.90±2.41	24.08±3.73	6.80±1.47	0.65±0.18	1.83±0.15	51±214.29
	p değeri	0.347	0.671	0.602	0.347	<b>0.028</b>	0.344	0.513	0.117
Kek Karışımı	Glütensiz	359.50±12.02	17.45±0.35	3.15±0.06	25.75±0.78	3.85±0.35	0.55±0.49	0.40	42±53.74
	Glütensiz	371.50±2.12	16.95±1.63	4.75±1.20	20.35±6.43	6.40±0.42	0.75±0.07	0	520±56.57
	p değeri	0.121	1.000	0.121	0.121	0.121	1.000	-	0.121
Ekmek	Glütensiz	277	8.7	1	1.3	1.7	0.7	0	1000
karışımı#	Glütensiz	342	0.90	0.20	0	11.40	1.50	5	36
Pizza#	Glütensiz	277	12.30	4.40	1.20	6.70	2.00	0	1720
	Glütensiz	181	4.80	1.80	2.80	8.20	1.40	0	4
Lahmacun#	Glütensiz	179	5	1.30	2.10	4.80	1.40	0	1480
	Glütensiz	263	11	4.40	1.30	6.90	1.20	2	372
İrmik#	Glütensiz	353	0.60	0	0	7.50	0.09	0	1120
	Glütensiz	358	2	0.50	3	11.50	0.01	3.50	840
Galeta unu#	Glütensiz	338	1.10	0.50	3.40	4.40	0.93	5	960
	Glütensiz	355	0.60	0.20	3.20	10.70	2.10	3.90	360
Tortilla Cipsi#	Glütensiz	508	24	3.10	1.60	6.70	0.90	4.80	400
	Glütensiz	514	33	3.60	1.20	4	1.30	2.70	520
Susamlı	Glütensiz	393±4.24	14.52±11.57	4.75±6.72	0.45±0.64	1.95±2.62	0.90	9.13	180±254.56
Çubuk	Glütensiz	445±25.46	11.60±10.47	5.75±2.19	3.20±4.38	10±0	2.80±1.41	4.90	860±933.38
	p değeri	0.121	0.439	1.000	0.439	0.102	0.221	0.317	0.439
Pirinç	Glütensiz	387.50±3.54	3.45±0.07	0.65±0.21	0.65±0.21	8.15±0.21	0.40±0.14	3.60±0.42	370±381.84
Patlağı#	Glütensiz	445	15	7.40	0	5.90	1.60	3	1800
Tarhana#	Glütensiz	338	2.30	0.90	1.40	4.50	4.50	4.90	320
	Glütensiz	320	1.40	0.50	7.80	10.70	0.80	6.20	40
Protein Bar	Glütensiz	340±3.0	6±0.0	2.10±0.17	31.53±0.71	28.60±0.0	0.10±0.0	10.30±0.30	80±69.28
	Glütensiz	347.67±22.12	6.40±1.08	2.13±0.49	27.47±1.97	27.73±4.73	0.40±0.0	12.23±0.40	140±34.64
	p değeri	0.513	0.487	0.507	0.050	0.480	<b>0.025</b>	<b>0.046</b>	0.239
Çikolata	Glütensiz	554	35	21	46	5.80	0.30	2.10	160
Bar#	Glütensiz	472	23	8.40	16	9.40	0.40	8.80	80
Çikolata	Glütensiz	138	3.80	2.20	19.10	4	0.20	0	40
Sos#	Glütensiz	143	3.90	2.20	19.80	4.20	0.10	0	0.01

P: Mann-Whitney U testi. #Urun sayısı yetersizliği nedeniyle p değeri hesaplanamamıştır.

P; Mann-Whitney U test. #P value could not be calculated due to insufficient number of products

Glüten içeren ve içermeyen ürünlerin enerji içerikleri karşılaştırıldığında, sadece yulaf ezmesinin glütenli ürünleri glütensiz ürünlerinden daha yüksek enerji içeriğine sahiptir ( $p<0.05$ ). Diğer ürün gruplarında glütensiz ve glütenli eşdeğerleri arasında enerji içeriği yönünden anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). Literatürde bulunan sınırlı sayıda çalışmaya bakıldığında da benzer bulgular görülmektedir. Bazı çalışmalar glütenli ürünlerin genel olarak daha yüksek enerji düzeyine sahip olduğunu gösterse de glütensiz ürünler ile glütenli eşdeğerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmayan çalışmalar da mevcuttur [9, 23, 32, 33].

Hopkins ve ark. [32], esmer ekmek, kraker ve tam tahıllı makarna gruplarındaki glütensiz ürünlerin glütenli eşdeğerlerine göre daha az şeker içerdiğini göstermiştir. Diğer taraftan Fry ve ark. [18] glütensiz ürünlerin glütenli eşdeğerlerine göre çoğunlukla daha az miktarda şeker içerdiğini; Myhrstad ve ark. [10] ise glütensiz ürünler ile glütenli eşdeğerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığını belirtmiştir. Bu çalışma kapsamında ise makarna ve şehriye gruplarında glütensiz ürünlerin daha düşük şeker içeriğine sahip olduğu saptanırken ( $p<0.05$ ) diğer ürün gruplarında glütensiz ve glütenli ürünler arasında farklılık gözlenmemiştir.

Mevcut çalışmanın bulguları ile benzer şekilde, glütensiz ürünlerin glütenli eşdeğerlerine göre çoğunlukla düşük lif içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir [9, 10]. Bu çalışmada da şehriye ve protein bar grubunda yer alan glütensiz ürünlerin lif içeriğinin glütenli eşdeğerlerinden düşük olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Çeşitli glütensiz ekmeklerin incelendiği bir çalışmada [35], glütensiz ekmeklerin lif içeriği yeterli bulunurken, başka bir çalışmada glütensiz beyaz ekmeğin lif içeriğinin, glütenli eşdeğerlerinden daha yüksek olduğu bulunmuş; bu sonucun glütensiz ekmeklerin genel kalitesini iyileştirmek adına alternatif tahılların kullanıldığı yeni tarifler ile üretiliyor olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir [32].

Norveç'te [10] ve Birleşik Krallık'ta [18] yapılan araştırmalarda glütensiz ürünler ile glütenli eşdeğerlerinin tuz içeriklerinin farklılık gösterdiği bulunmuştur. Benzer şekilde bu çalışmada da makarna ve protein bar grubundaki glütensiz ürünlerin tuz içeriği glütenli eşdeğerlerinden düşük bulunmuş ( $p<0.05$ ) olmakla birlikte ürün grubuna göre tuz içerikleri farklılık göstermiştir. Bunun yanı sıra literatürdeki çalışmaların sonuçları genellikle glütensiz ürünlerin, glütenli eşdeğerlerine göre daha düşük miktarda sodyum içerdiğini göstermektedir [9, 23]. Bu çalışmada ise yalnızca şehriye grubunda glütensiz ürünlerin sodyum içeriği glütenli eşdeğerlerinden düşük bulunmuş ( $p<0.05$ ), diğer ürün gruplarında anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Bu farklılıkların aksine galeta grubundaki glütenli ürünlerin tuz içeriği glütensiz ürünlerden daha düşük olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ).

Glütensiz ürünler ve glütenli eşdeğerlerinin toplam yağ ve doymuş yağ içerikleri kıyaslandığında çalışma kapsamında değerlendirilen hiçbir ürün grubu arasında farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Benzer şekilde Missbach ve ark. [23] Avusturya'da inceledikleri glütensiz ürünler ile glütenli eşdeğerlerinin toplam yağ ve doymuş yağ içeriklerinde anlamlı bir fark bulunmadığını göstermişlerdir. Ancak bunun aksine glütensiz ürünlerin glütenli eşdeğerlerine göre anlamlı olarak daha yüksek doymuş yağ içerdiğini gösteren çalışmalar da literatürde yer almaktadır [10, 18]. Farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda incelenen ürünlerin içerikleri ve hammaddelerindeki değişiklikler, çalışmaların sonuçlarında farklılık gözlenmesinin nedeni olabilir.

Bildiğimiz kadarıyla ülkemizde satılan glütensiz ürünler ile eşdeğerlerinin Nutri-Score değerlendirmesini yaparak besin kalitesini karşılaştıran herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda mevcut çalışma ilk olma niteliğinde olup çalışmaya dahil edilen ürün gruplarına ait glütensiz ürünler ile gluten içeren eşdeğerlerinin Nutri-Score değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Veri yetersizliği nedeniyle 10 adet glütensiz ürünün, 29 adet glütenli ürünün Nutri-Score değeri hesaplanamamıştır. Tüm glütensiz ürünlerin Nutri-Score ortancası A olarak tespit edilirken, glütenli ürünlerin Nutri-Score ortancası D olarak saptanmıştır ( $p<0.001$ ). Sonuçlar genel olarak glütensiz ürünlerin glütenli eşdeğerlerine göre daha yüksek skora sahip olduğunu göstermiştir. Ürün grupları kıyaslandığında ise şehriye grubunda glütensiz ürünlerin Nutri-Score kategorisi A, glütenli eşdeğerlerinininki C ( $p<0.05$ ); kek/kurabiye grubunda glütensiz ürünlerin kategorisi A, glütenli eşdeğerlerinininki E ( $p<0.001$ ); kraker grubunda glütensiz ürünlerin kategorisi B, glütenli eşdeğerlerinininki D ( $p<0.05$ ) olarak belirlenmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu sonuçların aksine, yapılan bir çalışmada genel olarak glütensiz ürünlerin (Özellikle makarna, sandviç ekmeği ve un karışımı) daha düşük besin kalitesine sahip olduğu ve sadece az sayıda glütensiz ürünün (Çikolata dolgulı bisküvi, kruvasan ve tost) glütenli eşdeğerlerine göre daha yüksek skora sahip olduğunu bildirilmiştir [1]. Bu farklılık, mevcut çalışmada veri yetersizliğinden dolayı bazı ürünlerin Nutri-score hesaplamasının yapılamamasından kaynaklanıyor olabilir.

Ülkemizde gıda ambalajlarında Nutri-Score gibi etiketlemelerin bulunması henüz gönüllülük esasına bağlıdır. Ancak yapılan bir çalışmada bireylerin gıda etiketlerinin ürün tercihini kolaylaştırması açısından daha etkin kullanılmasını istedikleri ve etiketlerdeki bilgilerin daha basit ve anlaşılır olmasının etkinliğini artıracığını belirtmektedir [36]. Özellikle içerik bakımından yetersiz olduğu kanısı bulunan glütensiz ürünler düşünüldüğünde glütensiz beslenmek zorunda olan bireylerin seçimlerini kolaylaştırmak ve iyileştirmek için gıda etiketlerinin kullanılmasının önemli faydalar sağlayabileceği düşünülmektedir [12, 36].

Tablo 2. Glütensiz ürünler ve gluten içeren eşdeğerlerinin Nutri-Score kategorileri\*

Table 2. Nutri-Score categories of gluten-free products and their gluten-containing equivalents\*

Ürün Grubu	Ürün Sınıfı	Ortanca	p Değeri	Ürün Grubu	Ürün Sınıfı	Ortanca	p Değeri
Ekmek	Glütensiz	A	0.282	Bisküvi	Glütensiz	E	0.448
	Glütenli	C			Glütenli	C	
Makarna	Glütensiz	A	0.052	Kek	Glütensiz	-	0.317
	Glütenli	B		Karışımı	Glütenli	C	
Şehriye	Glütensiz	A	0.018	Ekmek	Glütensiz	-	1.00
	Glütenli	C		Karışımı	Glütenli	-	
Yulaf Ezmesi	Glütensiz	A	0.456	Pizza	Glütensiz	D	0.317
	Glütenli	A		Glütenli	A		
Mısır Gevreği	Glütensiz	A	0.317	Lahmacun	Glütensiz	C	0.317
	Glütenli	A		Glütenli	A		
Granola/ Müsli	Glütensiz	A	0.317	İrmik	Glütensiz	D	0.317
	Glütenli	A		Glütenli	B		
Kek/ Kurabiye	Glütensiz	A	<0.001	Galetta unu	Glütensiz	D	0.317
	Glütenli	E		Glütenli	A		
Kraker	Glütensiz	B	0.046	Tortilla	Glütensiz	C	1.000
	Glütenli	D		Çipsi	Glütenli	C	
Gevrek (tuzlu)	Glütensiz	A	0.508	Susamlı	Glütensiz	-	0.102
	Glütenli	B		Çubuk	Glütenli	B	
Gevrek (tatlı)	Glütensiz	A	0.317	Pirinç	Glütensiz	C	1.000
	Glütenli	-		Patlağı	Glütenli	C	
Grissini/ Galetta	Glütensiz	C	0.686	Tarhana	Glütensiz	A	0.317
	Glütenli	D		Glütenli	B		
Kakao	Glütensiz	D	0.317	Protein Bar	Glütensiz	A	0.317
	Glütenli	D		Glütenli	A		
Kremşanti	Glütensiz	D	0.317	Çikolata	Glütensiz	C	0.317
	Glütenli	-		Bar	Glütenli	-	
Puding	Glütensiz	E	0.225	Çikolata	Glütensiz	-	1.000
	Glütenli	D		Sos	Glütenli	-	
Gofret	Glütensiz	D	0.042				
	Glütenli	D					

\*: Farklı renkler Nutri-Score değerlendirmesine göre farklı kategorileri göstermektedir: Kategori A, koyu yeşil renk; Kategori B, açık yeşil renk; Kategori C, sarı renk; Kategori D, turuncu renk ve Kategori E, kırmızı renk. P; Mann-Whitney U testi.

\*: Different colors indicate different categories according to the Nutri-Score assessment: Category A, dark green color; Category B, light green color; Category C, yellow color; Category D, color orange and Category E, color red. P; Mann-Whitney U test.

Gıdaların ulaşılabilirliğini etkileyen en önemli faktörlerden birisi ürünlerin fiyatıdır. Bu kapsamda, glütensiz ürünlerin maliyeti, glütensiz diyet uyum sağlanması açısından oldukça önemli bir etkidir [37]. Mevcut çalışmada glütensiz ürünler ve glütenli eşdeğerlerinin maliyetlerinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 3'te verilmiştir. Glütensiz ürünlerin çoğunlukla glütenli eşdeğerlerinden daha yüksek fiyatı olduğu saptanmıştır. Ancak istatistiksel olarak anlamlılık yönünden ekmek, makarna, şehriye, grissini/galetta, gofret ve bisküvi ürün gruplarında glütensiz ürünlerin maliyeti glütenli eşdeğerlerinden yüksek bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Benzer şekilde farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda glütensiz ürünlerin glütenli eşdeğerlerinden daha pahalı olduğu ortaya konulmuştur [1, 31, 32, 38]. 2021 yılında Türkiye'de yapılan bir çalışmada da işlenmiş et ürünleri dışındaki ürün gruplarında glütensiz ürünlerin glütenli eşdeğerlerinden daha yüksek fiyatlı olduğu rapor edilmiştir [33]. Glütensiz gıdalarda buğday yerine, maliyeti daha yüksek olan alternatif tahılların kullanılması glütensiz ürünlerin maliyetini artıran bir faktördür [39]. Ayrıca glütensiz ürünlerin besin değeri ve organoleptik özelliklerinin geliştirilmesi için yeni teknolojiler ve yeni işleme yöntemlerinin kullanılması da glütensiz ürünlerin üretim maliyetini artıracak bir

faktör olarak düşünülmektedir [40]. Bununla birlikte ürün maliyetinin yükselmesi her zaman daha iyi besin ögesi kalitesi anlamına gelmemektedir. Örneğin, De Las Heras-Delgado ve ark. [1] glütensiz makarna ve glütensiz mısır gevreği dışındaki ürünler arasında en yüksek fiyata sahip ürünlerin Nutri-Score değerlendirmesine göre en kötü besin kalitesi ile ilişkili olduğu rapor etmiştir.

## SONUÇ

Glütensiz ürünler ve gluten içeren eşdeğerlerinin birlikte incelendiği bu çalışma sonucunda, glütensiz ürünlerin büyük bir çoğunluğunun, glütenli eşdeğerlerine göre daha düşük miktarda protein ve lif içerirken daha yüksek maliyete sahip olduğu bulunmuştur. Bunun yanında, glütensiz ve glütenli ürünlerin besin ögesi içeriği, besin kalitesi ve maliyeti yönünden farklı ürün gruplarında değişiklik gösterdiği gözlenmiştir. Glütensiz ürün çeşitliliğinin artması ve besin kalitesinin geliştirilmesi glütensiz diyet uygulayan çölyak hastalarının yaşam kalitesinin artırılması ve sağlıklı beslenebilmeleri için önem taşımaktadır. Glütensiz ürünlerin kalitesini artırmaya yönelik çalışmalar maliyeti de azaltacak yönde olmalı, bu sayede tüketicilerin bu ürünlere ulaşmaları

kolaylaştırılmalıdır. Ayrıca, Nutri-Score gibi kolay anlaşılır ambalaj önü gıda etiketlerinin kullanılması, tüketicilerin ürün seçimlerinde ve dolayısıyla diyetlerini iyileştirmelerinde yardımcı olabileceğinden ülkemizde de

benzer etiketlemelerin kullanılması özellikle diyet tedavisi uygulayan tüketicilerin sağlıklı gıda seçimine katkı sağlayabilecektir.

Tablo 3. Glütensiz ürünler ve gluten içeren eşdeğerlerinin maliyeti

*Table 3. Cost of gluten-free products and their gluten-containing equivalents*

Ürün Grubu	Glütensiz (TL/100 g)		Glütenli (TL/100 g)		P değeri
	Ortanca (En düşük–En yüksek)	Ortalama±SS	Ortanca (En düşük–En yüksek)	Ortalama±SS	
Ekmek	17.90 (5.00 – 28.58)	18.21±8.07	3.59 (1.63 – 5.21)	3.61±1.28	<b>0.006</b>
Makarna	8.25 (1.80 – 9.73)	7.78±2.33	1.37 (1.36 – 2.02)	1.61±0.30	<b>0.000</b>
Şehriye	12.55 (5.98 – 18.36)	12.36±5.10	1.38 (1.36 – 1.77)	1.44±0.16	<b>0.010</b>
Yulaf Ezmesi	10.92 (4.82 – 17.63)	11.12±6.41	4.07 (4.02 – 5.81)	4.63±1.02	0.127
Mısır Gevreği	25.82 (23.59 – 28.05)	25.82±82	5.72 (4.99 – 6.44)	5.72±1.03	0.121
Granola/ Müsli	17.60 (5.98 – 23.38)	15.57±6.00	11.65 (10.10 – 17.29)	12.78±2.96	0.277
Kek/ Kurabiye	21.50 (10.39 – 32.22)	20.85±7.18	11.75 (5.05 – 28.55)	14.67±9.59	0.145
Kraker	39.85 (18.52 – 44.11)	34.16±13.71	3.75 (3.27 – 8.91)	5.31±3.13	0.050
Gevrek (tuzlu)	18.53 (18.53 – 19.32)	18.73±0.39	26.95 (9.55 – 43.80)	26.81±18.50	1.000
Gevrek (tatlı)	24.35 (24.35 – 24.35)	24.35 – 0.0	18.12 (18.12 – 18.12)	18.12±0.0	-
Grissini/ Galeta	24.15 (21.00 – 39.39)	27.17±8.28	7.31 (5.16 – 13.00)	8.19±3.36	<b>0.014</b>
Kakao	17.14 (17.14 – 17.14)	17.14±0.0	18.22 (18.22 – 18.22)	18.22±0.0	-
Kremşanti	11.33 (11.13 – 11.13)	11.13±0.0	12.21 (12.21 – 12.21)	12.21±0.0	-
Puding	5.37 (2.77 – 5.68)	4.80±1.38	5.39 (2.21 – 6.14)	4.78±7-.78	0.772
Gofret	40.31 (31.46 – 64.56)	45.12±15.29	5.08 (4.03 – 8.67)	5.79±2.05	<b>0.009</b>
Bisküvi	23.63 (9.87 – 32.73)	21.58±10.24	4.89 (2.84 – 5.59)	4.44±1.11	<b>0.009</b>
Kek Karışımı	6.60 (6.51 – 6.68)	6.60±0.12	4.72 (2.79 – 6.65)	4.72±2.73	0.439
Ekmek Karışımı	5.11 (5.11 – 5.11)	5.11±0.0	3.31 (3.31 – 3.31)	3.31±0.0	-
Pizza	16.71 (16.71 – 16.71)	16.71±0.0	6.06 (6.06 – 6.06)	6.06±0.0	-
Lahmacun	25.50 (25.50 – 25.50)	25.50±0.0	9.32 (9.32 – 9.32)	9.32±0.0	-
İrmik	3.98 (3.98 – 3.98)	3.98±0.0	1.65 (1.65 – 1.65)	1.65±0.0	-
Galeta unu	5.90 (5.90 – 5.90)	5.90±0.0	3.20 (3.20 – 3.20)	3.20±0.0	-
Tortilla Cipsi	25.90 (25.90 – 25.90)	25.90±0.0	15.47 (15.47 – 15.47)	15.47±0.0	-
Susamlı Çubuk	18.83 (18.71 – 18.95)	18.93±0.17	5.09 (5.00 – 5.18)	5.09±0.13	0.121
Pirinç Patlağı	25.36 (15.54 – 35.18)	25.36±13.89	5.81 (5.81 – 5.81)	5.81±0.0	-
Tarhana	17.81 (17.81 – 17.81)	17.81±0.0	5.26 (5.26 – 5.26)	5.26±0.0	-
Protein Bar	34.60 (34.60 – 34.60)	34.60±0.0	34.90 (34.90 – 35.20)	35.00±0.17	<b>0.034</b>
Çikolatalı Bar	74.38 (74.38 – 74.38)	74.38±0.0	13.40 (13.40 – 13.40)	13.40±0.0	-
Çikolatalı Sos	6.50 (6.50 – 6.50)	6.50±0.0	6.75 (6.75 – 6.75)	6.75±0.0	-

SS; standart sapma. P; Mann-Whitney U testi.

*SS; standard deviation. P; Mann-Whitney U test.*



## KAYNAKLAR

- [1] De Las Heras-Delgado, S., Nieves Alfas-Guerrero, A., Cendra-Duarte, E., Salas-Salvadó, J., Vilchez, E. Roger, E., Hernández-Alonso, P., Babio, N. (2021). Assessment of price and nutritional quality of gluten-free products versus their analogues with gluten through the algorithm of the nutri-score front-of-package labeling system. *Food Function*, 12(10), 4424-4433.
- [2] Laurikka, P., Salmi, T., Collin, P., Huntala, H., Mäki, M., Kaukinen, K., Kurppa, K. (2016). Gastrointestinal symptoms in celiac disease patients on a long-term gluten-free diet. *Nutrients*, 8(7), 429.
- [3] Leonard, M.M., Sapone, A., Catassi, C., Fasano, A. (2017). Celiac disease and nonceliac gluten sensitivity: a review. *JAMA*, 318(7), 647-656.
- [4] Al-Toma, A., Volta, U., Auricchio, R., Castillejo, G., Sanders, D.S., Cellier, C., Mulder, C.J., Lundin, K.E.A. (2019). *European Society for the Study of Coeliac Disease (ESsCD) guideline for coeliac disease and other gluten-related disorders. United European Gastroenterol J*, 7(5), 583-613.
- [5] Parzanese, I., Qehajaj, D., Patrinicola, F., Aralica, M., Chiriva-Internati, M., Sanja, S., Elli, L., Grizzi, F. (2017). Celiac disease: From pathophysiology to treatment. *World Journal of Gastrointestinal Pathophysiology*, 8(2), 27-38.
- [6] Lebwohl, B., Sanders, D.S., Green, P.H.R. (2018). Coeliac disease. *The Lancet*, 391(10115), 70-81.
- [7] Cichewicz, A.B, Mearns, E.S., Taylor, A., Boulanger, T., Gerber, M., Leffler, D.A., Drahos, J., Sanders, D.S., Thomas Craig, K.J., Lebwohl, B. (2019). Diagnosis and treatment patterns in celiac disease. *Digestive Diseases and Sciences*, 64(8), 2095-2106.
- [8] Biesiekierski, J.R. (2017). What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 32 Suppl 1, 78-81.
- [9] Bagolin do Nascimento, A., Fiates, G.M.R., Anjos, A., Teixeira, E. (2014). Availability, cost and nutritional composition of gluten-free products. *British Food Journal*, 116(12), 1842-1852.
- [10] Myhrstad, M.C.W., Slydahl, M., Hellmann, M., Garnweidner-Holme, L., Lundin, K.E.A., Henriksen, C., Telle-Hansen, V.H. (2021). Nutritional quality and costs of gluten-free products: a case-control study of food products on the Norwegian market. *Food & Nutrition Research*, Mar 26, 65.
- [11] Walker, M.M., Ludvigsson, J.F., Sanders, D.S. (2017). Coeliac disease: review of diagnosis and management. *Medical Journal of Australia*, 207(4), 173-178.
- [12] Taşkın, B. (2019). Maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.) ve glutensiz gıdalarda kullanım potansiyeli. *Akademik Gıda*, 17(4), 546-552.
- [13] S Sainsbury, K., Halmos, E.P., Knowles, S., Mullan, B., Tye-Din, J.A. (2018). Maintenance of a gluten free diet in coeliac disease: The roles of self-regulation, habit, psychological resources, motivation, support, and goal priority. *Appetite*, 125, 356-366.
- [14] Pinto-Sanchez, M.I., Silvester, J.A., Lebwohl, B., Leffler, D.A., Anderson, R.P., Therrien, A., Kelly, C.P., Verdu, E.F. (2021). Society for the Study of Celiac Disease position statement on gaps and opportunities in coeliac disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 18(12), 875-884.
- [15] Hill, I.D., Dirks, M.H., Liptak, G.S., Colletti, R.B., Fasano, A., Guandalini, S., Hoffenberg, E.J., Horvath, K., Murray, J.A., Pivor, M., Seidman, E.G. (2005). Guideline for the diagnosis and treatment of celiac disease in children: Recommendations of the North American Society for pediatric gastroenterology, hepatology and nutrition. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 40(1), 1-19.
- [16] Rubio-Tapia, A., Hill, I.D., Kelly, C.P., Calderwood, A.H., Murray, J.A. (2013). ACG clinical guidelines: diagnosis and management of celiac disease. *American Journal of Gastroenterology*, 108(5), 656-676.
- [17] Saturni, L., Ferretti, G., Bacchetti, T. (2010). The gluten-free diet: safety and nutritional quality. *Nutrients*, 2(1), 16-34.
- [18] Fry, L., Madden, A.M., Fallaize, R. (2018). An investigation into the nutritional composition and cost of gluten-free versus regular food products in the UK. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 31(1), 108-120.
- [19] Melini, V., Melini, F. (2019). Gluten-free diet: Gaps and needs for a healthier diet. *Nutrients*, 11(1), 170.
- [20] Rostami, K., Bold, J., Parr, A., Johnson, M.W. (2017). Gluten-free diet indications, safety, quality, labels, and challenges. *Nutrients*, 9(8), 846.
- [21] Oyarzún, A., Nakash, T., Ayala, J., Lucero, Y., Araya, M. (2016). Following gluten free diet: less available, higher cost and poor nutritional profile of gluten-free school snacks. *International Journal of Celiac Disease*, 3(3), 102-107.
- [22] Panagiotou, S., Kontogianni, M.D. (2017). The economic burden of gluten-free products and gluten-free diet: a cost estimation analysis in Greece. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 30(6), 746-752.
- [23] Missbach, B., Schwingshackl, L., Billmann, A., Mystek, A., Hickelsberger, M., Bauer, G., König, J. (2015). Gluten-free food database: the nutritional quality and cost of packaged gluten-free foods. *PeerJ*, 3, 1337.
- [24] Miranda, J., Lasa, A., Bustamante, M.A., Churruga, I., Simon, E. (2014). Nutritional differences between a gluten-free diet and a diet containing equivalent products with gluten. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(2), 182-187.
- [25] Babio, N., Lladó Bellette, N., Besora-Moreno, M., Castillejo, G., Guillén, N., Martínez-Cerezo, F., Vilchez, E., Roger, E., Hernández-Alonso, P., Salas Salvadó, J. (2020). A comparison of the nutritional profile and price of gluten-free products and their gluten-containing counterparts available in the Spanish market. *Nutrición Hospitalaria*, 37(4), 814-822.
- [26] De Temmerman, J., Heeremans, E., Slabbinck, H., Vermeir, I. (2021). The impact of the Nutri-Score



- nutrition label on perceived healthiness and purchase intentions. *Appetite*, 157: 104995.
- [27] Galan, P., Babio, N., Salas-Salvadó, J. (2019). Nutri-Score: front-of-pack nutrition label useful for public health in Spain which is supported by a strong scientific background. *Nutricion Hospitalaria*, 36(5), 1213-1222.
- [28] Egnell, M., Galan, P., Farpour-Lambert, N.J., Talati, Z., Pettigrew, S., Hercberg, S., Julia, C. (2020). Compared to other front-of-pack nutrition labels, the Nutri-Score emerged as the most efficient to inform Swiss consumers on the nutritional quality of food products. *PLoS One*, 15(2), e0228179.
- [29] Julia, C., S. Hercberg, and W.H. Organization (2017). Development of a new front-of-pack nutrition label in France: the five-colour Nutri-Score. *Public health panorama*, 3(4): p. 712-725.
- [30] Hercberg, S., Touvier, M., Salas-Salvado, J. (2021). The Nutri-Score nutrition label. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 92(3-4), 147-157.
- [31] Jegede, O., Enns, A., Kantounia, M., Preun, T., Vagianos, K., Suh, M., Blewett, H.C. (2021). Nutritional content and number of gluten-free staple foods available in Winnipeg, Manitoba, Canada. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76(2), 196-202.
- [32] Hopkins, S., Soon, J.M. (2019). Nutritional quality, cost and availability of gluten-free food in England. *British Food Journal*, 121(11), 2867-2882.
- [33] Bodur, M., Tunçer, E., Keser, A. (2021). A study of nutrient and cost analysis of gluten-free packaged products from Turkey. *Turkish Bulletin of Hygiene and Experimental Biology*, 78(3), 333-342.
- [34] Mezaize, S., Chevallier, S., Le Bail, A., de Lamballerie, M. Optimization of gluten-free formulations for French-style breads. *Journal of Food Science*, 74(3), 140-146.
- [35] Segura, M.E., Rosell, C.M. (2011). Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(3), 224-230.
- [36] Güneş, F.E., Aktaç, Ş., Korkmaz, B.İ.O. (2014). Tüketicilerin gıda etiketlerine yönelik tutum ve davranışları. *Akademik Gıda*, 12(3), 30-37.
- [37] Muhammad, H., Reeves, S., Ishaq, S., Mayberry, J., Jeanes, Y.M. (2017). Adherence to a gluten free diet is associated with receiving gluten free foods on prescription and understanding food labelling. *Nutrients*, 9(7), 705.
- [38] Guennouni, M., Noureddine, E.K., Aicha, B., Abderraouf, H. (2020). Availability and cost of gluten-free products in Moroccan supermarkets and e-commerce platforms. *British Food Journal*, 124(1), 1-13.
- [39] Jnawali, P., Kumar, V., Tanwar, B. (2016). Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. *Food Science and Human Wellness*, 5(4), 169-176.
- [40] Padalino, L., Conte, A., Del Nobile, M.A. (2016). Overview on the general approaches to improve gluten-free pasta and bread. *Foods*, 5(4), 87.
-

## Use of Microwave Drying for Production of Protein-Oil Based Edible Films

Burcu Gökkaya Erdem  

Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Gaziantep University, 27310 Gaziantep, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 15.05.2023, Accepted (Kabul Tarihi): 25.10.2023

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [gokkayaburcu@gantep.edu.tr](mailto:gokkayaburcu@gantep.edu.tr) (B. Gökkaya Erdem)

☎ +90 342 317 2302 📠 +90 342 317 2362

### ABSTRACT

Soy protein isolate (SPI)-sunflower seed oil (SO) based edible films were produced from freeze-dried composite powder and for the first time, microwave drying (MD) was applied. The required drying time was shortened from 1-3 days at room condition to 3-6 min with microwave heating. Improved thermal stability, better water barrier property, increased solubility and protected natural yellow color were detected in edible films dried at 800W microwave power in comparison to 300W; however, at the same time, weakened film transparency and decreased mechanical properties were found. The overall findings of this study revealed that microwave drying, a new edible film drying method, could be safely used to produce edible films within minutes without losing film properties. Therefore, it could be easily concluded that this new drying for edible films might have a greater potential for the industrial production of biodegradable films.

**Keywords:** Microwave drying, Soy protein isolate, Sunflower oil, Time-efficient film production, Film properties

### Protein-Yağ Bazlı Yenilebilir Filmlerin Üretiminde Mikrodalga Kurutmanın Kullanılması

#### ÖZ

Dondurularak kurutulmuş kompozit tozdan soya proteini izolatu (SPI)-ayçiçeği çekirdeği yağı (SO) bazlı yenilebilir filmler üretilmiş ve ilk kez mikrodalga ile kurutma (MD) yöntemi uygulanmıştır. Gerekli kuruma süresi oda koşullarında 1-3 gün iken mikrodalga ısıtma ile bu süre 3-6 dakikaya kadar düşürülmüştür. 300W ile karşılaştırıldığında 800W mikrodalga güç seviyesinde kurutulan örneklerde kuvvetlenmiş termal kararlılık, yüksek su bariyeri özelliği, artan çözünürlük ve zarar görmemiş doğal sarı renk tespit edilmiş, ancak bununla beraber film şeffaflığında ve mekanik özelliklerde azalma olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmanın genel bulguları, yeni bir yenilebilir film kurutma yöntemi olan mikrodalga kurutmanın, film özelliklerini kaybetmeden dakikalar içinde yenilebilir filmler üretmek için güvenli bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, yenilebilir filmlere yönelik bu yeni kurutma yönteminin biyobozunur filmlerin endüstriyel üretimi için büyük bir potansiyele sahip olabileceği sonucuna rahatlıkla varılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Mikrodalga kurutma, Soya proteini izolatu, Ayçiçek yağı, Zaman verimli film üretimi, Film özellikleri

### INTRODUCTION

Edible packaging is a kind of food packaging suitable for healthier human consumption [1]. Films and coatings are the two classification of biodegradable packaging application. The main ingredients of the edible films and coatings are edible filmogenic biopolymers, such as

hydrocolloids, lipids, or combinations of them [2]. As the edible materials are not dangerous for human health, the packaging molecule transmission into the food does not create any serious problem. Also they degrade faster than synthetic ones that means their usage considerably reduce the requirement of landfills [3]. For more than half a century, numerous scientific studies

has done in terms of development, characterization and improvement of the edible films [4]. However, their production is still on a laboratory scale and the desired industrial production success has not been achieved. One of the reasons for this situation is that the fabrication times of edible films and coatings are quite long [5]. Also, mechanical and barrier insufficiencies are the other challenging side of the biodegradable packaging. It is therefore essential to overcome these challenges as much as possible in order to scale up production on industrial area and to make edible films commercially successful. Nevertheless, there were very limited number of studies to lessen the film preparation time which can promote the easier production and the higher capacity [6, 7]. Until this time, the most commonly used drying method to obtain films from soy proteins is air drying at ambient room conditions after the film solution is spread on the plate [8, 9]. Soy protein isolate (SPI) is one of the most widely preferred agriculture-derived biopolymers as a film-forming agent due to its good film forming ability, cost-effectiveness and availability [10]. Soy protein support to produce more flexible, smoother, and transparent films compared to films from other plant protein sources [11]. Sunflower seed oil (SO) was used as lipid supplement to enhance the water-barrier properties of SPI based film formulations because it is naturally a hydrophobic material. Microwave heating is a kind of a thermal treatment with its some of the positive sides such as fast and selective heating application, having successful power transference and being cost-effective [12]. However, surprisingly no scientific literature covers the usage of microwave drying in the preparation of soy protein isolate based films but very little for other types such as chitosan and whey protein isolate based [12, 7] by casting technique. In a previous study, improved mechanical properties were observed for 5 min microwave dried whey protein isolate-based edible films. Also similar trend of water vapor permeability for both the films produced by microwave heating and at room conditions were determined in the same study [7]. It is known that cast films contain high amount of water that should be evaporated to gain film form, that is needed considerably long drying times as 1-3 days. On the other hand, drying methods such as microwave do not have this evaporation stage and therefore they significantly save the time required for drying [3].

The main objective of this work was to apply microwave heating on SPI-SO based composite films to decrease the long drying time so on to increase the potential of industrial production without losing the film characteristics. Two different energy power were studied to investigate the effect of the highest (800W) and the lowest (300W) adjustable power input according to used device on three different ratio of SO added SPI film properties. It is a fact that the different film preparation technique acceptability was determined with taking at least similar or better results than the usual one. Hence, physical, mechanical, thermal and barrier properties of the composite films were investigated. Also our previous innovative film forming solution preparation way was utilized in this study to decrease the total film production time literally by freeze dried powder usage [13, 6].

Accordingly, SPI-SO powder in composite form already produced by freeze drying method was simply mixed with glycerol and distilled water to obtain film solution. Thus, the film forming solution was prepared in a matter of seconds without any additional film production steps. In conclusion, this research was aimed to minimize the required duration for both film making and drying with acceptable film quality for the first time.

## MATERIALS and METHODS

### Materials and Chemicals

Soy protein isolate (min 90% protein content on dry basis) was provided by Gushen Biological Techn Group Company Limited (China). The seed oil of sunflower was purchased from a local market in Turkey. Glycerin (88% purity) and NaOH (98% purity) were obtained from Sigma-Aldrich (Aldrich, USA).

### Film Manufacturing

Edible film production was basically carried out in two steps. In the first step, soy protein isolate (SPI) based composite powder was obtained by a newly developed freeze drying method [13, 6]. In the second step, film forming solutions were easily prepared from that previously produced composite powder and finally microwave drying was applied for film formation. Detailed information was given as follows:

*First step (Composite powder production):* The film forming solutions containing 4% SPI and 0.05%, 0.10% and 0.15% sunflower oil (w/v) based on solution were prepared under constant stirring at 500 rpm by a stirrer for 2 min. Afterward the pH of the mixtures adjusted into 10 by pH meter and homogenization was made at 20,000 rpm for 2 min. Denaturation of the solutions were achieved with a hot plate while stirring at 75°C for 20 min. The resulting solution was deaerated with an ultrasonic bath during 15 min. The freezers were used at -18°C (24 h) and -70°C (3 h) to freeze the film forming solutions. After that, Alpha 1-4 LD Plus freeze dryer (Christ Martin, Germany) at -55°C under vacuum condition (72 h) was utilized to frozen solutions. Dried layer was grinded by a simple coffee grinder during 1 min to obtain the powder form [13].

*Second step (Film production by microwave heating):* Freeze dried composite powder (0.25 g), glycerin (0.20 g) and distilled water (20 mL) were blended in a glass beaker under constant stirring on a hot plate at 80°C for two mins. This mixture was placed and dispersed onto a plastic dish (i.d: 9.6 cm). A programmable domestic microwave oven was used for drying which has adjustable power, time controllers and a turntable (Samsung, model MS23F300EEK, Malaysia, 2450 MHz). Actually, the turntable was a good property to achieve the desired device performance and to minimize the levels of reflected microwaves onto the magnetron. The oven was adjusted to two different power intensities, 300 W and 800 W, the lowest and the highest values of the device. Required drying times were determined with preliminary studies as 6 min for

300 W and 3 min for 800 W, respectively. In this study, 8 different film formulations were evaluated and 800-spi-c, 800-spi-1, 800-spi-2, 800-spi-3, 300-spi-c, 300-spi-1, 300-spi-2, 300-spi-3 notations were used throughout the paper. Numbers in the abbreviations were used to represent SO concentrations as 1: 0.05% SO (w/v), 2: 0.10% SO (w/v), 3: 0.15% SO (w/v) and c was referring control (no oil). The different microwave heating power intensities applied were expressed as 800 and 300 in the notations. All the produced edible films were stored in polystyrene bags under room conditions.

## Characterization of Edible Film

### Thickness and Density

The film thicknesses were measured using a digital type micrometer with a sensitivity of  $\pm 0.001$  mm (Mahr GmbH., Göttingen, Poland). The film sample was gauged from at least 5 different regions and the mean value of them was taken. In order to determine the density, weight and volume ratio of the films were taken. The density test was carried out in triplicate.

### Moisture Content

Pieces of the specimens (2×2 cm) were prepared for each film and weighted ( $W_{\text{initial}}$ ). The pre-weighted film samples were dried in a laboratory oven at 105°C until they reach the constant-final weight ( $W_{\text{final}}$ ). The moisture content can be explained as the percentage of water removed from the initial mass of the sample tested and can be calculated as follows (Eq. 1). The analysis were performed on samples in duplicate.

$$\text{Moisture Content (\%)} = \frac{(W_{\text{initial}} - W_{\text{final}})}{W_{\text{initial}}} \times 100 \quad (1)$$

### Total Soluble Matter

Water solubility was tested by a gravimetric method [23]. The film specimens were prepared with the dimensions of 2×2 cm and they were dried in an air-circulating oven at 105°C for 24 h (initial dry weight). Dried pieces were placed in 30 mL water under constant agitation for 180 min. The insoluble remaining pieces of the samples were separated and dried again at 105°C for 24 h to constant weight (final dry weight). The analysis was repeated triplicate and total soluble matter (TSM) was calculated according to Eq. 2:

$$\text{TSM (\%)} = \frac{(dw_{\text{initial}}) - (dw_{\text{final}})}{(dw_{\text{initial}})} \times 100 \quad (2)$$

where dw is dry weight.

### Mechanical Properties

Texture analyzer (Stable Microsystems, TA-XT2i, Godalming, UK) was utilized for mechanical property examination of the samples in terms of film strength (tensile strength-TS) and its elasticity (elongation at break-EB). In preparing samples, the specimens were cut as rectangular shapes (7.5×2.5 cm). The specimens were held parallel with a grip separation of 5 cm. Two main parameters specified during the extension of the films mounted between the grips: force and distance. TS

was calculated by taking the ratio of the max force value to film cross section area (film thickness × film width).

## Color and Film Transparency

Transparency property of the manufactured samples was determined by employing previously described method [14]. According to this method, the film absorbance was tested at 550 nm wavelength with a UV-Visible spectrophotometer (Shimadzu, Japan). Calibration was made by measuring the transparency of an empty cell at 550 nm and it was used as reference for the test. Afterwards, the specimens were cut into rectangular pieces which is a suitable shape to place inside the spectrophotometer test cell. The absorbance readings from the device were recorded. The  $L^*$  (lightness),  $a^*$  (redness) and  $b^*$  (yellowness) values of the film samples were determined by a Hunter Lab colorimeter with CIE Lab scale (Reston, VA, USA). The average value of 5 readings was reported for each color property. A standart plate with known values of the lightness and chromaticity parameters were used as reference. Substraction of the standard reference values from the sample readings was given the actual color results of the film specimens. Following equations were used for optical property determination:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_s)^2 + (a^* - a_s)^2 + (b^* - b_s)^2} \quad (3)$$

where  $\Delta E$  was total color, WI was whiteness index,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  were the standard plate parameters ( $L^*$ : 93.41;  $a^*$ : -1.12;  $b^*$ : 1.07) while  $L_s$ ,  $a_s$ ,  $b_s$  were the parameters of the samples.

$$\text{WI} = 100 - \sqrt{(100 - L_s)^2 + (a_s)^2 + (b_s)^2} \quad (4)$$

### Differential Scanning Calorimetry

Thermal properties were investigated by a Differential Scanning Calorimetry (DSC 4000, Perkin Elmer, USA). Nitrogen was the used purge gas which had a flow capacity of 20 mL/min. DSC pan temperature range was between 20°C to 250°C and its rate was set as 10°C/min [15]. DSC calibration was achieved with indium and an the reference was an empty aluminium pan. The film samples (4-6 mg) were cut into tiny pieces and put inside the device's pan. The temperature of glass transition ( $T_g$ ) and melting point ( $T_m$ ) were investigated. At least duplicate measurements were made from each sample to achieve reliable data.

### Water Barrier Properties

Water permeability of the film sample were determined by a gravimetric method [16]. Initially, small glass cups with a diameter of 30 mm were filled with silicagel in order to obtain 0% RH and the specimens were sealed on these cups with the help of thin elastic bands. Afterwards, they placed in a prepared chamber containing saturated NaCl solution to create 75% RH at 24°C. The below formula was used to calculate barrier property of the film samples:

$$WVP = (S \times d) / (A \times \Delta P) \quad (5)$$

where WVP ( $\text{g mm m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$ ) is the water vapor permeability, S is linear portion ( $\text{g/h}$ ), A ( $\text{m}^2$ ) is the film area,  $\Delta P$  ( $\text{kPa}$ ) is the difference of partial pressure, and d ( $\text{mm}$ ) is the film thickness.

### Fourier Transform Infrared Spectroscopy

FTIR spectral images of the composite film samples were obtained on a Perkin Elmer Spectrum, model 100, at room temperature (Beaconsfield, UK) [17]. The measurements were carry out in a wavenumber region of  $4000\text{--}650 \text{ cm}^{-1}$ . Triplicate samplings were done for each specimen.

### Morphological Properties

Microstructures of film surfaces and cross-sections were studied with a Zeiss Gemini S300 scanning electron microscope (Oberkochen, Germany). Before testing all film samples were sputter-coated with gold. They were then examined at 10.0 kW and at different magnifications of  $1000\times$  and  $2500\times$ .

### Statistical Analysis

SPSS software version 23.0 (Chicago, USA) were utilized to analyze the data. All experiments conducted with at least triplicate trials and the mean values were used. Data evaluation was made by one-way analysis of

variance (ANOVA), and then Tukey's multiple range test was employed to determine significant differences ( $p < 0.05$ ) among measurement results of the films.

## RESULTS and DISCUSSION

### Film Thickness and Density Measurements

Thickness and density values can be affected by some key properties of the films such as permeability, transparency or mechanical. Table 1 shows the thickness values which were changed between 0.18 and 0.20 mm but any statistical difference was detected ( $p > 0.05$ ). Kevij et al. stated similar thickness observations at the range of 183 and 194  $\mu\text{m}$  for whey protein isolate based films activated with curcumin [14]. Table 1 presents close density values for SPI films dried at both 800W and 300W microwave heating levels, but 300-spi-1 and 300-spi-3 were found to have the lowest values ( $0.025 \text{ g/cm}^3$ ). These detected values were lower than those found for salep glucomannan based films ( $1.12\text{--}1.27 \text{ g/cm}^3$ ) [23] and whey protein films plasticized at different glycerol concentrations ( $1.26\text{--}1.38 \text{ g/cm}^3$ ) [18]. It was reported that different density values of the films might be attributed to their own composition, homogeneity and interaction of the components of the polymeric film structure [19]. This probably means that higher molecular chain interaction occurs for some of the 300W microwave power applied SPI films.

Table 1. Physical and mechanical properties of film samples

Film type	Thickness (mm)	Density ( $\text{g/cm}^3$ )	Moisture content (%)	Solubility (%)	TS (MPa)	E (%)
800-spi-c	0.18±0.009 <sup>a</sup>	0.033±0.002 <sup>a</sup>	35.16±1.76 <sup>a</sup>	48.81±2.44 <sup>a</sup>	3.35±0.17 <sup>a</sup>	10.68±0.58 <sup>a</sup>
800-spi-1	0.19±0.009 <sup>a</sup>	0.033±0.001 <sup>a</sup>	31.97±1.59 <sup>a</sup>	48.25±2.41 <sup>a</sup>	4.73±0.24 <sup>b</sup>	9.50±0.48 <sup>a</sup>
800-spi-2	0.19±0.008 <sup>a</sup>	0.032±0.002 <sup>a</sup>	34.55±1.73 <sup>a</sup>	45.77±2.29 <sup>a</sup>	6.65±0.33 <sup>c</sup>	11.64±0.58 <sup>a</sup>
800-spi-3	0.20±0.008 <sup>a</sup>	0.036±0.003 <sup>ab</sup>	35.58±1.78 <sup>ac</sup>	46.82±2.34 <sup>a</sup>	3.46±0.19 <sup>a</sup>	10.06±0.50 <sup>a</sup>
300-spi-c	0.19±0.009 <sup>a</sup>	0.034±0.002 <sup>a</sup>	26.73±1.34 <sup>b</sup>	38.80±1.94 <sup>b</sup>	3.15±0.17 <sup>a</sup>	9.22±0.47 <sup>a</sup>
300-spi-1	0.18±0.010 <sup>a</sup>	0.025±0.002 <sup>c</sup>	31.85±1.60 <sup>a</sup>	38.95±2.02 <sup>b</sup>	4.80±0.25 <sup>b</sup>	32.06±1.60 <sup>b</sup>
300-spi-2	0.19±0.008 <sup>a</sup>	0.039±0.002 <sup>b</sup>	35.26±1.76 <sup>a</sup>	45.45±2.19 <sup>a</sup>	4.02±0.23 <sup>ab</sup>	28.86±1.44 <sup>c</sup>
300-spi-3	0.18±0.009 <sup>a</sup>	0.025±0.003 <sup>c</sup>	40.19±2.01 <sup>c</sup>	48.24±2.45 <sup>a</sup>	4.91±0.24 <sup>b</sup>	29.62±1.48 <sup>bc</sup>

800-spi-c: 800W power intensity, soy protein isolate; 800-spi-1: 800W power intensity, soy protein isolate-0.05% sunflower oil; 800-spi-2: 800W power intensity, soy protein isolate-0.10% sunflower oil; 800-spi-3: 800W power intensity, soy protein isolate-0.15% sunflower oil; 300-spi-c: 300W power intensity, soy protein isolate; 300-spi-1: 300W power intensity, soy protein isolate-0.05% sunflower oil; 300-spi-2: 300W power intensity, soy protein isolate-0.10% sunflower oil; 300-spi-3: 300W power intensity, soy protein isolate-0.15% sunflower oil. Values were given as mean ± standard deviations. Different superscript letters in the same column indicates statistical differences (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

### Moisture Content

In order to examine the plasticizing effect of water, the moisture contents of the samples were examined and are given in Table 1. The values belong for the samples conditioned at  $50 \pm 2\%$  RH. The moisture content values ranged from 26.73% and 40.19%. Films dried at 800W microwave power were found to be statistically the same ( $p > 0.05$ ), but an increasing trend was observed at 300W. Normally, the addition of oil to the film structure would be expected to reduce hydrophilicity and decrease moisture content [22]. Nevertheless, having different and higher drying time when compared with 800W, may have caused some chemical structure changes in the

300W power applied films. This reinforcing moisture absorption effect on SPI-SO matrix for 300W dried film samples can be explained by relatively irregular lipid distribution due to slower evaporation than 800W's. In our previous study, moisture content were ranged from 32.75% to 37.85% for the same but not microwave dried SPI-SO film samples [6]. It is understood that microwave drying did not affect the moisture uptake characterization of the edible films.

### Solubility in Water

One of the important physical properties of edible film is solubility. Depending on the intended use, higher or

lower solubility values can be desired for films. Water solubility values were ranged between 45.77% and 48.81% for 800W microwave power applied SPI films; but that was 38.80% for 300-spi-c, and 38.95% for 300-spi-1. In this study, the films with the lowest solubility values also showed the lowest moisture contents. This behavior may be related to better water resistance. It was understood that oil addition did not have any effect on the solubility of 800W power applied films ( $p>0.05$ ), while it caused an increase for the 300W applied ones ( $p<0.05$ ). In a study, Paglione et al. [31] reported that the addition of oregano essential oil to soy protein films slightly improved the solubility ability of the film samples. The researchers claimed that the presence of oil created a less cohesive film structure, thus revealing more solubilized hydrophilic groups. Galus and Kadzinska [32] found the solubility of whey protein film 42.4%, which can be considered close to our soy protein-based film results. They tested the effect of two different oils (walnut and almond oils) on WPI-based films. According to their results, the addition of almond oil increased the solubility significantly, but no statistical change was observed with the addition of walnut oil. The authors were supposed that oil and protein chemical interactions can result in a smooth structure of emulsion films and this situation possibly increased the solubility. Water solubility is related to the hydrophilicity and hydrophobicity of the films [33]. These two properties are directly proportional to each other. It can be said that the higher the solubility of the film in water, the higher the hydrophilic character of the film. When coated foods come into contact with water, the high solubility may cause the coating to break down. For this reason, water insolubility is generally preferred for more durable packaging films.

### Mechanical Properties

Examining the mechanical properties of films is very important to have an idea of their resistance to the different types of physical stresses they can be deal with during their use [23]. In this study, strength and flexibility of the film samples were determined by "Tensile Strength (TS)" and "Elongation (E%)" parameters (Figure 1 and Table 1). The parameters are indicator of the film strength and elasticity, respectively. The TS of 300W microwave power applied films was higher in general manner than 800W's and SO addition promoted stronger film structure. When 3.35 MPa strength was observed for 800-spi-c, the value increased up to 6.65 MPa with 0.10% SO addition (800-spi-2), however decreased with further increase of oil concentration (800-spi-3) (Table 1). Improvement in film strength may attributed to the formation of a rigid continuous network between functional groups of soy protein (such as carboxyl and hydroxyl groups) and oil through interfacial strong hydrogen interactions. The rise in mechanical properties reach with such interactions. The highest

level of SO utilization in 800W microwave dried film (800-spi-3) caused agglomeration and/or non-uniform dispersion and that resulted in higher film fragility. The flexibility values were given in Figure 1 and Table 1. According to the results obtained, the Elongation(%) values were found to be statistically the same for the films with 800W heating ( $p<0.05$ ), but a significant increasing trend was observed for the 300W films ( $p>0.05$ ). It was found that applying a power density of 300W and adding SO to the film matrix simultaneously improves the mechanical resistance. This is indicative of the good interaction between soy protein and oil which was resulted in an efficient transfer of applied stress across the film. In addition, it was understood that the application of slower (6 min) and lower microwave power intensity (300W) provided an equal distribution of stress and reduced stress concentrations [24]. In the previous study, the tensile strength of SPI-SO based films with the same content but dried at ambient temperature was reported to be in the range of 0.17-0.33 MPa, while the elongation values were reported as 55.29-92.08% [6]. According to the results, microwave drying process application provides less elastic but stronger film structure.

### Color and Film Transparency

Consumer acceptance and visual appeal are affected by film color and its UV light blocking ability. Table 2 shows the opacity and color properties in terms of  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , DE and WI. It was found that higher microwave power intensity application to SPI based films tended to increase film opacity. Stronger power application reduces drying time however rapid water migration can cause uneven particle dispersion in film structure. Heterogeneity and/or accumulation of oil particles promoted poor transparency, resulting in reduced UV light transmission [20]. Previously higher  $L^*$  value observations were found for SPI and rapeseed oil based films that produced with air drying by Galus [21]. Hence, our poor lightness observations of the samples indicate that these microwave-dried films tend to be dark. This behavior could be due to the increment of film surface roughness because of typical characteristic fast drying rate of microwave technique. Also, negative  $a^*$  value observations are indicative of a greenish color trend for them. The original yellow color of SPI was better protected by 800W power applied films that proved with significantly higher  $b^*$  values ( $p<0.05$ ). The situation may be due to the reduced heat exposure time of those films, because the higher the microwave power density, the shorter the drying application time. As a result 3 min-800W drying procedure application helps to better color prevention than that of 6 min-300W. There were no significant differences in the total color ( $\Delta E$ ) and visual appearances of film samples ( $p>0.05$ ) (Figure 2).

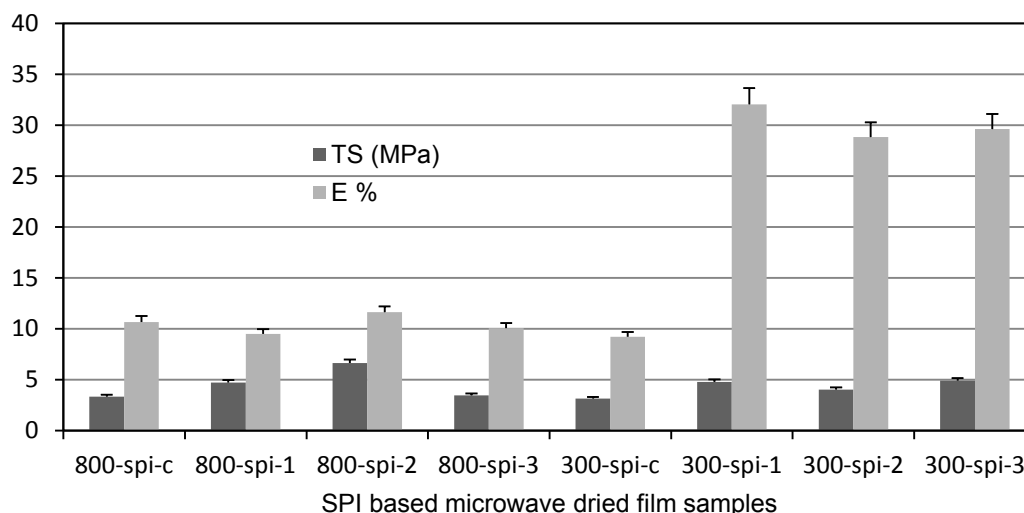


Figure 1. Effect of 800 and 300W power intensities on mechanical properties of SO incorporated SPI films

Table 2. Optical properties of SPI-SO composite films dried at different microwave power intensities.

Film type	Opacity (abs/mm)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$	WI
800-spi-c	0.46±0.023 <sup>a</sup>	26.99±1.35 <sup>ac</sup>	-0.85±0.04 <sup>a</sup>	1.92±0.09 <sup>a</sup>	66.42±3.32 <sup>a</sup>	26.95±1.35 <sup>ac</sup>
800-spi-1	0.49±0.025 <sup>a</sup>	24.36±1.34 <sup>ab</sup>	-0.59±0.03 <sup>b</sup>	1.07±0.05 <sup>b</sup>	69.05±3.45 <sup>a</sup>	24.35±1.22 <sup>ac</sup>
800-spi-2	0.54±0.027 <sup>b</sup>	24.28±1.34 <sup>ab</sup>	-0.40±0.02 <sup>c</sup>	0.42±0.02 <sup>c</sup>	69.13±3.15 <sup>a</sup>	24.27±1.20 <sup>ac</sup>
800-spi-3	0.57±0.028 <sup>b</sup>	22.29±1.12 <sup>ab</sup>	-0.57±0.03 <sup>b</sup>	1.19±0.06 <sup>d</sup>	71.12±3.55 <sup>a</sup>	22.27±1.10 <sup>b</sup>
300-spi-c	0.38±0.019 <sup>ac</sup>	29.03±1.45 <sup>c</sup>	-1.20±0.06 <sup>d</sup>	-0.64±0.03 <sup>e</sup>	64.40±3.20 <sup>a</sup>	29.01±1.45 <sup>c</sup>
300-spi-1	0.39±0.020 <sup>ac</sup>	24.70±1.33 <sup>a</sup>	-0.53±0.03 <sup>b</sup>	-0.16±0.01 <sup>f</sup>	68.72±3.43 <sup>a</sup>	24.69±1.23 <sup>ac</sup>
300-spi-2	0.42±0.022 <sup>a</sup>	25.52±1.34 <sup>ac</sup>	-0.40±0.02 <sup>c</sup>	-0.46±0.02 <sup>g</sup>	67.91±3.39 <sup>a</sup>	25.51±1.27 <sup>ac</sup>
300-spi-3	0.48±0.024 <sup>a</sup>	25.57±1.34 <sup>ac</sup>	-0.75±0.04 <sup>a</sup>	-0.68±0.03 <sup>e</sup>	67.86±3.37 <sup>a</sup>	25.56±1.28 <sup>ac</sup>

800-spi-c: 800W power intensity, soy protein isolate; 800-spi-1: 800W power intensity, soy protein isolate-0.05% sunflower oil; 800-spi-2: 800W power intensity, soy protein isolate-0.10% sunflower oil; 800-spi-3: 800W power intensity, soy protein isolate-0.15% sunflower oil; 300-spi-c: 300W power intensity, soy protein isolate; 300-spi-1: 300W power intensity, soy protein isolate-0.05% sunflower oil; 300-spi-2: 300W power intensity, soy protein isolate-0.10% sunflower oil; 300-spi-3: 300W power intensity, soy protein isolate-0.15% sunflower oil. Values were given as mean ± standard deviations. Different superscript letters in the same column indicates statistical differences (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).



800-spi-c

800-spi-3

300-spi-c

300-spi-3

Figure 2. Visual appearance of some of the SPI based microwave dried edible films.

### Thermal Properties

The temperatures of glass transition ( $T_g$ ) and melting point ( $T_m$ ) of the produced SPI films were examined using a Differential Scanning Calorimetry unit.  $T_g$  is the phases where the material structure changes from amorphous to viscose rubbery, and  $T_m$  is another stage of the transition from solid to liquid state. The obtained values of  $T_g$  and  $T_m$  are listed in Table 3. The results showed that both of the temperatures ( $T_g$  and  $T_m$ ) are statistically increased for 800W MD film samples ( $p < 0.05$ ). However, no significant differences were observed for 300W MD specimens ( $p > 0.05$ ). A rise in thermal properties for oil incorporated 800W MD samples can be related with strengthened biopolymer

structure, to cause decreased molecular movements which leading to stricted intermolecular free space [25]. According to Table 3, all film samples have a  $T_g$  profile that between 136.40 and 203.68°C. Different  $T_g$  values for SPI films reported in the literature [6,15]. Because many factors such as the type and amount of plasticizer, the purity of the protein isolate, and the mixing method can affect the transition temperature. In a study, it was determined that high-temperature transitions decrease with increasing plasticizer content. Because glass transition temperature of used glycerol was about -93°C [34]. The examples demonstrate that the ideal  $T_g$  value for SPI films can vary depending on the specific application, and researchers use different approaches to determine this value.

Table 3. Thermal properties of SPI based films with respect to their SO content and power intensity that dried.

Film type	T <sub>g</sub> (°C)	T <sub>m</sub> (°C)	WVP (g.mm/m <sup>2</sup> .h.kPa)
800-spi-c	141.44±7.07 <sup>a</sup>	155.08±7.75 <sup>a</sup>	0.012±0.001 <sup>a</sup>
800-spi-1	136.94±6.85 <sup>a</sup>	156.57±7.83 <sup>a</sup>	0.013±0.001 <sup>a</sup>
800-spi-2	178.10±8.91 <sup>b</sup>	210.10±10.51 <sup>b</sup>	0.014±0.002 <sup>a</sup>
800-spi-3	203.68±10.18 <sup>c</sup>	208.33±10.41 <sup>b</sup>	0.013±0.002 <sup>a</sup>
300-spi-c	143.34±7.17 <sup>a</sup>	166.11±8.30 <sup>a</sup>	0.026±0.001 <sup>b</sup>
300-spi-1	136.40±6.82 <sup>a</sup>	152.42±7.62 <sup>a</sup>	0.026±0.003 <sup>b</sup>
300-spi-2	141.48±7.07 <sup>a</sup>	158.06±7.90 <sup>a</sup>	0.027±0.002 <sup>b</sup>
300-spi-3	137.72±6.88 <sup>a</sup>	157.39±7.87 <sup>a</sup>	0.026±0.001 <sup>b</sup>

800-spi-c: 800W power intensity, soy protein isolate; 800-spi-1: 800W power intensity, soy protein isolate-0.05% sunflower oil; 800-spi-2: 800W power intensity, soy protein isolate-0.10% sunflower oil; 800-spi-3: 800W power intensity, soy protein isolate-0.15% sunflower oil; 300-spi-c: 300W power intensity, soy protein isolate; 300-spi-1: 300W power intensity, soy protein isolate-0.05% sunflower oil; 300-spi-2: 300W power intensity, soy protein isolate-0.10% sunflower oil; 300-spi-3: 300W power intensity, soy protein isolate-0.15% sunflower oil. Values were given as mean ± standard deviations. Different superscript letters in the same column indicates statistical differences (Tukey's test, p<0.05).

### Water Vapor Permeability

Water vapor permeability (WVP) of microwave heated SPI film is shown on Table 3. Permeability values of the films increased at about 2 times with the application of 300W microwave power compared to 800W; however, it did not change with SO addition. Actually, diffusion is the responsible mechanism that occurs in permeation of vapor through the film sample. In this mechanism, water vapor dissolves in the film matrix from high to low concentration [26]. The film characteristic can be determined by the degree of permeability. Cohesiveness promotes better barrier structure in films due to its lower porosity. When protein is heated, chain length and the structural cohesivity of matrix increases due to covalent disulphide bonds formed among polypeptide chains [27]. Table 3 shows that higher microwave power application (800 W) gives more satisfactory barrier results than 300 W film samples, probably because increased the structural cohesivity of the matrix, decreasing the free volume to the vapor diffusion. In our previous study, fairly higher water permeability values were observed for the same but not-microwave-dried SPI-SO film samples. In that study, WVP of the control SPI was 1.69 g mm m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> kPa<sup>-1</sup> and while composite formulations (SPI-SO) ranged from 1.17-1.53 to 1.26 g mm m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> kPa<sup>-1</sup> [6]. This success in reducing water vapor permeability by microwave drying can be attributed to the better preservation of the lipid-protein interconnection network, which leads to a decrease in the water absorption of the film and therefore an increase in hydrophobicity. It was understood that microwave drying enhanced the water barrier properties of SPI films, thus increasing their functionality.

### Fourier Transform Infrared Spectroscopy

Analysis of functional groups on the surface of microwave dried films based on soy protein isolate by FTIR spectrophotometer is shown in Figure 3. The broad peak at 3270 cm<sup>-1</sup> was assigned to the stretching vibration of O-H groups [28]. The other peak located

approximately 2930 cm<sup>-1</sup> was responsible for C-H aliphatic absorption. The presence of the peak between 1700 and 1600 cm<sup>-1</sup> corresponded to the amide (I) vibration that related to the secondary structure of protein due to C-O stretching vibration and C-N stretching vibration [28]. The broad peak approximately 1640 cm<sup>-1</sup> in the spectrum of protein films is attributed to the existence of water. Amide (III) bands (1235 cm<sup>-1</sup>) represented N-H in plane bending [29]. The peaks between 1107.9 and 1108.5 cm<sup>-1</sup> correspond to C-O-C stretching frequencies.

### Scanning Electron Microscopy

Scanning electron microscopy (SEM) images suggest the relationships of some of the film properties such as mechanical resistance and optical properties with the film structure. Figure 4A and Figure 4B show SEM micrographs of the surface and transversal (cross section) for all film types such as control, sunflower oil incorporated and microwave dried film samples. In general manner, all samples showed smooth and continuous surface without large pores. However in detail, incorporation of SO resulted in slight increment of cavity, pore and air bubble amount on the surface microstructure of blend films. This can be attributed to the short duration of degassing operation [14]. Also increasing of oil amount cause aggregation on the surface due to its natural hydrophobic structure. This situation was in parallel with the optical results (Table 2). Control films had lower opacity values, while SO added samples had higher values. The transversal section images of the films with different oil concentrations did not present any obvious drastic differences in structure. Some hole and crack observations were detected for all types which can be related to decreased hydrogen bonding and the repulsion between the hydrophobic long carbon chains and hydrophilic groups [30]. These observations suggested that microwave heating was a successful edible film drying application and there was an acceptable good interaction between SPI and SO.



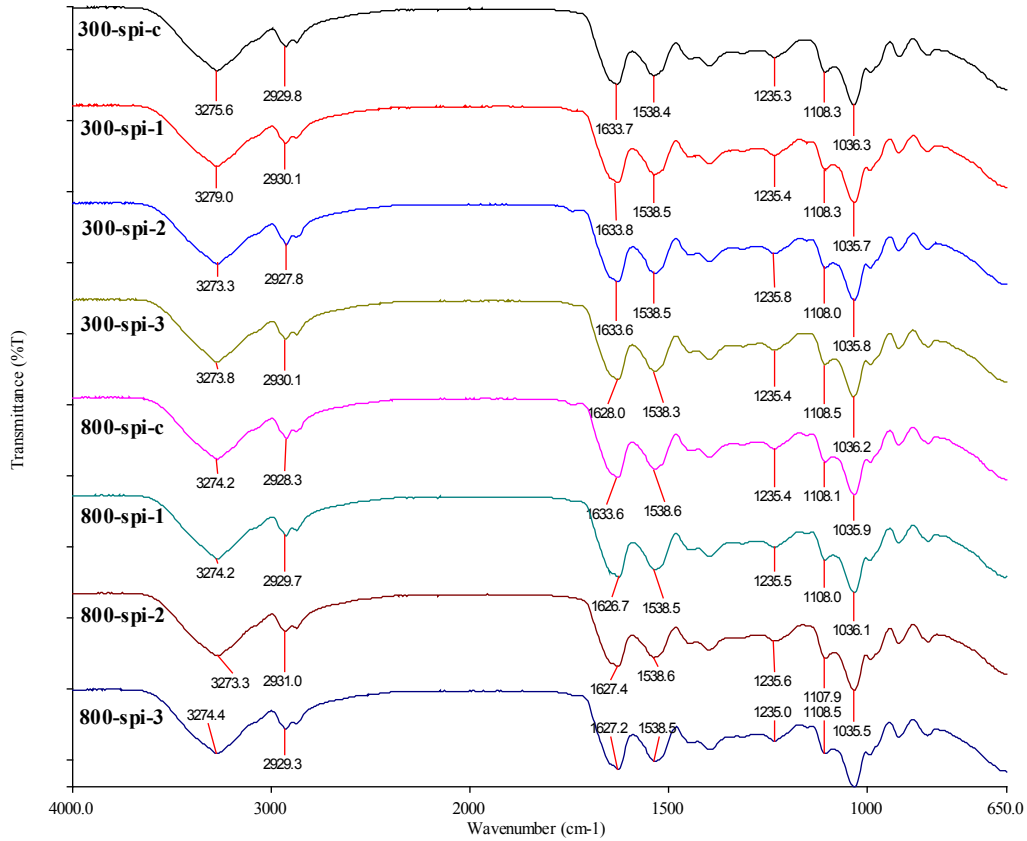
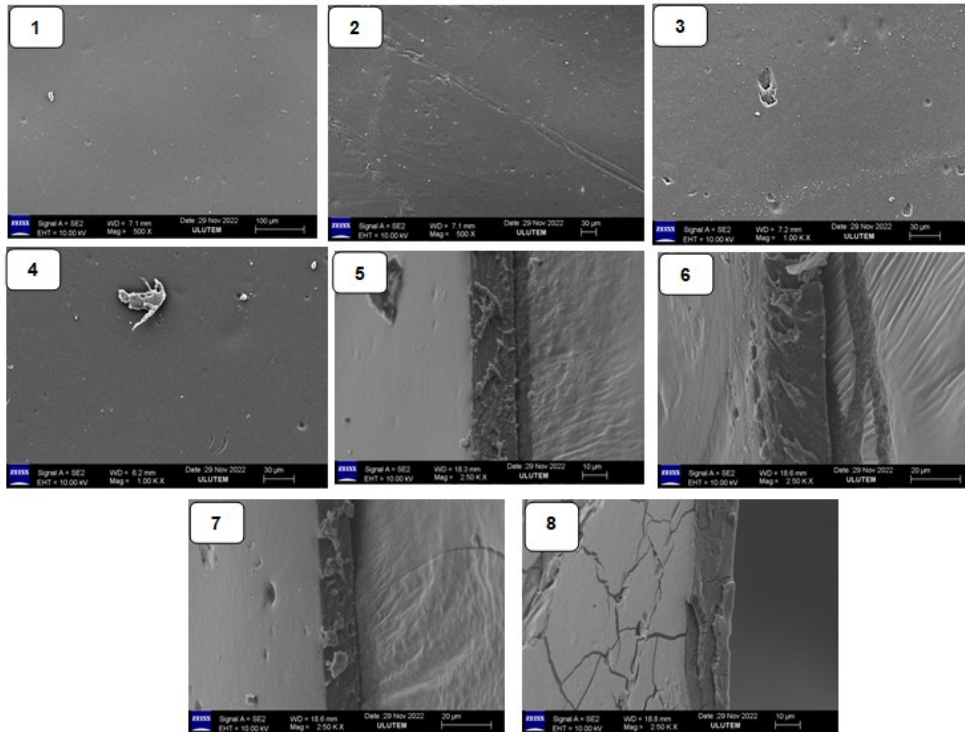


Figure 3. FTIR spectra of microwave dried SPI based film samples.



A

Figure 4A. SEM images of the surface (1000 × magnification) and the cross section (2500 × magnification) of the SPI based microwave dried film samples. Scale bar corresponds to 20 μm. (A1-surface, A5-cross section) 300-spi-c, (A2-surface, A6-cross section) 300-spi-1, (A3-surface, A7-cross section) 300-spi-2, (A4-surface, A8-cross section) 300-spi-3.

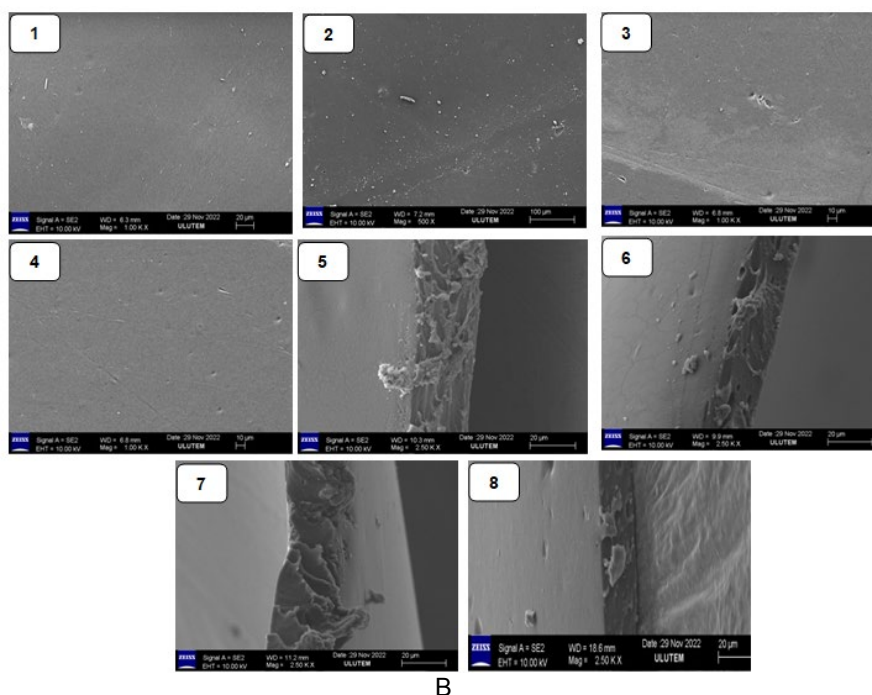


Figure 4B. SEM images of the surface (1000 × magnification) and the cross section (2500 × magnification) of the SPI based microwave dried film samples. Scale bar corresponds to 20 μm. (B1-surface, B5-cross section) 800-spi-c, (B2-surface, B6-cross section) 800-spi-1, (B3-surface, B7-cross section) 800-spi-2, (B4-surface, B8-cross section) 800-spi-3.

## CONCLUSION



In this study, the new SPI-SO composite powder was used during the preparation of the biocomposite film forming solution, followed by the microwave drying method, which allows the edible films to dry in just a few minutes. Incredibly fast drying was achieved with microwave drying process, as well as easy manipulation and power transfer efficiency. The results showed that both power levels (800 and 300W) were applicable, but thermal stability and barrier properties increased with 800W level, while better mechanical and optical properties were detected in films drying at 300W. Compared to control films, SO usage significantly increased the elongation profile and make the films more opaque. The SEM images revealed that SO were successfully introduced into the SPI matrix without aggregation, although some pores were exist on the surface. In conclusion, this research provides a time-effective edible film production route for future industrial applications in terms of both the film forming solution preparation and film drying step using a combination of composite powder and microwave drying method.

## REFERENCES

- [1] Tural, S., Sarıcaoğlu, F.T., Turhan, S. (2017). Yenilebilir film ve kaplamalar: Üretimleri, uygulama yöntemleri, fonksiyonları ve kaslı gıdalarda kullanımları. *Akademik Gıda*, 15(1), 84-94.
- [2] Lee, J.S., Lee, E.S., Han, J. (2020). Enhancement of the water-resistance properties of an edible film prepared from mung bean starch via the incorporation of sunflower seed oil. *Scientific Reports*, 10(1), 1-15.
- [3] Jeevahan, J.J., Chandrasekaran, M., Venkatesan, S., Sriram, V., Joseph, G.B., Mageshwaran, G., Durairaj, R. (2020). Scaling up difficulties and commercial aspects of edible films for food packaging: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 210-222.
- [4] De Pilli, T. (2020). Development of a vegetable oil and egg proteins edible film to replace preservatives and primary packaging of sweet baked goods. *Food Control*, 107273.
- [5] Beikzadeh, S., Ghorbani, M., Shahbazi, N., Izadi, F., Pilevar, Z., Mortazavian, A.M. (2020). The effects of novel thermal and nonthermal technologies on the properties of edible food packaging. *Food Engineering Reviews*, 12(3), 333-345.
- [6] Erdem, B.G., Kaya, S. (2022). Characterization and application of novel composite films based on soy protein isolate and sunflower oil produced using freeze drying method. *Food Chemistry*, 366, 130709.
- [7] Kaya, S., Kaya, A. (2000). Microwave drying effects on properties of whey protein isolate edible films. *Journal of Food Engineering*, 43(2), 91-96.
- [8] Otoni, C.G., Avena-Bustillos, R.J., Olsen, C.W., Bilbao-Sáinz, C., McHugh, T.H. (2016). Mechanical and water barrier properties of isolated soy protein composite edible films as affected by carvacrol and cinnamaldehyde micro and nanoemulsions. *Food Hydrocolloids*, 57, 72-79.
- [9] Xue, F., Gu, Y., Wang, Y., Li, C., Adhikari, B. (2019). Encapsulation of essential oil in emulsion based edible films prepared by soy protein isolate-gum acacia conjugates. *Food Hydrocolloids*, 96, 178-189.

- [10] Rani, S., Kumar, R. (2019). A review on material and antimicrobial properties of soy protein isolate film. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(8), 1613-1628.
- [11] Guilbert, S. (1986). Technology and application of edible protective films. Food Packaging and Preservation: Theory and Practice. *Mathlouthi M.(ed)*, Elsevier Applied Science, London.
- [12] Cárdenas, G., Díaz, J., Meléndrez, M., Cruzat, C. (2008). Physicochemical properties of edible films from chitosan composites obtained by microwave heating. *Polymer Bulletin*, 61(6), 737-748.
- [13] Erdem, B.G., Kaya, S. (2021). Production and application of freeze dried biocomposite coating powders from sunflower oil and soy protein or whey protein isolates. *Food Chemistry*, 339, 127976.
- [14] Kevij, H.T., Salami, M., Mohammadian, M., Khodadadi, M. (2020). Fabrication and investigation of physicochemical, food simulant release, and antioxidant properties of whey protein isolate-based films activated by loading with curcumin through the pH-driven method. *Food Hydrocolloids*, 108, 106026.
- [15] Gökkaya Erdem, B., Diblan, S., Kaya, S. (2021). A Comprehensive study on sorption, water barrier, and physicochemical properties of some protein- and carbohydrate-based edible films. *Food and Bioprocess Technology*, 1-19.
- [16] Cao, L., Ge, T., Meng, F., Xu, S., Li, J., Wang, L. (2020). An edible oil packaging film with improved barrier properties and heat sealability from cassia gum incorporating carboxylated cellulose nano crystal whisker. *Food Hydrocolloids*, 98, 105251.
- [17] Liu, H., Liu, C., Peng, S., Pan, B., Lu, C. (2018). Effect of polyethyleneimine modified graphene on the mechanical and water vapor barrier properties of methyl cellulose composite films. *Carbohydrate Polymers*, 182, 52-60.
- [18] Ramos, Ó.L., Reinas, I., Silva, S.I., Fernandes, J.C., Cerqueira, M.A., Pereira, R.N., Vicente, A.A., Pocas, M.F., Pintado, M.E., Malcata, F.X. (2013). Effect of whey protein purity and glycerol content upon physical properties of edible films manufactured therefrom. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 110-122.
- [19] Pelissari, F.M., Andrade-Mahecha, M.M., do Amaral Sobral, P.J., Menegalli, F.C. (2013). Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Food Hydrocolloids*, 30(2), 681-690.
- [20] Sukyai, P., Anongjanya, P., Bunyahwuthakul, N., Kongsin, K., Harnkarnsujarit, N., Sukatta, U., Sothornvit, R., Chollakup, R. (2018). Effect of cellulose nanocrystals from sugarcane bagasse on whey protein isolate-based films. *Food Research International*, 107, 528-535.
- [21] Galus, S. (2018). Functional properties of soy protein isolate edible films as affected by rapeseed oil concentration. *Food Hydrocolloids*, 85, 233-241.
- [22] Hopkins, E.J., Chang, C., Lam, R.S., Nickerson, M.T. (2015). Effects of flaxseed oil concentration on the performance of a soy protein isolate-based emulsion-type film. *Food Research International*, 67, 418-425.
- [23] Kurt, A., Kahyaoglu, T. (2014). Characterization of a new biodegradable edible film made from salep glucomannan. *Carbohydrate Polymers*, 104, 50-58.
- [24] Kanagaraj, S., Varanda, F.R., Zhil'tsova, T.V., Oliveira, M.S., Simões, J.A. (2007). Mechanical properties of high density polyethylene/carbon nanotube composites. *Composites Science and Technology*, 67(15-16), 3071-3077.
- [25] Sadeghi-Varkani, A., Emam-Djomeh, Z., Askari, G. (2018). Physicochemical and microstructural properties of a novel edible film synthesized from Balangu seed mucilage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 108, 1110-1119.
- [26] Silva, K., Fonseca, T., Amado, L., Mauro, M. (2018). Physicochemical and microstructural properties of whey protein isolate-based films with addition of pectin. *Food Packaging and Shelf Life*, 16, 122-128.
- [27] Nicolai, T., Britten, M., Schmitt, C. (2011).  $\beta$ -Lactoglobulin and WPI aggregates: Formation, structure and applications. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1945-1962.
- [28] Pereira, R.N., Souza, B.W., Cerqueira, M.A., Teixeira, J.A., Vicente, A.A. (2010). Effects of electric fields on protein unfolding and aggregation: Influence on edible films formation. *Biomacromolecules*, 11(11), 2912-2918.
- [29] Erdem, B.G., Kaya, S. (2022b). Edible film fabrication modified by freeze drying from whey protein isolate and sunflower oil: Functional property evaluation. *Food Packaging and Shelf Life*, 33, 100887.
- [30] Ye, Q., Han, Y., Zhang, J., Zhang, W., Xia, C., Li, J. (2019). Bio-based films with improved water resistance derived from soy protein isolate and stearic acid via bioconjugation. *Journal of Cleaner Production*, 214, 125-131.
- [31] dos Santos Paglione, I., Galindo, M.V., de Medeiros, J.A.S., Yamashita, F., Alvim, I. D., Ferreira Grosso, C.R., Shirai, M.A. (2019). Comparative study of the properties of soy protein concentrate films containing free and encapsulated oregano essential oil. *Food Packaging and Shelf Life*, 22, 100419.
- [32] Galus, S., Kadzińska, J. (2016). Whey protein edible films modified with almond and walnut oils. *Food Hydrocolloids*, 52(Supplement C), 78-86.
- [33] Farhan, A., Hani, N.M. (2017). Characterization of edible packaging films based on semi-refined kappa-carrageenan plasticized with glycerol and sorbitol. *Food Hydrocolloids*, 64, 48-58.
- [34] Ogale, A.A., Cunningham, P., Dawson, P.L., Acton, J.C. (2000). Viscoelastic, thermal, and microstructural characterization of soy protein isolate films. *Journal of Food Science*, 65(4), 672-679.

## Duyusal Unsurların Tat Algısına Etkisinin Gastrofizik Bağlamında Değerlendirilmesi

Nebahat Tarhan<sup>1</sup> , Müesser Korkmaz<sup>2</sup>  ✉

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı, Çanakkale

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Çanakkale

Geliş Tarihi (Received): 25.07.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 25.10.2023

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [m.cesurkorkmaz@comu.edu.tr](mailto:m.cesurkorkmaz@comu.edu.tr) (M. Korkmaz)

☎ 0 286 218 0546 (11027) 📠 0 286 218 0547

### ÖZ

Bu araştırmanın amacı, gastrofizik yaklaşımı çerçevesinde görsel ve işitsel unsurların tat algısına etkisinin belirlenmesidir. Araştırmanın problemi, bir atıştırılabilir olan patlamış mısırın tuzluluk algısının değerlendirilmesinde rengin ve tuzlu tadı anımsatan film müziğinin etkisinin incelenmesidir. Araştırmanın yönteminde, ön test araştırması ile 4 ayrı deney tasarımı kullanılmıştır. Deneyde kullanılan tekrarlı ölçümlerde, görsel unsurlardan olan renk etkisinin anlaşılması amacıyla şeffaf, pembe ve mavi renkli kâseler, işitsel unsurlardan ise tuzlu film müziği deneye dâhil edilmiştir. Deneyde, renk ve ses etkisinin daha iyi anlaşılması adına patlamış mısırlar hem tuzlu hem de tuzsuz olarak servis edilmiştir. Araştırmanın örneklemini Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Turizm Fakültesi Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümünde lisans eğitimi gören 96 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında yapılan deneyin analizinde birbirinden bağımsız grupların tekrarlayan ölçümleri bulunduğu karma desenli ANOVA analizi tercih edilmiş ve karma desenli ANOVA'nın varsayımlarından olan normallik, varyansların homojenliği testleri ve frekans analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda tuzluluk algısı değerlendirmelerinde, müzik+renk etkisinin, sadece renk etkisine kıyasla daha yüksek bir ortalamaya sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Katılımcılar tarafından mavi kâselerde servis edilen patlamış mısırın şeffaf ve pembe kâselere göre daha tuzlu algılandığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Tuzsuz fakat film müziği eşliğinde servis edilen patlamış mısırların, tuzlu bir şekilde servis edilen patlamış mısırlardan anlamlı olarak farklılaşmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ). Pembe kâselerde servis edilen patlamış mısırın ise algılanan tuzluluk oranı bakımından diğer kâselere oranla daha az tuzlu olarak algılandığı bulgusuna ulaşılmıştır ( $p<0.05$ ). Bu bulguların sonucunda, mavi rengin ve tuzlu film müziğinin patlamış mısırdaki tuzluluk algısını artırıcı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak bireylerin sahip olduğu öznel tat deneyimlerinin, görsel ve işitsel faktörler ile değişikliğe uğratılabileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Gastrofizik, Renk, Ses, Tat algısı, Duyusal unsurlar

### Evaluation of Sensory Elements' Influence on Taste Perception in Gastro-physics Context

#### ABSTRACT

The aim of this research is to determine the effect of visual and auditory elements on the perception of taste based in terms of the gastro-physical framework. The context of the study was to evaluate the effect of color and soundtrack reminiscent of salty taste on the saltiness perception of popcorn as a snack. In the method of the research, 4 different experimental designs were used with pre-test exploration. In the repeated measurements, transparent, pink and blue colored bowls were included in the soundtrack experiments with salt from the auditory elements in order to reproduce the color groups, visual elements. In the experiments, popcorn samples were served both salted and unsalted to better preserve the color and sound sources. The subjects were 96 undergraduate students at Çanakkale Onsekiz

Mart University, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts. Since there are independent unit repetitive measurements in the comprehensive structured system analysis, mixed pattern ANOVA analysis was preferred, and normality, homogeneity of variance tests and frequency analysis, the estimations of mixed pattern ANOVA, were performed. As a result of the analyses, it was found that the music+color chain had a higher average than just the color effect in the salinity perception. It was found that popcorn served in blue bowls was perceived as more salty by the participants than the transparent and pink bowls ( $p<0.05$ ). The difference in the perceived saltiness between unsalted popcorn served with soundtrack and salted popcorn alone was insignificant ( $p>0.05$ ). The perceived saltiness of popcorn served in pink bowls was found less salty than that of others ( $p<0.05$ ). Results indicated that the blue color and salty soundtrack had an increasing effect on the perception of saltiness in popcorn tasting. In conclusion, the subjective taste experiences of individuals could be manipulated with visual and auditory effects as shown in the saltiness of popcorn samples in this study.

**Keywords:** Gastrophysics, Color, Sound, Taste perception, Sensory elements

## GİRİŞ

Bilişsel psikoloji ve bilişsel sinirbilim alanlarından gelen çok duyulu lezzet algısına son zamanlarda ortaya çıkan akademik ve pratik ilginin artması, duyu tat ve lezzet değerlendirmesinin anlaşılmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Gastrofizik gibi disiplinlerarası bir yaklaşımın, yemek tadı deneyimlerinin çoklu duyu tat doğasını derinleştireceği ve çeşitlendireceği tahmin edilmektedir [1]. Gastrofizik kavramı hem gastronomi-fen bilimleri hem de gastronomi-psikofizik bilimlerinin birleşmesi sonucu oluşmuş, gıdaların duyu tat özelliklerini dikkate alan ve sunulan yiyeceklerin her aşıdan kalitesini artırmaya yönelik disiplinlerarası bir alandır [2].

Özellikle yeme ve içme deneyimi beş duyumuzun tümünü (görme, koklama, tat alma, işitme ve dokunma) içermektedir [3-4]. İnsanlar beyinlerinde oluşan karmaşık işleme özelliği nedeniyle diğer canlılara oranla çok daha gelişmiş tat algılama duyu tatına sahiptirler [5]. Aslında tat, genel lezzet deneyiminin bir parçasını oluşturmakta ve gıdanın ağıza alınmasıyla birlikte bu tadı aktif eden bileşenlerin dildeki tat tomurcuklarını uyarması ile meydana gelmektedir. Tat algısı ise ağızda tanımlanan tatlı, tuzlu, ekşi, acı ve umami olmak üzere beş temel tadı içermektedir [6-8]. İnsanların tatları veren maddeleri algılama düzeyleri yaş, cinsiyet, gelir düzeyi, hastalık durumu, genetik, psikolojik durum, sosyokültürel farklılıklar, alışkanlıklar ve fiziksel ortam gibi sebeplere göre farklılıklar gösterebilmektedir [9]. Tat algısını ürünün ambalajı, rengi, fiyatı, miktarı gibi değişkenler de etkilemektedir. Tüketicilerde belirli bir ürüne yönelik tat algısının oluşmasında neredeyse tüm duyu organlarının etkisi bulunmaktadır [10].

İnsan yaşamında belirli bir duyguya karşılık gelen ve tüketicilerin kalbine giden bir yol olan duyu tat, yaşamımızda çok önemli olmasına rağmen uzun yıllardır fark edilememiştir [11]. Bunun yanında bireylerin tat algılarını fizyolojik, sosyokültürel ve psikolojik faktörler etkileyebilir. Bu nedenle yiyecek-içecek işletmeleri bu faktörleri göz önünde bulundurarak faaliyetlerini buna göre gerçekleştirmek zorunda kalmaktadır [12]. Yemek deneyimi tartışılabilir olarak çoklu duyu tat bir deneyimdir. Ancak tat algısına yönelik duyu tat tepkileri yeterince tartışılmamaktadır [1]. Ek olarak duyu tat açısından bir ürünün geliştirilmesinde lezzet algısının iyi anlaşılması gerekmektedir. Ancak lezzet algısını oluşturan bileşenler

henüz tam olarak çözülemediği için tat algısının yeni çalışmalar ile desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir [13].

Alan yazında yer alan çalışmalar incelendiğinde nörogastronomi, moleküler gastronomi, gastrofizik gibi konuların özellikle 2006 yılı sonrasında incelenmeye başlanması ile gastronomi alanının yeni bir perspektif kazandığı düşünülmektedir [8]. Yapılan literatür taramasında incelendiği kadarıyla gastrofizik bağlamında tat algısını inceleyen ampirik çalışmalara ulusal literatürde rastlanmamıştır. İlgili literatürdeki boşluktan da hareketle gastrofizik bağlamında duyu tat unsurların tat algısına etkisini inceleyen bu araştırmanın, gelişmekte olan bu yeni gastronomik perspektife önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

Görsel unsurların tat algısını etkilediği birçok deneyde bulgulanmıştır [14-22]. Aynı şekilde işitsel unsurların tat algısını etkilediğine yönelik araştırmalar mevcuttur [23-26]. Bu araştırma patlamış mısıra yönelik tat algısının görsel ve işitsel unsurlardan ne şekilde etkilendiğini ve bu durumun yiyecek deneyimi üzerindeki etkilerini psikofiziksel bir deneyle kanıtlamayı amaçlamaktadır. Duyusal açıdan bir ürünün değerlendirilmesinde renk ve ses unsurlarını tartışmak, bireylerin ve özellikle yiyecek-içecek işletmelerinin bu faktörleri göz önünde bulundurarak faaliyetlerini ona göre gerçekleştirmelerini sağlamak ve bunların sonucunda tat deneyiminin zenginleştirilmesi ise araştırmanın diğer amaçları arasındadır.

Araştırmada duyu tat unsurların tat algısına etkisi gastrofizik çerçevesinde incelenmektedir. Araştırmada ele alınan duyu tat unsurları tat, renk ve ses algısından oluşmaktadır. Bu unsurların tat algısını değiştirebileceğine yönelik varsayım psikofiziksel bir deneyle araştırılmıştır. Psikofizik uyarıcı ile algı arasındaki ilişkinin bilimsel çalışmasıdır [27]. Bu bağlamda renk-tat, ses-tat, renk-ses-tat eşleşmeleri gibi çapraz modlu yazışmalar oluşturulmuştur.

Araştırma kapsamında patlamış mısırdan bulduğu kabin renginin ve arka plan sesinin patlamış mısırdan tuzluluk tadı algısını ne şekilde etkilediği test edilmiştir. Bir gıdanın tadı renk unsurlarından etkilenebilir. Örneğin acı siyah, tuzlu beyaz, ekşi ise daha çok yeşil renkler ile ilişkilendirilmektedir [28]. Tat değerlendirmeleri sesten de etkilenebilir. Örneğin

yüksek perdeli sesler ekşi veya tatlı gıdalar ile ilişkilendirilirken, düşük perdeli sesler daha çok acı gıdalar ile ilişkilendirilmektedir [29].

Lezzetin tattan daha fazlasını içermesi, tatla ilgili olmayan modalitelerden etkilenildiğini açıkça göstermektedir. Örneğin ısıtılmış bir yemeğin tadı soğuk olandan daha farklı olarak algılanabilir. Ancak bu araştırmadaki ana hedef çok duyulu faktörlerin tat algısı üzerindeki etkisini test etmektir. Çoklu-duyusal veya çapraz-model algı üzerine yapılan araştırmalar, tat alma duyumuz ile işitme duyumuz arasında nadiren bağlantı kurmuştur [30]. Fakat yapılan araştırmalarda gerek ortam sesinin gerekse gıdanın ağza alındıktan sonra çıkardığı sesin tat algısını etkilediği açıkça görülmektedir [23-24-25-26]. Aynı şekilde renk unsurunun da tat algısını etkilediği birçok deneyde bulgulanmıştır [15, 31, 19, 32].

Son zamanlarda tüketicilerin bilinç düzeyindeki artış, sağlıklı atıştırmalık anlayışına evrilmesi gerekliliğini beraberinde getirmiştir [33]. Sağlıklı atıştırmalıklar yağ, şeker ve tuz oranı bakımından fakir, koruyucu ve yapay renklendiriciler içermeyen, vitamin, mineral ve lif açısından zengin olan besinlerdir [34]. Araştırmada tat değerlendirmesinde ele alınacak gıda ürünü olarak patlamış mısırın tercih edilme sebebi, bu ürünün tüketim sıklığı ve daha çok tuzlu tüketildiği varsayımdır. Patlamış mısır dünya üzerinde en yaygın tüketilen atıştırmalıklardan biridir [35].

Türkiye’de ise buğday ve arpadan sonra en yaygın üretilen ve tüketilen tahıl bitkisi mısırdır [36]. Isıl işleme maruz kaldığında sert tohum kabuğunu yırtarak patlayan ve hacmi genişleyen patlamış mısırın, içerdiği yüksek lif, vitamin ve mineraller ile mide asidi emiliminde, açlık hissini azaltıp tokluk hissini vermede ve bütün tahıl olarak kalori miktarını düşürmek için önemli nedenleri ile sağlıklı ve besleyici bir aperatif ürün olarak dünya çapında tüketimi sürekli artmaktadır [37-38-39].

Diğer yandan yüksek tuz tüketimi pek çok hastalık için tehlike arz etmektedir [40]. Yetişkinlerin günde 5 gramdan daha az tuz alması halinde hipertansiyonun, kalp damar hastalıklarının ve inme riskinin azalacağı bildirilmekte ve bununla birlikte yıllık 2.5 milyon ölümün önleneceği belirtilmektedir [41]. Gıdalardaki tuzun azaltılması dünya çapında farklı sağlık kurumlarının önerdiği gibi bireylerin sağlığını ciddi hastalıklardan korumak için önemli bir zorunluluk haline gelmektedir [42]. Son yıllara bakıldığında ise tuzla ilgili sağlık endişelerinin, düşük tuzlu gıdalar hakkında kapsamlı araştırmalara yol açtığı görülmektedir [43].

Patlamış mısırın tüketim sıklığından hareketle, içeriğinde bulunan tuzun azaltılmasına yönelik yapılan algı çalışmalarının bireylerin daha sağlıklı beslenme davranışlarına sahip olması açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Tüketicilerin duyularını harekete geçirerek yediği besinleri daha tuzlu olarak algılamaya itmek hem tuz tüketimini azaltabilir hem de bu durum bireyleri farkında olmadan daha sağlıklı beslenmeye yöneltebilir. Bu nedenle bu araştırmanın problemi, gastrofizik bağlamında patlamış mısıra ait renk ve ses

unsurlarının tuzlu tat algısına etkisi şeklinde belirlenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

Bu araştırmanın problemi kapsamında tercih edilen araştırma yöntemi nicel araştırma yöntemlerinden deneysel yöntemdir. Bireylerin bir ürüne yönelik tat değerlendirmesinde görsel, işitsel, dokunsal ve koku gibi duyusal unsurlar etkili [44] olsa da tatlı, tuzlu, acı, ekşi ve umami gibi temel tatların [45] beynin tat alma merkezlerine ana aktarım noktası tat tomurcuklarıdır [46]. Bu nedenle araştırma kapsamında patlamış mısırın bulunduğu kabın renginin ve ortamda bulunan film müziğinin patlamış mısıra yönelik tat algısına etkisinin değerlendirilmesinin, deneysel bir araştırma ile tadım esnasında gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna karar verilmiştir.

Bağımlı değişkenin bağımsız değişken değiştirildikten sonra ölçülmesi tek ölçüme dayanan deneysel tasarımlara örnek oluşturmaktadır [47]. Bu nedenle bu çalışmada bahsi geçen deney tasarımı kullanılmıştır. Gerçek bir deneysel araştırmada bağımlı değişkenin herhangi bir değişiklik olmadan test edildiği bir ön test araştırması ve bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler değiştirildikten sonra ölçüldüğü bir son-test araştırması bulunmalıdır [48]. Bu bağlamda gerçekleştirilen deneyde ön test çalışmasından sonra sırasıyla rengin tat algısına etkisi ve ses ve rengin tat algısına etkisi ölçülerek son-test çalışması gerçekleştirilmiştir. Diğer yandan deneysel tasarımlarda nedenselliğin sağlanabilmesi için bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bir ilişki olması ve bağımlı değişkendeki değişikliğin bağımsız değişkendeki değişiklikten sonra oluşması gerekmektedir [49]. Bu araştırmada ilgili literatürden de destek alınarak tuzlu tat algısı (bağımlı değişken) ile renk ve ses (bağımsız değişkenler) arasında bir ilişki olduğu ve renk ve ses faktörlerinden sonra tuzlu tat algısının değişebileceği öngörülmüş ve böylece nedensellik kriterlerinin sağlanması hedeflenmiştir.

Ayrıca deneysel tasarımlarda sık kullanılan ve bireylerin deney gruplarından herhangi birine atanmada tamamen eşit şansa sahip olduğu “rastgele dağıtım” yöntemi [49] tercih edilerek grupların homojen bir şekilde dağılması hedeflenmiştir. Son olarak deney esnasında sunum yanlılığını kontrol etmek amacıyla karşı dengeleme yönteminden yararlanılarak katılımcıların değişkenlere farklı sırayla maruz bırakılmasına [50] dikkat edilmiştir.

## Araştırmanın Etik Boyutu

Araştırmanın etik açıdan uygunluğunun değerlendirilmesi için Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu’ndan (29.12.2022 tarihli 23/28 sayılı karar numarası) onay ve deneyin yürütüleceği kurumdan kurum izni alınmıştır. Ayrıca araştırmaya katılan katılımcılardan yazılı ve sözlü olarak gönüllü onamları alınmıştır.



Renk bloklarının hangi tatlarla eşleştirildiği sorusuna ise içerik analizi uygulanmış ve katılımcılar Tablo 1'teki gibi yanıtlar vermiştir. Deneyde puanlanacak olan tat unsuru "tuzluluk" olduğundan araştırmada bu tatla en çok ve en az eşleşen renkler tercih edilmiş ve patlamış mısırservis edileceği kaplar bu renklere göre seçilmiştir. Tablo 2'ye göre katılımcıların tuzlu tat ile en çok eşleştirdikleri rengin "mavi" en az eşleştirdikleri rengin ise "pembe" ve "kırmızı" olduğu görülmektedir. Bunun yanında pembe

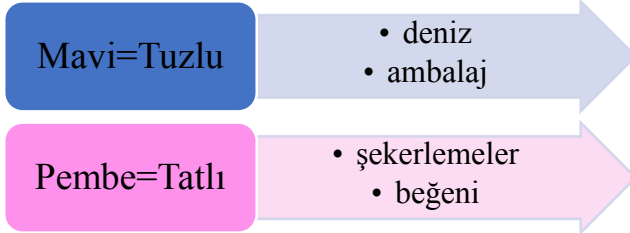
renk tatlılıkla en çok bağdaştırılan renk olmuştur. Bu rengin tatlılık tadına atfedilmesi yiyeceklerde algılanan tuzluluk tadını azaltabileceği ihtimali doğurduğu için diğer bir renk faktörü olarak pembe rengi tercih edilmiştir. Bu bağlamda deneyde kullanılacak olan kap renklerinin "pembe" ve "mavi" olmasına ve kap renklerinin tat algısına etkisini daha net kavrayabilmek adına kontrol değişkeni olarak kullanılan kâsenin ise şeffaf olmasına karar verilmiştir.

Tablo 1. Katılımcıların renk-tat eşleşmesine yönelik ifadeleri

*Table 1. Expressions of the participants about color-taste matching*

Tat	Kırmızı	Mavi	Pembe	Yeşil	Sarı	Siyah	Hiçbiri
Tatlı	5	0	27	0	23	2	2
Tuzlu	0	33	0	3	5	1	16
Acı	42	0	0	5	0	9	2
Ekşi	0	4	2	30	23	1	1

Ön-test araştırması sırasında katılımcılardan bu renk-tat eşleştirmelerinin sebebini kısa cevaplar şeklinde yanıtlamaları istenmiştir. Araştırmada kullanılacak olan renkli kaplar "pembe" ve "mavi" olduğundan bu renklerin tuzlu ve tatlı tatlarla eşleştirilme nedenleri analiz edilmiştir. Elde edilen verileri açıklayabilecek kavramlara ve ilişkilere ulaşmak amacıyla [52]. Böylece katılımcıların maviyi tuzlu, pembeyi tatlı ile bağdaştırmalarının sebebi daha net bir şekilde anlaşılmasına çalışılmıştır. Analiz sonucunda oluşturulan temalar Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Mavi-tuzlu ve pembe-tatlı eşleşmesine yönelik oluşturulan temalar

*Figure 3. Themes created for the pairing of blue-salty and pink-sweet*

Araştırma bağlamında pembe rengi ile en çok eşleşen tatlı tadına yönelik katılımcılardan alınan yanıtlara göre "şekerlemeler" ve "beğeni" temalarının ön plana çıktığı görülmektedir. Örneğin tatlı gıdalar ile en çok hangi rengi bağdaştırdınız sorusuna 19. katılımcı: "Pembe bana tatlıyı anımsattı çünkü şekerler hep o renkte oluyor.", 47. katılımcı ise "Pembeyi tatlılıkla bağdaştırıyorum çünkü göze çok tatlı gelen bir renk olduğunu düşünüyorum." yanıtlarını vermiştir. Araştırmada tuzlu-mavi eşleşmesinde ise "deniz" ve "ambalaj" temalarının ön plana çıktığı görülmektedir. Örneğin 4. katılımcı "Deniz de mavi ve tuzlu olduğu için bu rengi tuzlulukla bağdaştırıyorum" 48. katılımcı ise "Mavi-tuzlu. Çünkü tuz ambalajları mavi oluyor." yorumunu yapmıştır.

Sonuç olarak ön teste katılan katılımcılardan elde edilen verilerden yararlanılarak, katılımcıların patlamış mısıra ait hangi tat unsurunun (tuzluluk) ön plana çıktığı, kullanılacak kap renkleri (pembe, mavi ve şeffaf) ve

literatürde tuzlu film müziği olarak anılan müziğin hangi tat unsuru (tuzlu) ile daha çok bağdaştırıldığı belirlenmiş ve araştırma kapsamında oluşturulan deney tasarımı ve hipotezler bu çerçevede şekillenmiştir.

### Araştırmanın Hipotezleri

Tat ve renk arasındaki eşleşmelere yönelik yapılmış ilk çalışmalardan biri O'Mahony tarafından Kaliforniya Üniversitesi'ndeki 51 öğrenci tarafından gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar tatlıyı kırmızı, tuzluyu beyaz, ekşiyi sarı ve acı rengi daha çok yeşil ve siyah renkle ilişkilendirmişlerdir [53]. Alman sosyolog Eva Heller'in rengin psikolojik ve sembolik anlamı ile ilgili daha genel bir bilgi elde etmek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada ise 2000'e yakın Alman uyruklu katılımcı, renkleri dört ana tatla eşleştirmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre yeşil ve sarı ağırlıklı olarak ekşi; pembe, turuncu ve kırmızı tatlı; beyaz, gri ve mavi tuzlu; siyah ve kahverengi ise acı tat ile daha çok ilişkilendirilmiştir [54].

Rengin tat ile ilgili önyargıları etkileyip etkilemediğini anlamak için yapılan bir başka çalışmada Oregon Üniversitesi'nde 45 işletme öğrencisine uygulanan anketin sonuçlarına göre, kırmızı ve turuncu renk tatlı, yeşil ve sarı renk ekşi, beyaz renk tuzlu ve siyah renk ise acı tat ile ilişkilendirilmiştir [55]. Başka bir çalışmada ise Çin, Hindistan, Malezya ve ABD'den 452 katılımcı 11 farklı rengi temel tatlarla eşleştirdikleri bir çalışmaya katılmışlardır. Sonuçlar siyah rengin acılık, yeşilin ekşilik, pembenin tatlılık ve beyazın tuzluluk ile ilişkilendirildiğini ortaya çıkarmıştır [28].

Hem çevrimiçi hem de laboratuvar testlerinin sonuçları insanların çoğunluğunun tuzun tadını beyaz ve maviyile, tatlılığı kırmızı ve pembeyle, ekşiliği yeşil ve sarıyla ve acıyı kahverengi ve siyahla eşleştirdiğini ortaya koymaktadır [54]. Beyaz ve mavi renk tuzlu tatlarla daha çok ilişkilendirilirken [56], pembe rengi daha çok tatlı tatlara atfedilmektedir [11]. Örneğin yapılan bir deneyin sonuçlarına göre, tuzlu patlamış mısır kırmızı bir kâsede sunulduğunda daha tatlı, mavi bir kâsede sunulduğunda ise daha tuzlu olarak algılanmıştır [31]. Bu doğrultuda oluşturulan hipotezler aşağıdaki gibidir.



H1: *Tuzsuz patlamış mısır mavi kâsede sunulduğunda şeffaf ve pembe kâselere oranla daha tuzlu algılanacaktır.*

H2: *Tuzlu patlamış mısır mavi kâsede sunulduğunda şeffaf ve pembe kâselere oranla daha tuzlu algılanacaktır.*

Yapılan bir araştırmaya göre staccato artikülasyonu (birbirinden keskin biçimde ayrılmış notalar) tuzlu tadını tetiklemektedir [57]. Diğer bir araştırmada müziklerde tuzluk sesi gibi semantik çağrışımların kullanılması tüketicilerde o gıdanın daha tuzlu olduğu hissini uyandırmıştır [51]. 2020 yılında yapılan bir deneyin sonuçlarına göre ise C-majör arpej, yüksek perde, legato artikülasyon, ünsüz uyumu, yavaş tempo, sıcak tını ve klarnet melodisinden oluşan ses kombinasyonu da insanlarda tuzluluk algısına sebep olmaktadır [58].

21-62 yaş aralığındaki 100 katılımcı 24 farklı film müziğini (dört acı, dört tuzlu, yedi ekşi ve yedi tatlı film müziği) her biri 15 saniye olmak üzere dinleyerek bu müzikleri temel tatlarla ilişkilendirmişlerdir. Deneyde kullanılan müzikler çeşitli araştırmacı ve tasarımcılar tarafından kullanılan film müziklerinden oluşmaktadır ve her tat için en iyi eşleşme oranına sahip film müzikleri listelenmiştir. Deneyin sonuçlarına göre katılımcılarda tuzlu tada en iyi karşılık gelen müzik Deng tarafından 2015 yılında yüksek lisans tezinin bir parçası olarak hazırlanan tuzlu film müziği olmuştur [51].

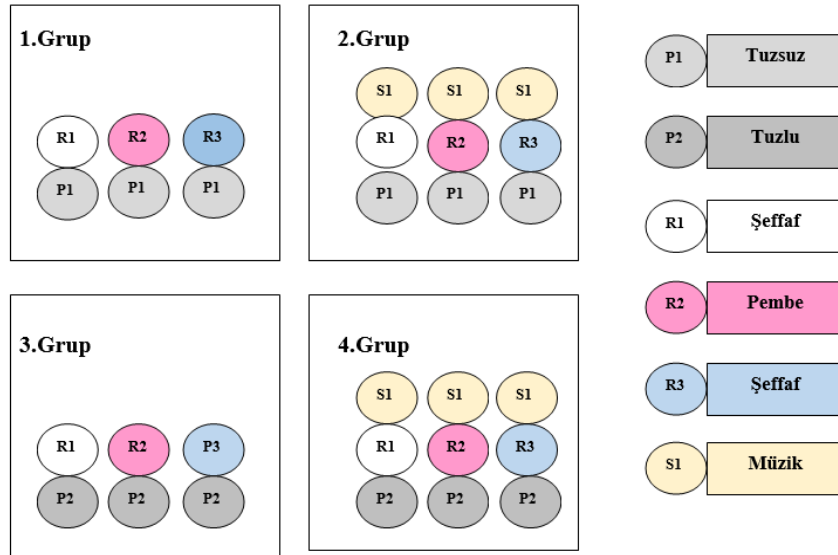
Tat algısında renk ve sesin etkisinin yanı sıra birden fazla duyuşsal uyaran, tek başına uygulanmasına kıyasla kombine edildiğinde daha büyük bir tat algısı modülasyonu yaratma yeteneğine sahip olabilir [59]. Çoklu duyuşsal entegrasyon kuramından da hareketle renk-ses-tat eşleşmesinin tüketicilerde meydana gelen tuzluluk tadı algısını değiştireceği varsayılarak aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur.

H3: *Tuzsuz patlamış mısır şeffaf, pembe ve mavi kâselerde, tuzlu film müziği eşliğinde sunulduğunda daha tuzlu olarak algılanacaktır.*

H4: *Tuzlu patlamış mısır şeffaf, pembe ve mavi kâselerde, tuzlu film müziği eşliğinde sunulduğunda daha tuzlu olarak algılanacaktır.*

### DeneySEL Tasarım

Gerçekleştirilen deneyde 4 ayrı tasarım kullanılmıştır (Şekil 4). 1. ve 2. tasarıma katılan katılımcılar tuzsuz patlamış mısır (P1) tadını yaparken 3. ve 4. deney tasarımına katılan katılımcılar tuzlu patlamış mısır (P2) deneyimlemişlerdir. 1. ve 3. gruptaki tasarımlar sadece renk uyaranlarının bulunduğu üç koşuldan, 2. ve 4. gruptaki tasarımlar ise renk ve ses uyaranlarının birlikte bulunduğu (Örn: mavi kap+film müziği) üç koşuldan oluşmaktadır. Her tasarımda renk ve film müziği uyaranlarının etkisini karşılaştırabilmek amacıyla bir şeffaf kâse bulunmaktadır.



Şekil 4. Rengin ve sesin tat algısına etkisini gösteren deney koşulları

Figure 4. Experimental conditions showing the effect of color and sound on taste perception

DeneySEL yöntem, bağımsız bir değişkendirdeki değişikliğin bağımlı değişkendirde değişiklik meydana getirip getirmediğini inceleyen bir yöntem şeklidir [60]. Yapılan deneyde bağımlı değişken tuzlu tat algısı, bağımsız değişkenler ise renk ve sestir. Gerçekleştirilen deneyde kontrollü ve sabit tutulan değişken ise patlamış mısırdır. Patlamış mısırın hem tuzsuz hem de tuzlu olarak servis edilmesindeki amaç görsel ve işitsel unsurların tuzluluk algısına etkisini daha net bir şekilde belirleyebilmektir.

Örneğin tuzsuz servis edilen bir patlamış mısır tuzlu film müziği eşliğinde daha tuzlu olarak algılanabilir ya da tuzlu servis edilen bir patlamış mısır pembe bir kâpte daha az tuzlu olarak algılanabilir.

### Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak

Sanatları Bölümü'nde öğrenim gören lisans öğrencileri oluşturmaktadır. Bu araştırma evreninin tercih edilmesinin sebebi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları eğitimi alan öğrencilerin öğrenim gördükleri süre boyunca farklı yiyecek ve içecekleri deneyimlemeleri ve deneyimledikleri bu yiyecek ve içeceklere ilişkin bir kavrayış ve yorumlama yeteneği geliştirmeleridir. Bu öngörülerden hareketle araştırmaya katılacak olan öğrencilerin yiyecek ve içecek tadımı konusunda daha gelişmiş bir değerlendirme yetisine sahip olduğu düşünülmektedir.

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü'nde lisans eğitimi gören öğrenci sayısı 2021-2022 eğitim-öğretim dönemi itibarıyla 258'dir [61]. Sıkı kontrollerle yapılan

deneysel çalışmalarda her grup için 15 katılımcının baz alınabildiği [62] varsayıldığı için bu çalışmada olasılığa dayalı örnekleme yöntemlerinden biri olan seçkisiz örnekleme yöntemi tercih edilmiş [63] ve örneklem sayısı 96 öğrenci olarak belirlenmiştir.

Toplam 96 katılımcı (47 erkek, 49 kadın, yaş ortalaması 20.91) Aralık 2022'de Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü'ne ait uygulama mutfağında 3 günlük süre boyunca deneye katılım sağlamıştır. Katılımcılar rastgele 4 ayrı tasarımdan oluşan deneylerden birine atanmıştır ve her deney tasarımına 24 kişi katılım sağlamıştır.

Tablo 2. Duru markasına ait cin mısırın besin değerleri

*Table 2. Nutritional values of popcorn, Duru brand*

Besin Öğeleri	Besin İçeriği (60 g)	Günlük Alım (%)
Kalori	181 g	9.1
Yağ	2.3 g	3.5
Karbonhidrat	35.1 g	11.7
Protein	5.1 g	10.2

## Uyarılar

### Patlamış Mısır

Deneyde kullanılan patlamış mısır markası "Duru" markasına (Duru Bulgur Gıda San ve Tic. A.Ş., Karaman) ait sarı renkli ve sert yapılı cin mısırdır. Bu ürün Türkiye'de üretilen ve %99 patlama oranına sahip olduğu ileri sürülen mısır markası olduğu için tercih edilmiştir. Duru markasına ait cin mısırın besin öğeleri Tablo 3' te gösterilmektedir. Belirtilen besin değerleri 60 gram porsiyon büyüklüğü ve yetişkinler için 2000 kcal

üzerinden hesaplanmıştır [64]. Belirtilen besin değerleri ambalaj üzerindeki ambalaj üzerindeki bilgilerden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Deneyde kullanılmak üzere hazırlanan patlamış mısırın içeriği ve kullanılan tuz miktarı ise Tablo 4'te gösterilmektedir. Hazırlanan patlamış mısır 60 g üzerinden hesaplanarak yapılmıştır. Patlamış mısır tarifinde kullanılan yağ ve tuz miktarı ise markanın sitesinde yer alan tariftten yardım alınarak hazırlanmıştır [65].

Tablo 3. Patlamış Mısır Tarifi (60 g)

*Table 3. Popcorn Recipe (60 g)*

Patlamış Mısır Türü	Tuz Miktarı	Sıvıyağ Miktarı	Cin Mısır Miktarı
P1	0 (tuzsuz)	1 yemek kaşığı	3 yemek kaşığı
P2	1 çay kaşığı tuz (4 g)	1 yemek kaşığı	3 yemek kaşığı

\*P1: Tuzsuz mısır, \*P2: Tuzlu mısır

Cin mısırlar her deney tasarımından yaklaşık yarım saat önce patlatılmıştır. Katılımcı sayısı (96) baz alınarak hazırlanan tarifte her katılımcının ortalama 10 mısır tadımı yapması öngörüldüğü için toplamda 100 g patlamış mısır hazırlanmıştır. Hazırlanan patlamış mısırlar tencerede patlatılarak hazırlanmış ve kâselere konulmak üzere saklama kaplarına eşit şekilde dağıtılmıştır. Patlamış mısırların bulunduğu kaplar hava almayacak şekilde ağızları kapatılarak mısırların taze kalması sağlanmıştır. Patlamış mısır tadımının yapılacağı kâselere ise ortalama 3-4 adet mısır yerleştirilmiştir.

Duyusal analiz araştırmalarında örneklerin tanınması için örneklere A, B, C veya 1, 2, 3 gibi seri harf veya rakamlarla kod numarası verilmemelidir. Aksi takdirde seri kodlamada katılımcılar ilk harf veya rakamların bulunduğu örneklerin daha iyi olduğu düşüncesine kapılabilir [66]. Bu çalışmada içerik ve miktar bakımından tamamen aynı olan patlamış mısırların

bulunduğu her kâse "https://www.random.org/" aracılığıyla 1T9, M34 gibi rastgele harf ve sayı kombinasyonları ile kodlanmıştır. Bu kodlama işlemine literatürde de sıkça rastlandığı görülmektedir [67-68].

## Görsel Uyarılar

Deneyde kullanılan görsel uyarılar şeffaf, mavi ve pembe renkli kâselere hazırlanmıştır. İlgili literatür taraması sonucunda mavi rengin yiyecek ve içeceklerde tuzluluk algısını artırıcı, pembe rengin ise tatlılık artırıcı bir renk olarak algılandığı ileri sürülmektedir [31, 54, 28, 56]. Literatür bulgularına ek olarak araştırma evreninde yapılan ön test araştırması sonucunda mavinin tuzlu, pembenin ise tatlı tat ile eşleştiği görülmektedir (Tablo 2).

Deneyde kullanılan renkli kâseler seramikten, kontrol değişkeni olarak kullanılan şeffaf kâse ise cam seramikten oluşmaktadır. Şeffaf kâsenin tercih

edilmesinin sebebi renk faktörünü ortadan kaldırmaktır. Bunun yanında deneyde kullanılan bütün kâselerin aynı ölçülere sahip olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılan kâselerin ölçüleri şu şekildedir; yükseklik: 15 cm, genişlik: 15 cm, hacim: 15 cm.

### İşitsel Uyarılar

Deneyde bağımlı değişken tuzlu tat algısı olduğu için literatürden de yararlanılarak tuzlu tat algısını etkileyen film müzikleri araştırılmış [57-51-58] ve Jialing Deng ve Harling Sun tarafından 2015 yılında yüksek lisans tez projesinin bir parçası olarak bestelenen film müziği tercih edilmiştir. Bu film müziğinin tercih edilmesindeki sebep yapılan bir araştırmada diğer film müziklerine kıyasla en tuzlu olarak algılanan film müziği unvanı almış olmasıdır [29]. Yapılan ön test araştırmasında da bu film müziğinin en çok tuzlu tat ile eşleştirilmesi (Şekil 2) söz konusu müziğin tercih edilmesindeki nedenlerden biridir. Film müziğinin süresi 15 saniyedir ve tuzluk sesi gibi semantik çağrışımlar içermektedir. Bu araştırmada kullanılmak üzere seçilen film müziğine <https://soundcloud.com/janicewang09/sets/taste-soundscapes-test> uzantılı internet adresinden ulaşılabilir [75].



Şekil 5. Deneyde kullanılan ölçek ve kap renkleri  
Figure 5. Scale and cup colors used in the experiment

Örnekler arasında katılımcılar damaklarını temizlemek için su içmişlerdir. Her kâsenin üzerinde bulunan kodlar, formlarda sunulan sorularla eşleştirilmiş ve katılımcılara buna dikkat etmeleri konusunda uyarı yapılmıştır (Örn.: M34 kâsesindeki mısırlara dair tat algıları M34 başlıklı ölçekler aracılığıyla doldurulacaktır). Sunum yanlılığını kontrol etmek amacıyla kâselerin sunulma sırası rastgele seçilmiştir. Diğer yandan duyu analizi testlerinin çok sayıda panelist ile uygulanması önerilmektedir [66]. Bu nedenle deney sırasında her oturum 4-5 kişilik gruplar halinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma yaklaşık 10-15 dakika sürmüştür. İlk gün 1. gruba ait, ikinci gün 2. ve 3. gruba ait, üçüncü gün ise 4. gruba ait deney tasarımları gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada bağımlı değişken (tuzluluk algısı) meydana gelen değişikliğin bağımsız değişkenden (renk ve müzik) kaynaklanıp kaynaklanmadığını belirlemek amacıyla diğer değişkenlerin daha kolay kontrol edilebileceği öngörüldüğü için laboratuvar deneyi yöntemi tercih edilmiş ve deney okulun mutfağında gerçekleştirilmiştir. Böylece iç geçerlilik ilkesinin sağlanması hedeflenmiştir.

### Anketler ve Prosedür

Deney Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü'ne ait uygulama mutfağında gerçekleştirilmiştir. Katılımcılara dağıtılan anket formları ilk olarak araştırmacı tarafından kısaca açıklanmış daha sonra katılımcıların gönüllülüğe dayalı onayları alınmıştır. Onayı alınan katılımcılara patlamış mısır ve su servisi yapılmıştır. Deneyde arka plan gürültüsünü azaltmak amacıyla öğrencilerin telefonlarına aktarılan film müziği kulaklıklar aracılığıyla dinletilmiştir.

Deney tasarımlarına ait oluşturulan anketlerde ilk olarak katılımcıların cinsiyeti, yaşı, müzikal uzmanlık düzeyleri ve mevcut hastalık durumları ile ilgili sorular yer almaktadır. Bu soruları yanıtlayan katılımcılar patlamış mısır tadımına geçmişlerdir. Her kâsede 3-4 adet mısır bulunmaktadır ve her kâse ile ilgili katılımcılardan kâsede servis edilen patlamış mısıra dair, formlarda sunulan 9'lu Likert ölçeğinde belirtilen tuzluluk algılarını değerlendirmeleri istenmiştir. Bu ölçeğin kullanılmasının sebebi benzer bir çalışmada patlamış mısır tadımı yapan bireylerin beğeni ve tat algılarını bu ölçekle değerlendirmeleridir [31]. Deneyde kullanılan ölçek ve kap renkleri Şekil 5'te gösterilmektedir.

### Verilerin Analizi

Araştırmada verilerin analizinde SPSS 23.0 (Statistical Package For Social Sciences) paket yazılımı kullanılmıştır. Araştırma verilerinde ortalamalar ve standart sapma değerleri hesaplanmış ve gruplara yönelik normallik analizleri gerçekleştirilmiştir. Araştırmada dört deney tasarımının her birine yaklaşık 30 kişi katılım sağlamıştır. Fakat anket formlarında bulunan "Görme, işitme, tatma, dokunma ve/veya koku duyularınızda herhangi bir rahatsızlığınız var mı?" sorusuna yönelik katılımcılar arasında eleme yapılmış ve 120 katılımcıdan 14 katılımcının değerlendirmeleri dikkate alınmamıştır. Diğer yandan veri analizi esnasında parametrik testlerin uygulanabilmesi adına normallik engelleyen uç değerler tespit edilmiş ve 10 katılımcıya ait değerlendirmeler de veri setinin dışında bırakılmıştır. Sonuç olarak araştırmadaki örneklem sayısı 96 olarak belirlenmiş ve her grupta 24 katılımcının değerlendirmeleri analiz edilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada ilk olarak geçerlilik ve güvenilirlik analizi yapılmış ve katılımcılara ilişkin tanımlayıcı istatistikler yapılan frekans analizleri sonucunda belirlenmiştir. Daha sonra normallik ve varyans homojenliğine yönelik yapılan testlere yer verilmiş ve karma desenli ANOVA analizinin bulgularına yer verilerek hipotezler test edilmiştir.

### Geçerlilik ve Güvenilirlik Analizi

Araştırmanın içsel tutarlılığı açısından geçerlilik ve güvenilirliği ölçmek amacıyla Cronbach's Alpha katsayısı belirlenmiştir. Tüm veri setine uygulanan analiz sonucunda elde edilen Cronbach's Alpha değeri 0.937 olarak belirlenmiştir. 0 ile 1 arasında değer alabilen Cronbach's Alpha değeri " $0.80 \leq \alpha \leq 1.00$  aralığında ise ölçek, yüksek düzeyde güvenilir." [69]. Buradan hareketle yapılan analiz sonucunda kullanılan ölçeğin yüksek düzeyde güvenilir olduğu söylenebilir.

### Katılımcılara İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Her deney grubunda 24 katılımcı bulunmaktadır ve katılımcılar 19-23 yaş aralığındadır. 1. gruptaki

katılımcıların 14'ü erkek 10'u kadın, 2. gruptakilerin 10'u kadın 14'ü erkek, 3. gruptakilerin 13'ü kadın 11'i erkek ve 4. gruptakilerin ise 12'si kadın ve 12' si erkekten oluşmaktadır. Deney tasarımlarına toplamda 49 kadın ve 47 erkek katılım sağlamış ve katılımcıların yaş ortalamaları 20.91 olarak belirlenmiştir. Her deney grubunda örneklem sayısının aynı olmasının ve katılımcıların yaşlarının birbirlerine yakın olmasının, deney tasarımlarında varyansların homojen dağılması açısından önem taşıdığı söylenebilir.

### Shapiro-Wilk Testi

Deney tasarımlarında tekrarlayan ölçümler şeffaf, pembe ve mavi kâselerden oluşmaktadır. Her katılımcı üç kâseden patlamış mısır tadımı yaparak tuzluluk değerlendirmesi yapmıştır. Dört deney tasarımında da bulunan kâselere yönelik yapılan Shapiro-Wilk testi sonuçlarına göre (Tablo 4'ün son sütununa bakınız)  $p > 0.05$  olduğundan verilerin normal dağıldığı söylenebilir.

Tablo 4. Gruplarda tekrarlayan ölçümlere yönelik yapılan Shapiro-Wilk testi sonuçları  
*Table 4. Shapiro-Wilk test results for repeated measurements in groups*

Grup	Renk	Shapiro-Wilk		
		İstatistik	Df.	Sig.
1. Grup	Şeffaf	0.918	24	0.053
	Pembe	0.920	24	0.058
	Mavi	0.921	24	0.060
2. Grup	Şeffaf	0.924	24	0.071
	Pembe	0.943	24	0.191
	Mavi	0.939	24	0.153
3. Grup	Şeffaf	0.932	24	0.106
	Pembe	0.923	24	0.070
	Mavi	0.943	24	0.191
4. Grup	Şeffaf	0.019	24	0.102
	Pembe	0.958	24	0.393
	Mavi	0.918	24	0.052

### Çarpıklık ve Basıklık

Veri setinde Shapiro-Wilk testinin yanı sıra çarpıklık ve basıklık değerleri de incelenerek normal dağılıma uygunluk test edilmiştir. Değerler incelendiğinde (Tablo 5) dört grubun tamamında şeffaf, pembe ve mavi kâselerin çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1.5 ile +1.5 arasında olduğu gözlemlenmiştir. Bu değer aralığının normal dağılım için yeterli olduğu söylenebilir. Sonuç olarak bu araştırmada parametrik testlerin uygulanmasının uygun olduğuna karar verilmiş ve bu bağlamda testler yapılmıştır.

### Küresellik

Bu araştırmada katılımcı içi/grup içi faktörünün herhangi iki düzeyi için hesaplanan fark puanlarının evrendeki varyanslarının eşit olup olmadığını test etmek amacıyla Mauchly küresellik testi yapılmıştır. Tablo 6'dan anlaşılacağı gibi  $p > 0.05$  olduğundan küresellik varsayımının sağlandığı görülmektedir.

Tablo 5. Gruplarda tekrarlayan ölçümlere ait çarpıklık ve basıklık değerleri

*Table 5. Skewness and kurtosis values of repeated measurements in groups*

Grup	Renk	Çarpıklık		Basıklık	
		İstatistik	Std. hata	İstatistik	Std. hata
1. Grup	Şeffaf	0.033	0.472	-0.912	0.918
	Pembe	0.191	0.472	-0.594	0.918
	Mavi	-0.092	0.472	-1.142	0.918
2. Grup	Şeffaf	0.416	0.472	-0.617	0.918
	Pembe	-0.087	0.472	-0.648	0.918
	Mavi	0.082	0.472	-0.867	0.918
3. Grup	Şeffaf	0.105	0.472	-0.813	0.918
	Pembe	0.280	0.472	-0.955	0.918
	Mavi	-0.087	0.472	-0.648	0.918
4. Grup	Şeffaf	0.408	0.472	-0.538	0.918
	Pembe	0.168	0.472	-0.372	0.918
	Mavi	-0.024	0.472	-0.751	0.918

Std. hata: Standart hata

Tablo 6. Mauchly küresellik testi

*Table 6. Mauchly sphericity test*

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig. (p)	Epsilon <sup>b</sup>		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
Renk	0.971	2.671	2	0.263	0.972	1.000	0.500

### Kovaryans Matrisi

Araştırmada yapılan ölçümler için ikili kombinasyonların kovaryanslarının eşit olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan test sonucunda p değerinin 0.005 olduğu görülmektedir. Bu değer 0.001'den büyük olması sebebiyle kovaryans matrisinin eşit olduğu söylenebilir.

Tablo 7. Kovaryans matrisinin eşitliği testi

*Table 7. Equality test of covariance matrix*

Box's M	39.255
F	2.051
df1	18
df2	29909.595
Sig. (p)	0.005

### Levene Testi

Araştırmada varyansların homojen olup olmadığını belirlemek amacıyla Levene testi yapılmıştır. Bu teste p değeri 0,05'ten büyükse varyansların homojen dağıldığını söylemek mümkündür. Tablo 8 incelendiğinde tekrarlayan ölçümler olan şeffaf pembe ve mavi kâselerden elde edilen ölçümlerin homojen dağıldığını, p değeri 0.05'ten büyük olduğu için söylemek mümkündür.

Tablo 8. Levene testi

*Table 8. Levene test*

Kâse renkleri	F	df1	df2	Sig. (p)
Şeffaf	0.203	3	92	0.894
Pembe	1.333	3	92	0.269
Mavi	1.894	3	92	0.136

### Tekrarlı Ölçümlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Bu araştırmada 1. gruptaki deney tasarımı tuzsuz servis edilen patlamış mısırdan, 2. gruptaki deney tasarımı tuzsuz ve film müziği eşliğinde servis edilen patlamış mısırdan, 3. gruptaki deney tasarımı tuzlu servis edilen patlamış mısırdan, 4. gruptaki deney tasarımı ise tuzlu ve film müziği eşliğinde servis edilen patlamış mısırdan oluşmaktadır. Deneye katılan katılımcılar her grupta farklı senaryolara maruz kalarak patlamış mısıra dair tuzluluk algısını 9'lu Likert ölçeğinde değerlendirmişlerdir. Her grupta tekrarlanan ölçümler ise kâse renkleridir. Katılımcılar her deney grubunda şeffaf pembe ve mavi kâselerden patlamış mısır tadımı yapmıştır.

Katılımcıların tadım yaptıkları kâselere ilişkin tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde (Tablo 9), her grupta en düşük aritmetik ortalamaya sahip kâse renginin pembe, en yüksek ortalamaya sahip kâse renginin ise mavi olduğu görülmektedir. Ayrıca 1. gruptan 4. gruba doğru ortalamaların da gittikçe arttığı göze çarpmaktadır. Fakat gerek gruplar içindeki gerekse de gruplar arasındaki ölçümlerde meydana gelen bu farkların anlamlı olup olmadığını öğrenmek amacıyla karma desenli ANOVA analizi yapılmıştır.

### Modelin Genelinin Çoklu Etki Testi

Tablo 10'daki çok değişkenli analiz incelendiğinde hem tekrarlayan ölçüm olan kâse renklerinin hem de renk+grup etkileşiminin anlamlı olduğu görülmektedir ( $p < 0.05$ ). Bu tabloya göre şeffaf, pembe ve mavi kâselerde değerlendirilen patlamış mısırlara ait tuzluluk algıları birbirinden farklılaşmaktadır. Bunun yanı sıra dört deney tasarımına ait gruplarda servis edilen şeffaf, pembe ve mavi kâselerdeki patlamış mısırların da birbirinden farklılaştığı yorumu yapılabilir.

Tablo 9. Katılımcıların gruplara ve kâse renklerine göre tuzluluk algıları değerlendirmelerine ait tanımlayıcı istatistikler

*Table 9. Descriptive statistics of participants' assessments of salinity perceptions according to groups and bowl colors*

Deney grupları	Kâse renkleri	n	Min.	Maks.	AO	SS
1. grup	Şeffaf	24	1	5	2.91	1.28
	Pembe	24	1	5	2.75	1.18
	Mavi	24	1	6	3.50	1.66
2. grup	Şeffaf	24	1	7	3.83	1.46
	Pembe	24	1	6	3.58	1.47
	Mavi	24	2	7	4.41	1.41
3. grup	Şeffaf	24	2	7	4.79	1.47
	Pembe	24	2	7	4.16	1.57
	Mavi	24	3	8	5.66	1.46
4. grup	Şeffaf	24	4	9	6.25	1.42
	Pembe	24	2	9	5.25	1.87
	Mavi	24	5	9	7.20	1.10

1. Grup: Tuzsuz; 2. Grup: Tuzsuz+Müzik; 3. Grup: Tuzlu; 4. Grup: Tuzlu+ Müzik

Tablo 10. Renk ve renk-grup etkileşimine yönelik çok değişkenli analiz

*Table 10. Multivariate analysis for color and color-group interaction*

Etki	Değer	F	Hipotez df.	Hata df	Sig. (p)	Kısmi Eta Kare	
Renk	Pillai's Trace	0.596	67.044 <sup>b</sup>	2.000	91.000	0.000	0.596
	Wilks' Lambda	0.404	67.044 <sup>b</sup>	2.000	91.000	0.000	0.596
	Hotelling's Trace	1.473	67.044 <sup>b</sup>	2.000	91.000	0.000	0.596
	Roy's Largest Root	1.473	67.044 <sup>b</sup>	2.000	91.000	0.000	0.596
Renk * grup	Pillai's Trace	0.175	2.936	6.000	184.000	0.009	0.087
	Wilks' Lambda	0.827	3.028 <sup>b</sup>	6.000	182.000	0.008	0.091
	Hotelling's Trace	0.208	3.119	6.000	180.000	0.006	0.094
	Roy's Largest Root	0.199	6.111 <sup>c</sup>	3.000	92.000	0.001	0.166

### Grup içi Etkiler

Tablo 11 incelendiğinde küresellik sağlandığı için aynı satırda bulunan p değeri dikkate alınmıştır. Renk faktörü ele alındığında p değerinin 0.000 olduğu görülmektedir.  $p < 0.05$  olduğundan deneyde kullanılan kâse renkleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu yorumu yapılabilir. Yani katılımcılar şeffaf, pembe ve mavi kâselerde değerlendirdikleri patlamış mısırları tuzluluk algısı

bakımından farklı bulmuşlardır. Renk-grup etkileşimine bakıldığında ise aynı şekilde küresellik sağlandığı için o satırdaki p değerine bakılmıştır. 0.002 değeri 0.05'ten küçük olduğu için renk grup etkileşiminde de anlamlı bir fark olduğu söylenebilir. Katılımcıların her grupta değerlendirdikleri şeffaf, pembe ve mavi kâselerdeki patlamış mısır değerleri birbirinden anlamlı derecede farklılaşmaktadır.

Tablo 11. Renk ve renk-grup etkileşimine yönelik grup içi etkilerin testi

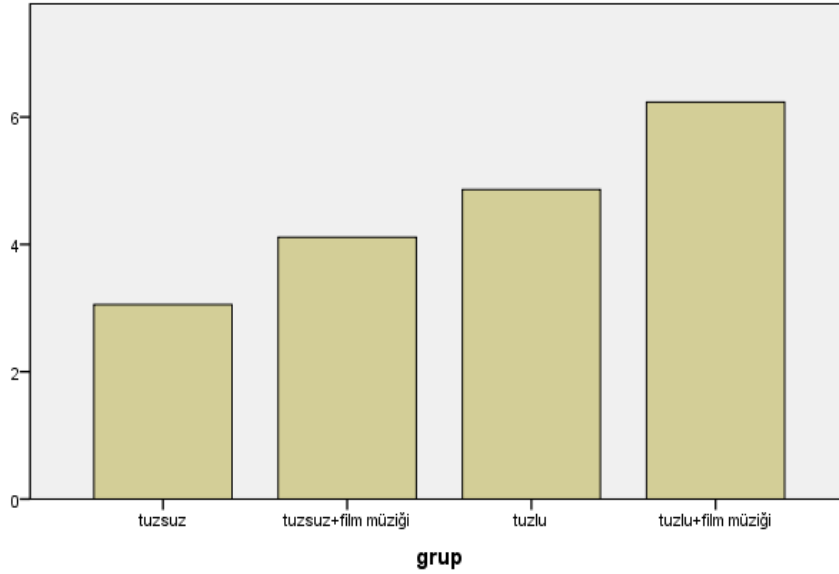
*Table 11. Test of in-group effects on color and color-group interaction*

Etki	Tip III Kareler Toplamı	Df	Kareler Ortalaması	F	Sig. (p)	Kısmi Eta Kare	
Renk	Küresellik sağlandı	79.424	2	39.712	74.837	0.000	0.449
	Greenhouse-Geisser	79.424	1.944	40.861	74.837	0.000	0.449
	Huynh-Feldt	79.424	2.000	39.712	74.837	0.000	0.449
	Lower-bound	79.424	1.000	79.424	74.837	0.000	0.449
Renk * grup	Küresellik sağlandı	11.604	6	1.934	3.645	0.002	0.106
	Greenhouse-Geisser	11.604	5.831	1.990	3.645	0.002	0.106
	Huynh-Feldt	11.604	6.000	1.934	3.645	0.002	0.106
	Lower-bound	11.604	3.000	3.868	3.645	0.016	0.106

### Gruplara Göre İkili Karşılaştırmalar

Katılımcıların patlamış mısırlara ait tuzluluk değerlendirmesi ortalamalarının bar grafiği Şekil 6'da gösterilmektedir. Şekil 14 incelendiğinde ortalamaların 1. gruptan 4. gruba doğru geldikçe yükseldiği görülmektedir. Her ne kadar tuzsuz ve tuzlu patlamış mısır ortalamaları arasındaki fark normal olsa da tuzsuz

patlamış mısırın kendi aralarında (1. ve 2. grup) ve tuzlu patlamış mısırın kendi aralarında (3. ve 4. grup) da ortalamalar bakımından farklılaştığına dikkat edilmelidir. Bu durum 2. ve 4. gruba müzik değişkeninin eklenmesinden kaynaklanıyor olabilir. Fakat sadece ortalamalara bakarak farkın anlamlı olup olmadığı test edilemediğinden Post-Hoc karşılaştırmalı testler ile anlamlılık düzeyleri test edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 6. Patlamış mısırlara ait tuzluluk değerlendirme ortalamalarının bar grafiği

*Figure 6. Bar graph for the averages of saltiness evaluation for popcorn*

Farklı tasarımlara sahip deney gruplarının patlamış mısır tadımından sonra yaptıkları değerlendirmelerin birbirinden anlamlı derecede farklı olup olmadığını test etmek amacıyla Banferroni Düzeltmeli Post-Hoc Testi yapılmıştır. Tablo 12'de bu teste ait sonuçlar gösterilmektedir. Tablo 12'de ortalama fark sütununda \* işaretli olanlar grupların birbirinden anlamlı derecede farklılaştıkları anlamına gelmektedir. Tablo 12 yorumlandığında sadece tuzlu servis edilen patlamış mısırın (3. grup) tuzsuz+müzik eşliğinde servis edilen patlamış mısırdan (2. grup) ortalama olarak farklı değerlendirilmediği görülmektedir ( $p=0.314>0.05$ ). Bu durum 2. gruptaki patlamış mısırın tuzsuz servis edilmesine rağmen tuzlu film müziği eşliğinde tadımının yapıp değerlendirilmesinden kaynaklanıyor olabilir. Bunun haricinde diğer tüm grupların ikili karşılaştırmaları

incelendiğinde bu gruplar arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir ( $p<0.05$ ).

Tablo 12'de 1. grup (tuzsuz) ve 2. grup (tuzsuz+müzik) arasındaki farkın anlamlı olması ( $p=0.041<0.05$ ) ve 2. gruba ait ortalamaların 1. gruba kıyasla daha yüksek olması (Şekil 6)) tuzsuz patlamış mısırların tuzlu film müziği eşliğinde servis edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı şekilde patlamış mısırların tuzluluk değerlendirmelerinde 4. grubun (tuzlu+müzik) 3. gruba (tuzlu) kıyasla daha yüksek bir ortalamaya sahip olması (Şekil 6) ve bu farkın anlamlı olması ( $p=0.003<0.05$ ) tuzlu patlamış mısırların tuzlu film müziği eşliğinde servis edildiği için ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Tablo 12. Deney gruplarının ikili karşılaştırılmasına yönelik Banferroni Düzeltmeli Post-Hoc Testi sonuçları  
*Table 12. Banferroni Corrected Post-Hoc Test results for pairwise comparison of experimental groups*

(I) grup	(J) grup	Ortalama Fark (I-J)	Std. Hata	Sig. (p)	95% Fark için Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Tuzsuz (1. grup)	Tuzsuz+müzik	-1.056*	0.381	0.041	-2.084	-0.027
	Tuzlu	-1.806*	0.381	0.000	-2.834	-0.777
	Tuzlu+müzik	-3.181*	0.381	0.000	-4.209	-2.152
Tuzsuz+müzik (2. grup)	Tuzsuz	1.056*	0.381	0.041	0.027	2.084
	Tuzlu	-.750	0.381	0.314	-1.778	0.278
	Tuzlu+müzik	-2.125*	0.381	0.000	-3.153	-1.097
Tuzlu (3. grup)	Tuzsuz	1.806*	0.381	0.000	0.777	2.834
	Tuzsuz+müzik	0.750	0.381	0.314	-0.278	1.778
	Tuzlu+müzik	-1.375*	0.381	0.003	-2.403	-0.347
Tuzlu+müzik (4. grup)	Tuzsuz	3.181*	0.381	0.000	2.152	4.209
	Tuzsuz+müzik	2.125*	0.381	0.000	1.097	3.153
	Tuzlu	1.375*	0.381	0.003	0.347	2.403

**Renge (Tekrarlayan) Göre İkili Karşılaştırmalar**

Tablo 13 her grupta tekrarlanan şeffaf, pembe ve mavi kâselere ait ortalama değerlendirmeleri içeren verileri göstermektedir. Buna göre dört deney grubunun

toplamında ortalama olarak en tuzlu olarak değerlendirilen kâse mavi, daha sonra şeffaf en az tuzlu olarak değerlendirilen kâse ise pembe olmuştur. Bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı ise Banferroni düzeltilmeli Post-Hoc testiyle test edilmiştir.

Tablo 13. Tekrarlı ölçümlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler  
*Table 13. Descriptive statistics for repeated measurements*

Renk	Ortalama	Std. Hata	95% Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
Şeffaf	4.500	0.141	4.221	4.779
Pembe	3.958	0.158	3.645	4.272
Mavi	5.240	0.145	4.952	5.527

Tablo 14, tekrarlı ölçümlere ilişkin Post-Hoc testi sonuçlarını içermektedir. Tablo 14'e göre ortalama fark sütununda \* işaretli ikili renk karşılaştırmaları arasında anlamlı bir fark vardır. Bütün ikili karşılaştırmalar arasındaki p değeri 0.000 olarak bulunmuştur. Ortalama farklar ve sig. (p) değerleri incelendiğinde en yüksek ortalamaya sahip olan mavi kâse şeffaf ve pembe kâseden anlamlı olarak farklılaşmaktadır. İkinci en yüksek ortalamaya sahip olan şeffaf kâse pembe ve mavi kâseden anlamlı olarak farklılaşmaktadır. En düşük ortalamaya sahip olan pembe kâse ise şeffaf ve mavi kâse ile karşılaştırıldığında aralarında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir.

**Grup ve Renk Etkileşimine Ait İkili Karşılaştırmalar**

Tablo 15 dört deney grubuna ait tekrarlayan ölçümlerin (kâse renkleri) tanımlayıcı istatistiklerini içermektedir. Bu tabloya göre ortalamalar incelendiğinde katılımcıların tuzluluk değerlendirmesinde her deney grubunda en yüksek ortalamaya sahip kâse renginin mavi olduğu görülmektedir. İkinci en yüksek ortalamaya sahip kâse ise şeffaftır. Bütün deney gruplarında tuzluluk değerlendirmesinde en düşük ortalamaya sahip kâse rengi ise pembe olmuştur.

Tablo 14. Renge göre ikili karşılaştırmalar yapan Banferroni Düzeltilmeli Post-Hoc Testi sonuçları  
*Table 14. Banferroni Corrected Post-Hoc Test results for pairwise comparisons by color*

(I) Renk	(J) Renk	Ortalama Fark (I-J)	Std. Hata	Sig. (p)	95% Fark için Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Şeffaf	Pembe	0.542*	0.106	0.000	0.283	0.800
	Mavi	-0.740*	0.097	0.000	-0.975	-0.504
Pembe	Şeffaf	-0.542*	0.106	0.000	-0.800	-0.283
	Mavi	-1.281*	0.112	0.000	-1.555	-1.008
Mavi	Şeffaf	0.740*	0.097	0.000	0.504	0.975
	Pembe	1.281*	0.112	0.000	1.008	1.555

Tablo 15. Grup-renk etkileşimine ait tanımlayıcı istatistikler

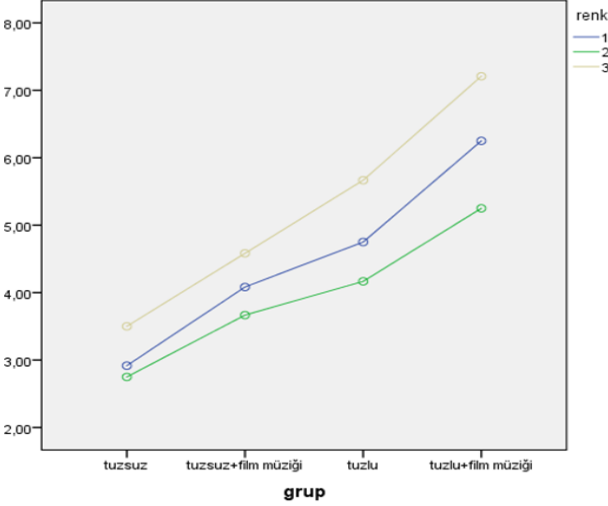
*Table 15. Descriptive statistics of group-color interaction*

Grup	Renk	Ortalama	Std. Hata	95% Güven Aralığı	
				Alt Sınır	Üst Sınır
Tuzsuz (1. grup)	Şeffaf	2.917	0.281	2.358	3.475
	Pembe	2.750	0.315	2.124	3.376
	Mavi	3.500	0.290	2.925	4.075
Tuzsuz+müzik (2. grup)	Şeffaf	4.083	0.281	3.525	4.642
	Pembe	3.667	0.315	3.040	4.293
	Mavi	4.583	0.290	4.008	5.158
Tuzlu (3. grup)	Şeffaf	4.750	0.281	4.191	5.309
	Pembe	4.167	0.315	3.540	4.793
	Mavi	5.667	0.290	5.092	6.242
Tuzlu+müzik (4. grup)	Şeffaf	6.250	0.281	5.691	6.809
	Pembe	5.250	0.315	4.624	5.876
	Mavi	7.208	0.290	6.633	7.783

Şekil 7'ye bakıldığında ise 1 şeffaf, 2 pembe ve 3 mavi kâseyi ifade etmektedir. Şekil 7 incelendiğinde kâse renklerine ait ortalamaların tuzsuz patlamış mısırdan (1. grup) tuzlu ve film müziği eşliğinde servis edilen patlamış mısıra (4. grup) doğru arttığı görülmektedir. Ortalamalara bakıldığında her deney grubunda mavi (3)

kâsenin en yüksek ortalamaya, şeffaf kâsenin (1) ise mavi kâseden sonra en yüksek ortalamaya sahip olduğu görülmektedir. Şekil 7'de en düşük ortalamaya sahip kâse rengi ise pembedir.





Şekil 7. Gruplara göre tuzluluk değerlendirmelerinde 3 farklı kâsede meydana gelen değişimi gösteren grafik  
**Figure 7. Graph showing the change in saltiness evaluations in 3 different bowls according to the groups**

### Hipotezlerin Değerlendirilmesi

Gerçekleştirilen analizlere göre araştırmada oluşturulan hipotezlerin kabul durumları Tablo 16'da gösterilmektedir. Araştırma neticesinde renk ve film müziğinin patlamış mısırdaki tuzlu tat algısına etkisini değerlendirmek amacıyla dört ayrı tasarım (tuzsuz, tuzsuz+müzik, tuzlu, tuzlu+müzik) ve her grupta tekrarlı ölçümler (şeffaf, pembe ve mavi kâseler) kullanılmıştır. Araştırma neticesinde renk etkisine dair belirlenen hipotezler "H1: Tuzsuz patlamış mısır mavi kâsede sunulduğunda şeffaf ve pembe kâselere oranla daha tuzlu algılanacaktır." ve "H2: Tuzlu patlamış mısır mavi

kâsede sunulduğunda şeffaf ve pembe kâselere oranla daha tuzlu algılanacaktır." şeklindedir. Bu hipotezleri test etmek amacıyla gerçekleştirilen analizde tekrarlayan ölçümlere (renge) göre ikili karşılaştırmalar yapan Post-Hoc analizinin sonuçlarına ait tablo (Tablo 14) ve gruplara göre tuzluluk değerlendirmelerinde 3 farklı kâsede meydana gelen değişimi gösteren grafik (Şekil 7) incelendiğinde mavi kâsede patlamış mısırın tüm gruplarda şeffaf ve pembe kâseye kıyasla daha tuzlu olarak algılandığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu durumda H1 ve H2 hipotezleri kabul edilmiştir.

Katılımcıların mavi renkli kâseyi diğerlerine nazaran daha tuzlu algılamalarının sebebinin, ön test araştırması bulgularında yer aldığı üzere rengin, deniz ve ambalaj imgelerini çağrıştırmaya olduğu düşünülmektedir (Şekil 3). Bu bulguları destekleyen bir araştırmaya göre mavi-tuzlu ilişkisi okyanusun tuzlu suyunun mavi olduğu düşüncesiyle ortaya çıkmış olabilir [31]. Bu araştırmada görsel bir uyaran olarak kullanılan mavi renkli kâselerin, katılımcıların imgesel çağrışımları ile tuzlu hissi yaratarak mavi kâselerde sunulan patlamış mısırların daha tuzlu olarak algılanmasını sağlamış olabilir. Katılımcıların maruz bırakıldığı renkler değişkenlik gösterdiğinde buna paralel olarak tat algıları da değişkenlik gösterebilir [3, 70]. Gıdanın servis edildiği kâselerin farklı renklerde olmasının, katılımcıların çapraz modlu yazışmalar sayesinde gerçekleştirdikleri çağrışımlar aracılığıyla patlamış mısıra yönelik tuzluluk algılarını belirlediği ve bu durumun Likert ölçeğindeki tuzluluk değerlendirmelerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Tablo 16. Hipotezlerin değerlendirilmesine ilişkin tablo

**Table 16. Table on the evaluation of hypotheses**

Hipotez	Kabul Durumu
H1: Tuzsuz patlamış mısır mavi kâsede sunulduğunda şeffaf ve pembe kâselere oranla daha tuzlu algılanacaktır.	Kabul edildi.
H2: Tuzlu patlamış mısır mavi kâsede sunulduğunda şeffaf ve pembe kâselere oranla daha tuzlu algılanacaktır.	Kabul edildi.
H3: Tuzsuz patlamış mısır şeffaf, pembe ve mavi kâselerde tuzlu film müziği eşliğinde sunulduğunda daha tuzlu olarak algılanacaktır.	Kabul edildi.
H4: Tuzlu patlamış mısır şeffaf, pembe ve mavi kâselerde tuzlu film müziği eşliğinde sunulduğunda daha tuzlu olarak algılanacaktır.	Kabul edildi.

Araştırmada tercih edilen film müziğinin tuzluluk algısı üzerindeki etkisine yönelik oluşturulan hipotezler ise "H3: Tuzsuz patlamış mısır şeffaf, pembe ve mavi kâselerde tuzlu film müziği eşliğinde sunulduğunda daha tuzlu olarak algılanacaktır." ve "H4: Tuzlu patlamış mısır şeffaf, pembe ve mavi kâselerde tuzlu film müziği eşliğinde sunulduğunda daha tuzlu olarak algılanacaktır." şeklindedir. H3 hipotezini test etmek amacıyla 1. grup (tuzsuz) ve 2. grup (tuzsuz+müzik), H4 hipotezini test etmek amacıyla ise 3. grup (tuzlu) ve 4. grup (tuzlu+müzik) karşılaştırılmıştır. Deney gruplarının ikili karşılaştırılmasına yönelik Banferroni Düzeltmeli Post-Hoc Testi sonuçları (Tablo 12) ve gruplara göre tuzluluk değerlendirmelerinde meydana gelen değişimi gösteren grafik (Şekil 7) incelendiğinde müzik eşliğinde

servis edilen patlamış mısırın müzik eşliğinde servis edilmeyenlere kıyasla daha tuzlu olarak algılandığı bulgusuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak H3 ve H4 hipotezleri kabul edilmiştir. Katılımcılar tarafından tuzlu film müziği eşliğinde deneyimlenen patlamış mısırların daha tuzlu olarak algılanmasının, tat algısının dinlenen müzik ve müziğin yarattığı duygu durumu tarafından etkilenmesinden dolayı gerçekleştiği düşünülmektedir. Sonuç olarak patlamış mısırdaki algılanan tuz seviyesinin farklı yöntemler kullanılarak azaltılabildiği görülmektedir [71].

## SONUÇ

Gerçekleştirilen bu araştırma ile gastrofizik yaklaşımının temelini oluşturan Çoklu Duyusal Entegrasyon Kuramı doğrultusunda, kişilerin duyu sistemlerinden gelen farklı girdilerin birbirini etkilediği belirlenmiştir. Bu deneysel araştırma Çoklu Duyusal Entegrasyon Kuramının desteklediği gibi, tat duyusundan farklı olarak görsel unsurlardan rengin, işitsel unsurlardan ise müziğin (tuzlu film müziği), patlamış mısırdaki tuzluluk tadı algısını etkilediğini ortaya koymuştur.

Yapılan ön test araştırması ve bu ön test araştırmasını destekleyen deneyin bulgularına göre renk-tat ve renk-ses-tat eşleşmesi ile duyu arasında çapraz modlu bir yazışma olduğu görülmektedir. Gerçekleştirilen deneyde katılımcılar renk ve ses gibi duysal faktörlere maruz kalmış ve bu durum patlamış mısırdaki algılanan tuzluluk algısını etkilemiştir. Bu etkinin duyu arasındaki çapraz modlu yazışmalar sayesinde gerçekleştiği düşünülmektedir. Buna göre bireylerin sahip olduğu öznel tat deneyimlerinin, görsel ve işitsel faktörler ile değişikliğe uğratılabileceği görülmüştür. Bu araştırmanın sonuçları, gastrofizik yaklaşımının yiyeceğin kendisinden ziyade çeşitli duysal değişiklikler ile daha iyi yeme davranışlarına yol açabileceği düşüncesini destekler niteliktedir. Bireyleri görsel ve işitsel imgelemelerle bir yiyeceği daha tuzlu olarak algılamaya itmek tüketicilerde daha sağlıklı atıştırmalıkların tüketimi konusunda destekleyici bir unsur olabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Kim, S., Park, E., Fu, Y., Jiang, F. (2021). The cognitive development of food taste perception in a food tourism destination: A gastrophysics approach. *Appetite*, 165, 105310, 1-11.
- [2] Şimşek, N. (2018). Yemek yemenin ötesi: Gastrofizik kavramına genel bakış. *The Journal of International Social Research*, 11(57), 962-969.
- [3] Delwiche, J. (2004). The impact of perceptual interactions on perceived flavor. *Food Quality and Preference*, 15(2), 137-146.
- [4] Kpessa, M.R., Lick, E. (2020). Visual merchandising of pastries in foodscapes: The influence of plate colours on consumers' flavour expectations and perceptions. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 52(101684), 1-15.
- [5] Spence, C. (2012). Book review: 'Neurogastronomy: How the brain creates flavor and why it matters' by Gordon M. Shepherd. *Flavour*, 1, 21.
- [6] Bredie, W.L.P., Møller, P. (2012). Overview of sensory perception. Edited by J. Piggott, *Alcoholic Beverages*. Woodhead Publishing, 3-23.
- [7] Spence, C., Smith, B., Auvray, M. (2015). Confusing tastes and flavours. Edited by D. Stokes, M. Matthen and S. Bigs, *Perception and its Modalities*, Oxford University Press, 247-274.
- [8] Şahin, E.Ö. (2020). Gastronomide güncel bir yaklaşım-Nörogastromoni: Science Direct veri tabanında yayınlanan makaleler üzerine bir inceleme. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, (4), 168-178.
- [9] Karkuş, S.Ş. (2013). Tat algılamayı etkileyen faktörler (Factor affecting perception of taste). *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 26-34.
- [10] Ustaahmetoğlu, E. (2016). Tat algısı: Hazır kahve üzerine deneysel bir uygulama. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(12), 51-64.
- [11] Akıllıbaş, E. (2019). Beş duyunun pazarlama algısındaki gücü. *Bitlis Eren Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Akademik İzdüşüm Dergisi*, 4(1), 97-124.
- [12] Karaman, E.E., Çetinkaya, N. (2020). Gıda tercihinde duyu rolü: Tat duyusunun tat testi ile demografik özelliklere göre farklılığının tespiti. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 883-898.
- [13] Karagöz, Ş. (2018). Gastronomide tat ve aroma etkileşimleri. *International West Asia Congress of Tourism Research*, 971-980.
- [14] Bruno, N., Martani, M., Corsini, C., Oleari, C. (2013). The effect of the color red on consuming food does not depend on achromatic (Michelson) contrast and extends to rubbing cream on the skin. *Appetite*, 71, 307-313.
- [15] Carvalho, F. M., Spence, C. (2019). Cup colour influences consumers' expectations and experience on tasting specialty coffee. *Food Quality and Preference*, 75, 157-169.
- [16] Michel, C., Velasco, C., Gatti, E., Spence, C. (2014). A taste of Kandinsky: assessing the influence of the artistic visual presentation of food on the dining experience. *Flavour*, 3(1), 1-7.
- [17] Michel, C., Velasco, C., Fraemohs, P., Spence, C. (2015). Studying the impact of plating on ratings of the food served in a naturalistic dining context. *Appetite*, 90, 45-50.
- [18] Morrot, G., Brochet, F., Dubourdieu, D. (2001). The color of odors. *Brain and Language*, 79(2), 309-320.
- [19] Stewart, P.C., Goss, E. (2013). Plate shape and colour interact to influence taste and quality judgments. *Flavour*, 2(1), 1-27.
- [20] Yılmaz, H., Erden, G. (2017). Renklerin çorbaların tat algısı üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik bir araştırma. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 5(2), 265-275.
- [21] Wan, X., Woods, A. T., Butcher, N., Spence, C. (2015). When the shape of the glass influences the flavour associated with a coloured beverage: evidence from consumers in three countries. *Food Quality and Preference*, 39, 109-116.
- [22] Van Doorn, G., Woods, A., Levitan, C.A., Wan, X., Velasco, C., Bernal-Torres, C., Spence, C. (2017). Does the shape of a cup influence coffee taste expectations? A cross-cultural, online study. *Food Quality and Preference*, 56, 201-211.
- [23] De Luca, M., Campo, R., Lee, R. (2019). Mozart or pop music? Effects of background music on wine consumers. *International Journal of Wine Business Research*, 31(3), 406-418.
- [24] Guetta, R., Loui, P. (2017). When music is salty: The crossmodal associations between sound and taste. *PLoS One*, 12(3), e0173366.

- [25] Reinoso Carvalho, F., Van Ee, R., Rychtarikova, M., Touhafi, A., Steenhaut, K., Persoone, D., Spence, C., Leman, M. (2015). Does music influence the multisensory tasting experience? *Journal of Sensory Studies*, 30(5), 404-412.
- [26] Zampini, M., Spence, C. (2004). The role of auditory cues in modulating the perceived crispness and staleness of potato chips. *Journal of Sensory Studies*, 19(5), 347-363.
- [27] Gescheider, G. A. (2013). *Psychophysics: the fundamentals*. Psychology Press, Printed by United States of America.
- [28] Wan, X., Woods, A.T., van den Bosch, J.J., McKenzie, K.J., Velasco, C., Spence, C. (2014). Cross-cultural differences in crossmodal correspondences between basic tastes and visual features. *Frontiers in Psychology*, 5, 1-13.
- [29] Crisinel, A.S., Spence, C. (2009). Implicit association between basic tastes and pitch. *Neuroscience Letters*, 464(1), 39-42.
- [30] Yan, K.S., Dando, R. (2015). A crossmodal role for audition in taste perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(3), 590-596.
- [31] Harrar, V., Piqueras-Fiszman, B., Spence, C. (2011). There's more to taste in a coloured bowl. *Perception*, 40(7), 880-882.
- [32] Tu, Y., Yang, Z., Ma, C. (2016). The taste of plate: How the spiciness of food is affected by the color of the plate used to serve it. *Journal of Sensory Studies*, 31(1), 50-60.
- [33] Saygı, Y.B., Mankan, E., Ceylan, Z., Çelik, Ş., Çakır, M.U. (2022). Snack barlar ve tüketim eğilimleri. *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 607-627.
- [34] Garipağaoğlu, M. (2016). Çocuk beslenmesi ve sağlıklı atıştırmalıklar. *Klinik Tıp Pediatri Dergisi*, 8(5), 1-7.
- [35] Ertaş, N., Soylu, S., Bilgiçli, N. (2008). Mısırın fiziksel özellikleri ile patlama kalitesi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Türkiye*, 10, 21-23.
- [36] Türkiye İstatistik Kurumu (2022, Mart 31). *Bitkisel Ürün Denge Tabloları, 2020-2021*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Urun-Denge-Tabloları-2020-2021-45505>.
- [37] İdikut, L., Önem, M., Zulkadir, G. (2021). Sumbas ilçesi koşullarında yetiştirilen yerel cin mısır (Zea mays everta) popülasyonlarının kalite kriterlerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(1), 122-129.
- [38] Jele, P., Derera, J., Siwela, M. (2014). Assessment of popping ability of new tropical popcorn hybrids. *Australian Journal of Crop Science*, 8(6), 831-839.
- [39] Öztürk, A., Erdal, Ş., Pamukçu, M., Boyacı, H., Sade, B. (2016). Cin mısır hatlarının bazı kalite özellikleri ve özellikler arası ilişkilerin belirlenmesi. *Derim*, 33(1), 119-130.
- [40] Vayisoğlu, S.K., Öncü, E., Kara, A., Ateş, M. (2022). Yetiştirilen tuz tüketim özellikleri ve etiket okuma alışkanlığıyla ilişkisi. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 10(2), 627-640.
- [41] World Health Organization (2020, Apr 29). *Salt reduction*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>.
- [42] Thomas-Danguin, T., Guichard, E., Salles, C. (2019). Cross-modal interactions as a strategy to enhance salty taste and to maintain liking of low-salt food: a review. *Food & Function*, 10(9), 5269-5281.
- [43] Nasri, N., Beno, N., Septier, C., Salles, C., Thomas-Danguin, T. (2011). Cross-modal interactions between taste and smell: Odour-induced saltiness enhancement depends on salt level. *Food Quality and Preference*, 22(7), 678-682.
- [44] Sugimori, E., Kawasaki, Y. (2022). Cross-modal correspondence between visual information and taste perception of bitter foods and drinks. *Food Quality and Preference*, 98, 104539. 1-10.
- [45] Trivedi, B.P. (2012). Neuroscience: hardwired for taste. *Nature*, 486(7403), 7-9.
- [46] Kaynar, K. (2013, Eylül 4). *Ağzımızın tadı*. Açık Bilim. <http://www.acikbilim.com/2013/09/dosyalar/agzimizi-n-tadi.html>.
- [47] Gegez, A.E. (2015). Pazarlama Araştırmaları, Beta, İstanbul.
- [48] Karakuş, Ö., Başibüyük, O. (2014). Deneysel ve deneysel olmayan araştırma yöntemleri. Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri (4. Baskı), Editör: Kaan Böke, Alfa Yayınları, İstanbul.
- [49] Durna, T. (2014). Nedensellik ve araştırma tasarımları. Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri (4. Baskı), Editör: Kaan Böke, Alfa Yayınları, İstanbul.
- [50] Allen, M. (2017). *The SAGE Encyclopedia of Communication Research Methods*. SAGE Publications Inc.
- [51] Wang, Q., Woods, A.T., Spence, C. (2015). "What's your taste in music?" A comparison of the effectiveness of various soundscapes in evoking specific tastes. *i-Perception*, 6(6), 1-23.
- [52] Yıldırım, A., Şimşek, H. (2018). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [53] O'Mahony, M. (1983). Gustatory responses to nongustatory stimuli. *Perception*, 12(5), 627-633.
- [54] Spence, C., Wan, X., Woods, A., Velasco, C., Deng, J., Youssef, J., Deroy, O. (2015). On tasty colours and colourful tastes? Assessing, explaining, and utilizing crossmodal correspondences between colours and basic tastes. *Flavour*, 4(1), 1-17.
- [55] Koch, C., Koch, E.C. (2003). Preconceptions of taste based on color. *The Journal of Psychology*, 137(3), 233-242.
- [56] Velasco, C., Michel, C., Youssef, J., Gamez, X., Cheok, A.D., Spence, C. (2016). Colour-taste correspondences: Designing food experiences to meet expectations or to surprise. *International Journal of Food Design*, 1(2), 83-102.
- [57] Mesz, B., Trevisan, M.A., Sigman, M. (2011). The taste of music. *Perception*, 40(2), 209-219.
- [58] Peng-Li, D., Byrne, D. V., Chan, R. C., Wang, Q. J. (2020). The influence of taste-congruent soundtracks on visual attention and food choice: A

- cross-cultural eye-tracking study in Chinese and Danish consumers. *Food Quality and Preference*, 85, 1-12.
- [59] Wang, Q.J., Mielby, L. A., Thybo, A. K., Bertelsen, A.S., Kidmose, U., Spence, C., Byrne, D.V. (2019). Sweeter together? Assessing the combined influence of product-related and contextual factors on perceived sweetness of fruit beverages. *Journal of Sensory Studies*, 34(3), 1-11.
- [60] Sayım, F. (2019). Sosyal Bilimlerde Araştırma ve Tez Yazım Yöntemleri. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [61] Yükseköğretim Kurumu (2022, Ekim 25). Yükseköğretim girdi göstergeleri (2022 YKS). <https://yokatlas.yok.gov.tr/lisans.php?y=102790178>
- [62] Özen, Y., Gül, A. (2007). Sosyal ve eğitim bilimleri araştırmalarında evren-örneklem sorunu. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, (15), 394-422.
- [63] Coşkun, R., Altunışık, R., Yıldırım, E. (2017). Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri SPSS uygulamalı. 9. Baskı, Sakarya: Sakarya Yayıncılık.
- [64] DURU (2015). *Patlayan mısır*. <https://www.durubulgur.com/markalar/duru-bakliyat/patlayan-misir.aspx>. Erişim tarihi: 10 Mayıs 2023.
- [65] DURU (2015). Tencerede patlamış mısır. <https://www.durulezzetler.com/tencerede-patlamis-misir/>. Erişim tarihi: 10 Mayıs 2023.
- [66] MEGEP, (2012). Duyusal test teknikleri 541GI0094. Gıda Teknolojisi, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- [67] Ares, G., Deliza, R. (2010). Studying the influence of package shape and colour on consumer expectations of milk desserts using word association and conjoint analysis. *Food Quality and Preference*, 21(8), 930-937.
- [68] Mielby, L.A., Wang, Q.J., Jensen, S., Bertelsen, A.S., Kidmose, U., Spence, C., Byrne, D.V. (2018). See, feel, taste: The influence of receptacle colour and weight on the evaluation of flavoured carbonated beverages. *Foods*, 7(8), 1-14.
- [69] Karagöz, Y. (2017). SPSS ve AMOS uygulamalı bilimsel araştırma yöntemleri. Nobel Akademik Yayıncılık ve Danışmanlık, Ankara.
- [70] Kontukoski, M., Paakki, M., Thureson, J., Uimonen, H., Hopia, A. (2016). Imagined salad and steak restaurants: Consumers' colour, music and emotion associations with different dishes. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 4, 1-11.
- [71] Akgün, B., Seda, G., Arıcı, M. (2018). Tuz: Gıdalardaki algısı, fonksiyonları ve kullanımının azaltılmasına yönelik stratejiler. *Akademik Gıda*, 16(3), 361-370.
- [72] Erişim: 15 Eylül 2022 <https://soundcloud.com/janicewang09/sets/taste-soundscapes-test>.

## Satışa Sunulan Bazı Peynirlerde Taklit ve Tağşiş Durumu

Gülden Kekik<sup>1</sup> , Hayri Coşkun<sup>2</sup>  <sup>1</sup>Kaynaşlı İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Merkez Mahallesi, Kültür Caddesi, Kaynaşlı, Düzce<sup>2</sup>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bolu

Geliş Tarihi (Received): 09.05.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 20.10.2023

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [coskunhayri@ibu.edu.tr](mailto:coskunhayri@ibu.edu.tr) (H. Coşkun)

📞 0 374 254 1000/5829 📠 0 374 253 4558

### ÖZ

Bu çalışmada, piyasada satışa sunulan ve şüpheli görülen bazı peynirlerin taklit ve tağşiş durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla farklı market ve semt pazarlarından beyaz (n=12), kaşar (n=10), tulum (n=10), köy peyniri (n=6) ve eritme peyniri (n=3) örnekleri alınarak taklit ve tağşiş durumları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre beyaz peynir olarak satışa sunulan peynir örneklerinin yaklaşık %33.3'ü kuru madde ve kuru maddede yağ oranı (KMY) bakımından Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'ne uygun bulunmamıştır. Ayrıca incelenen beyaz peynir örneklerinden bazılarının tam yağlı etiketiyle satışa sunulduğu ancak gerçekte yarım yağlı sınıfta yer aldıkları tespit edilmiştir. Kaşar peyniri olarak satışa sunulan örneklerin çoğu kuru madde oranı bakımından tebliğe uygun bulunmamıştır. KMY değeri bakımından üç örnek hariç, diğer örneklerin etiket bilgilerinin analiz sonuçları ile uyuşmadığı görülmüştür. Beyaz ve kaşar peynirlerine ait örneklerde nişasta ve yabancı yağ varlığına rastlanmamıştır. Tulum peyniri örneklerinin %60'ı kuru madde değerleri bakımından tebliğe uygun bulunmamış ve örneklerin %40'ında nişasta ve yabancı yağ tespit edilmiştir. Köy peynirlerinden 3 örneğin kuru madde değeri, tebliğdeki değerden düşük bulunmuştur. Köy peynirleri ve eritme peynir örneklerinin hiçbirinde nişasta ve yabancı yağ varlığına rastlanmamıştır. Sonuç olarak, satışa sunulan bazı peynirlerin içerikleri bakımından mevzuata aykırı bir şekilde üretilip satıldığı ve bu durumun tüketicilerin haksızlığa uğraması ve/veya aldatılmasıyla sonuçlanabileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Taklit ve tağşiş, Peynir, Nişasta varlığı, Reichert-Meissl sayısı, Yabancı yağ

### Imitation and Adulteration Status of Some Cheeses Sold in Markets (Turkey)

#### ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the imitation and adulteration status of some cheeses sold in the market. For this purpose, White (n=12), Kashar (n=10), Tulum (n=10), Köy cheese (n=6) and processed cheese (n=3) samples were obtained from different markets and analyzed. According to the results, approximately 33.3% of cheese samples sold as White cheese were found to violate the Turkish Food Codex Cheese Communique in terms of dry matter and fat in dry matter (FDM). In addition, it was found that some of White cheese samples had the full-fat label whereas they must have been classified under the semi-fat class of the communique. Most of the samples sold as Kaşar cheese did not comply with the communique in terms of dry matter ratio. Except for three samples, the label information of cheese samples on their FDM values did not match the results of FDM analyses. The presence of starch and foreign fat was not detected in the samples of White and Kaşar cheeses. The dry matter values of 60% of Tulum cheese samples were not in accordance with the communique while starch and foreign fat were detected in 40% of Tulum cheese samples. The dry matter value of 3 Köy cheeses was lower than the legal value in the communique. The presence of starch and foreign fat was not detected in any of Köy cheese and processed cheese samples. In conclusion, it was observed that some cheeses offered for sale were produced and sold in violation of the legislation in terms of their contents, and this might result in unjust treatment and/or deception of consumers.

**Keywords:** Imitation cheese, Starch presence, Reichert-Meissl number, Non-milk fat

## GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde üretimi yapılan pek çok peynir çeşidi mevcuttur. Üretilen peynirler genelde sütün rennet enzimiyle pıhtılaştırılmasıyla elde edilir. Buna karşın bazı peynirler asit çöktürmeyle (Labneh veya Labne) ve bazıları da ısıtma (lor peyniri) üretilir. Her üç yöntemle üretilen peynirler doğal yollarla üretilen peynirlerdir. Ancak günümüzde bu yöntemlerin dışında üretimler de söz konusudur. Eritme peynirleri (işlenmiş peynir) ve imitasyon peynirleri bu üretimlere örnek olarak verilebilir. İşlenmiş peynir olarak bilinen ürünler süt kaynaklı hammaddelerin ısıtılıp karıştırılması suretiyle üretilmektedir [1, 2].

Taklit peynirler; "imitasyon peynir", "analog", "peynir benzeri ürün" ve "filled" gibi çeşitli şekilde adlandırılan gerek süt kaynaklı gerekse süt kaynaklı olmayan bileşenler kullanılarak üretilen ürünlerdir [3]. Taklit peynirlerin ABD ve Avrupa'da üretimi giderek artmaktadır [4]. Özellikle ABD'de önemli bir pazar payına sahiptir. Bunun baş nedeni önemli düzeyde pizza üretim-tüketimindeki artış ve peynirin pizzadaki en pahalı bileşenlerden olmasıdır. Günümüzde çok çeşitli formülasyona sahip taklit peynirler mevcuttur [5]. Shaw [6]'a göre; taklit (imitasyon) peynirler süt esaslı olanlar (kazein, süt yağı vb.), kısmen süt esaslı olanlar (kazeinatlar, soya yağı, süt yağı vb.), süt dışında hammaddelerin kullanımı ile üretilenler (bitkisel yağ, bitkisel kaynaklı proteinler vb.) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Üretilen taklit peynirlerde su, protein, emülsifiye edici tuz, yağ, tatlandırıcılar-renklendiriciler de kullanılabilmektedir [7]. Taklit peynirlerde protein oranı daha düşüktür. Bu tür peynirlere genellikle nişasta ve çeşitli hidrokoloidler eklenmektedir [8].

Taklit peynirlerin üretim basamakları karıştırma, ısıtma, paketlenme ve soğutma işlemlerinden oluşmaktadır. Eritme tuzları, kazein ve türevleri gibi toz formda olan bileşenler su ile karıştırılıp yaklaşık 50°C'ye kadar ısıtılarak 1-3 dk. karıştırılır. Daha sonra karışıma bitkisel yağlar da ilave edilerek yaklaşık 6-8 dk. daha 85°C'de homojen bir yapı elde edilinceye kadar karıştırmaya devam edilir. Son olarak lezzet verici maddeler ve asitlendirici ajanlar ilave edilerek karışım soğutulur [9]. Üretim esnasındaki ısıtma işleminde uygulanan sıcaklık ve zaman son ürünün depolama ömrünü ve fonksiyonel özelliklerini etkilemektedir. Aynı zamanda üründe kullanılan bileşenlerin çeşidi, su tutma kapasitesi, fiziksel ve kimyasal özellikleri de ürünün viskozitesini ve fonksiyonel özelliklerini belirleyen en önemli unsurlardır [10, 11, 12].

Wynn ve ark. [13] yaptıkları bir çalışmada; %49.2 su, %22.5 kalsiyum kazeinat, %3 tapyoka unu, %2 modifiye peyniraltı suyu proteini, %2 tuz, %0.75 sitrik asit, %0.25 adipik asit, %20 hidrojene soya fasulyesi yağı ve çeşitli aroma maddeleri içeren imitasyon peyniri üretmişlerdir. Üretilen imitasyon peynirinin, iyi bir dilimleme ve parçalanabilirlik özelliklerine sahip olduğu ve pizza gibi ürünlerde kullanım performansının yüksek olduğu gözlenmiştir. Başka bir çalışmadan elde edilen bulgulara göre, 0.81-0.86 aralığında  $a_w$  değerine sahip imitasyon peynirlerinin mikrobiyel açıdan güvenli olduğu, 0.90 su

aktivitesi değerine sahip imitasyon peynirinin beklenen özelliklere en yakın ürün olduğu ve yaklaşık 20 haftalık depolama ömrüne sahip olduğu saptanmıştır [14].

Cavalier-Salou ve Cheftel [15] yaptıkları bir çalışmada, imitasyon peynirlerde kalsiyum kazeinat kullanımıyla erime özelliğinin; yüksek pH, gevşek-yumuşak yapı, yüksek oranda kazein ayrışması ve düşük oranda yağ emülsifikasyonu ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Kiely ve ark. [5] tarafından yapılan bir çalışmada; imitasyon Mozzarella peynirinin buzdolabı ortamında depolanması sırasında, doğal Mozzarella peynirine kıyasla, özelliklerinin daha az değiştiği görülmüştür. Hsieh ve ark. [16] yaptığı bir çalışmada soya proteini ihtiva eden jellerin dışındaki örneklerin daha sert bir yapıda olduğu, yumurta akının ise homojen olmayan bir yapıya neden olduğu bildirilmiştir. Üretilen tüm eritme peynir örneklerinde protein değerinin artırılması ile ısıtma işlemi esnasında su kaybının önlenmesi ve hidrasyon özelliğinin arttığı, peynir altı suyu proteini ve kazeinatın peynirin viskoelastik özelliklerini değiştirdiği tespit edilmiştir. Berger ve ark. [17] soya proteininin kısa yapılı ve stabil esnek viskozite oluşturma kabiliyetinin yetersiz olması dolayısıyla diğer süt orijinli hammaddelerin kullanımında sadece dolgu maddesi olarak kullanımının uygun olduğunu bildirmişlerdir. Mulvihill ve McCarthy [18] yaptıkları bir çalışmada; protein, su, kuru madde ve tuz içeriklerinin imitasyon peynirlerin proteoliz ve yapısal özelliklerine etki etmediğini tespit edilmiştir. El-sayed [19] imitasyon peynir üretiminde bitkisel kaynaklı proteinlerin (nohut, yer fıstığı, susam protein özütleri) renk ve tekstürel özellikleri etkilemediği, lezzette de düşüş olduğunu tespit etmişlerdir. Muir ve ark. [20]'nin yaptıkları bir çalışmada; süt kaynaklı protein ve yağ çeşidi farklı olan, ayrıca nisin ihtiva eden imitasyon peynirlerin depolama boyunca protein ve yağ çeşidine bağlı olarak oluşan koku ve ağızda bıraktığı tadın farklılaştığı ve mikrobiyal popülasyonun azaldığı rapor edilmiştir. Mounsey ve O'Riordan [21] tarafından yapılan bir çalışmada imitasyon peynirlerde nişasta içeriğinin arttıkça protein içeriğinin azaldığı ve eriyebilirliğin arttığı saptanmıştır.

Balkır [4] piyasadan topladıkları kaşar peyniri örneklerinde; eriyebilirlik, sertlik, iç yapışkanlık, dış yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerini kontrole göre çok yüksek veya çok düşük bulmuş ve örneklerde kazeinat kullanılmış olabileceğini rapor etmiştir. Ayrıca, örneklerin hiçbirinde, patates, nişasta veya modifiye nişasta varlığına rastlanmamıştır. Ancak 4 örnekte, bitkisel yağ varlığına rastlanmıştır. Yapılan başka bir çalışmada, kanola yağı ve emülsifiye edici maddeler ile üretilen peynir yapısının kontrol gruba göre daha az elastik özelliğe sahip olduğu ve bozulmalara daha hassas olduğu bildirilmiştir. Çalışılan peynirin zayıf elastikiyet göstermesinin sebebinin kontrol grubu peynirdeki kazein-yağ globülleri ve kazein-kazein arasındaki bağların zayıflığından kaynaklandığı rapor edilmiştir [22]. Montesinos-Herrero ve ark. [23] ürettikleri imitasyon peynirinde farklı nişasta oranlarının (%5, 7.5, 10 ve 12.5 Novelose 240 veya Novelose 330) yağ ve protein kompleksine etkilerini incelemişlerdir. N330 ile üretilen peynirin N240'a göre sertlik oranı daha yüksek bulunmuştur. Üretilen imitasyon peynirlerin ortalama su,

protein, mineral madde miktarı ve pH değerleri sırasıyla %52.2, %20.8, %4.1 ve %6.1 olarak belirlenmiştir. Dimitreli ve Thomareis [24] 5 ayrı emülsifiye edici tuz kullanarak ürettikleri imitasyon peynirlerde; trisodyum sitrat ve disodyum fosfat tuzlarının üründe yumuşaklık, yapışkanlık, zayıf elastikiyet ve düşük viskoziteye neden olduğu saptanmıştır. Jana ve ark. [25] en iyi imitasyon peynirinin ksantan-keçiboynuzu gamı ilavesiyle elde edildiğini, ayrıca sertlik ve duysal özellikleri yönünden pizza peyniri üretimine de uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Awad ve ark. [26] ürettikleri imitasyon Ras peynirinde acı bakla esmesi oranının arttıkça erime kapasitesi, yağ ayrılması ve sertliğin arttığı; fakat yapışkanlık oranının azaldığını rapor etmişlerdir. Badem [27] rennet-kazein ilavesi ile ürettiği imitasyon kaşar peynirinde pH ve titre edilebilir asitlikte önemli farklılıklar bulmuştur. Yalman ve ark. [28], kaşar peyniri, işlenmiş peynir ve imitasyon peynir olmak üzere 3 çeşit peynir formülasyonu geliştirmişlerdir. En fazla protein değeri kaşar peynirinde gözlenirken, imitasyon peynirde en düşük protein değeri gözlenmiştir.

Görüldüğü üzere bazı ülkelerde taklit (imitasyon) peynir üretimine müsaade edilmekte ve hatta bu konuda çokça araştırma yapılmaktadır. Ancak ülkemizde imitasyon peynir üretimine müsaade edilmemekte ve bu tür

üretimler taklit ya da tağşiş sayılmaktadır. Türk Gıda Kodeksi (TGK) Peynir Tebliği'nde "imitasyon", "analog", "filled" vb. peynir tanımlarına yer verilmemiştir [29]. Bugün ülkemizde peynir satışı yapan pazar, market vb. işyerleri gezildiğinde rengi, yapısı, tadı, aroması ve fiyatı orijinalinden farklı peynir çeşitlerine rastlamak mümkündür. Bu çalışmada; piyasada satılan ve şüphe arz eden Beyaz, Kaşar, Tulum, Köy ve Eritme peynirleri gibi isimlerle satılan peynirlerden örnek alınarak yapılan analizler neticesinde peynirlerde taklit ve tağşiş durumunun ortaya konması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmanın materyalini, düşük fiyatları ile dikkat çeken ve şüpheli olarak değerlendirilen peynir örnekleri oluşturmuştur. Farklı illerimizden şüpheli görülen 12 beyaz peynir örneği, 10 kaşar peynir örneği, 10 tulum peynir örneği, 6 köy peyniri örneği ve 3 eritme peynir örneği olmak üzere toplamda 41 adet şüpheli peynir örneği satın alınarak temin edilmiştir. Örneklerin alındığı yerler ve etiket bilgileri Tablo 1'de gösterilmiştir. Alınan örnekler buz paketleri içerisinde laboratuvara getirilmiş ve Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında analizleri yapılmıştır.

Tablo 1. Örneklerin alındığı yerler ve etiket bilgileri

*Table 1. Locations of cheese samples obtained and their label information*

Beyaz Peynir Örnekleri			Kaşar Peyniri Örnekleri		
Örnek No	Alındığı Yer	Etiket Bilgileri	Örnek No	Alındığı Yer	Etiket Bilgileri
1	Şarküteri	Tam yağlı	1	Market	Tam yağlı
2	Şarküteri	Tam yağlı	2	Market	Tam yağlı
3	Pazar yeri	Tam yağlı	3	Market	Tam yağlı
4	Pazar yeri	Tam yağlı	4	Market	Tam yağlı
5	Şarküteri	Tam yağlı	5	Market	Tam yağlı
6	Market	Tam yağlı	6	Market	Tam yağlı
7	Market	Tam yağlı	7	Şarküteri	Tam yağlı
8	Market	Az yağlı	8	Pazar yeri	Tam yağlı
9	Market	Yarım yağlı	9	Şarküteri	Tam yağlı
10	Fabrika satış	Tam yağlı	10	Şarküteri	Tam yağlı
11	Pazar yeri	Yarım yağlı			
12	Pazar yeri	Az yağlı			
Tulum Peynir Örnekleri			Köy Peyniri Örnekleri		
1	Şarküteri	Tam yağlı	1	Market	Yarım yağlı
2	Şarküteri	Tam yağlı	2	Market	Yarım yağlı
3	Şarküteri	Yarım yağlı	3	Market	Az yağlı
4	Şarküteri	Yarım yağlı	4	Market	Yarım yağlı
5	Market	Tam yağlı	5	Market	Az yağlı
6	Market	Yarım yağlı	6	Şarküteri	Yarım yağlı
7	Şarküteri	Tam yağlı			
8	Pazar yeri	Tam yağlı	Eritme Peyniri Örnekleri		
9	Şarküteri	Tam yağlı	1	Market	Tam yağlı
10	Şarküteri	Yarım yağlı	2	Market	Tam yağlı
			3	Market	Tam yağlı

Piyasadan toplanan peynir örneklerinde taklit ve tağşiş durumunu ortaya koymak amacıyla aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır. Tüm örneklerde analizler üç paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

Peynir örneklerinde kuru madde tayini gravimetrik yöntemle, yağ tayini Gerber yöntemiyle, kuru maddede yağ tayini hesaplama, % asitlik tayin örneğin 0.1 N NaOH ile titrasyonu, pH değeri ölçümleri el pH metresi (Hanna Instruments HI 83141, İtalya) kullanılarak Kurt ve ark. [30]'ne göre yapılmıştır. Şüpheli peynir örneklerinin

renk tayininde Konica Minolta (CR400, Japonya) cihazı kullanılmıştır. Ölçüm, cihazın kullanım kılavuzunda tarif edildiği şekilde yapılmıştır. Ölçümlerde Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun (CIE) L\*, a\* ve b\* değerleri dikkate alınmıştır.

Nişasta tayini çeşidine göre rendelenmiş ya da iyice ezilmiş peynir örneği ile aynı hacimde damıtık su karıştırılarak homojen hale gelmesi sağlanmıştır. Bu karışımdan 5 mL alınıp üzerine 2-3 damla lügol çözeltisi damlatılmıştır. Karışımda mavi renk oluşumu nişasta varlığının, sarı renk oluşumu ise nişasta olmadığının göstergesi olarak kabul edilmiştir [31].

Reichert-Meissl (RM) sayısı tayininde peynir örnekleri iyice ezildikten sonra yaklaşık 60°C'de ısıtıcı plaka üzerinde ısıtılan havana 100 g tartılmıştır. Peynir örneğinin üzerine yaklaşık 10 g Kieselguhr ilave edilmiştir. Daha sonra örneğin üzerine kaplayacak şekilde dietil eter ilave edilerek karışım çamur halini alana kadar ezilmiştir. Elde edilen karışım özel bütirometrelere alınarak Gerber santrifüjde 3 dk. döndürülmüş ve bütirometrelerin üst kısmındaki sıvı faz filtre kağıdı (Whatman no:41) ile süzümüştür. Süzüntünün bulunduğu beher içine balık atılarak 65°C'deki ısıtıcı plaka üzerinde içindeki dietil eter uçana kadar 1-2 saat bekletilmiştir. Elde edilen yağ ekstraktından 5 g tartılarak 300 mL'lik ağız şilifli balona aktarılmıştır. Daha sonra üzerine 20 g gliserin ve 0.1N 2 mL NaOH (1:1 oranında sulandırılmış) çözeltisi eklenmiştir. Balon hafif ateşte sürekli çalkalanarak ısıtılmış ve ısıtma işlemi yaklaşık 7-9 dk. sürmüştür. Süre sonunda sabunlaşma işlemi bitmiş ve berrak sarı bir renk elde edilmiştir. Elde edilen sabun eriyiği soğumaya bırakılmıştır. Ardından üzerine sünger taşı (taşmadan sakince kaynaması için), 90 mL 90°C'lik saf su ve 50 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ilave edilerek Reichert-Meissl damıtma düzeneğine bağlanmıştır. Damıtma düzeneğinin çıkışına 100-110 mL işaretli olacak şekilde balon yerleştirilmiştir. Balonun 110 mL kısmına kadar dolması 20-30 dk. sürmüştür. Bu esnada soğutma işlemi yapan suyun sıcaklığı 25°C'de sabit tutulmuştur. Balon dolduktan sonra içindeki sıvı, filtre kağıdı ile süzülerek süzüntüden 100 mL erlene aktarılmıştır. Bu süzüntünün üzerine 1-2 damla fenolftalein damlatılmış ve N/10 NaOH çözeltisi ile hafif pembe renk olacak şekilde titre edilmiştir. Harcanan 0.1N NaOH hacmine (mL) 1/10'u eklenerek RM sayısı bulunmuştur [30].

Örneklerde süt yağı dışında yabancı yağ olup olmadığını tespit etmek için, RM sayıları şüpheli peynir örnekleri dikkate alınmıştır. Analizler, İstanbul'da faaliyet gösteren Radix Özel Gıda Kontrol Laboratuvarı'nda hizmet alımı yoluyla gerçekleştirilmiştir. Analizlerin gerçekleştirilmesinde EC Directive 213, Annex 25, Article 19 metotlarından faydalanılmıştır. Trigliseritlerin gaz kromatografik analiz yöntemiyle, süt ürünlerinin yağ kaynağı olan süt yağındaki yabancı yağların varlığı, hem bitkisel hem de hayvansal yağlar açısından tespit edilmiştir. Bu yöntem kapsamında, süt yağının ekstraksiyonundan sonra bir stok çözelti hazırlanmıştır. Bu çözeltiden trigliseritlerin toplam karbon sayıları, dolgu gaz kromatografisi ile belirlenmiştir. Trigliserit formülüne farklı boyuttaki yağ moleküllerinin ağırlık

yüzdesinin eklenmesiyle, yabancı yağlar tespit edilmiştir [32].

Örneklerin renk, yapı, koku ve tat özellikleri tarafımızdan incelenerek tanımlanmıştır [33].

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Peynirlerin Tağış Durumu ve Bazı Özellikleri

Şüpheli Beyaz peynir örneklerine ait kuru madde, yağ, kuru maddede yağ, pH, asitlik (%) ve renk değerleri Tablo 2'de bir araya getirilmiştir.

TGK Peynir Tebliği'ne göre, kuru madde değeri tam yağlı taze beyaz peynirlerde %35'den; yarım yağlı, az yağlı ve yağsız beyaz peynirlerde ise %30'dan düşük olmamalıdır. Şüpheli Beyaz peynir örneklerinden elde edilen ortalama değer (%12.16) tebliğdeki değerden düşük bulunmuştur. Bilhassa 6, 8, 9 ve 11 numaralı örnekler için % kuru madde değerleri sınır değerinin altında yer almıştır. Bu durumda analiz edilen 12 örneğin yaklaşık %33.3'ü, kuru madde içeriği bakımından tebliğe aykırı bulunmuştur. Aykırılığın tağış, taklit veya hile ile ilişkili olduğunu söylemek mümkündür. Her üç durum haksız kazancı veya tüketicilerin aldatıldığını akla getirmektedir. TGK Peynir Tebliği'nde peynirler yağ miktarı bakımından 4 grup altında toplanmıştır: Tebliğe göre tam yağlı peynirler kuru maddede en az %45 yağ, yarım yağlı peynirlerde kuru maddede %25-%45, az yağlı peynirlerde kuru maddede %10-%25 ve yağsız peynirlerde kuru maddede <%10 yağ içermelidir. Şüpheli peynir örneklerinden 11 numaralı örnek yarım yağlı etiketiyle satışı yapıldığı halde, yağsız peynir kategorisinde yer almıştır. Ayrıca 1, 2, 7 ve 10 numaralı örnekler piyasada tam yağlı etiketine sahip olduğu halde, yağlı peynirler kategorisinde yer almıştır. Çetinkaya [34] Kars piyasasından topladığı yoğurt, beyaz peynir ve kaşar peynir örneklerinin peynir tebliği ve standartlarına uygunluğunu araştırmış ve elde ettiği sonuçlara göre beyaz peynir örneklerinin kuru madde ve yağ değerlerinin mevzuata uygun olduğunu tespit etmiştir. Yalçın ve ark. [35] ise Türk Standartları Enstitüsü'nün Kaşar ve Beyaz peynir standartlarına göre incelediği örneklerin %70'inin tam yağlı, %30'unun ise yağlı peynir sınıfına girdiğini rapor etmiştir. Bilgin ve ark. [36] tarafından İstanbul piyasasından alınan örneklerin kuru maddede yağ miktarlarının %69'unun mevzuata uygun olduğu, %31'inin ise uygun olmadığı değerlendirilmiştir.

Şüpheli Beyaz peynirlerin pH değerleri bazı örneklerde pH 5.0'in altında, bazılarında ise pH 5.0'in üzerinde yer almıştır. Genel olarak peynirlerde pH'nın 5.0-5.3 arasında olması istense de, bazı peynirlerde farklı olabilmektedir [37]. Paksoy [38], ultrafiltre Beyaz peynirlerde üretimin başlangıcında pH değerlerini 4.58 ile 4.64 aralığında, 120 gün depolama sonunda 4.40 ile 4.50 aralığında tespit etmiştir. Örneklerin titrasyon asitliği (%) değerleri (Tablo 2) Çetinkaya [34]'nın Beyaz peynir örnekleri için rapor ettiği değerlerden (%0.58-1.81) düşüktür; Yalçın ve ark. [35] tarafından verilen değerlerden yüksektir. Renk değerleri bakımından, şüpheli Beyaz peynir örneklerinden özellikle 1, 5, 6 ve 7



numaralı örneklerin L\* değerleri diğer örneklere göre daha yüksek yani daha beyaz olduğu anlaşılmaktadır. Koca [39]'nın yaptığı bir çalışmada L\* değeri 79.91-90.39 arasında belirlenmiştir. Analiz edilen örneklerin ortalama L\* değeri, Koca [39]'nın bulduğu değerlere yakındır. Peynirlerde renk, hammaddede bulunan sütün çeşidine ve peynir üretiminde uygulanan ısıl işlemlere göre değişiklik göstermektedir [40]. Renk a\* değeri yeşil (-) ile kırmızılık (+) arasında değişen spektrumu ifade

etmektedir. Analiz edilen şüpheli peynir örneklerinin yeşillik oranı daha yüksek bulunmuştur. Elden edilen değerler Okur ve Güzel Seydim [41] tarafından elde edilen değerlerden (-0.87 ile -1.35) düşüktür. Renk b\* değerleri mavi (-) ve sarı (+) renkleri ifade etmektedir. Analiz edilen örneklerde sarı rengin hakim olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2). Subaşı [42] analiz ettiği örneklerde b\* değerlerini 11.83-12.95 arasında rapor etmiştir.

Tablo 2. Şüpheli olarak değerlendirilen peynirler örneklerinin taşıdığı durumu ve bazı özellikleri\*

Table 2. Adulteration status and some characteristics of cheeses considered suspicious\*

Hangi Ad Altında Satıldığı		KM (%)	Yağ (%)	KMY (%)	pH	TA (%)	Renk Değerleri		
							L*	a*	b*
Beyaz Peynir (n=12)	Ed	23.19	5.00	9.39	4.31	0.11	88.96	-1.88	9.06
	Ey	40.04	19.25	49.27	5.84	1.23	95.51	-3.80	17.97
	$\bar{x}$	32.40±5.71	12.16±5.60	36.41±14.02	5.01±0.48	0.59±0.34	92.87 ±2.13	-2.56 ±0.55	11.41 ±2.35
Kaşar Peyniri (n=10)	Ed	46.48	12.25	26.36	4.81	0.44	68.63	-4.94	15.68
	Ey	57.48	29.50	52.11	6.17	0.95	87.70	-1.59	38.00
	$\bar{x}$	52.56±3.71	23.85±4.80	45.06±7.19	5.42±0.36	0.66±0.19	81.09 ±7.26	-3.75 ±1.03	24.14 ±8.19
Tulum Peyniri (n=10)	Ed	46.23	11.25	24.33	4.04	0.52	89.29	-6.99	12.84
	Ey	63.04	37.75	70.71	5.29	1.25	93.82	-2.90	23.70
	$\bar{x}$	55.11±5.89	23.07±8.86	41.32±14.28	4.78±0.33	1.04±0.20	91.86 ±1.23	-4.54 ±1.22	18.68 ±3.39
Köy Peyniri (n=6)	Ed	21.75	4.25	15.11	4.46	0.21	89.68	-4.72	6.92
	Ey	48.44	18.50	42.84	5.90	1.94	95.20	-2.37	19.93
	$\bar{x}$	35.17±10.70	8.91±6.13	23.75±10.85	5.23±0.57	1.00±0.81	92.60 ±2.37	-3.29 ±0.94	13.42 ±4.83
Eritme Peyniri (n=3)	Ed	35.83	4.25	11.86	5.41	0.51	83.28	-4.38	12.30
	Ey	55.86	29.50	52.81	5.62	1.38	86.31	-5.43	17.67
	$\bar{x}$	48.41±10.95	19.58±13.46	37.11±10.95	5.53±0.11	0.85±0.11	84.48 ±1.60	-4.97 ±0.53	14.96 ±7.56

\*: n: Analiz edilen örnek sayısı, Ed: En düşük, Ey: En yüksek,  $\bar{x}$ : Ortalama, KM: Kuru madde, KMY: Kurumaddede yağ, TA: Titrasyon asitliği, L\*: parlaklık/koyuluk, a\*: yeşillik/kırmızılık, b\*: mavilik/sarılık.

\*: n: Number of samples analyzed, Ed: Lowest, Ey: Highest,  $\bar{x}$ : Average, DM: Dry matter, KMY: Fat in dry matter, TA: Titratable acidity, L\*: brightness/darkness, a\*: greenness/redness, b\*: blueness/yellowness.

Kaşar peyniri adı altında satılan peynir örneklerine ait taşıdığı durumuna ilişkin bazı özellikler Tablo 2'de sunulmuştur. TGK Peynir Tebliği'nde tam yağlı taze kaşar peynirleri için kuru madde değeri en düşük %55; yarım yağlı ve yağsız kaşar peynirleri için %50 olarak belirtilmiştir. Analiz edilen şüpheli örneklerden 1, 5 ve 6 numaralı örneklerin dışında kalanlar tebliğe aykırı bulunmuştur. Ayrıca 2 ve 9 numaralı örnekler tam yağlı etiketi taşıırken, bunların yarım yağlı olduğu anlaşılmıştır. Sonuç olarak, tebliğde ve literatürde verilen değerlere uymayan örnekleri taklit/taşıması (imitasyon) bakımından şüpheli örnek olarak değerlendirmek mümkündür. Örneklerin yağ değeri yaklaşık %12 ile %29 arasında değişmiştir. TGK Peynir Tebliği'nde KMY oranına göre peynirler; tam yağlı (en az %45), yarım yağlı (%25 ile %45 arası), az yağlı (%10 ile %25 arası) ve yağsız (%10 dan düşük) peynirler olarak sınıflandırılmaktadır. Analiz edilen 1, 3, 5, 7 ve 10 numaralı örnekler hariç, diğerlerinin KMY oranları etiket bilgileriyle uyuşmamaktadır. Örneklerden 2, 4, 6, 8 ve 9 numaralı olanlar tam yağlı etiketiyle piyasada satışa sunulduğu halde, 8 numaralı örneğin az yağlı, diğer örneklerin yarım yağlı peynir kategorisine girdiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak analiz edilen kaşar peyniri örneklerinin KMY oranları mevzuat ile uyumlu değildir. Çetinkaya [34] analiz ettiği Kaşar peyniri örneklerinin kuru madde ve yağ değerlerinin tebliğ ve standartlara uygun olduğunu bildirmiştir. Badem [27] yaptığı bir çalışmada

ürettiği imitasyon kaşar peynirinde kuru maddede yağ değerlerini ortalama %40.04 ile %45.65 arasında bulmuştur. Çalışmaya konu 10 adet kaşar peynir örneğinin pH değerleri (Tablo 2), Balkır [4]'ün taze Kaşar peynirine yapılan hilelerin tespit edilmesi ve taklit taze kaşar peynirlerinin ayırt edilme yöntemleri üzerine yaptığı çalışmada piyasadan topladığı 17 kaşar peyniri örneğinin pH değerlerine (4.52 ile 6.25 arasında ve ortalama 5.30) yakındır. Örneklerin en düşük asitlik değeri (Tablo 2), Balkır [4]'ün tespit ettiği en düşük asitlik değerlerinden (% asitlik cinsinden 0.26) yüksek, en yüksek asitlik değeri ise araştırmacınıninkinden (% 1.18) düşüktür. Parlaklığı ifade eden L\* değeri analiz edilen örneklerde geniş bir değişim aralığına sahip olmuştur. Örneklerden 3, 4 ve 8 numaralı olanlar daha koyu (<80), diğerleri daha açık renge (>80) sahiptirler. Palm yağı kullanılarak kaşar peynirleri üzerinde yapılan bir çalışmada; örneklerden elde edilen L\* değerleri kontrol grubunda 83.34, yarı yarıya palm yağı içeren grupta 82.90 ve tamamen pal yağı içeren grupta 81.45 şeklinde birbirine yakın bulunmuştur [43]. Kaşar peynir örneklerinin a\* değerleri de önemli bir değişim göstermiştir (Tablo 2). Analiz edilen örneklerin a\* değerlerinin yeşilimsi tarafta olduğu ve en yüksek yeşilimsi değere 7. örneğin sahip olduğu tespit edilmiştir. Musullugil [44] taze kaşar peyniri örneklerinde kırmızılık değerinin (3.95-6.89) hakim olduğunu rapor etmiştir. Negatif tarafta mavi, pozitif tarafta sarılığı ifade eden b\*

değerleri sarı tarafta yer almıştır (Tablo 2). En düşük sarılık değeri ile en yüksek sarılık değeri arasında yaklaşık 2.5 kat fark çıkmıştır. En yüksek b\* sarılık değeri (38.00) 6 numaralı örnekten elde edilmiştir. Bu örnekte en yüksek sarılık değerinin neden kaynaklandığına ilişkin ilave çalışmalara ihtiyaç vardır. Karabıyık [43] %0 palm yağı (kontrol), %50 palm yağı ve %100 palm yağı ilaveli Kaşar peyniri örneklerinde b\* değerlerini sırasıyla 11.40, 12.60 ve 11.23 olarak bulmuştur.

Tulum benzeri peynir olarak toplanan örnekler için taşıdığı durumu ve bazı özellikler Tablo 2'de sunulmuştur. TGK Peynir Tebliği'ne göre tam yağlı tulum peynirini için kuru madde değeri en az %55; yarım yağlı, az yağlı ve yağsız tulum peyniri için ise en az %50 olmalıdır. Analiz edilen tulum peyniri örneklerinden 1, 3, 5, 7 ve 9 numaralı örneklerin kuru madde değerleri tebliğde verilen değerden düşük çıkmıştır. Örneklerden 1, 5, 7 ve 9 numaralı olanlar piyasada tam yağlı etiketiyle satışı yapılırken kuru madde bakımında sınır değerden düşük çıkmıştır. Örneklerden 3 numaralı olan yarım yağlı etiketiyle satışı yapılırken TGK Peynir Tebliği'nde belirtilen yarım yağlı tulum peynirleri için kuru madde sınır değeri olan %50'den düşük olduğu saptanmıştır. Tüketicinin tam yağlı diye aldığı peynir, aslında yarım yağlıdır. Yılmaz ve Karagözlü [45] taşıdığı durumunu belirlemek amacıyla İzmir piyasasından aldıkları 14 Tulum peyniri örneklerinden 4'ününün peynir tebliğine aykırı olduğunu rapor etmişlerdir. Dinkçi ve ark. [46], piyasadaki topladıkları 6 Kargı tulum peynir örneğinde kuru madde değerlerini %61.91-70.34 arasında ve ortalama %65.34 olarak rapor etmişlerdir. Elde edilen değerler Dinkçi ve ark. [46]'nın, bulunduğu ortalama değerden düşüktür. Tablo 2'in incelenmesinden anlaşılacağı üzere, en düşük yağ değeri ile en yüksek yağ değeri arasında %26.50 oranlık bir fark vardır. Örnekler ait KMY değerlerinin en düşüğü ile en yükseği arasındaki fark ise %46.38'dir (Tablo 2). TGK Peynir Tebliği'nde verilen KMY değerleri ile karşılaştırıldığında; örneklerin 4'ü tam yağlı, 5'i yarım yağlı ve biri az yağlı grupta yer almıştır. Fakat örneklerden 1 ve 5 numara ile gösterilenler piyasada tam yağlı tulum peyniri olarak satılmakta ve bu örneklerin tebliğe aykırı olarak yarım yağlı peynir sınıfında yer aldığı görülmektedir. Yılmaz ve Karagözlü [45] taşıdığı belirleme amaçlı analiz ettikleri 14 Tulum peyniri örneğinin 6'sının tam yağlı ve 8'ini de yarım yağlı olduğunu tespit etmiştir. Dinkçi ve ark. [46], tulum peynirleri için KMY değerlerini %28.8 ile %32.85 arasında bulurken, Morul ve İşleyici [47] Divle tulum peynir örnekleri için KMY değerini ortalama %32.4 ile %51.6 arasında bulmuşlardır. Tulum peyniri örneklerin pH değerleri 4.04 ile 5.29 arasında değişmiştir (Tablo 2). Elde edilen ortalama pH değeri, Kara ve Akkaya [48]'nin Afyon tulum peyniri için tespit ettikleri ortalama pH değerine (5.27) benzerdir. Örneklerin en düşük ve en yüksek titrasyon asitliği değerleri dikkate alındığında (Tablo 2), Morul ve İşleyici [47] tarafından 50 Divle tulum peynir örneği için verilen değerlerden (%0.36-%2.62) düşük olduğu gözükmetedir. Tulum peyniri örneklerinin L\* renk değerleri 89.29-93.82 arasında değişmiştir (Tablo 2). Sert [49] çiğ süt ile üretilen peynir örneklerinin 360 günlük olgunlaşma sonunda ortalama L\* değerini 81.51, ısıtılmış işlem görmüş örneklerde L\* değerlerini

ortalama 78.21 olarak bulmuştur. Araştırmacı, tulum peyniri örneklerinin L\* değerlerindeki değişimin farklı tür süt kullanımı ile açıklamıştır. Ayrıca süte uygulanan ısıtma işleminin ve olgunlaştırma aşamasında oluşan nem kaybı ve lipoliz derecesinin örneklerde parlaklığı oldukça azalttığını ifade etmiştir. Çalışmamızdan elde edilen değerler, Sert [49]'in bulduğu değerlerden yüksektir. Kırmızılık ve yeşillik hakkında bilgi veren a\* değerleri örneklerde en düşük değer ile en yüksek değer arasında 4 birimlik bir değişim söz konusudur (Tablo 2). Örneklerin a\* değerleri; Tarakçı ve Durmuş [50] tarafından Tulum peynirleri için verilen a\* değerinden (-0.93 ile -1.72) düşüktür. Kısaca çalışmada analiz edilen örneklerin a\* değerleri daha yeşildir. Örneklerin ortalama b\* değeri, yani sarılık/mavilik değerleri, 18.68 olarak bulunmuştur (Tablo 2). En düşük sarılık değeri 4 numaralı örnekte (12.84) tespit edilmiştir. Okur ve Güzel Seydim [41], ürettikleri Dolaz peyniri örnekleri için b\* değerini ortalama 24.45 olarak rapor etmişlerdir. Renk, peynir üretiminde kullanılan sütün çeşidine, uygulanan işlemlere ve olgunlaştırma metodlarına göre değişiklik göstermektedir [49].

Köy peyniri adı altında satılan örneklerin taşıdığı durumu ve bazı özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur. Köy peynirleri TGK Peynir Tebliği'ne göre salamurada olgunlaştırılmış peynirler grubunda yer almakta ve bu peynirlerde kuru madde değerinin en az %40 olması istenmektedir [29]. Buna göre elde ettiğimiz ortalama değer (%35.17), TGK Peynir Tebliği'nde verilen ortalama değerden düşüktür. Özellikle 1, 2 ve 5 numaralı köy peyniri örneklerinin kuru madde değerleri tebliğdeki değerden düşük çıkmıştır. Kesenkaş ve ark. [51] 3 farklı işletmeden aldıkları köy peynirlerinde kuru madde değerlerini sırasıyla %37.82, %38.98 ve %42.57 olarak rapor etmişlerdir. Kılıç [52], İstanbul semt pazarlarında satılan köy peynirlerinin ortalama kuru madde değerini %44.08 olarak bulmuştur. Çalışmada analiz edilen 6 köy peyniri örneğinin ortalama kuru madde değeri araştırmacıların rapor ettiği değerlerden düşüktür. Köy peyniri örneklerine ait yağ değerleri ortalama %8.91, KMY değerleri ise %15.11-%42.84 arasında bulunmuştur (Tablo 2). TGK Peynir Tebliği'ne göre, çalışmada analizi yapılan köy peynirlerinin ortalama KMY değeri az yağlı (10≤ süt yağı <25) peynirler kategorisine girmektedir [29]. Ancak örneklerden ikisi yarım yağlı etiketiyle satışı yapıldığı halde, KMY değerlerine göre (%15.11 ve %19.54) az yağlı peynir sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Şık [53], kırsal kesimlerde üretilen ve taze olarak pazarlarda satılan 50 adet peynir için KMY değerini ortalama %40.30 şeklinde rapor etmiştir. Çalışmada elde ettiğimiz ortalama KMY değeri (%23.75) araştırmacıların verdiği ortalama değerlerden düşüktür. Köy peyniri örneklerine ait pH değeri 4.46-5.90 arasında bulunmuştur (Tablo 2). Gölge ve Şahan [54], inek ve koyun sütünden üretilmiş Kelle peynir örneklerinin pH değerleri sırasıyla ortalama 5.47 ve 5.62 olarak bulmuşlardır. Bu çalışmadan elde edilen ortalama pH değeri, Gölge ve Şahan [54]'in verdiği değerden düşüktür. Şüpheli köy peyniri örneklerinin titrasyon asitliği değerleri %0.21 ile %1.94 arasında bulunmuştur. Kesenkaş ve ark. [51] İzmir yöresinde 3 farklı üretim yerinden temin ettikleri köy peynirleri için asitlik değerini olgunlaşmanın 90. gününde %0.10, %0.53 ve %0.38 olarak bulmuşlardır.

Çalışmamızda elde edilen ortalama değer Kesenkaş ve ark. [51]'nin bulunduğu değerlerden yüksektir. Çalışmada analiz edilen köy peynir örneklerinin L\* değerleri Tablo 1'de sunulmuştur. Hallaç ve ark. [55], otlu ve otsuz Siirt peyniri üzerine yaptıkları çalışmada örneklerin L\* değerini minimum 52.90, maksimum 77.82 olarak bulmuşlardır. Araştırmacılar, peynirlerde kullanılan otların L\* değerinde düşüşe, yani renkte koyulaşmaya neden olabileceğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada, 4 grup "yoğurt peyniri" örnekleri için L\* değerleri sırasıyla 85.03, 80.71, 83.24 ve 85.69 olarak rapor edilmiştir [56]. Çalışmada elde edilen L\* değerleri her iki çalışmada bildirilen değerlerden yüksektir. Dolayısıyla peynirlerde L\* değerleri, üretimde kullanılan ham madde ve yardımcı maddenin özelliklerine göre değişmektedir. Köy peynir örneklerine ait a\* değerleri (-4.75, -2.50) Tablo 2'de sunulmuştur. Çayır ve Güzeler [57] keçi sütü, inek sütü ve bu iki sütün karışımı ile ürettikleri Hatay köy peynirleri üzerine yaptıkları çalışmada, a\* değerlerini sırasıyla -2.31, -2.56, -2.45 ve -2.14 olarak bulmuşlardır. Çalışmamızda bulunan a\* değerlerinin, Çayır ve Güzeler [56] buldukları değerlerden düşük olduğu görülmektedir. Sarılık/mavilik değeri olarak ifade edilen b\* değeri, ortalama 13.42 olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Okur ve Güzel Seydim [41] 3 farklı üreticiden temin ettikleri Dolaz peynirleri için b\* değerini sırasıyla 23.36, 25.94 ve 24.42 şeklinde ve çalışmamızdan elde edilen değerlerden daha yüksek bulmuşlardır.

Piyasadan şüpheli olarak toplanan Eritme peynir örneklerine ait taşış durumu ve bazı özellikleri Tablo 2'de bir araya getirilmiştir. TGK Peynir Tebliği'ne göre eritme peynirlerin kuru madde değeri en az %40 olması gerekmektedir [29]. Analiz edilen örneklerden 1 numaralı örnek hariç, diğer örneklerin kuru madde değeri Tebliğ'de verilen değer üstündedir. Doruk [58], UHT ve klasik yöntem kullanarak ürettiği 10 adet eritme peyniri için kuru madde değerlerini ortalama sırasıyla %43.28 ve 41.95 olarak bulmuştur. Öztekin [59] yaptığı bir çalışmada eritme peynirleri için kuru madde değerini %45.67 olarak rapor etmiştir. Çalışmamızdan elde edilen ortalama değer, araştırmacıların elde ettiği ortalama değerlerden yüksektir. Eritme peynir örneklerine ait ortalama yağ değerleri (%4.25-29.50) ve kuru maddede yağ değerleri (%11.86-52.81) Tablo 2'de sunulmuştur. TGK Peynir Tebliği ile kıyaslanacak olursa piyasadan toplanan 2 ve 3 numaralı örnekler tam yağlı, 1 numaralı örnek az yağlı peynirler sınıfına girmektedir. Ancak bu peynirlerden 1 numaralı örnek (%11.86 KMY değeri) tebliğe göre az yağlı peynirler sınıfında yer alırken, etiketinde tam yağlı eritme peynir bilgisi yer almıştır. Bu yönüyle etiket bilgisi Tebliğ'e uygun değildir. Doruk [58] ortalama KMY değerlerini UHT tekniği ile üretilenler için %51.55, klasik yöntem ile üretilenler için ise %52.80 olarak bulmuştur. Yılmaz ve Karagözlü [45], İzmir piyasasında satışa sunulan tereyağı ve peynir örneklerinde taşış durumunu araştırdıkları çalışmada eritme peynirlerinin ortalama KMY değerini %31.93 ile %45.33 arasında tespit etmişlerdir. Analiz edilen eritme peynir örneklerine ortalama pH 5.53 olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Saldamlı [60] eritme tip peynirlerin pH değerlerinin 5.40-5.80 arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Turhan [61] eritme peynir örneklerinin pH değerini ortalama 5.89 olarak rapor etmiştir. Eritme

peynir örneklerinde tespit edilen asitlik değerleri (%0.51-1.38), Dolun [62] tarafından tespit edilen değerlere (%0.50-1.74) benzerdir. Eritme peynir örneklerinin ortalama L\* değeri 84.48, a\* değeri -4.97 ve b\* 14.96 değeri olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Göncü [63] eritme peyniri örnekleri için L\* değerini 83.53 ile 89.10 arasında bulmuştur. Elde ettiğimiz L\* değerleri Göncü [63]'nün bulunduğu aralıktaki değere benzemektedir. Doruk [58] UHT yöntemi ile üretilen eritme peynirleri için a\* değerini -0.59 ile -0.97 arasında, klasik yöntem ile üretilenler için -0.78 ile -0.85 arasında bulmuştur. Çalışmamızda elde ettiğimiz ortalama a\* değeri Doruk [58]'un bulunduğu değerlerden yüksektir. Doruk [58] ayrıca eritme peyniri için b\* değerlerini 14.04 ile 18.11 arasında tespit etmiştir. Çalışmamızda elde edilen ortalama b\* değeri (14.96), Doruk [58]'un tespit ettiği değerler ile benzeşmektedir. L\*, a\* ve b\* değerlerindeki tüm bu farklılıkların eritme peynirinde kullanılan ham maddelerin çeşitliliği, miktarı ve işleme yönteminden kaynaklandığı söylenebilir.

### Peynirlerde Taklit Durumu

Beyaz peynir adı altında satılan örneklerde taklit durumunu ortaya koymak amacıyla yapılan Nişasta varlığı, RM Sayısı ve yabancı yağ varlığı analiz sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir. Kurt ve ark. [30]'na göre inek sütü yağında RM sayısı 19-34 arasında değişmektedir. Ancak beslenme ve çevre koşullarına bağlı olarak RM sayısının 14'e kadar düşebileceği ifade edilmektedir [64]. RM sayısı şüpheli bulunan 1 ve 2 nolu Beyaz peynir örneklerde süt yağı dışında yağ varlığı analizi yapılmış, ancak sonuç negatif bulunmuştur. Balkır [4] hile varlığını tespit etmek amacıyla 17 adet kaşar peynir örnekleri üzerinde yaptığı bir çalışmada örneklerin RM sayılarını 10.14 ve 14.60 olarak tespit etmiş ve örneklerin 4 adedinde süt yağı dışında yağ tespit etmiştir. Bu çalışmada şüpheli olarak değerlendirilen beyaz peynir örneklerinde nişasta ve yabancı yağ (süt harici yağ) varlığına rastlanmamıştır. Balkır [4] ve Gülmez ve ark. [65] tarafından yapılan çalışmalarda da analiz edilen örneklerde nişasta tespit edilmemiştir. 2012-2015 yılları arasında Türkiye'de yapılan analizlerde hileli (taklit, taşış) olduğu saptanan gıdaların % 38'inin süt ve ürünleri olduğu ifade edilmiştir [66]. Kaya ve Yayla [67] ise, ülkemizde taklit ve taşış amacıyla süt ve ürünlerine en fazla nişasta ve bitkisel yağ ilave edildiğini, peynirlere ise daha çok nişasta katıldığını bildirmektedir.

Çalışmada analiz edilen Kaşar peyniri örneklerinde nişasta varlığı, RM sayıları ve yabancı yağ varlığı durumu Tablo 3'te sunulmuştur. Elde edilen RM sayılarının Kurt [30] tarafından verilen değerlerle (RM:19.00-34.00) uyumlu olduğu görülmektedir. Ancak en düşük değere sahip 5 numaralı örnekten (RM sayısı: 16.59) şüphelenildiğinden bu örnekte yabancı yağ varlığı analizi yapılmış, ancak analiz sonucu negatif bulunmuştur. Çalışılan örneklerde nişasta varlığına da rastlanmamıştır. Çetinkaya [34]'nın Kars ilinde, 15 adet beyaz peynir, 15 adet kaşar peyniri ve 15 adet yoğurt örnekleri üzerinde yaptığı çalışmada peynir örneklerinde nişastaya rastlanmıyken yoğurt örneklerinin 2 tanesinde nişasta tespit etmiştir. Balkır [4], piyasada

şüpheli ürün olarak gördüğü 17 adet kaşar peyniri üzerinde yaptığı çalışmada nişastaya rastlamamıştır.

Tablo 3. Şüphelenilen peynirlerde taklit durumu\*  
*Table 3. Imitation status in suspected cheeses\**

Şüpheli Peynir	Nişasta Varlığı	RM Sayısı	Yabancı Yağ Varlığı		
			RM Sayısı Şüpheli Örnek Sayısı	Yabancı Yağ Bulunan Örnek Sayısı	
Beyaz Peynir (n=12)	-	Ed	13.03	2	0
		Ey	40.10		
		$\bar{x}$	21.62±8.34		
Kaşar Peyniri (n=10)	-	Ed	16.59	1	0
		Ey	29.90		
		$\bar{x}$	25.82±3.71		
Tulum Peyniri (n=10)	4, 7, 8 ve 10 no'lu örneklerde pozitif	Ed	3.72	5	4
		Ey	29.19		
		$\bar{x}$	15.13±9.35		
Köy Peyniri (n=6)	-	Ed	14.30	2	0
		Ey	41.70		
		$\bar{x}$	29.03±12.82		
Eritme Peyniri (n=3)	-	Ed	28.87	1	0
		Ey	43.30		
		$\bar{x}$	37.39±7.56		

\*: n: Analiz edilen örnek sayısı, -: Nişasta tespit edilemedi, RM: Reichert-Meissl sayısı, Ed: En düşük, Ey: En yüksek,  $\bar{x}$ : Ortalama

\*: : Number of samples analyzed, -: No starch detected, RM: Reichert-Meissl number, Ed: Lowest, Ey: Highest,  $\bar{x}$ : Average

Tulum peyniri örneklerinin 4'ünde (4, 7, 8 ve 10 numaralı örnekler) nişasta tespit edilmiştir. Bu da toplam örneğin %40'ına denk gelmektedir (Tablo 3). Bilindiği üzere TGK Peynir Tebliği'ne göre sadece çeşnili peynirlerde çeşni maddesinden kaynaklı ve kullanılan çeşni maddesi ile orantılı olacak şekilde nişasta bulunabileceği, diğer peynirlerde ise nişastaya müsaade edilmeyeceği beyan edilmektedir (29). Bu çalışmada analiz edilen örneklerin hiçbirinin çeşnili olmadığı dikkate alınır, 4 örneğin TGK Peynir Tebliği'ne aykırı imal edildiği ortadadır. Bakırcı ve ark. [68] 40 adet yoğurt örneği üzerinde yaptıkları bir araştırmada 3 örnekte nişasta tespit etmişlerdir. Bu çalışmada analiz edilen örneklerin RM sayıları 3.72-29.19 arasında değişmiştir (Tablo 3). Kurt [30]'a göre inek sütü yağında RM sayısı 19-34 arasında değişmektedir. Çalışmamızda analizi yapılan 1 numaralı (13.50), 4 numaralı (6.30), 7 numaralı (3.72), 8 numaralı (7.44) ve 10 numaralı (4.46) örneklerden yabancı yağ varlığı konusunda şüphelenilmiş ve bu örnekler yabancı yağ varlığı analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 1 numaralı örnek (13.50) hariç diğer şüpheli görülen 4, 7, 8 ve 10 numaralı örneklerde yabancı yağ tespit edilmiştir. Bu da normal tulum peyniriymiş gibi satılan önemli bir kısım örneklerin aslında taklit (imitasyon) peynir olduklarını göstermektedir. Aynı şekilde Balkır [4] da piyasadan topladığı 17 adet peynir örneğinin 4 tanesinde bitkisel yağ tespit etmiştir.

Köy peynirlerine ait RM sayısı ortalama 29.03 olarak tespit edilmiştir (Tablo 3). RM sayısı bakımından köy peyniri adı altında satılan peynirlerin 2 tanesinde RM sayısı 14.30 ve 15.02 olarak tespit edilmiştir. Bu örneklerin şüpheli olabileceği düşünülerek yabancı yağ

varlığı analizi yaptırılmış, ancak sonuçlar negatif çıkmıştır. Rutz [64], beslenme ve çevre koşullarına bağlı olarak RM sayısının 14'e kadar düştüğü ifade etmektedir. Köy peyniri örnekleri nişasta varlığı bakımından analiz edilmiş, ancak örneklerde nişasta varlığına rastlanmamıştır. Balkır [4] kaşar peyniri üzerine yaptığı bir çalışmada nişasta varlığına rastlamamıştır.

Eritme peyniri örneklerinde nişasta varlığına rastlanmamıştır (Tablo 3). RM sayısı en yüksek değere sahip örnekte (43.30) yabancı yağ varlığından şüphelenilmiş, ancak yapılan analizler sonucunda yabancı yağ varlığına rastlanmamıştır. Atamer ve Kaptan [69] manda sütü yağlarında RM sayısının 40'ı geçebileceğini ifade etmiştir. Yılmaz ve Karagözlü [45] İzmir piyasasında satışa tereyağı örneklerinde %20, kaşar peynirinde %60, tulum peynirinde %29, eritme peynirlerde ise %33 oranında bitkisel yağa rastlamışlardır.

### Nişasta ve Yabancı Yağ Tespit Edilen Örneklerin Duyusal Özellikleri

Analiz edilen Beyaz, Kaşar, Köy ve Eritme peyniri örneklerinde nişasta ve yabancı yağ varlığına rastlanmazken, incelenen 10 Tulum peynir örneklerinin 4'ünde nişasta ve süt yağı dışında yabancı yağa rastlanmıştır. Nişasta ve yabancı yağ varlığı pozitif çıkan Tulum peyniri örnekleri 4, 7, 8 ve 10 numaralı örneklerdir. Bu örnekler için duyusal özellikler tarafımızdan tanımlanarak Tablo 4'te bir araya getirilmiştir.

Tablo 4 incelendiğinde taklit (imitasyon) peynir olarak tanımlanabilecek 4, 7, 8 ve 10 numaralı örneklerin

renkleri beyazdan sarıya kadar değişim göstermiştir. Yapı özelliklerinde ise yumuşaklık ve kumsu yapı ön plana çıkmaktadır. Nişasta ve yabancı yağ tespit edilen örneklerde ağır koku ve ekşimsilik kokusu hakimdir. Sözü edilen dört örnekte yavan tat ön plana çıkmıştır. Balkır [4] yaptığı çalışmada farklı yardımcı hammaddeler kullanarak 8 çeşit imitasyon (taklit) peynir üretmiş ve duyuşal özelliklerini incelemiştir. Araştırmacı %21.32 oranında bitkisel yağ (R1) ve %24 oranında bitkisel yağ (R2) kullanarak yaptığı imitasyon peynirlerinde lezzet

puanlarını en düşük (sırasıyla 1.00 ve 1.50 puan) bulmuştur. Araştırmacı yine bitkisel yağ katkılı R1 ve R2 imitasyon peynirlerinin görünüş ve doku özelliklerini de diğerlerine kıyasla en düşük bulmuştur. Yağsız süttan yapılan peynirlerde yavan tat oluşumu kaçınılmazdır. Bu durum, gerek bizim araştırmamız neticesinde tespit edilen yavan tat ve gerekse Balkır [4]'in yaptığı araştırmadaki düşük lezzet puanları ile örtüşmektedir.

Tablo 4. Nişasta ve yabancı yağ tespit edilen Tulum peynir örneklerinin tanımlanan duyuşal özellikleri

*Table 4. Defined sensory properties of Tulum cheese samples in which starch and foreign fat were detected*

Örnek No	Renk	Yapı	Koku	Tat
4	Beyaz	Granüler, hafif yumuşak	Normal	Yavan ve plastik tadı
7	Sarımsı	Granüler, yumuşak	Ağır koku	Yavan ve tuzsuz
8	Krem	Granüler, sert	Ekşimsi	Ekşi ve tuzlu
10	Krem	Kuru ve kumsu	Ekşimsi	Tuzlu ve yavan

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada piyasada satışa sunulan bazı peynirlerde taklit (imitasyon) ve taşışş durumu araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; analiz edilen Beyaz, Kaşar, Tulum, Köy peyniri ve Eritme peynir örneklerinin bir kısmı kuru madde ve kuru maddede yağ oranı bakımından TGK Peynir Tebliği'ne uygun bulunmamıştır. Her bir peynir çeşidine ait bazı örneklerde tespit edilen kuru madde ve kuru maddede yağ oranları, etiketinde belirtilen değerlerden düşük çıkmıştır. Beyaz peynir, Kaşar peyniri, Köy peyniri ve Eritme peynir örneklerinde nişasta ve yabancı yağ varlığına rastlanmamıştır. Ancak analiz edilen Tulum peyniri örneklerinden 4'ünde nişasta ve yabancı yağ varlığı tespit edilmiştir. Oysa TGK Peynir Tebliği'ne göre çeşnili peynirler hariç, diğer peynirlerde nişasta bulunmasına ve ayrıca peynirlerde süt yağı haricinde başka yağ bulunmasına izin verilmemektedir. Nişasta ve yabancı yağ bulunan örneklerde yapılan tespitlerde örneklerde yavan tat dikkati çekmiştir. Sonuç olarak ülkemizde peynir üretiminde taklit (imitasyon) ve taşışş mevzuata aykırı olduğu halde; üretilen ve piyasada satışa sunulan peynirler arasında taklit ve taşışş yapılmış peynirlere rastlanmıştır. Bu durum hile, haksız kazanç ve tüketicilerin aldatılması anlamlarına geldiğinden piyasanın daha sıkı denetlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Bachmann, H.P. (2001). Cheese analogues: A Review. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 505-515.
- [2] O'Riordan, E.D., Duggan, E., O'Sullivan, M., Noronh, N. (2011). Production of Analogue Cheeses. In *Processed Cheese and Analogues*, Edited by A.Y. Tamime, 1-24, Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 340p.
- [3] Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2000). *Fundamentals of Cheese Science*. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland.

- [4] Balkır, P. (2006). Taze Kaşar Peynirine Yapılan Hilelerin Belirlenmesi ve Taklit Taze Kaşar Peynirlerinin Ayırt Edilme Yöntemleri. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [5] Kiely, L.J., McConnell, S.L., Kindstedt, P.S. (1991). Observations on the melting behavior of imitation mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 35-68.
- [6] Shaw, W. (1984). Cheese substitutes: Threat or opportunity, *Journal of the Society of Dairy Technology*, 37(1), 27-31.
- [7] Guinee, T.P. (2007). Cheese-like Products. In *Cheese Problems Solved*, Edited by P.L.H. McSweeney, CRC Press Inc., Florida, USA, 402p.
- [8] Mounsey, J.S., O'Riordan, E.D. (2008). Characteristics of imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocolloids*, 22 (6), 1160-1169.
- [9] Suna, G., Ersan, L. (2020). Peynir benzeri ürünlerde inovatif yaklaşımlar: İmitasyon peynir. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 13(1), 23-31.
- [10] El-Bakry, M., Duggan, E., O'Riordan, E.D., O'Sullivan, M. (2011). Effect of chelating salt type on casein hydration and fat emulsification during manufacture and post manufacture functionality of imitation cheese. *Journal of Food Engineering*, 102(2), 145-153.
- [11] [11] Badem, A., Uçar, G. (2016). Analog peynir. 4. *International Symposium on Development of Kop Region*, 21-23 Ocak 2016, Karaman.
- [12] Guinee, T.P. (2011). Cheese: Pasteurized processed cheese products. In *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Edited by J.W. Fuquay, Academic Press, San Diego, USA, pp805-813.
- [13] Wynn, J.D., Denton, G.T., Bell, R.J., Vernan, H.R., Custer, L.R. (1978). Preparation of imitation cheese. *United States Patent*: 4-104-413.
- [14] Kreisman, L.N., Labuza, T. (1978). Storage stability of intermediate moisture food process cheese food products. *Journal of Food Science*, 43(2), 341-344.
- [15] Cavalier-Salou, C., Cheftel, J.C. (1991). Emulsifying salts influence on characteristics of

- cheese analogs from calcium caseinate. *Journal of Food Science*, 56(6), 1542-51.
- [16] Hsieh, Y.L., Yun, J.J., Rao, M.A. (1993). Rheological properties of mozzarella cheese filled with dairy, egg, soy proteins and gelatin. *Journal of Food Science*, 58(5), 1001-1004.
- [17] Berger, W., Klostermeyer, H., Merkenich, K., Uhlmann, G. (1993). Raw materials and added ingredients. In *Processed Cheese Manufacture: A JOHA guide*, Edited by H. Klostermeyer, BK Ladenburg GmbH, Ladenburg, 238p.
- [18] Mulvihill, D.M., McCarthy, A. (1993). Relationship between plasmin levels in rennet caseins and proteolytic and rheological changes on storage of cheese analogues made from these caseins. *Journal of Dairy Research*, 60(3), 431-438.
- [19] El-Sayed, M.M. (1997). Use of plant protein isolates in processed Cheese. *Food/Nahrung*, 41(2), 91-95.
- [20] Muir, D.D., Tamime, A.Y., Shenna, M.E., Dawood, A.H. (1999). Processed cheese analogues incorporating fat-substitutes: 1.Composition, microbiological quality and flavour changes during storage at 5°C. *LWT-Food Science Technology*, 32(1), 41-49.
- [21] Mounsey, J.S., O'Riordan, E.D. (1999). Empirical and dynamic rheological data correlation to characterize melt characteristics of imitation cheese. *Journal of Food Science*, 64(4), 701-703.
- [22] Lobato-Calleros, C., Valazquez-Varela, J., Sanchez-Garcia, J., Vernon-Carter, E.J. (2003). Dynamic rheological of Mexican Manchego cheese-like products containing canola oil and emulsifier blends. *Food Research International*, 36(1), 81-90.
- [23] Montesinos-Herrero, C., Cottell, D.C., O'Riordan, D., O'Sullivan, M. (2006). Partial replacement of fat by functional fibre in imitation cheese: Effects on rheology and microstructure, *International Dairy Journal*, 16(8), 910-919.
- [24] Dimitreli, G., Thomareis, A.S. (2009). Instrumental textural and viscoelastic properties of processed cheese as affected by emulsifying salts and in relation to its apparent viscosity. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 261-75.
- [25] Jana, A.H., Patel, H.G., Suneeta, P., Prajapati, J.P. (2010). Quality of casein based mozzarella cheese analogue as affected by stabilizer blends. *Journal of Food Science and Technology*, 47(2), 240-242.
- [26] Awad, R.A., Salama, W.M., Farahat, A.M. (2014). Effect of lupine as cheese base substitution on technological and nutritional properties of processed cheese analogue. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 13(1), 55-64.
- [27] Badem, A. (2015). Rennet Kazeinin Kaşar Peynirinin Kimyasal Mikrobiyolojik ve Duyusal Kalite Niteliklerine Etkisi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [28] Yalman, M., Güneşer, O., Yüceer, Y. (2017). Evaluation of some physical, chemical and sensory properties of Kasar cheese and its processed and analogue types. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(1): 63-75.
- [29] Anonim, (2015), Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği. Tebliğ No: 2015/6.
- [30] Kurt A, Çakmakçı S, Çağlar A. (1996). Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi, Genişletilmiş 6. Baskı, No: 252/D Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- [31] Metin, M., Öztürk, G.F. (2010). Süt ve Mamulleri Analiz Yöntemleri. Ege Meslek Yüksekokulu Yayın No:24, Ege Meslek Yüksekokulu Basımevi, Bornova, İzmir.
- [32] Anonim, (2001). Official Journal of the European Communities, 37-86.
- [33] Metin, M. (1977). Süt ve Mamüllerinde Kalite Kontrolü, Ankara Ticaret Borsası Yayınları No: 1, Ankara
- [34] Çetinkaya, A. (2021). Kars piyasasında satışı sunulan yoğurt, beyaz peynir ve Kars kaşar peynirlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Gıda*, 46(5), 1233-1242.
- [35] Yalçın, S., Ardiç, M., Nizamlioğlu, M. (2007). Urfa peynirinin bazı kalite nitelikleri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 2(3), 90-95.
- [36] Bilgin, M.G., Bayır, A.G., Özkan, B. (2023). İstanbul'da satışı sunulan Beyaz peynirlerde bazı kimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi. *Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi* (5): 4-9.
- [37] Coşkun, H., Çağlar, A. (1997). Süt teknolojisinde pH'nın önemi, süt ve süt ürünlerinde ölçülmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 161-169.
- [38] Paksoy, G. (2016). Bazı Baharatların Ultrafiltre Beyaz Peynir Kalitesi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- [39] Koca, N. (2009). İzmir Teneke Tulum Peynirinin Bileşimi, Renk, Dokusal ve Duyusal Özellikleri. II. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 22-27 Mayıs 2009, Van, Türkiye, p733.
- [40] Demirtaş, M. (2018). Keçi Sütünden Farklı Pıhtılaştırma Yöntemleri ile Üretilen Tulum Peynirlerinin Olgunlaşması Esnasında Meydana Gelen Değişmeler. Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- [41] Okur, Ö.D., Güzel Seydim, Z. (2011). Geleneksel dolaz peynirinde bazı karakteristik özelliklerin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2), 113-117.
- [42] Subaşı, K. (2021). Coğrafi İşaretili Ezine ve Edirne Beyaz Peynirleri İle Malkara Eski Kaşar Peynirlerinin Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin ve Yağ Asidi Bileşenlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- [43] Karabıyık, H. (2014). Kaşar Peynir Üretiminde Bitkisel Yağların (Palm Yağı) Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- [44] Musullugil, S. (2011). Sıvı Tütsü Kullanımının Taze Kaşar Peynirinin Nitelikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [45] Yılmaz, Ö.A., Karagözlü, C. (2020). İzmir piyasasında satışı sunulan tereyağı ve peynir

- örneklerinin  $\beta$ -sitosterol içeriklerinin tespiti ile taşıyış belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(2), 257-265.
- [46] Dinkçi, N., Ünal, G., Akalın, A.S., Varol, S., Gönç, S. (2012). Kargı tulum peynirinin kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(3), 287-292.
- [47] Morul, F., İşleyici, Ö. (2012). Divle tulum peynirinin kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23 (2), 71-76.
- [48] Kara, R., Akkaya, L. (2015). Afyon tulum peynirinin mikrobiyolojik ve fiziko-kimyasal özellikleri ile laktik asit bakteri dağılımlarının belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(1), 1-6.
- [49] Sert, D. (2011). Geleneksel Yöntemle Üretilen Tulum Peynirlerinde Kullanılan Sütün Orijinine Bağlı Olarak Olgunlaşma Esnasında Meydana Gelen Bazı Değişmelerin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [50] Tarakçı, Z., Durmuş, Y. (2016). Effects of packaging materials on some ripening characteristics of tulum cheese. *Packaging materials and ripening characteristics. Mljekarstvo*, 66(4), 293-303.
- [51] Kesenkaş, H., Dinkçi, N., Kınık, Ö. (2012). Farklı işletmelerde üretilen köy peynirlerinin özellikleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(2), 167-173.
- [52] Kılıç, B. (2002). İstanbul Semt Pazarlarında Satışa Sunulan Köy Peynirlerinin Bazı Kalite Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- [53] Şık, B. (1995). Farklı Kırsal Kesimde Üretilen ve Taze Olarak Pazarlarda Satılan Peynirlerin Bazı Patojen Mikroorganizma İçerikleri ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- [54] Gölge, Ö., Şahan, N. (2008). Geleneksel yöntemle üretilen kelle peynirlerinin bazı kalite özellikleri. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum, Bildiri kitabı, 677-680s.
- [55] Hallaç, B., Güçer, Y., Kılınççeker, O., Poyrazoğlu, E.S. (2021). Geleneksel Siirt peynirlerinin mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin belirlenerek halk sağlığı açısından değerlendirilmesi. *ADYÜTAYAM*, 9(1), 61-72.
- [56] Özbek, Ç., Güzeler, N. (2017). Yoğurt peyniri üretiminde kullanılan yoğurt miktarının peynirin bazı özelliklerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1), 35-38.
- [57] Çayır, M.S., Güzeler, N. (2020). İnek, keçi sütü ve bunların karışımlarından üretilen Hatay köy peynirlerinin bazı kalite özellikleri. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 39(9), 27-34.
- [58] Doruk, İ. (2018). Farklı Proses Tekniklerinin Eritme Peynir Yapımında Ürün Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- [59] Öztekin, Ş.F. (2003). Farklı Oranlarda Yağ İçeren Beyaz Peynirlerden Elde Edilen Eritme Peynirlerinin Genel Nitelikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [60] Saldamlı, İ. (1987). Eritme Peynirleri ve Çeşitleri. Tarım, Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara İl Kontrol Laboratuvarı Müdürlüğü, Yayın No: 7, Ankara.
- [61] Turhan, S. (1993). Yağsız Sütten İşlenmiş Taze Peynirler ile Kaşar Peyniri Karışımından Eritme Peyniri Üretimi ve Üretilen Peynirlerin Bazı Kalite Kriterleri Üzerinde Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- [62] Dolun, Y. (1974). Kaşar, Tulum, Beyaz ve Lor Peynirlerinden Çeşitli Karışım ve Oranlarda Yapılan Eritme Peynirleri Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- [63] Göncü, B. (2018). Bazı Baharat Çeşitlerinin Dilimlenebilir Eritme Peyniri Üretiminde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- [64] Rutz, W.M.D., Martin, W.H., Whitnah, C.H. (1955). Reichert-Meissl numbers of butterfat from commercial products produced in Kansas. *Journal of Dairy Science*, 38(4), 387-390.
- [65] Gülmez, M., Oral, N., Güven, A., Baz, E., Sezer, Ç., Duman, B. (2004). Kars'ta tüketime sunulan kaşar peynirlerinin bazı mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 10(2), 183-88.
- [66] Ekşi, A. (2017). Gıda gerçekliği ve doğrulanması. 1. *Tarım ve Gıda Etiği Kongresi*, 10-11 Mart 2017, Ankara, Türkiye, Bildiri Kitabı, 27-35p.
- [67] Kaya, S.Y., Yayla, F. (2020). Resmi verilere göre Türkiye'de taklit ve taşıyış yapılan yiyecek ve içecekler. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 8(4), 3108-3128.
- [68] Bakırcı, İ., Tohma, Ş.G., Kavaz, A. (2015). Erzurum piyasasında satışa sunulan yoğurtların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Gıda*, 13(2), 127-134.
- [69] Atamer, M., Kaptan, N. (1982). Ankara'da tüketime sunulan kahvaltılık tereyağların nitelikleri üzerinde araştırmalar. *Gıda*, 7(4), 189-198.

## 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 editörlere irtibata geçebilirsiniz.

- Gönderilecek çalışmanın dergide hangi tür makale olarak (Araştırma Makalesi, Derleme Makale, Araştırma Notu, Mini Derleme, Görüş ve Editöre Mektup) yayınlanması istendiği yazar(lar) tarafından mutlaka belirtilmelidir.
- Yazar(lar) tarafından çalışmayı değerlendirebileceği düşünülen ve yazar(lar)la çıkar çatışması/çakışması olmayan en az 3 potansiyel hakem iletişim bilgileri de (yazışma adresi, e-posta ve telefon numarası) verilerek önerilmelidir. Önerilecek hakemler yazarın kendi kurumu dışından olmalıdır.
- Gönderilecek çalışmalar yazım ve imla hataları içermemelidir. İngilizceden Türkçeye tercüme edilen teknik terimler "Gıda Mühendisliği Teknik Terimler Rehberi"nde [Gıda Mühendisleri Odası, Kitaplar Serisi No: 17, Filiz Matbaacılık, Ankara, 232s, ISBN: 978-9944-89-407-4] tavsiye edilen şekliyle kullanılmalıdır.
- Gönderilen çalışmaların daha önce hiç bir yerde yayınlanmadığı yazar(lar) tarafından garanti edilmelidir.
- Yayın Kurulu yayına kabul edilmiş çalışmalarda gerekli değişiklikleri yapmaya yetkilidir.

### Makalelerin Değerlendirilmesi

Yayımlanmak üzere Akademik Gıda dergisine gönderilen çalışmalar öncelikle Editörlerin ön incelemesinden geçmektedir. İlk incelemeyi geçen çalışmalar, değerlendirilmek üzere en az iki bağımsız hakeme gönderilmektedir. Çalışmaların değerlendirilmesinde hakemlerin makale yazar(lar)ını, makale yazar(lar)ının hakemleri görmediği çift-kör (double-blind) değerlendirme sistemi kullanılmaktadır. Editörler (i) dergi kapsamı dışında olan, (ii) teknik açıdan yetersiz, (iii) kendi içerisinde bütünlük ve

tutarlılık arz etmeyen sonuçlar içeren veya (iv) kötü yazılmış çalışmaları doğrudan reddetme hakkına sahiptir.

### Yayın Ücreti

Sidas Medya Limited Şirketi'nin 5 Ocak 2023 tarihli kararı uyarınca, 15 Ocak 2023 tarihinden sonra Akademik Gıda dergisine gönderilen Türkçe makaleler için "kabul/red şartına bağlı olmaksızın" yazar/yazarlar tarafından katkı payı olarak 300 TL (KDV Dahil) ödenmesi uygun görülmüştür. İngilizce olarak dergiye gönderilen makalelerden herhangi bir ücret talep edilmemektedir.

### Etik Beyanı

Dergi yayın politikası, makalelerin değerlendirilmesi ve etik hususlar ile ilgili detaylı bilgilere Etik Beyanı kısmından ulaşılabilir.

### Çalışmaların Hazırlanması

1. Çalışmalar A4 boyutunda hazırlanmalı, üstten 2.45 cm, alttan 2.45 cm, sağ ve soldan 1.75 cm boşluk bırakılmalı ve tek kolon olarak hazırlanmalıdır. Metin çift satır aralıklı yazılmalı, paragraflar arasında tek satır boşluk bırakılmalıdır. Metinde bütün satırlar (sürekli) numaralandırılmalıdır.

2. Çalışma başlığı 14 punto Arial, koyu, küçük harflerle ve ortalanmış olarak yazılmalıdır. Başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılmalı (11 punto); yazar isimleri (yalnızca ilk harfler büyük) 10 punto Arial ve ortalanmış olarak verilmelidir. Yazarların adresleri, telefon ve faks bilgileri ile yazışmalardan sorumlu yazarın e-posta adresi hemen alt satırda 9 punto Arial, ilk harfler büyük olacak şekilde ve ortalanmış olarak yazılmalıdır. Yazarların çalıştıkları kuruluşlar (ve/veya adresler) farklı ise her bir yazar isminin sonuna rakamlarla üst indis konulmalıdır.

3. Metin içindeki kısımların başlıkları (ÖZ, ABSTRACT, GİRİŞ vb.) 10 punto Arial ve koyu olarak büyük harflerle yazılmalı, başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılarak metine geçilmelidir. Alt başlıklarda ilk harfler büyük, 10 punto Arial ve koyu yazı karakteri kullanılmalıdır. ÖZ'ün altına bir satır boşluk bırakıldıktan sonra en fazla 5 adet Anahtar Kelime konmalıdır. Anahtar Kelimelerden sonra bir satır boşluk bırakılarak İngilizce başlık ve altına ABSTRACT ve Keywords yazılmalıdır. Bir satır boşluk bırakılarak ana metine geçilmelidir.



4. Ana metin 9.5 punto Arial olarak hazırlanmalıdır.

5. Çalışma başlıca şu kısımlardan oluşmalıdır: Başlık, Yazar İsimleri, Adresleri, İletişim Bilgileri, Yazışmalardan Sorumlu Yazarın E-posta adresi, Öz, Abstract, Ana Metin (Giriş, Materyal ve Metot, Bulgular ve Tartışma, Sonuç), Teşekkür (gerekliyse), Kısaltmalar (gerekliyse), Kaynaklar.

6. Öz ve Abstract 250 kelimeyi geçmemeli, çalışmanın amacını, metodunu ve önemli sonuçlarını içermelidir. Öz tek paragraf olarak yazılmalı ve öz içinde kaynaklara atıf yapılmamalıdır.

7. Çalışma içerisinde geçen mikroorganizma isimleri ile Latince ifade ve isimler italik olarak yazılmalı ve kısaltmalarda uluslararası yazım kuralları göz önünde bulundurulmalıdır.

8. Tablo başlıkları tablonun üstüne, şekil başlıkları ise şeklin altına yazılmalı ve numaralandırılmalıdır. Kullanılan tablo ve şekillere metin içinde mutlaka atıf yapılmalıdır. Metin içinde geçen veriler tablo ve şekillerin tekrarı olmamalıdır. Tablo ve şekillerin başlıkları içerikleriyle uyumlu ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller ve resimlerin yüksek çözünürlükte olmasına dikkat edilmelidir. Resimler (ve 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., Hepbaşı, 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 300 TL submission fee for Turkish manuscripts submitted after January 15, 2023. This fee may not be waived. No 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 alması ve çevrimiçi olarak pdf dosyaları halinde yayımlanır. İlgili veritabanlarında bu şekilde indekslenir.

### Yayın Ücreti

Akademik Gıda dergisinde makalelerin yayınlanması için herhangi bir yayın ücreti talep edilmemektedir.

### Gizlilik

Editörler, Akademik Gıda'ya gönderilen tüm makaleleri tam bir gizlilikle ele alır. Editörler, hakemler haricinde, COPE tavsiyelerine uyulmadığı takdirde, üçüncü şahıslara makale ile ilgili hiçbir bilgi vermezler. Yayımlanmak üzere dergiye gönderilen makaleler hakemler için de gizlidir ve bilimsel değerlendirme için aldıkları makalelerin herhangi bir bölümünü üçüncü şahıslarla paylaşmalarına veya dağıtmalarına izin verilmez. Suiistimal şüphesi olduğunda, hakemlerin derhal gizli bir şekilde yayın ofisine başvurmaları önerilir. Hakemler ayrıca, Dergi Editörleri 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 kullanımın, 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**