

ISSN Online 2148-015X

ACADEMIC FOOD JOURNAL

AKADEMİK

GIDA



Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademik-gida> Cilt/Volume: 20 Sayı/Number: 3 Temmuz - Eylül 2022

ACADEMIC FOOD JOURNAL
A JOURNAL ON FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

SİDAS MEDYA

AKADEMİK GIDA®
ACADEMIC FOOD JOURNAL

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

Baş Editör / Editor-in-Chief

Oğuz Gürsoy

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



ogursoy@yahoo.com

Yardımcı Editörler / Associate Editors

Özer Kınık

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



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

Yusuf Yılmaz

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



usuf.yilmaz@mehmetakif.edu.tr

Teknik Editör / Technical Editor

Hande Özge Güler Dal

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



handeguler@mehmetakif.edu.tr

Uluslararası Yayın Kurulu / International Editorial Board

Gıda Mühendisliği / Food Engineering

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

Gıda Kimyası / Food Chemistry

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Fahrettin Göğüş	Gaziantep University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Gaziantep	Turkey
Piotr Koczon	Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Food Sciences, Department of Chemistry	Warsaw	Poland
Erdoğan Küçüköner	Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Isparta	Turkey
Semih Ötles	Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	İzmir	Turkey
Beraat Özçelik	Istanbul Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Food Engineering Department	İstanbul	Turkey
Osman Sağdıç	Yıldız Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Food Engineering Department	İstanbul	Turkey
Romeo Toledo	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
Iuliana Aprodu	Dunarea de Jos University of Galati, Department of Food Science, Food Engineering and Applied Biotechnology,	Galati	Romania
Muhammet Arıcı	Yıldız Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Food Engineering Department	İstanbul	Turkey
Jurislav Babic	University of Osijek, Faculty of Food Technology	Osijek	Croatia
Oana Emilia Constantin	Dunarea de Jos University of Galati, Department of Food Science, Food Engineering and Applied Biotechnology,	Galati	Romania
İbrahim Çakır	Abant İzzet Baysal University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Bolu	Turkey
Ahmet Hilmi Çon	Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Samsun	Turkey
Mehmet Yekta Göksungur	Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	İzmir	Turkey
Sebnem Harsa	İzmir Institute of Technology, Food Engineering Department	İzmir	Turkey
Patricia Munsch-Alatossava	Independent Researcher	Helsinki	Finland
Ömer Şimşek	Yıldız Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Food Engineering Department	İstanbul	Turkey
Özgür Tarhan	Uşak University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Uşak	Turkey

Gıda Analizleri / Food Analysis

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

Gıda Ambalajlama / Food Packaging

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

Süt Teknolojisi / Dairy Technology

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

Yağ Teknolojisi / Oil and Fat Technology

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Aydın Yapar	Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Denizli	Turkey
Emin Yılmaz	Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Çanakkale	Turkey

Hububat Teknolojisi / Cereal Technology

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

Et Teknolojisi / Meat Technology

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

Meyve-Sebze Teknolojisi / Fruit and Vegetable Technology

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Chockry Barbana	Canadian Food Inspection Agency	Montréal	Canada
Utku Çopur	Uludağ University, Faculty of Agriculture, Food Engineering Department	Bursa	Turkey
Seda Ersus	Ege University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	İzmir	Turkey
Hakan Karaca	Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Denizli	Turkey
Sebahattin Nas	Pamukkale University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Denizli	Turkey
Ayhan Topuz	Akdeniz University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Antalya	Turkey
Yakup Sedat Velioğlu	Ankara University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Ankara	Turkey
Ünal Rıza Yaman	Tire Kutsan Vocational School, Department of Food Technology	İzmir	Turkey
Oktay Yemiş	Sakarya University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department	Sakarya	Turkey
Ufuk Yücel	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
Adriana Pavesi Ariseto Bragotto	State University of Campinas, Faculty of Food Engineering	Campinas	Brazil
Gözde Ede	Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Health Sciences, Nutrition and Dietetic Department	Burdur	Turkey

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

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

Akademik Gıda 20 (3) (2022)
İÇİNDEKİLER / CONTENTS

■ Editörden / Editorial

VII-VIII

■ MAKALELER / PAPERS

■ Araştırma Makaleleri / Research Papers

Acceptability and Shelf-life Testing of Newly Formulated Crab Balls from Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*) / Mavi Yüzen Yengeçten (*Portunus pelagicus*) Yeni Formüle Edilmiş Yengeç Köftelerinin Kabul Edilebilirlik ve Raf Ömrü Testi / Qhaironessia H. Ajik-Cerbas, Rosita T. Jumdain, Albaris B. Tahluddin

199-210

Isolation of Distinct Lactobacillaceae spp. with Functional Characteristics from Traditional Sourdough Samples / Geleneksel Ekşi Hamur Örneklerinden Fonksiyonel Özelliklere Sahip Farklı Lactobacillaceae spp. İzolasyonu / Hümeýra İspirli, Enes Dertli

211-219

Improvement of Olive Oil Quality with Innovative Olive Cleaning System / Yenilikçi Zeytin Temizleme Sistemi İle Zeytinyağı Kalitesinin İyileştirilmesi / Didar Sevim, Oya Köseoğlu, Uğur Şumnulu, Pınar Kadıroğlu, Mehmet Erdan, Mehmet Tosun, Aslı Yıldırım Vardin

220-231

Comparative Effects of Probiotic, Prebiotic, L-Arginine, and Fenugreek on Some Quality Criteria of Fermented Red Meat Pâté / Probiyotik, Prebiyotik, L-Arginin ve Çemen Otunun Ezme Kırmızı Etin Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Olan Karşılaştırmalı Etkileri / Uğur Göğüş

232-243

Kinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) Unu ile Zenginleştirilen Muffin Keklerin Bazı Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri / Some Physicochemical and Sensory Properties of Muffin Cakes Enriched with Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) Flour / Ezgi Özgören, Aydın Yapar

244-252

Farklı Sıcaklık ve Mikrodalga Güçlerinde Kurutulan Elma Dilimlerinin Kurutma Özelliklerinin Araştırılması ve Karşılaştırılması / Investigation and Comparison of Drying Properties of Apple Slices at Different Temperatures and Microwave Powers / Nizam Mustafa Nizamlioğlu

253-262

Gelincik Çiçeği (*Papaver rhoas L.*) Ekstraktından Soğuk Çay Üretimi / Production of Iced Tea from Poppy Flowers Extract / Merve Yüksel, Aybüke Acar, Fatma Gögen, Nezira Meryem Arslantaş, Serap Berktaş, Mustafa Çam

263-273

Hasat Zamanı ve Lokasyona Göre Biberiyenin (*Rosmarinus officinalis*) Uçucu Yağ Bileşimi / Essential Oil Composition of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) with Respect to Location and Harvesting Time / Muharrem Gölükcü, Orçun Çınar, Haluk Tokgöz, Fatma Uysal Bayar

274-282

■ Derleme Makaleler / Review Papers

Vitaminlerin Nanoenkapsülasyonu ve Nanoenkapsüle Vitaminlerin Sağlık Üzerine Etkileri / Nanoencapsulation of Vitamins and Health Effects of Nanoencapsulated Vitamins / Filiz Saman, Merve Tomaş

283-295

Spirulina Mikroalgının Besinsel Özellikleri ve Sağlık Üzerine Potansiyel Etkileri / Nutritional Properties of Spirulina Microalgae and Its Potential Effects on Human Health / Tuğçe Özlü, Banu Bayram

296-304

D-Alluloz Üretim Yöntemleri / Production Methods of D-Allulose / Erva Parıldı, Osman Kola

305-312

Dondurma Üretiminde Kullanılan Alternatif Stabilizerler / Alternative Stabilizers Used in Ice Cream Production / Fatma Zehra Kiper, Tuğba Karabekmez Erdem, Yekta Gezginç

313-320

■ Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları / Guidelines to Authors

IX-XII

■ Etik Beyanı / Ethics and Publication Malpractice Statement

XIII-XVIII

**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: 20

Sayı: 97

Temmuz - Ağustos - Eylül 2022

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 20. yayın yılının üçüncü sayısında yine sizlerle birlikteyiz. Bu sayımızda 8 araştırma ve 4 derleme çalışması olmak üzere toplam 12 makale yer almaktadır.

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

Yazarlarımıza hatırlatmak istediğimiz diğer önemli bir husus 2020 yılından itibaren dergimize gönderilecek makalelerde Etik Kurul izni gerektiren çalışmaların ilgili izni aldıkları ile ilgili bilgi ve belgelerini dergimize (makalelerini dergimize gönderme aşamasında) sunmaları gerekliliğidir.

Dergimizin etik hususlarla ilgili detaylı etik beyanına web sayfamızdan (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademik-gida/page/6477>) ulaşılabilir. Ayrıca dergimizde araştırma makalelerinin ve İngilizce olarak yazılan makalelerin değerlendirme ve yayınlanma sürelerinin diğer makalelere kıyasla oldukça kısa olduğunu yazarlarımıza tekrar hatırlatmak istiyoruz.

Daha fazla ulusal ve uluslararası veri tabanı ve indekste dizinlenmek ve derginin uluslararası düzeyde tanınırlığını arttırmak için çalışmalarımızı sürdürdüğümüzü zaman zaman sizlere iletmiştik. Bu çalışmalarımız sonucunda dergimizin 15 Şubat 2022 tarihi itibarıyla SCOPUS veri tabanına kabul edildiğini sizlerle paylaşmaktan mutluluk duyuyoruz (https://www.elsevier.com/_data/assets/excel_doc/0015/91122/extlistJuly2022.xlsx). Dergimizin 2022 yılı ilk sayısında yer alan makalelere Haziran ayı itibarıyla 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.

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**VI. International Joint Science Congress of Materials and Polymers**

Malzeme Bilimleri alanında son gelişmelerin tartışılacağı VI. International Joint Science Congress of Materials and Polymers disiplinlerarası kongresi 2022 yılı Eylül ayında Arnavutluk'ta düzenlenecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <http://iscmp.org/> adresinden ulaşılabilir.

Ulusal Meyvecilik Sempozyumu

Ulusal Meyvecilik Sempozyumu, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne bağlı Meyvecilik Araştırma Enstitüsü tarafından "Gıda Güvencesi Açısından Meyvecilik" temasıyla 27-30 Eylül 2022 tarihleri arasında Eğirdir'de düzenlenecektir. Sempozyum ile ilgili bilgilere <https://meyveciliksempozyumu.com/> adresinden ulaşılabilir.

Türkiye 14. Gıda Kongresi

İlki 25-27 Nisan 1978 tarihlerinde Gıda Teknolojisi Derneği ile Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği tarafından ortaklaşa düzenlenen Türkiye Gıda Kongrelerinin on dördüncüsü Gıda Teknolojisi Derneği tarafından çevrimiçi (online) olarak 19-21 Ekim 2022 tarihlerinde gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://gidakongresi2022.org/> adresinden ulaşılabilir.

7. Uluslararası Gıda Güvenliği Kongresi

Ülkemizde ve bölgemizde ana teması sadece "gıda güvenliği" olan tek uluslararası kongre olma özelliğini taşıyan Gıda Güvenliği Kongresi'nin 7.'si Gıda Güvenliği Derneği tarafından 3-4 Kasım 2022 tarihinde İstanbul'da gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://www.gidaguenligikongresi.org/> adresinden ulaşılabilir.

Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Kongresi

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü tarafından düzenlenecek olan ve gıdada sürdürülebilirlik konusu ile ilgili her alandan değerli bilim insanlarını, kamu kurum ve kuruluşlarının yetkililerini ve özel sektör temsilcilerini bir arada buluşturmayı hedeflenen Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Kongresi 10-12 Kasım 2022 tarihlerinde Manisa'da gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://surdurulebilirgida.mcbu.edu.tr/> adresinden ulaşılabilir.

V. Geleneksel Gıdalar Sempozyumunu

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Tarım ve Orman Bakanlığı, TMMOB Gıda Mühendisleri Odası ve TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası tarafından beşincisi düzenlenecek olan Geleneksel Gıdalar Sempozyumunu, 24-26 Kasım 2022 tarihleri arasında Bursa Uludağ Üniversitesi ev sahipliğinde hibrit olarak gerçekleştirilecektir. Sempozyum ile ilgili bilgilere <https://gelenekselgidalar.org/tr/> adresinden ulaşılabilir.

Acceptability and Shelf-life Testing of Newly Formulated Crab Balls from Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*)

Qhaironessia H. Ajik-Cerbas , Rosita T. Jumdain , Albaris B. Tahiluddin  ✉

Mindanao State University, Tawi-Tawi College of Technology and Oceanography, College of Fisheries, Sanga-Sanga, Bongao, Tawi-Tawi 7500 Philippines

Received (Geliş Tarihi): 02.07.2022, Accepted (Kabul Tarihi): 22.09.2022

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): albarist20@gmail.com (A.B. Tahiluddin)

☎ +639094260941 📠 +639177043148

ABSTRACT

Meatballs made from fishery products such as fish, shrimp, and squid are among the popular street foods in Asia. To meet the increasing demand for these street foods, there is a need to develop/formulate new balls out of fishery products. Hence, in this study, crab balls from blue swimming crabs (*Portunus pelagicus*) were formulated and standardized using three formulations (meat and binder ratio): Formulation A (50:50), Formulation B (60:40), and Formulation C (70:30). Sensory attributes such as flavor, color, texture (juiciness and chewiness), and general acceptability of the three formulations were evaluated by sensory panelists. Selected formulation was further analyzed in terms of shelf-life testing and comparison with the existing commercial squid ball. Consumer testing was also done to determine the feasibility of the formulated crab ball. Results revealed that Formulations B and C received the highest overall score of sensory attributes ($p<0.05$). Therefore, Formulation C was chosen for further analyses. It was found that the formulated crab ball had a higher acceptability than the commercial squid ball ($p<0.05$). Shelf-life testing revealed that the frozen formulated crab balls could last more than 35 days due to their consistent high to moderate general acceptability scores. This study suggests that blue swimming crab (*P. pelagicus*) can be used as an alternative raw material for fishery meatball preparation.

Keywords: Acceptability, Crab ball, Blue swimming crab, *Portunus pelagicus*, Sensory attributes

Mavi Yüzen Yengeçten (*Portunus pelagicus*) Yeni Formüle Edilmiş Yengeç Köftelerinin Kabul Edilebilirlik ve Raf Ömrü Testi

ÖZ

Balık, karides ve kalamar gibi su ürünlerinden yapılan köfteler, Asya'nın popüler sokak yemekleri arasında yer almaktadır. Bu sokak gıdalarına yönelik artan talebi karşılamak için, balıkçılık ürünlerinden yeni köfteler geliştirmeye/formüle etmeye ihtiyaç vardır. Bu nedenle, bu çalışmada, mavi yüzen yengeçlerden (*Portunus pelagicus*) elde edilen yengeç köfteleri üç formülasyon (et ve bağlayıcı oranı) kullanılarak formüle ve standardize edilmiştir: Formülasyon A (50:50), Formül B (60:40) ve Formül C (70:30). Tat, renk, doku (sululuk ve çiğnenebilirlik) gibi duyu nitelikler ve üç formülasyonun genel kabul edilebilirliği panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Seçilen formülasyon, raf ömrü testi ve mevcut ticari kalamar köftesiyle karşılaştırma açısından ayrıca analiz edilmiştir. Formüle edilmiş yengeç köftelerinin uygulanabilirliğini belirlemek için tüketici testleri de yapılmıştır. Sonuçlar, formülasyon B ve C'nin en yüksek genel duyu nitelik puanını aldığını ortaya koymuştur ($p<0.05$). Bu nedenle, ileri analizler için Formül C seçilmiştir. Formüle edilen yengeç köftesinin ticari kalamar köftesinden daha yüksek kabul edilebilirliğe sahip olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Raf ömrü testi, donmuş formüle edilmiş yengeç köftelerinin tutarlı yüksek ve orta genel kabul edilebilirlik puanları nedeniyle 35 günden fazla dayanabileceğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada, mavi yüzen yengecin (*P. pelagicus*) balık köftesi yapımında alternatif bir hammadde olarak kullanılabilirliği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kabul edilebilirlik, Yengeç köftesi, Mavi yüzen yengeç, *Portunus pelagicus*, Duyusal özellik

INTRODUCTION

Street foods refer to those ready-to-eat foods and beverages which are prepared and sold by hawkers and vendors in public places, mainly on streets [1, 2]. In addition, those foods sold around and within schools that are not coming from restaurants or school canteens are also considered street foods [1]. Hence, street foods are popular and attractive to young consumers [3] because they offer cheap and accessible meal options and as an alternative to home-cooked foods [2, 4-7].

A large number of people globally consume street foods in some form daily as a part of their eating habits [8]. It was estimated that about 2.5 billion people worldwide consumed street foods every day in 2007 [7]. Moreover, in many developing countries, street foods play considerable roles in providing socioeconomic and nutritional opportunities for many low and middle-income populace [1, 4, 9, 10]; and as important tourist attractions in Asia among foreigners [11].

Meatball, such as fish ball, is one of the famous street foods in Southeast Asia, which is served traditionally in various applications, such as cooked/served in noodles and soup, steamed/vegetable, or fried. It comes with various names depending on the country, like 'yu wan' in China, 'yu huan' in Singapore, 'bebola ikan' in Indonesia and Malaysia, 'nga soke' in Myanmar, 'look chin pla' in Thailand, and 'bola bola' in the Philippines [12]. Fish ball is typically white, round shape food that contains fish meat and other ingredients like starch, sugar, and salt, fried in oil, and sold on the street [13]. In the Philippines, meatballs made from fish and fishery products such as fish balls, squid balls, and shrimp balls are popular and widespread forms of street foods [13]. However, the use of crabs as meatballs is still in its infancy, and there is no available commercial crab ball on the markets, particularly in the southern Philippines.

Blue swimming crab (BSC, *Portunus pelagicus*) is an economically marine and estuarine species of crab widely distributed throughout the Indo-West Pacific [14]. Its meat, in the form of fresh or frozen, is popularly sold in the local markets and among crab-flesh canning businesses in Southeast Asia [15]. In the Philippines, BSC is one of the vital and abundant fishery resources that provide a source of livelihood for coastal dwellers [16]. BSC is rich in protein, saturated fatty acids, polyunsaturated and monounsaturated fatty acids, and minerals, such as magnesium, calcium, zinc, and iron [17]; and its nutritional contents of BSC greatly vary according to gender and edible parts [18]. It has been suggested in the previous study that due to its high nutritional contents, crab offers higher potential value-added products for commercial utilization [19]. For instance, Thomas et al. [20] studied and standardized BSC as a ready-to-eat pasteurized crab spread. Waste products of BSC showed potential food flavor [21]. Currently, studies on crab balls worldwide are limited [22]. To the best of our knowledge, there are no available studies on the use of BSC as raw material for balls. In an area where BSC is one of the readily available fishery resources harvested both from capture

fisheries and aquaculture, its promising use as value-added products such as crab ball formulation can be a big business and may offer new opportunities, especially for women involved in small or large scale enterprises. Thus, in this study, we formulated and standardized the crab ball made from BSC (*P. pelagicus*), determined its acceptability and shelf-life, compared it with the commercial squid ball, and tested its feasibility for commercialization.

MATERIALS and METHODS

The study was carried out at the Fish Processing Laboratory, College of Fisheries, Mindanao State University-Tawi-Tawi College of Technology and Oceanography, Bongao, Tawi-Tawi, Philippines (Figure 1).

Product Development

Prior to the experiment, a series formulation was done thrice a week for two weeks until the right flavor and texture were attained. The new crab meat was developed with a corresponding ratio of added ingredients.

Raw Material

The raw material, BSC (*P. pelagicus*), was procured from the Qhalipa Venture Processing Plant, Motorpool, Bongao, Tawi-Tawi, Philippines, and brought to the study site. The purchased crab was in the form of meat, which was freshly removed from the shell, cleaned, and free from any foreign materials. Upon arrival, the crab meat was washed, brined at 1:10 (1 cup salt: 10 cups water), drained, then minced using mortar and pestle, and set aside. The flour was sifted, and other ingredients like corn starch, carrots, sugar, salt, MSG, garlic, onion, ginger, white pepper, and water were prepared (Table 1).

Processing of Crab Balls

The lot was divided into three sub-lots, and the pre-weighed ingredients in different concentrations (Table 1) were added to each of the sub-lots. Each of the mixtures was mixed until pasty. Finally, each mixture was formed into balls manually with a uniform weight of approximately 10 grams, and these were dropped into the water at 90°C for 10 minutes (Figure 2).

Sensory Evaluation/Quality Determination

Sensory evaluation was performed at the end of the activities to determine the most acceptable product. The crab balls were fried at 135°C for 5 minutes prior to evaluation. Panelists, composed of seven professionals and students of the College of Fisheries, Mindanao State University-Tawi-Tawi College of Technology and Oceanography, were instructed on the sensory attributes to be used for each study. They were presented with products that possess the characteristics of bland flavor, color, and texture (juiciness and chewiness). They were asked to evaluate the attributes

using the 3-point hedonic scale, ranging from poor (score: 1) to good (score: 3) for flavor, dry (score: 1) to extremely juice (score: 3) for juiciness, tough (score: 1) to chewy (score: 3) for chewiness, dirty white (score: 1) to golden yellow (score: 3) for color, and unacceptable (score: 1) to highly acceptable (score: 3) for general acceptability. On the other hand, the crab ball and

commercial squid ball were compared based on the sensory attributes using the 3-point hedonic scale. Between each sample evaluation, water was served for cleansing the mouth.

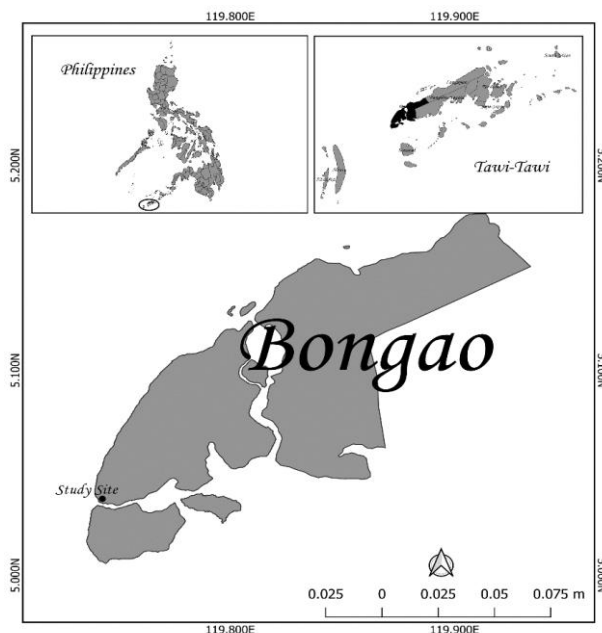


Figure 1. Map of the study site

Table 1. Lists of ingredients using three different formulations*

Ingredients	Weight (g)		
	Formulation A (50:50)	Formulation B (60:40)	Formulation C (70:30)
Crab	250	300	350
Flour	150	120	90
Corn starch	100	80	60
Total	500	500	500
<i>Other Ingredients</i>			
Carrots	35	35	35
Sugar	10	10	10
Salt	8	8	8
MSG	8	8	8
Garlic (ground)	5	5	5
Onion (ground)	5	5	5
Ginger (ground)	1	1	1
White pepper	2	2	2
Water with egg **	50 mL	50 mL	50 mL

*: Formula A (50:50) refers to the meat and binder ratio, which corresponds to meat concentrations of 50% and 50% binder flour and corn starch. Formula B (60:40) has a meat content of 60% and 40% binder flour and corn starch. Formula C (70:30) has a meat content of 70% and 30% binder flour and corn starch. ** 500 mL mixture of one piece egg and water

Shelf-life Testing Using Polyethylene Bag

Shelf-life of the most acceptable product was determined by changes in moisture content, pH value, and microbial test, as well as sensory attributes. Fifteen (15) pieces per pack or a total of seventy-five (75) pieces (5 packs) of the final product were stored at -12°C temperature in the freezer (Markes, Canada). The

products were withdrawn every after seven (7) days of storage for the duration of 35 days. Sampling was done in triplicate. Sensory evaluation of the frozen samples was performed on the day of production (Day 0) and after 7, 14, 28, and 35 days of storage. All samples withdrawn were analyzed for moisture content, pH level, and microbial load. Tests were done in triplicate.

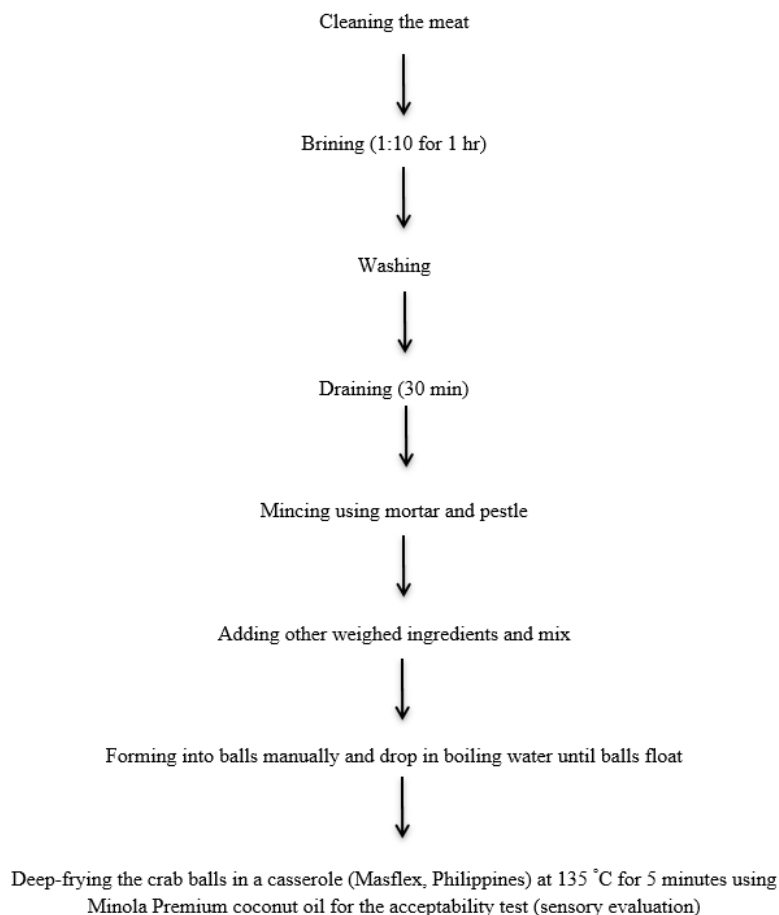


Figure 2. The process used in the processing of crab balls

Sensory Evaluation

Products were deep-fried at 135°C for 5 minutes and then presented to the panelists for evaluation. Each sample was evaluated by the same panelists mentioned above using the 3-point hedonic scale.

Physicochemical Composition and Microbial Analysis

The moisture content of the product was determined using the oven-drying method (Binder, Germany) (AOAC, 1975). The pH level of the product was determined using a pH meter (Sartorius, Germany). A microbial load test of crab balls was conducted every seven days for 35 days to determine if the product was a health hazard. Total Plate Count (TPC) was determined in nutrient agar using the spread plate method. Samples were incubated at 37°C for 18 to 24 hours [23].

Test Marketing of Newly Prepared Product

After the standardization of the product, a consumer acceptability test by 30 people was done to determine the commercial feasibility of the new product. Actual consumer testing was done in terms of general acceptability using a 5-point hedonic scale, ranging from dislike very much (score: 1) to like very much (score: 5).

Statistical Analysis

The data from the sensory evaluation (flavor, juiciness, chewiness, color, and general acceptability) were analyzed using IBM SPSS version 20. One-way Analysis of Variance (ANOVA) was used to check the significant difference, and the Duncan Post-Hoc Test was utilized to compare the sensory attributes of the three formulations, while a t-test was used to compare the selected formulated crab ball and squid ball. The data on the sensory attributes are presented as mean±SE (standard error). The significant level used was 0.05.

RESULTS

Product Formulation/Development

The sensory attributes of the newly formulated crab ball are shown in Figures 3, 4, 5, 6, and 7. The flavor scores of Formulation C (2.76±0.10), Formulation B (2.76±0.10), and Formulation A (2.31±0.23) did not differ significantly ($p>0.05$), although Formulation C and B obtained the highest scores of flavor attribute (Figure 3). However, the juiciness scores in Formulation C (2.14±1.16) and Formulation B (1.91±0.15) were highly significant ($p<0.05$) than Formulation A (1.45±0.15), as shown in Figure 4. The crab balls' chewiness attribute

can be seen in Figure 5, and analysis revealed that the chewiness score of Formulation C (2.81 ± 0.07) was significantly greater ($p < 0.05$) than Formulation A (2.12 ± 0.25) but not significant ($p > 0.05$) with Formulation B (2.59 ± 0.18). The different meat and binder ratios had no significant effects ($p > 0.05$) on the color of the newly formulated crab ball (Figure 6). In terms of general acceptability of the crab ball, panelists preferred that

Formulation C (2.57 ± 0.96) and Formulation B (2.36 ± 0.11) had the general acceptability scores statistically ($p < 0.05$) than Formulation A (1.95 ± 0.19) as shown in Figure 7. Thus, Formulation C with a meat and binder ratio of 70:30 was chosen for the subsequent analyses, i. e. shelf-life testing, comparison with the commercial squid ball, and commercial feasibility test.

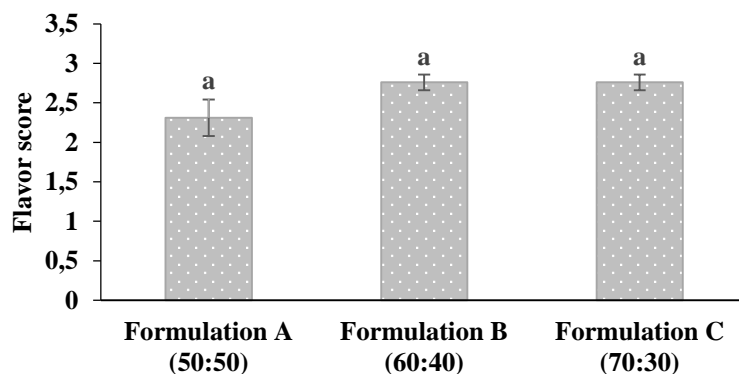


Figure 3. Flavor score of the newly formulated crab ball (blue swimming crab) at different meat and binder ratios: Formulation A (50:50), Formulation B (60:40), and Formulation C (70:30). Scale: 3=Good, 2=Fair, 1=Poor

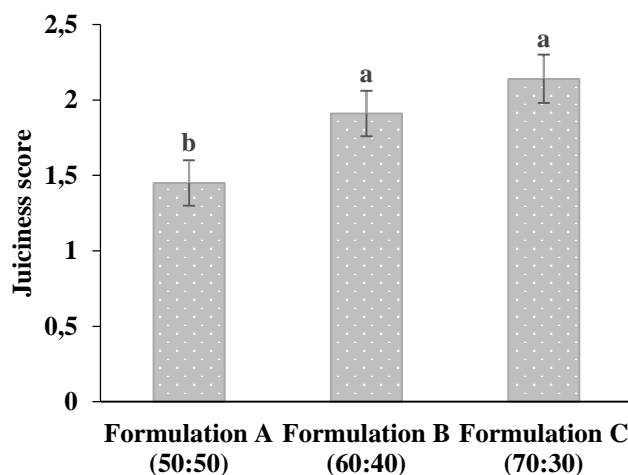


Figure 4. Juiciness score of the newly formulated crab ball (blue swimming crab) at different meat and binder ratios: Formulation A (50:50), Formulation B (60:40), and Formulation C (70:30). Scale: 3=Extremely juicy 2=Just right juiciness, 1=Dry

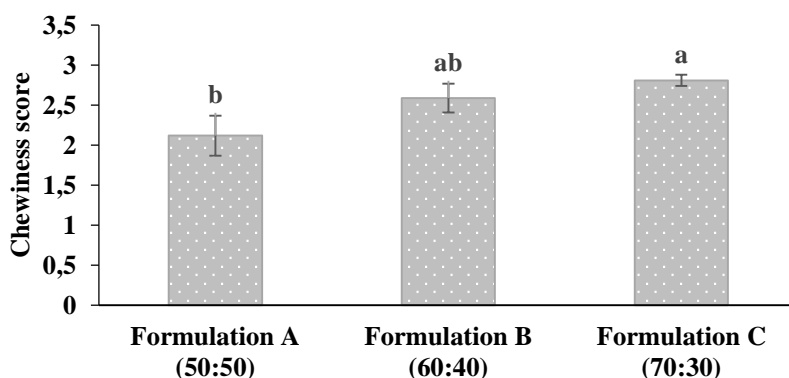


Figure 5. Chewiness score of the newly formulated crab ball (blue swimming crab) at different meat and binder ratios: Formulation A (50:50), Formulation B (60:40), and Formulation C (70:30). Scale: 3=Chewy, 2=Mushy, 1=Tough

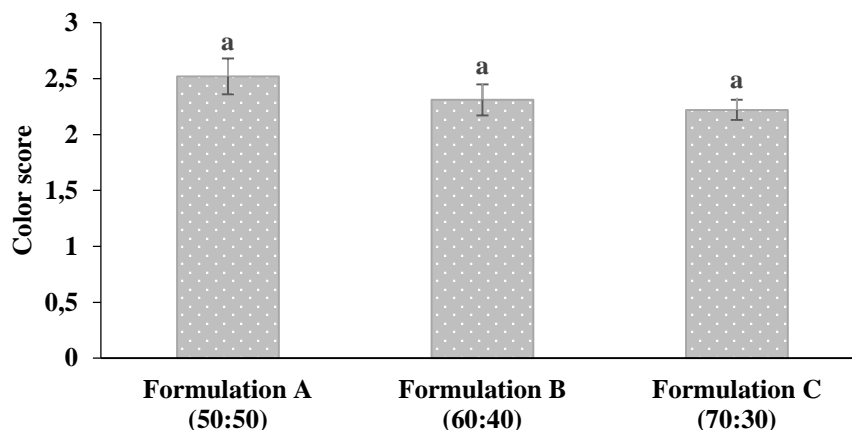


Figure 6. Color score of the newly formulated crab ball (blue swimming crab) at different meat and binder ratios: Formulation A (50:50), Formulation B (60:40), and Formulation C (70:30). Scale: 3=Golden yellow, 2=Light yellow, 1=Dirty white

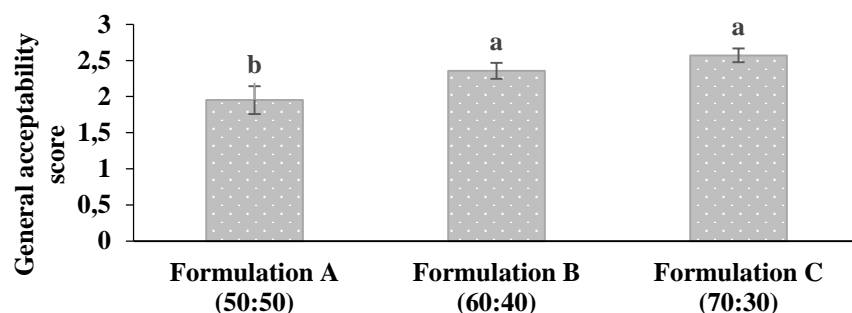


Figure 7. General acceptability score of the newly formulated crab ball (blue swimming crab) at different meat and binder ratios: Formulation A (50:50), Formulation B (60:40), and Formulation C (70:30). Scale: 3=Highly acceptable, 2=Acceptable, 1=Unacceptable.

Comparison between Formulated Crab Ball and Commercial Squid Ball

Seven panelists evaluated the formulated crab ball and commercial squid ball for flavor, juiciness, chewiness, color, and general acceptability. A t-test showed that the formulated crab ball was significantly higher ($p < 0.05$) than the commercial squid ball in sensory attributes (Figure 8). Formulated crab ball received a significantly

higher ($p < 0.05$) flavor (2.95 ± 0.031), juiciness (2.38 ± 0.10), chewiness (2.64 ± 0.14), and color (2.74 ± 0.10) scores compared to commercial squid ball with sensory scores of 2.13 ± 0.18 , 1.88 ± 0.20 , 2.26 ± 0.17 , 2.0 ± 0.13 , respectively. In terms of general acceptability, formulated crab balls obtained a significantly greater score of 2.83 ± 0.13 , described as 'highly acceptable' than the commercial squid ball with a score of 1.64 ± 0.19 .

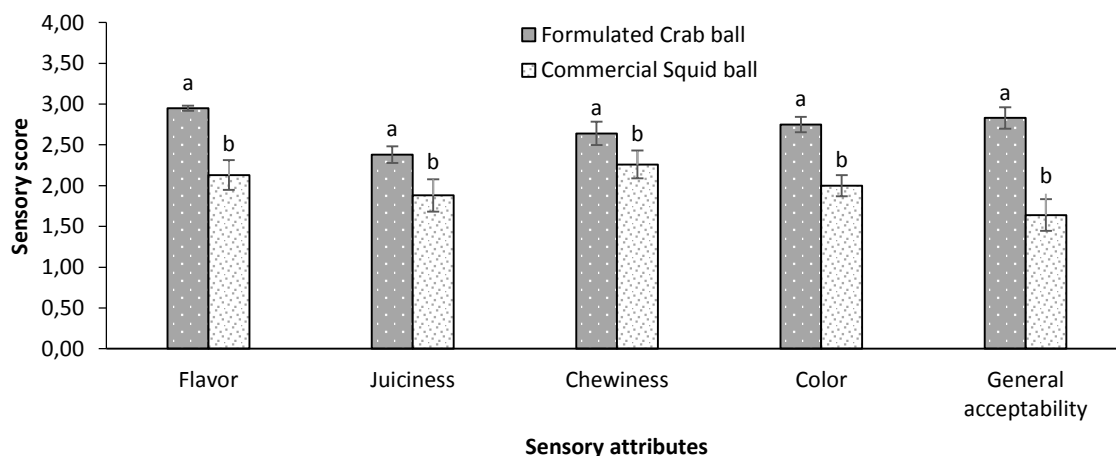


Figure 8. Sensory attributes of formulated crab ball and commercial squid ball using a 3-point hedonic scale

Shelf-Life Testing and Changes in Sensory Attributes during Storage

This study considered the following limiting factors that are critical in the shelf stability of the frozen formulated crab ball products: quality changes in flavor, texture, color, moisture content, pH, and microbial load (TPC). Sensory evaluation of flavor, texture (juiciness and chewiness), color, and general acceptability was carried out for the heat-sealed crab balls stored at -12°C temperature. Figure 9 shows that the crab ball was described by the panelists on day 0 as a good flavor with a sensory score of 3.0. On day 35, the crab ball gave a flavor score of 2.86, which was still near high acceptable. Figure 10 shows that the sensory score for the juiciness of the crab ball was evaluated as 2.0 on day 0. After 35 days, the crab ball's juiciness changed to a near sensory score of 3.0, which was described as extremely juicy. The chewiness score is shown in Figure 11, which had a little change as the storage period continued from 2.71 on day 0 to 2.57 after 35 days. Figure 12 shows that the color of the crab ball sample

had a sensory score of 2.71 on day 0 and reached 3.0 on day 35, which corresponded to the description of 'golden yellow.' The fried crab ball had a golden yellow color throughout the storage period due to the ingredients added, which was attractive to the panelists' eyes. The general acceptability score is shown in Figure 13, which was rated by the panelists as nearly 'highly acceptable' on day 0 with a sensory score (2.71), and it reached 3.0 on day 35.

In terms of change in pH levels, the crab ball initially had a pH value of 9.04 and gradually decreased to almost neutral on day 35 (Figure 14). Initially, the moisture content of the samples in crab ball was 62.5%, and it fluctuated after days of storage, as shown in Figure 15. The changes in the TPC of the crab ball are presented in Figure 16. The initial TPC of the crab ball was 3.0 log CFU g^{-1} . It increased from 3.51 log CFU g^{-1} on day 7 to 5.30 log CFU g^{-1} on day 14. On days 21 to 28, the TPC intensified from 7.09 and 9.11 log CFU g^{-1} until it reached 12.05 log CFU g^{-1} on day 35.

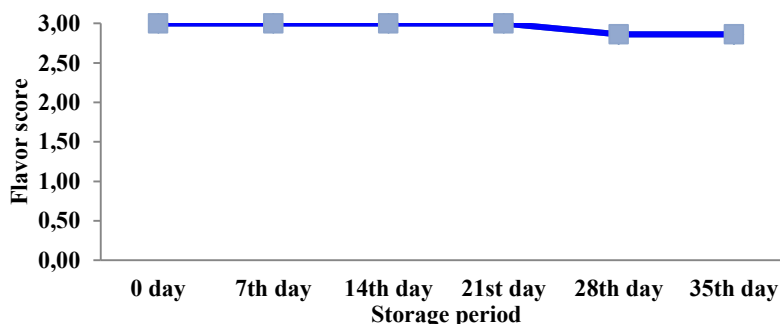


Figure 9. Changes in flavor score of polyethylene-packed crab ball

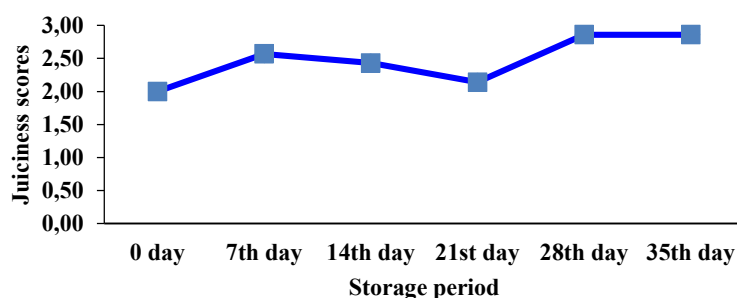


Figure 10. Changes in juiciness score of polyethylene-packed crab ball

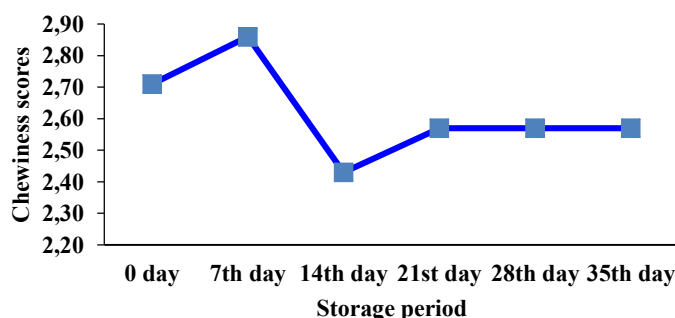


Figure 11. Changes in chewiness scores of polyethylene-packed crab ball

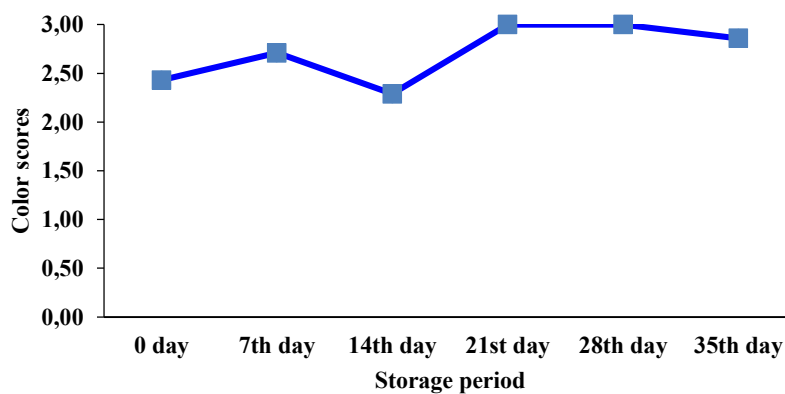


Figure 12. Changes in color score of polyethylene-packed crab ball

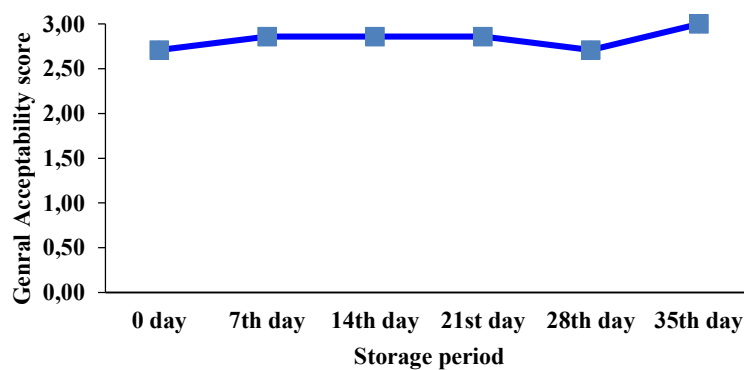


Figure 13. Changes in general acceptability score of polyethylene-packed crab ball

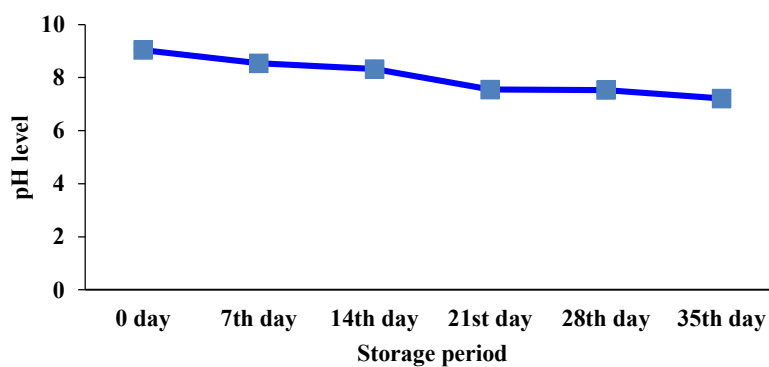


Figure 14. Changes in pH score of polyethylene-packed crab ball

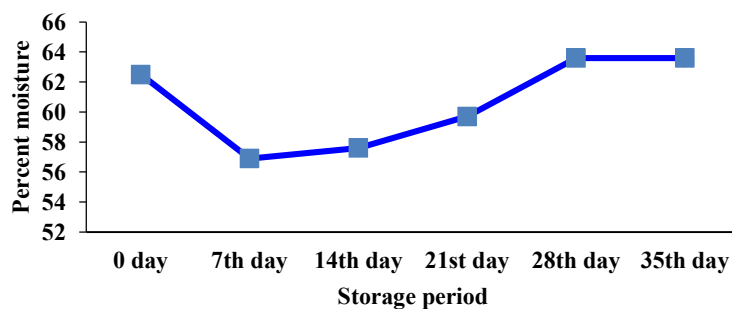


Figure 15. Change in percent moisture content of polyethylene-packed crab balls

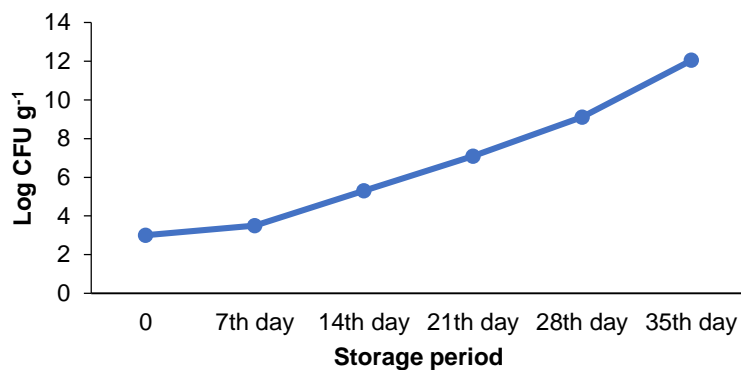


Figure 16. Changes in microbial load (TPC) of polyethylene-packed crab ball expressed as log count (CFU/g)

Test Marketing of Formulated Crab Ball

The acceptability score of the thirty (30) panelists for crab ball is illustrated in Figure 17 while the product's commercial feasibility is shown in Figure 18. Crab ball

had high consumer acceptability, which was noted that they 'liked very much' the product (93.33%), and only 2 persons (6.67%) described as 'slightly like' the product. All consumers (100%) responded that the crab ball had great potential for commercialization.

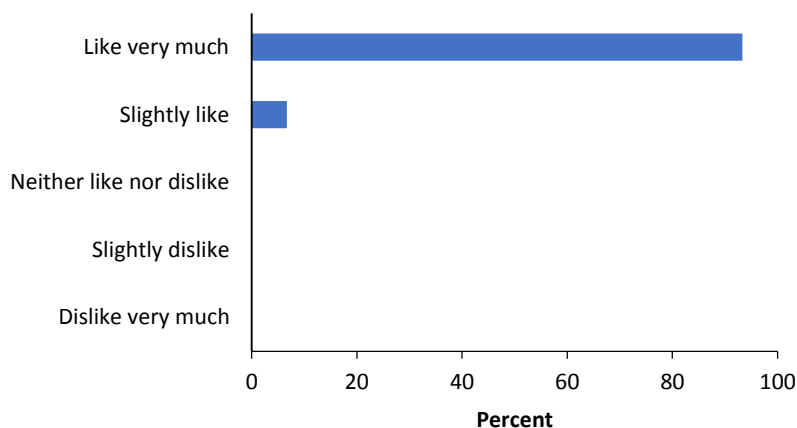


Figure 17. General acceptability of consumers for formulated crab ball using a 5-point hedonic scale.

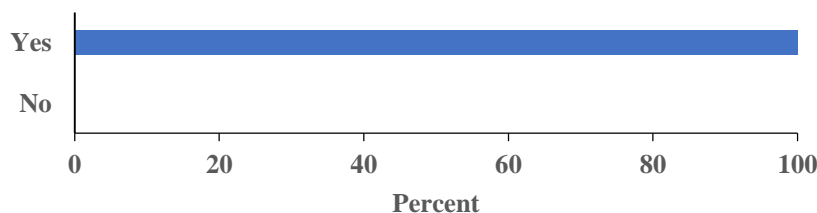


Figure 18. Consumer response for commercial feasibility of formulated crab ball.

DISCUSSION

Fish balls are among the famous street foods in the Philippines and in Asian countries [12, 24, 25]. Other forms of street food balls available in the market are squid balls and shrimp balls [13]. To meet changing consumers' habit towards street foods, there is a need to explore other aquatic invertebrates as raw materials for balls. Hence, we utilized and tested the feasibility of BSC as raw material for balls.

Crabs are a very good source of plenty of nutrients (protein, long-chain omega-3 fatty acids, essential amino acids, minerals, and vitamins) that are essential

for the health of humans. Crab meat and novel-based processed products have been quite well-known recently [26]. There are scarce studies on the utilization of BSC as value-added products: some of these are the standardization of ready-to-eat crab spread [20] and utilization as food flavour [21] and crabcake [27]. In addition, the meat of green crab (*Carcinus maenas*) used as a formulation for empanada was evaluated as "like slightly" to "like moderately," regardless of the percentage of formulations [28].

The results of our study revealed that formulations C and B with a 70:30 and 60:40 (meat to binder ratio) gained the highest sensory attributes from the panelists.

Also, formulated crab ball (70:30) was “liked very much” by most consumers and even highly comparable to the commercial squid ball. This is maybe due to the higher concentration of crab meat that gives a unique flavor and delicious taste [26]. This indicates that formulated crab ball in this study has a huge potential for commercialization and is likely to compete with the existing balls in the market. Shelf-life testing analysis of the chosen crab ball (formulation C) in this study showed that within 35 days of storage at -12°C , the crab ball was generally still found high to moderate acceptable for consumption based on the sensory attributes. Generally, fish balls are stored at -18°C in order to keep the wholesomeness and the product quality, which can last for six months [12]. Hence, in this study, the newly formulated crab ball still had nearly high acceptability scores after 35 days. Pure pre-cooked crab meat (*Scylla serrata*) had a good flavor after 40 days [29]. Conversely, those fish balls stored in a refrigerator environment (4°C) can only last from 2 to 14 days [12, 30]. To extend the shelf-life of fish balls, some studies used salt solution [31], while vacuum packaging has a great advantage in lengthening the fish balls' shelf-life [12, 31]. Squid balls' shelf-life can also be extended using radiation processing [32]. Fish balls are typically packed in styrofoam trays, wrapped with plastic films, and distributed to supermarkets or being done by packing in bulk in a polyethylene bag for distribution to open markets or restaurants [12].

The TPC may be used to determine sensory acceptability, sanitary quality, and congruence with good manufacturing practices (GMPs). The TPC's results can be useful to judge the shelf-life or forthcoming changes of sensory in a food product [33]. The initial total plate count (TPC) of crab balls in this study was $3.0 \log \text{CFU g}^{-1}$ and the low initial TPC in balls indicated very good quality; this is lower than the initial TPC ($4 \log \text{CFU g}^{-1}$) of the fish ball [34] and relatively higher than the initial TPC of the fish ball in curry [35]. The maximum microbiological limit for frozen products is $7 \log \text{CFU g}^{-1}$ [37]. However, as the storage was increased, the TPC of the crab ball was also increased. This is parallel to previous studies that the TPC of fish balls generally increases with storage time [31, 36], and this is also true for the total viable count in fish balls [38].

The pH of the food is one of the chemical factors that affect the microbial food, thereby reflecting the food spoilage. Bacteria typically proliferate faster between pH of 6.0 and 8.0 [39]. In the present study, the pH of the crab balls ranged between 9 and 7 throughout the storage period. Generally, the pH of crab balls decreased during storage. Kok and Park [40] also noticed that the pH of set fish balls decreased with time from 7 to 5 after 21 days of being stored at 4°C . Fish balls preserved with coconut shell liquid smoke with a pH of 5.7-5.8 stored at 4°C for 20 days of storage [41]. In curry fish balls, the pH decreased from 6.38 to 6.07 within 12 days of storage at -2°C [35]. Postmortem lowering of muscle pH was attributed to the myofibrillar protein denaturation due to the conversion of muscle glycogen to lactic acid [42]. Psychrotrophs build up as well as denaturation of myofibrillar protein of set fish ball

accounted for the pH reduction [40, 43]. Hence, the lowering of pH in the present may have also been caused by these processes since the APC of crab balls increased with storage.

Water is essential for microorganisms to grow in food products [44]. The majority of microorganisms favor growth at moisture content higher than 15%–17% [45]. In the present study, the initial moisture content of the crab balls was 62.5% and fluctuated between 57% and nearly 64% during storage. These findings are generally lower than other studies on fish balls. The moisture content of Malaysian fish balls ranged from 73.80-88.71% [25]. Fish balls made of *Alburnus mossulensis* mince were 71.3% moisture content stored at -18°C [38]. In Indian mackerel fish balls stored at -18°C , the moisture content slightly decreased from 73.84% at day 0 to 72.69% after six months of storage [34]. The moisture content of fish balls made of cod surimi was found to be 42.14% [46]. Typically, due to high moisture and protein contents, fish balls are greatly perishable [40] since these are among the two important conditions in the growth of spoilage microorganisms [47].

CONCLUSION

The utilization of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) as a great potential raw material for balls has been successfully formulated and standardized. The high acceptability of the crab ball evaluated by the panelists and consumers indicates that the commercialization of formulated crab balls is feasible and can likely rival existing fish balls, squid balls, and shrimp balls on the market. This study may provide opportunities for those venturing into the crab ball business. It also serves as baseline information for further studies investigating the crab ball and similar crab value-added products. Future studies on the quality and shelf-life of crab balls may be further conducted.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to Joana Joy A. Saclot, Mujaiyon Esmola, Qhurdee N. Hapid, Jainal P. Akrim, Cheryl Gay M. Omamalin for their assistance during the experiment, and to Maria Liza B. Toring-Farquerabao for the map.

REFERENCES

- [1] Steyn, N.P., Mchiza, Z., Hill, J., Davids, Y.D., Venter, I., Hinrichsen, E., Jacobs, P. (2014). Nutritional contribution of street foods to the diet of people in developing countries: a systematic review. *Public health nutrition*, 17(6), 1363-1374.
- [2] Yulia, C., Nikmawati, E.E., Widiaty, I. (2017). Preliminary study in developing traditional street foods as nutrition education media for Indonesia youth. *Innovation of Vocational Technology Education*, 8(1), 1-7.
- [3] Sanlier, N., Sezgin, A.C., Sahin, G., Yassibas, E. (2018). A study about the young consumers' consumption behaviors of street foods. *Ciencia & Saude Coletiva*, 23, 1647-1656.

- [4] Khairuzzaman, M.D., Chowdhury, F.M., Zaman, S., Al Mamun, A., Bari, M. (2014). Food safety challenges towards safe, healthy, and nutritious street foods in Bangladesh. *International Journal of Food Science*, 2014, 483519.
- [5] Steyn, N.P., Labadarios, D., Nel, J.H. (2011). Factors which influence the consumption of street foods and fast foods in South Africa-a national survey. *Nutrition Journal*, 10(1), 1-10.
- [6] Albuquerque, G., Lança de Moraes, I., Gelormini, M., Sousa, S., Casal, S., Pinho, O., Padrão, P. (2020). Macronutrient composition of street food in Central Asia: Bishkek, Kyrgyzstan. *Food Science & Nutrition*, 8(10), 5309-5320.
- [7] Sousa, S., Moraes, I.L.D., Albuquerque, G., Gelormini, M., Casal, S., Pinho, O., Padrão, P. (2021). A cross-sectional study of the street foods purchased by customers in urban areas of Central Asia. *Nutrients*, 13(10), 3651.
- [8] Al Mamun, M., Turin, T.C. (2016). Safety of street foods. In *Food hygiene and toxicology in ready-to-eat foods* (pp. 15-29). Academic Press.
- [9] Simopoulos, A.P., Bhat, R.V. (Eds.). (2000). *Street foods* (Vol. 86). Karger Medical and Scientific Publishers.
- [10] Alimi, B.A., Workneh, T.S. (2016). Consumer awareness and willingness to pay for safety of street foods in developing countries: a review. *International Journal of Consumer Studies*, 40(2), 242-248.
- [11] Gupta, V., Sajani, M., Gupta, R.K. (2019). Street foods: contemporary preference of tourists and its role as a destination attraction in India. *International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research*.
- [12] Kok, N., Thawornchinsombut, S., Park, J.W. (2013). Manufacture of fish balls. In: *Surimi and Surimi Seafood* (Editor: J.W. Park), 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- [13] Sarmiento, K.P., Pereda, J.M.R., Ventolero, M.F.H., Santos, M.D. (2018). Not fish in fish balls: Fraud in some processed seafood products detected by using DNA barcoding. *Philippine Science Letters*, 11(1), 30-36.
- [14] Johnston, D., Harris, D., Caputi, N., Thomson, A. (2011). Decline of a blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*) fishery in Western Australia-History, contributing factors and future management strategy. *Fisheries Research*, 109(1), 119-130.
- [15] Soegianto, A., Nurfiyanti, P.E., Saputri, R.N.R., Affandi, M., Payus, C.M. (2022). Assessment of the health risks related with metal accumulation in blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) caught in East Java coastal waters, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 177, 113573.
- [16] Toring-Farquerabao, M.L.B., Tahiluddin, A.B. (2022). Blue swimming crab (*Portunus pelagicus*, Linnaeus 1758) capture fishery practices in Tigbauan, Iloilo, central Philippines. *Marine Science and Technology Bulletin*, 11(1), 88-97.
- [17] Pathak, N., Shakila, R.J., Jeyasekaran, G., Shalini, R., Arisekar, U., Patel, A., Mayilvahan, R. (2021). Variation in the nutritional composition of soft and hard blue swimming crabs (*Portunus pelagicus*) having good export potential. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 30(6), 706-719.
- [18] Wu, X., Zhou, B., Cheng, Y., Zeng, C., Wang, C., Feng, L. (2010). Comparison of gender differences in biochemical composition and nutritional value of various edible parts of the blue swimmer crab. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(2), 154-159.
- [19] Lu, T., Shen, Y., Cui, G.X., Yin, F.W., Yu, Z.L., Zhou, D.Y. (2020). Detailed analysis of lipids in edible viscera and muscles of cooked crabs *Portunus trituberculatus* and *Portunus pelagicus*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 29(4), 391-406.
- [20] Thomas, S.T.J., Archana, G., Abhilash, S., Sabu, S., Sunooj, K.V., Gopal, T.K.S. (2020). Process standardization of ready-to-eat pasteurized crab spread from marine blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) incorporated with threadfin bream surimi. *Fishery Technology*, 57, 258-266.
- [21] Sasongko, A.Y., Dewi, E.N., Amalia, U. (2018). The utilization of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) waste product, Lemi, as a food flavor. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 102, No. 1, p. 012030). IOP Publishing.
- [22] Abhilash, S., Sreenath, P.G., Ravishankar, C.N., Gopal, T S. (2013). Standardization of process parameters for ready-to-eat crab koftha in indigenous polymer-coated tin-free steel cans. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32(2), 247-269.
- [23] CMSF. (1978). *Microorganisms in Foods. 1. Their Significance and Methods of Enumeration*, 2nd edn. The International Commission on Microbiological Specifications for Foods. Toronto: University of Toronto Press.
- [24] Guevara, G., Camu, C.C. (1988). The fish processing industry in the Philippines: status, problems and prospects. In *Proceedings of the Twentieth Anniversary Seminar on Development of Fish Products in Southeast Asia*, Singapore, 27-31 October 1987 (pp. 17-27). Singapore: Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- [25] Huda, N., Shen, Y.H., Huey, Y.L., Dewi, R.S. (2010). Ingredients, proximate composition, colour and textural properties of commercial Malaysian fish balls. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(12), 1183-1186.
- [26] Nanda, P.K., Das, A.K., Dandapat, P., Dhar, P., Bandyopadhyay, S., Dib, A.L., Gagaoua, M. (2021). Nutritional aspects, flavour profile and health benefits of crab meat based novel food products and valorisation of processing waste to wealth: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 252-267.
- [27] Lee, E., Meyers, S.P., Godber, J.S. (1993). Minced Meat Crabcake from Blue Crab Processing Byproducts-Development and Sensory Evaluation. *Journal of Food Science*, 58(1), 99-103.
- [28] Galetti, J.A., Calder, B.L., Skonberg, D.I. (2017). Mechanical separation of green crab (*Carcinus maenas*) meat and consumer acceptability of a

- value-added food product. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(2), 172-180.
- [29] George, C., Gopakumar, K., Perigreen, P.A. (1990). Frozen storage characteristics of raw and cooked crab (*Scylla serrata*) segments, body meat and shell on claws. *J. Mar. Biol. Ass. India*, 32(1&2), 193-197.
- [30] Boran, M., Köse, S. (2007). Storage properties of three types of fried whiting balls at refrigerated temperatures. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 7(1), 65-70.
- [31] Noordin, W.N.M., Shunmugam, N., Huda, N. (2014). Application of salt solution and vacuum packaging in extending the shelf life of cooked fish balls for home and retail uses. *Journal of Food Quality*, 37(6), 444-452.
- [32] Dela Rosa, A.M. (2001). Status of radiation processing in the Philippines.
- [33] Mendonca, A., Thomas-Popo, E., Gordon, A. (2020). Microbiological considerations in food safety and quality systems implementation. In *Food safety and quality systems in developing countries* (pp. 185-260). Academic Press.
- [34] Alkuraieef, A.N., Alsuhaibani, A.M., Alshawi, A.H., Aljahani, A.H. (2020). Effect of frozen storage on nutritional, microbial and sensorial quality of fish balls and fish fingers produced from Indian Mackerel. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(3), 852-861.
- [35] Kolekar, A.D., Pagarkar, A.U. (2013). Quality evaluation of ready-to-eat fish ball in curry. *SAARC Journal of Agriculture*, 11(1), 35-43.
- [36] Öksüztepe, G., Çoban, Ö.E., Güran, H.S. (2010). The effect of addition of sodium lactate in fish balls made from fresh rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(Supplement A), 65-72.
- [37] ICMSF. (1986). Microorganisms in Foods. 2. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications, 2nd Edition. University of Toronto Press, Toronto.
- [38] Duman, M. Peksezer, B. (2016). Quality changes of fish balls prepared from mosul bleak (*Alburnus mossulensis*) stored at -18°C under air or vacuum. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(3), 285-290.
- [39] Valero Díaz, A., Carrasco Jiménez, E., García Gimeno, R.M. (2012). Principles and methodologies for the determination of shelf-life in foods. In (Ed. A.H.A. Eissa), *Trends in Vital Food and Control Engineering*. IntechOpen, UK.
- [40] Kok, T.N., Park, J.W. (2007). Extending the shelf life of set fish ball. *Journal of Food Quality*, 30(1), 1-27.
- [41] Zuraida, I., Budijanto, S. (2011). Antibacterial activity of coconut shell liquid smoke (CS-LS) and its application on fish ball preservation. *International Food Research Journal*, 18(1), 405-410.
- [42] Hashimoto, A., Arai, K. (1985). The effect of pH on the thermostability of fish myofibrils. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries (Japan)*, 51(1), 99-105.
- [43] Frazier, W.C., Marth, E.H., Deibel, R.H. (1968). *Laboratory Manual for Food Microbiology*. Burgess.
- [44] Scott, W.J. (1957). Water relations of food spoilage microorganisms. In *Advances in Food Research* (Vol. 7, pp. 83-127). Academic Press.
- [45] Mahapatra, A.K., Lan, Y. (2007). Postharvest handling of grains and pulses. In *Handbook of Food Preservation* (pp. 91-154). CRC Press.
- [46] Lin, L.S., Wang, B. J., Weng, Y.M. (2011). Quality preservation of commercial fish balls with antimicrobial zein coatings. *Journal of Food Quality*, 34(2), 81-87.
- [47] Gram, L., Huss, H.H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, 33(1), 121-137.
-
-

Isolation of Distinct *Lactobacillaceae* spp. with Functional Characteristics from Traditional Sourdough Samples

Hümeysra İspirli¹ , Enes Dertli² ¹Central Research Laboratory, Bayburt University, Bayburt, Turkey²Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 07.01.2022, Accepted (Kabul Tarihi): 29.09.2022

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): humeysra_ispirli@hotmail.com (H. İspirli)

☎ +90 458 333 20 33 📠 +90 458 211 11 58

ABSTRACT

Lactic Acid Bacteria (LAB) were isolated from traditional sourdough samples, and functional properties of selected LAB species were determined. Five distinct strains *Limosilactobacillus fermentum* LR1, *Lacticaseibacillus rhamnosus* LR2, *Levilactobacillus senmaizukei* CE37, *Lactiplantibacillus plantarum* CE48 and *Limosilactobacillus reuteri* KD44A were identified following the genotypic discrimination of hundred isolates. Presence of bacteriocin genes in identified species was determined by PCR, and sourdough isolates have been shown to carry bacteriocin genes although they vary according to species. Exopolysaccharide (EPS) production tests showed that the amount of EPS production varies in different media and different incubation conditions. Antimicrobial effects of 5 different LAB species were determined against *Bacillus cereus* BC 6830, which cause rop problems, and other pathogen species and also molds isolated from bread. Amylolytic activities of isolates, which are important in terms of technological roles, were determined genotypically and phenotypically. Finally, the phytase and phosphatase activities of these species were studied. This study was aimed to unveil the functional sourdough LAB species to be used for industrial purposes.

Keywords: Traditional sourdough, Lactic acid bacteria (LAB), Phytase activity, Antifungal activity

Geleneksel Ekşi Hamur Örneklerinden Fonksiyonel Özelliklere Sahip Farklı *Lactobacillaceae* spp. İzolasyonu

ÖZ

Bu çalışmada geleneksel ekşi hamur örneklerinden Laktik Asit Bakterileri (LAB) izole edilerek tanımlanmış ve tanımlanan LAB türlerinin fonksiyonel nitelikleri tespit edilmiştir. Ekşi hamur örneklerinden toplamda 100 adet izolat elde edilerek izolatların genotipik ayrımı yapılmış ve sonuç olarak *Limosilactobacillus fermentum* LR1, *Lacticaseibacillus rhamnosus* LR2, *Levilactobacillus senmaizukei* CE37, *Lactiplantibacillus plantarum* CE48 ve *Limosilactobacillus reuteri* KD44A suşları tanımlanmıştır. Bu suşlarda bakteriyosin genlerinin varlığı PCR metodu ile test edilmiş ve suşlarda farklı bakteriyosin genlerinin varlığı açığa çıkarılmıştır. Ekzopolisakkarit (EPS) üretim testleri, bu suşların farklı koşullarda farklı oranda EPS üretim kabiliyetine sahip olduğunu göstermiştir. Yapılan antimikrobiyal testleri sonucunda test edilen suşların rop etmeni *Bacillus cereus* BC 6830 dahil farklı patojenlere ve ekmeğe küflerine karşı antimikrobiyal etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. Ekmeğe teknolojisi açısından bir diğer önemli teknolojik fonksiyon olan amilolitik aktivite bu suşlarda genotipik ve fenotipik olarak belirlenmiş ve son olarak suşların fosfataz ve fitaz aktiviteleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmada fonksiyonel etkiye sahip ekşi hamur orijinli LAB suşlarının endüstriyel olarak değerlendirilebilirliklerinin test edilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel ekşi hamur, Laktik Asit Bakterileri (LAB), Fitaz aktivitesi, Antifungal aktivite

INTRODUCTION

Sourdough is an intermediate product in which LAB species perform the fermentation process in dough. Use of sourdough technology in bread production results in the formation of bread with increased structure, nutritive, taste and shelflife characteristics. LAB and yeasts are essential elements of the microbial flora of the sourdough and generally LAB / yeast ratio is expected to be 100:1 in sourdough [1]. Unlike other fermented products, generally heterofermentative LAB species are predominant in sourdough [2]. Together with lactic acid, acetic acid produced by heterofermentative species has an important effect on sourdough's unique taste [3]. Following the acidification of dough by the LAB and yeast fermentation, particularly cereal-derived proteases are activated and formation of peptides and free amino acids occurs which results in the development of nutritional and functional properties of bakery products [4, 5]. Additionally, acidification activates phytases in cereals and increases the availability of nutrients, thereby improving the nutritional value of bread [6]. Other metabolic activities of sourdough LAB on bread quality comprise formation of antimicrobial agents that affect bread shelf life, production of exopolysaccharides (EPS) affecting the structure of bread, their amylolytic activities that positively affect the dough's workability and the swelling of bread. The antimicrobial activity of LAB species generally originates from bacteriocins, which are antimicrobial peptides produced by these species [7], and sourdough LAB were shown to inhibit foodborne pathogenic bacteria including *Bacillus cereus* BC 6830 [8]. It has been reported that the antifungal activity of LAB is a complex process which can be caused by many different compounds such as phenyllactic acid, 4-hydroxyphenyllactic acid [9], and proteinaceous antifungal compounds [10] produced by these species. Amylolytic LAB species have been shown to be extremely important in the processing of starch-based products such as sourdough and in obtaining the final product with the desired structure and characteristics [11]. One of the important properties of sourdough LAB species is EPS production [12] and technological properties of sourdough and sourdough bread can be improved with *in situ* EPS production [13]. Another important function of sourdough LAB species is the phytase and phosphatase activities, and thanks to these activities, they increase the bioavailability of minerals and amino acids in cereal products by breaking down the components such as phytic acid which binds the elements such as protein and minerals in the cereals [14].

In this study, LAB species were isolated from traditional sourdoughs collected from Trabzon province of Turkey where famous sourdough breads are produced and isolates were then genotypically characterized which was followed by their techno-functional characterisation in terms of antimicrobial activity, EPS production and phytase, phosphatase and amylase activities.

MATERIALS and METHODS

Isolation of LAB Strains from Turkish Sourdough

Sourdough samples (n=6) were collected from the bakeries producing bread using traditional sourdough in Trabzon province of Turkey. Sourdough samples were brought to the laboratory within the day for the analysis. For the isolation of LAB, 10 g of representative sourdough samples were diluted in 0.85% NaCl solution and homogenized. Serial dilutions were performed from these suspensions and plated on modified MRS agar containing 10 g maltose, 5 g fructose, 0.5 g cysteine-HCl, 1 mL/L vitamin mix and 0.1 g/L cycloheximide in 1000 mL distilled water in addition to its standard formula. Plates were then incubated at 30°C for 48 h and colonies with distinct morphologies were selected and further analysed for Gram stain, cell morphology, and catalase reaction. Following these tests, 100 isolates were selected for genotypic characterization.

Genotypic Characterization by RAPD-PCR Analysis

RAPD-PCR analysis was applied to differentiate potential LAB strains. Genomic DNA was isolated by phenol – chloroform methodology and was used as a template for PCR amplification. RAPD-PCR analysis was performed with primer M13 (5'-AGGGTGGCGGTTTC-3'). PCR reactions were prepared containing 1 µl DNA template, 5 µl 10X DreamTaq Buffer for DreamTaq DNA Polymerase (Thermo Fisher), 0.4 µl dNTPs (Bioline), 2 µl 20 mM primer M13, 0.125 µl 5 U DreamTaq DNA Polymerase and up to 50 µl of sterile H₂O. PCR was performed using a thermal cycler (Benchmark, TC9639) with the following program: 35 cycles of 94°C for 1 min, 40°C for 20 s, then final step of 72°C for 2 min. The PCR products were separated on a 1% (wt/vol) agarose gel at 90 V for 1 h and band patterns visualised by ethidium bromide staining and photographed under UV illumination [15].

Bacterial Identification by 16S rRNA Gene Sequencing

Following RAPD-PCR analysis distinct strains were identified by 16S rRNA sequencing and 16S rRNA PCR analysis was conducted with primers AMP_F (5'-GAGAGTTTGATYCTGGCTCAG-3') and AMP_R (5'-AAGGAGGTGATCCARCCGCA-3') [16]. The PCR mix and reaction conditions were performed as previously described [15].

Determination of Antibacterial Activity and Detection of Bacteriocin Coding Genes of Sourdough Isolates

Antimicrobial effects of sourdough strains were determined by well diffusion method as previously described [17]. Five different pathogenic bacteria; *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Yersinia enterocolitica* ATCC 27729, *Salmonella typhimurium* RSSK 95091, *Escherichia coli* BC 1402 and *Bacillus*

cereus BC 6830 were used for the antibacterial activity tests and inhibition zones (expressed in millimeters) formed around the wells after 24 hours of incubation at 37°C were visualised.

The genes encoding curvacin, sakacin, plantaricin and nisin were determined by PCR analysis in the sourdough isolates using the primer pairs given in Table 1. The amplicon lengths targeted for each gene and PCR conditions used were given in Table 1.

Table 1. Primers used for the detection of bacteriocin genes

Primer	Sequence (5'→3')	Expected Amplicon (bp)	PCR Conditions
curA_F curA_R	GTAAAAGAATTAAGTATGACA TTACATTCCAGCTAAACCACT	180	95°C (2 min) 35 cycles of 95°C (30 s), 50°C (1 min), 72°C (1 min) 72°C (5 min)
sakQ_F sakQ_R	ATGCAAAATACAAAAGAACTAA CGCTTGTTTAGAGACACCCGTT	200	95°C (2 min) 35 cycles of 95°C (30 s), 50°C (1 min), 72°C (1 min) 72°C (5 min)
plnA_F plnA_R	GTACAGTACTAATGGGAG CTTACGCCAATCTATACG	450	95°C (2 min) 35 cycles of 95°C (30 s), 53°C (1 min), 72°C (1 min) 72°C (5 min)
NisF NisR	CTATGAAGTTGCGACGCATCA CATGCCACTGATACCCAAGT	608	95°C (2 min) 35 cycles of 95°C (30 s), 55°C (1 min), 72°C (1 min) 72°C (5 min)

Antifungal Activities of Sourdough Isolates

Antifungal effects of LAB strains were tested against *Penicillium chrysogenum*, *Botrytis cinerea*, *Aspergillus parasiticus*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger* and *Alternaria alternata*. Spores of molds tested were grown on PDA agar plates to obtain 1×10^6 spores / mL. LAB strains were grown and plated to MRS plates which were then incubated at 30°C for 48 h under aerobic conditions. Then, malt extract soft agar (0.7% agar) containing 1×10^6 spores / mL each fungus was added to the petri dishes and plates containing both LAB and fungi were then incubated at 30°C for 36 h and inhibition zones were determined according to previously described scale [8].

Antibiotic Susceptibility of Sourdough Isolates

Antibiotic diffusion discs were used for the antibiotic susceptibility tests. Chloramphenicol (C, 30 µg), ampicillin (AM, 10 µg), kanamycin (K, 30 µg), streptomycin (S, 10 µg), erythromycin (E, 15 µg), tetracycline (TE, 30 µg), penicillin G (P, 10 units) and oxytetracycline (T, 30 µg) were the antibiotics tested in this study. The selected species were activated and their concentrations were adjusted to 10^7 cfu / mL and were inoculated at 100 µl by spreading method on MRS agar plates. Corresponding antibiotic disks were placed to the plaques for each strain and plates were incubated at 37°C for 24-48 h and zone of inhibitions around disks were recorded in centimetres (cm).

Isolation of EPS from Sourdough Isolates and Determination of EPS Production Levels

LAB strains were activated in 10 mL MRS broth and inoculated into 100 mL of modified BHI broth containing sucrose and incubated at 30°C for 2 d aerobically. Following the incubation, culture supernatant was obtained by centrifugation followed by 10% TCA application and this mixture as then shaken with rocker for 4-5 hours. This solution was then centrifuged at $4000 \times g$ for 10 minutes and supernatant was obtained and an equal volume of chilled ethanol was added to the supernatant which was left at 4°C for 1 d. The precipitate was obtained and ethanol precipitation was applied for 2 more times and at final stage, partially purified EPS was obtained which was then dissolved in distilled water to determine its level by phenolsulphuric acid methodology [19].

Determination of Amylase Gene Presence and Amylase Activity

The presence of amylase gene in LAB strains was determined by PCR using the primer pair Amy10F (GTTGCTCAAGCGGATAGTGA) and Amy10R (GACGCGCTATTTCCAACCTTT). PCR conditions were; 95°C for 1 min, 33 cycles of 95°C for 35 s, 57°C for 1.15 min, and 65°C for 1.15 min and 65°C for 5 min final extension and products were checked by agarose gel electrophoresis. The amylase production potentials of sourdough isolates were tested by making some modifications in the aforementioned method [20]. The selected strains were inoculated at 1% in 10 mL MRS broth to determine their amylase production potential and were activated at 37°C for 24 hours. Activated cultures were spotted on modified starch medium (30 g L⁻¹ starch, 5 g L⁻¹ yeast extract, 10 g L⁻¹ peptone from

casein, 10 g L⁻¹ NaCl, 15 g L⁻¹ agar-agar, pH: 7) and incubated for 2-5 d at 37°C. At the end of incubation, starchy agar was coated with iodine solution (14 mM KI and 10 mM I₂) and the reaction was evaluated.

Determination of Extracellular and Intracellular Phytase Activities of LAB Species

The phytase activity of sourdough LAB isolates were determined according to previously described methodology [21].

Determination of Phosphatase Activities of Sourdough Isolates

For the determination of phosphatase activity of sourdough isolates, cells were harvested following overnight incubation by centrifugation at 12.000 g for 15 minutes at 4°C and washed twice with Tris-HCl (pH 6.5) solution and cells were suspended in 50 mM sodium

acetate (pH 5.0) solution and used for enzyme activity tests [14]. Reaction mixture was prepared to contain 62.5 µL of 50 mM sodium acetate-acetic acid containing 6 mM p-nitrophenyl-phosphate and the same amount of cell suspension. The reaction mixture was incubated for 15 min at 50°C and the reaction was stopped by the addition of 125 µL of 1 M NaOH. Similarly, negative controls were prepared by adding NaOH to the starting samples. The release of p-nitrophenol was determined at 405 nm. One unit of phosphatase activity (U) was expressed as the amount of enzyme producing 1 µmol p-nitrophenol per hour at 50°C.

RESULTS and DISCUSSION

In total, 100 LAB strains were tested during RAPD-PCR analysis for genotypic discrimination. A representative image of the RAPD-PCR profile of the tested strain is given in Figure 1 and in total five distinct strains were obtained for identification.

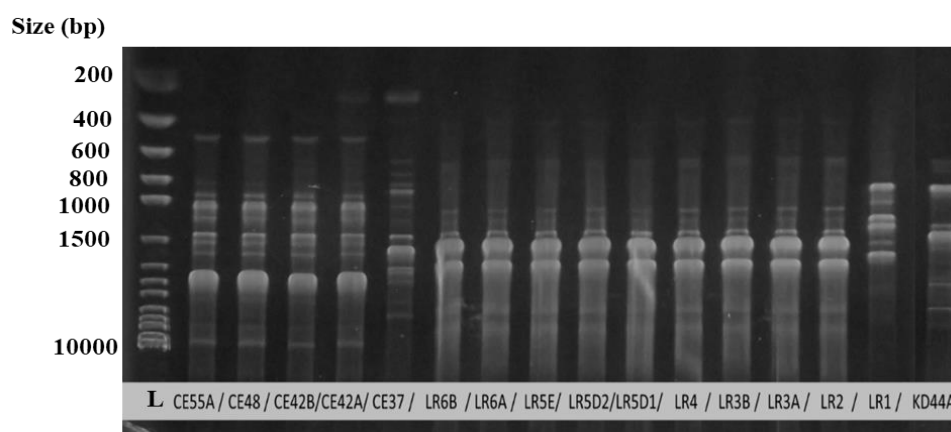


Figure 1. RAPD-PCR patterns of sourdough LAB strains

The 16S rRNA sequence of these LAB isolates revealed the presence of 5 distinct species belonging to *Limosilactobacillus fermentum* LR1, *Lacticaseibacillus rhamnosus* LR2, *Levilactobacillus senmaizukei* CE37, *Lactiplantibacillus plantarum* CE48 and *Limosilactobacillus reuteri* KD44A.

Similar to our findings, *Limosilactobacillus fermentum*, *Lacticaseibacillus rhamnosus*, *Lactiplantibacillus plantarum* and *Limosilactobacillus reuteri* species are among the predominant LAB species reported to be found in traditional sourdoughs [3, 15, 22-24]. Apart from these strains *Levilactobacillus senmaizukei* was not reported as a sourdough isolate but isolated from different fermented products [25], and to the best of our knowledge, this LAB strain as a sourdough isolate has not been reported previously in sourdough environment. Functional characteristics of these five strains in terms of inhibition of pathogens, production of bacteriocin(s), antifungal effects, antibiotic susceptibility, EPS production levels, detection of amylase gene and amylolytic activity phytase and phosphatase activities and were determined.

One of the important functional characteristics of LAB is their antibacterial activity and antibacterial activity of five

sourdough LAB strains against important pathogens such as *Salmonella typhimurium* RSSK 9509, *Yersinia enterocolitica* ATCC 27729, *Escherichia coli* BC 1402, *Bacillus cereus* BC 6830, 1, and *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 was tested in this study. As can be seen in Table 2, all isolates showed antibacterial effects at different rates on tested pathogens except the effect of *L. reuteri* KD44A on *Escherichia coli* BC 1402 which did not show antibacterial activity in this case.

The inhibitory effects of LAB strains to different pathogenic strains are a well-known activity for LAB strains [26, 27]. In order to determine whether this antibacterial activity in sourdough isolates was originated from proteinaceous substances such as bacteriocins the culture fluids were treated at 100°C for 10, 20, 30 and 60 minutes and antibacterial activity was tested. It has been found that antibacterial activity was not significantly affected by temperature treatments. However, loss of activity was observed as a result of treatment with proteolytic enzymes such as trypsin, proteinase K and pepsin. This result shows that the antibacterial activity might be originated from bacteriocin production. Since all LAB species exhibited antibacterial activity potentially due to the bacteriocin production, the presence of the genes responsible for bacteriocin

production in these isolates was screened by PCR. Table 3 shows the results of the screening of the presence of curvacin, sakacin, nisin and plantaricin genes in the genomes of tested sourdough isolates. Among the tested bacteriocin genes curvacin and nisin genes were not detected for the isolates tested in this study. The presence of the sakacin gene was detected in *L. rhamnosus* LR2 and *L. plantarum* CE48 whereas the other isolates were not positive for the presence of this gene. Sakacin that belongs to the class

Ila bacteriocin group is a bacteriocin produced by *L. sakei* [28, 29]. However, *L. curvatus* has also been reported to produce sakacin [30]. The presence of sakacin P gene within *L. rhamnosus* and *L. plantarum* strains could be related with some similarities of the origins of the bacteriocin related genes as previously suggested [31]. Importantly, the plantaricin gene was only detected in *L. plantarum* CE48 as can be expected and this finding might reflect that this strain can be a potential plantaricin producer.

Table 2. Antibacterial activities of sourdough isolates against tested pathogens*

Microorganisms	<i>E. coli</i> BC 1402	<i>B. cereus</i> BC 6830	<i>S. typhimurium</i> RSSK 95091	<i>Y. enterocolitica</i> ATCC 27729	<i>S. aureus</i> ATC 25923
<i>L. fermentum</i> LR1	+	+	+	+	+
<i>L. rhamnosus</i> LR2	++	+	+	++	+
<i>L. senmaizukei</i> CE37	+	+	+	+	+
<i>L. plantarum</i> CE48	+	+	+	+	+
<i>L. reuteri</i> KD44A	-	+	+	++	+

*: Results are expressed as diameters of the inhibition zone and standard deviations in mm. ++ inhibition zone 2 mm, + inhibition zone 1 mm, - no inhibition zone

Table 3. Testing the genes related with nisin, curvacin A, sakacin P, and plantaricin A bacteriocin production tested strains*

Microorganisms	Curvacin A	Sakacin P	Nisin	Plantaricin A
<i>L. fermentum</i> LR1	-	-	-	-
<i>L. rhamnosus</i> LR2	-	+	-	-
<i>L. senmaizukei</i> CE37	-	-	-	-
<i>L. plantarum</i> CE48	-	+	-	+
<i>L. reuteri</i> KD44A	-	-	-	-

*: The presence and abundance of each characteristic within the corresponding species were represented as + and - respectively.

One of the important factors that cause the spoilage of bakery products is mold growth [32]. Sourdough LAB strains might have strong antifungal effects and it has been reported that they could increase the shelf life of bakery products by delaying the mold growth [33]. The antifungal functionality of LAB strains has a very complex mechanism that can be related with distinct

metabolites produced by them and the synergistic effect between these metabolites [34]. The antifungal effect of sourdough LAB species was tested against five different mold species including *Penicillium*, *Botrytis*, *Aspergillus*, *Fusarium* and *Alternaria* species (Table 4). In general, the tested sourdough LAB species showed promising antifungal activities against all mold genera.

Table 4. Antifungal activities of sourdough LAB species against *F. oxysporum*, *P. chrysogenum*, *B. cinerea*, *A. parasiticus*, *A. niger* and *Al. alternata**

Microorganisms	<i>Penicillium</i> <i>chrysogenum</i>	<i>Botrytis</i> <i>cinerea</i>	<i>Aspergillus</i> <i>parasiticus</i>	<i>Fusarium</i> <i>oxysporum</i>	<i>Aspergillus</i> <i>niger</i>	<i>Alternaria</i> <i>alternata</i>
<i>L. fermentum</i> LR1	+	+	+++	+	-	+
<i>L. rhamnosus</i> LR2	++	+++	+++	+++	++	+++
<i>L. senmaizukei</i> CE37	++	++	++++	++++	+	+++
<i>L. plantarum</i> CE48	++	+++	++++	+++	+	+++
<i>L. reuteri</i> KD44A	-	-	+	+	-	+

*: The antifungal activity was detected in the following state; (++++) extensive inhibition of spore formation and mycelial growth with definite clear zones around colonies, (+++) spore formation delayed with good clear zone around the colony, (++) spore formation delayed with a small clear zone around the colony, (+) spore formation delayed but no clear zone and (-) no inhibition.

Figure 2 shows the representative images for the antifungal effect of the tested LAB strains against corresponding mold species. *L. rhamnosus* LR2, *L. senmaizukei* CE37 and *L. plantarum* CE48 showed significant antifungal activity against all mold species, whereas *L. fermentum* LR1 did not show any antifungal activity against *Aspergillus niger* and also *L. reuteri* KD44A did not show any antifungal activity against *Penicillium chrysogenum*, *Botrytis cinerea* and

Aspergillus niger. Previous studies also demonstrated antifungal activities of *L. rhamnosus* strains to mycotoxigenic fungi including *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* and *Alternaria* [35]. Importantly, *L. plantarum* CE48 demonstrated significant inhibitory activity to tested mold species. Previously, antifungal activity of *L. plantarum* strains was also demonstrated by other researchers [36, 37].

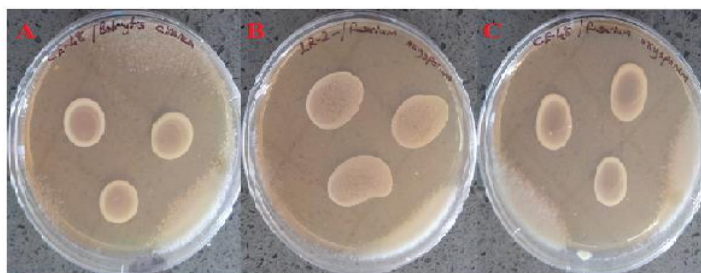


Figure 2. Representative images showing the inhibitory zones of *L. plantarum* CE48 to *B. cinerea* (A) and *F. oxysporum* (C) and *L. rhamnosus* LR2 against *F. oxysporum* (B)

Microbial resistance to clinically important antibiotics should not be present in bacterial species in the food chain. Probiotic bacteria might also transfer antibiotic resistance genes in food products which can be a major concern in food industry. In this respect, potential resistance of LAB strains to ampicillin, chloramphenicol, erythromycin, kanamycin, oxytetracycline, penicillin, streptomycin and tetracycline was tested (Table 5). All LAB strains tested were resistant to kanamycin.

Although *L. fermentum* LR1, *L. senmaizukei* CE37 and *L. plantarum* CE48 were resistant to streptomycin, *L. rhamnosus* LR2 and *L. reuteri* KD44A were appeared to be sensitive to streptomycin (Table 5). Similar to our findings, LAB strains were shown to have high level of resistance to kanamycin and streptomycin as aminoglycoside antibiotics [38]. Apart from these results, LAB strains were found to be sensitive to other antibiotics tested in this study.

Table 5. Resistance of sourdough LAB species against antibiotics (inhibition zone, cm)*

Microorganisms	Inhibition zone (cm)							
	AM	C	E	K	T	P	S	TE
<i>L. fermentum</i> LR1	1.7±0.1	1.1±0.2	1.0±0.02	-	1.0±0.2	1.5±0.02	-	0.8±0.01
<i>L. rhamnosus</i> LR2	1.2±0.02	1.1±0.1	1.2±0.02	-	1.2±0.1	1.5±0.1	0.1±0.01	1.2±0.2
<i>L. senmaizukei</i> CE37	1.1±0.01	1.3±0.01	0.9±0.01	-	0.4±0.01	1.0±0.02	-	0.4±0.02
<i>L. plantarum</i> CE48	1.3±0.1	1.4±0.1	1.0±0.1	-	0.7±0.02	1.3±0.01	-	0.9±0.01
<i>L. reuteri</i> KD44A	2.2±0.1	1.9±0.2	1.4±0.02	-	1.3±0.2	2.2±0.1	0.1±0.01	1.5±0.1

*: AM: ampicillin; C: chloramphenicol; E: erythromycin; K: kanamycin; T: oxytetracycline; P: penicillin G; S: streptomycin; TE: tetracycline. —: no inhibition zone.

Exopolysaccharide (EPS) production is one of the important technological functions of sourdough LAB species. In this respect, we determined the EPS production characteristics of five distinct LAB species depending on their incubation temperatures and growth medium conditions. Selected isolates were grown in MRS and modified BHI mediums at 30°C, 37°C and 45°C and EPS production levels were determined. Figure 3 shows the amount of EPS produced by sourdough isolates under these conditions. In general, these isolates were capable of producing different amount of EPS between species and at different temperature parameters. The highest EPS production was observed in *L. plantarum* CE48 and *L. senmaizukei* CE37, respectively. EPS production levels of LAB can be affected by medium, fermentation conditions and genetic factors [39].

Amylolytic activity is an important activity in LAB species of sourdough origin that results in the breakdown of amylose which increases the level of free sugar in dough environment. The amylolytic activity of LAB species might increase the technological properties of bread. Accordingly, the presence of the amylase gene in LAB strains was determined. The expression products in *L. plantarum* CE48 and *L. rhamnosus* LR2 species were observed at the molecular level (Table 5). Additionally, the degradation of amylose by sourdough isolates in

starch-containing medium was investigated. As an indication of amylase activity, the presence of starch hydrolysis zone was evaluated (Table 6). Amylase activity was observed in all strains tested except for *L. reuteri* KD44A. Similar to our results previous studies have shown that *L. plantarum* and *L. fermentum* strains are among the LAB that can exhibit amylolytic activity [40].

Phytic acid, which is an important component of wheat kernel, is considered to be an antinutritional factor due to its strong chelator properties to Ca^{2+} , Mg^{2+} and Fe^{2+} [41]. It has been suggested that an effective reduction of phytate content can be achieved by addition of phytase active LAB [42]. Therefore, in this study sourdough isolates were tested for their phytase activities. Extracellular and intracellular phytase activities were determined in tested LAB species and it was found that extracellular phytase activity was higher in all strains than intracellular phytase activity (Table 7). The extracellular and intracellular phytase activities were different among distinct species. The highest extracellular and intracellular phytase activity were observed in *L. reuteri* KD44A with values of 603.79 U/mL and 110.20 U/mL, respectively. The lowest extracellular and lowest intracellular phytase activity were observed in *L. fermentum* LR1 and *L. plantarum* CE48, respectively. The extracellular phytase activities

of sourdough isolates were significantly ($p < 0.05$) altered in these strains. However, intracellular phytase activities of isolates were significantly ($p < 0.05$) altered in these strains except *L. fermentum* LR1 and *L. rhamnosus* LR2 that showed same levels of activities.

Previously, phytase activities of *Pediococcus pentosaceus*, *L. panis*, *L. reuteri* and *L. fermentum* of strains were found to be different between among species and strains [43].

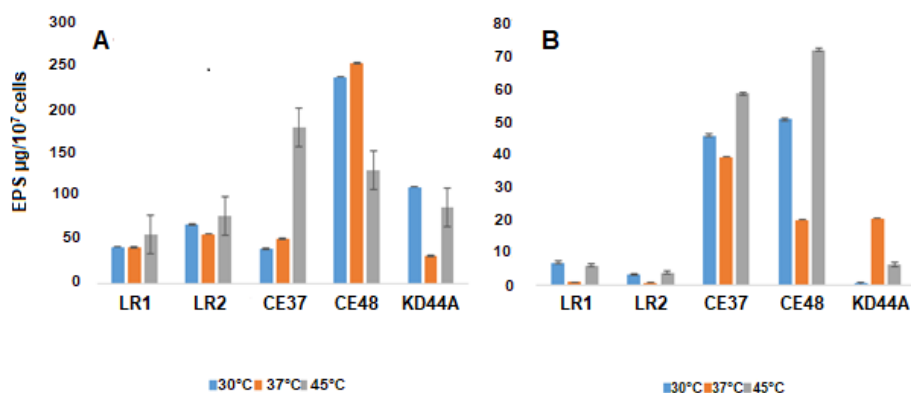


Figure 3. The level of EPS production of sourdough LAB species (*L. fermentum* LR1, *L. rhamnosus* LR2, *L. senmaizukei* CE37, *L. plantarum* CE48, *L. reuteri* KD44A) at 30-37 and 45°C. EPS were isolated from stationary-phase cultures of LAB strains grown in MRS (A) and mBHI (B) medium. (ca. 10⁷ cells)

Table 6. Screening of amylase gene among the sourdough LAB strains and presence of hidrolisis zone obtained by determination of amylase activity of sourdough isolates with iodine solution using %3 starch-containing medium

Microorganisms	Amylase Gene	Amylase Activity
<i>L. fermentum</i> LR1	-	+
<i>L. rhamnosus</i> LR2	+	+
<i>L. senmaizukei</i> CE37	-	+
<i>L. plantarum</i> CE48	+	+
<i>L. reuteri</i> KD44A	-	-

*: + and - represent the presence and the abundance of each characteristic within the corresponding species).

Table 7. Extracellular and intracellular phytase activities of sourdough isolates

Microorganisms	Extracellular phytase activity (U/mL)	Intracellular phytase activity (U/mL)
<i>L. fermentum</i> LR1	295.22±1.58 ^E	83.20±2.98 ^B
<i>L. rhamnosus</i> LR2	405.12±2.96 ^C	81.95±2.94 ^B
<i>L. senmaizukei</i> CE37	501.97±4.06 ^B	39.11±2.93 ^C
<i>L. plantarum</i> CE48	348±1.386 ^D	18.94±1.65 ^D
<i>L. reuteri</i> KD44A	603.79±4.41 ^A	110.20±1.73 ^A

^{A-E}Within the column, different superscript uppercase letters show differences between the strains ($p < 0.05$)

Finally, sourdough isolates were tested for phosphatase activities which were found to be altered between 6.73 U and 1.03 U (Table 8). When the phosphatase activities of the isolates were compared, it was determined that there was a significant difference between the results except for *L. fermentum* LR1 and *L. plantarum* CE48

($p < 0.05$) and the strongest enzymatic activity belonged to the *L. reuteri* KD44A strain. Results of this study revealed that the phosphatase activity of sourdough isolates varied which can be related with strain dependent phosphatase activity of LAB as previously suggested [44].

Table 8. Phosphatase activity of sourdough isolates

Microorganisms	Phosphatase activity (U)*
<i>L. fermentum</i> LR1	2.4±0.07 ^{BC}
<i>L. rhamnosus</i> LR2	2.1±0.17 ^C
<i>L. senmaizukei</i> CE37	4.02±0.07 ^B
<i>L. plantarum</i> CE48	1.03±0.06 ^C
<i>L. reuteri</i> KD44A	6.73±0.98 ^A

*1 Uof enzyme is the level of enzyme that can perform the production of 1 µmol p-nitrophenol in 1 h at 50°C. ^{A-C}Within the column, different superscript uppercase letters show differences between the strains ($p < 0.05$).

CONCLUSION

The sourdough technology is becoming more important in the world and Turkey is one of the countries trying to adopt this technology to bread technology. In this study five distinct LAB strains were identified (*L. fermentum* LR1, *L. rhamnosus* LR2, *L. senmaizukei* CE37, *L. plantarum* CE48 and *L. reuteri* KD44A) and their technological potential in terms of sourdough technology was determined. All strains demonstrated significant antibacterial and antifungal activities against tested pathogenic bacteria and detrimental fungi. All strains were EPS producers although the EPS production levels altered depending on strain specific conditions. Finally, amyolytic, phytase and phosphatase activities of the distinct strains were determined and promising results were obtained for these activities. This study revealed the functional characteristics of distinct LAB species isolated from traditional Turkish sourdough.

ACKNOWLEDGMENTS








This study was financially supported by Bayburt University Scientific Research Projects Unit with the project number of 2017/02-69001-21.

REFERENCES

- [1] Ottogalli, G., Galli, A., Foschino, R. (1996). Italian bakery products obtained with sourdough: characterization of the typical microflora. *Advances in Food Sciences*, 18(5), 131-144.
- [2] De Vuyst, L., Schrijvers, V., Paramithiotis, S., Hoste, B., Vancanneyt, M., Swings, J., Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E., Messens, W. (2002). The biodiversity of lactic acid bacteria in Greek traditional wheat sourdoughs is reflected in both composition and metabolite formation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(12), 6059-6069.
- [3] De Vuyst, L., Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 43-56.
- [4] Gänzle, M.G. (2014). Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation. *Food Microbiology*, 37, 2-10.
- [5] Gänzle, M.G., Lopenen, J., Gobbetti, M. (2008). Proteolysis in sourdough fermentations: mechanisms and potential for improved bread quality. *Trends in Food Science & Technology*, 19(10), 513-521.
- [6] Fretzdorff, B., Brummer, J.M. (1992). Reduction of phytic acid during breadmaking of whole-meal breads. *Cereal Chemistry*, 69(3), 266-270.
- [7] Messens, W., De Vuyst, L. (2002). Inhibitory substances produced by Lactobacilli isolated from sourdoughs-a review. *International Journal of Food Microbiology*, 72(1-2), 31-43.
- [8] Demirbaş, F., İspirli, H., Kurnaz, A.A., Yılmaz, M.T., Dertli, E. (2017). Antimicrobial and functional properties of lactic acid bacteria isolated from sourdoughs. *LWT-Food Science and Technology*, 79, 361-366.
- [9] Lavermicocca, P., Valerio, F., Evidente, A., Lazzaroni, S., Corsetti, A., Gobbetti, M. (2000). Purification and characterization of novel antifungal compounds from the sourdough *Lactobacillus plantarum* strain 21B. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(9), 4084-4090.
- [10] Magnusson, J., Schnürer, J. (2001). *Lactobacillus coryniformis* subsp. *coryniformis* strain Si3 produces a broad-spectrum proteinaceous antifungal compound. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(1), 1-5.
- [11] Corsetti, A., Gobbetti, M., De Marco, B., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L., Rossi, J. (2000). Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(7), 3044-3051.
- [12] Galle, S., Arendt, E.K. (2014). Exopolysaccharides from sourdough lactic acid bacteria. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(7), 891-901.
- [13] İspirli, H., Özmen, D., Yılmaz, M.T., Sağdıç, O., Dertli, E. (2020). Impact of glucan type exopolysaccharide (EPS) production on technological characteristics of sourdough bread. *Food Control*, 107, 106812.
- [14] Palacios, M.C., Haros, M., Sanz, Y., Rosell, C.M. (2008). Selection of lactic acid bacteria with high phytate degrading activity for application in whole wheat breadmaking. *LWT-Food Science and Technology*, 41(1), 82-92.
- [15] Dertli, E., Mercan, E., Arıcı, M., Yılmaz, M.T., Sağdıç, O. (2016). Characterisation of lactic acid bacteria from Turkish sourdough and determination of their exopolysaccharide (EPS) production characteristics. *LWT-Food Science and Technology*, 71, 116-124.
- [16] Baker, G.C., Smith, J.J., Cowan, D.A. (2003). Review and re-analysis of domain-specific 16S primers. *Journal of Microbiological Methods*, 55(3), 541-555.
- [17] İspirli, H., Demirbaş, F., Dertli, E. (2015). Characterization of functional properties of *Enterococcus faecium* strains isolated from human gut. *Canadian Journal of Microbiology*, 61(11), 861-870.
- [18] Fontana, C., Coconcelli, P.S., Vignolo, G., Saavedra, L. (2015). Occurrence of antilisterial structural bacteriocins genes in meat borne lactic acid bacteria. *Food Control*, 47, 53-59.
- [19] Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.T., Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- [20] Oguntoyinbo, F.A., Nabad, A. (2012). Molecular characterization of lactic acid bacteria and in situ amylase expression during traditional fermentation of cereal foods. *Food Microbiology*, 31(2), 254-262.
- [21] Raghavendra, P., Halami, P.M. (2009). Screening, selection and characterization of phytic acid degrading lactic acid bacteria from chicken

- intestine. *International Journal of Food Microbiology*, 133(1-2), 129-134.
- [22] Randazzo, C.L., Heilig, H., Restuccia, C., Giudici, P., Caggia, C. (2005). Bacterial population in traditional sourdough evaluated by molecular methods. *Journal of Applied Microbiology*, 99(2), 251-258.
- [23] Spicher, G., Lönner, C. (1985). Die Mikroflora des Sauerteiges XXI. Mitteilung: Die in Sauerteigen schwedischer Bäckereien vorkommenden Lactobacillen. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 181(1), 9-13.
- [24] Bakırcı, F., Köse, E. (2017). Ekşi hamurlardan laktik asit bakterileri ve mayaların izolasyonu ve tanımlanması. *Akademik Gıda*, 15(2), 149-154.
- [25] Hiraga, K., Ueno, Y., Sukontasing, S., Tanasupawat, S., Oda, K. (2008). *Lactobacillus senmaizukei* sp. nov., isolated from Japanese pickle. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 58(7), 1625-1629.
- [26] Corsetti, A., Gobbetti, M., Smacchi, E. (1996). Antibacterial activity of sourdough lactic acid bacteria: isolation of a bacteriocin-like inhibitory substance from *Lactobacillus sanfrancisco* C57. *Food Microbiology*, 13(6), 447-456.
- [27] Şimşek, Ö., Çon, A.H., Tulumoğlu, Ş. (2006). Isolating lactic starter cultures with antimicrobial activity for sourdough processes. *Food Control*, 17(4), 263-270.
- [28] Schillinger, U. (1989). Antibacterial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(8), 1901-1906.
- [29] Nissen-Meyer, J., Hauge, H.H., Fimland, G., Eijsink, V.G.H., Nes, I.F. (1997). Ribosomally synthesized antimicrobial peptides produced by lactic acid bacteria: their function, structure, biogenesis, and their mechanism of action. *Recent Res. Dev. Microbiol.*, 1, 141-154.
- [30] Tichaczek, P.S., Nissen-Meyer, J., Nes, I.F., Vogel, R.F., Hammes, W.P. (1992). Characterization of the bacteriocins curvacin A from *Lactobacillus curvatus* LTH1174 and sakacin P from *L. sake* LTH673. *Systematic and Applied Microbiology*, 15(3), 460-468.
- [31] Kok, J., Holo, H., Van Belkum, M.J., Haandrikman, A.J., Nes, I.F. (1993). Nonnisin bacteriocins in lactococci: biochemistry, genetics, and mode of action. In *Bacteriocins of lactic acid bacteria* (pp. 121-150). Academic Press.
- [32] Gerez, C.L., Torino, M.I., Rollán, G., de Valdez, G.F. (2009). Prevention of bread mould spoilage by using lactic acid bacteria with antifungal properties. *Food Control*, 20(2), 144-148.
- [33] Gobbetti, M. (1998). The sourdough microflora: interactions of lactic acid bacteria and yeasts. *Trends in Food Science & Technology*, 9(7), 267-274.
- [34] Corsetti, A., Gobbetti, M., Rossi, J., Damiani, P. (1998). Antimould activity of sourdough lactic acid bacteria: identification of a mixture of organic acids produced by *Lactobacillus sanfrancisco* CB1. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 50(2), 253-256.
- [35] Stiles, J., Penkar, S., Plocková, M., Chumchalova, J., Bullerman, L.B. (2002). Antifungal activity of sodium acetate and *Lactobacillus rhamnosus*. *Journal of Food Protection*, 65(7), 1188-1191.
- [36] Laitila, A., Alakomi, H.L., Raaska, L., Mattila-Sandholm, T., Haikara, A. (2002). Antifungal activities of two *Lactobacillus plantarum* strains against *Fusarium* moulds in vitro and in malting of barley. *Journal of Applied Microbiology*, 93(4), 566-576.
- [37] Sangmanee, P., Hongpattarakere, T. (2014). Inhibitory of multiple antifungal components produced by *Lactobacillus plantarum* K35 on growth, aflatoxin production and ultrastructure alterations of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. *Food Control*, 40, 224-233.
- [38] Fukao, M., Yajima, N. (2012). Assessment of antibiotic resistance in probiotic lactobacilli. IntechOpen.
- [39] De Vuyst, L., Degeest, B. (1999). Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Reviews*, 23(2), 153-177.
- [40] Sanni, A.I., Morlon-Guyot, J., Guyot, J.P. (2002). New efficient amylase-producing strains of *Lactobacillus plantarum* and *L. fermentum* isolated from different Nigerian traditional fermented foods. *International Journal of Food Microbiology*, 72(1-2), 53-62.
- [41] Wodzinski, R.J., Ullah, A.H.J. (1996). Phytase. *Advances in Applied Microbiology*, 42, 263-302.
- [42] Türk, M., Sandberg, A.S. (1992). Phytate degradation during breadmaking: effect of phytase addition. *Journal of Cereal Science*, 15(3), 281-294.
- [43] Nuobariene, L., Cizeikiene, D., Gradzeviciute, E., Hansen, Å.S., Rasmussen, S.K., Juodeikiene, G., Vogensen, F.K. (2015). Phytase-active lactic acid bacteria from sourdoughs: Isolation and identification. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 766-772.
- [44] Goswami, G., Bora, S.S., Parveen, A., Boro, R.C., Barooah, M. (2017). Identification and functional properties of dominant lactic acid bacteria isolated from Kahudi, a traditional rapeseed fermented food product of Assam, India. *Journal of Ethnic Foods*, 4(3), 187-197.

Improvement of Olive Oil Quality with Innovative Olive Cleaning System

Didar Sevim¹  ✉, Oya Köseoğlu² , Uğur Şumnuş³ , Pınar Kadiroğlu⁴ , Mehmet Erdan³ , Mehmet Tosun³ , Aslı Yıldırım Vardin⁵ 

¹Izmir Olive Research Institute, Ministry of Agriculture and Forestry, Bornova, İzmir

²Izmir Olive Research Institute, Ministry of Agriculture and Forestry, Bornova, İzmir

³HAUS Machinery Industry and Trade Company, Efeler, Aydın

⁴Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Sarıçam, Adana

⁵Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Aydın Adnan Menderes University, Efeler, Aydın

Received (Geliş Tarihi): 22.11.2021, Accepted (Kabul Tarihi): 19.09.2022

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): didar.sevim@tarimorman.gov.tr (D. Sevim)

☎ +90 232 462 7073 (137) 📠 +90 232 435 7042

ABSTRACT

Turkey is considered the homeland of olives and is one of the important olive oil producers of the world. With the increasing number of trees, the necessity to complete olive harvest in a short time, like 3-4 months, makes mechanization necessary. The use of mechanical devices during olive harvest causes an increase in the number of leaves, shoots, and branches in the harvested product. Leaf separation systems used in cleaning non-olive materials in olives are generally inadequate in cleaning olives containing dense leaves obtained due to the use of new generation harvesting machines. For this reason, to develop an innovative sorting/cleaning prototype to provide more efficient cleaning, it is necessary to determine the machine efficiency, oil efficiency, olive oil quality and composition of machines. Total phenolics, chlorophyll and carotenoid contents, induction period and DPPH antioxidant activity values of olive oil obtained after traditional suction fan system (TSFS) application were higher than olive oils obtained after new generation blown and drum sieve system (NGBDSS) application. However, the α -tocopherol content of olives was low in the samples obtained by TSFS. The fatty acid composition of olive oils obtained from both applications was similar. Our study determined that there were 13 volatile compounds in the olive oil obtained after applying the TSFS, and there were 6 volatile compounds in the olive oil obtained with the application of NGBDSS. When the sensory properties of olive oils were analyzed, it was found that olive oils obtained from both applications were similar to the fruitiness, bitterness, and pungency of olive oils obtained after applying NGBDSS.

Keywords: Extraction system, Olive leaf, Olive cleaning machine, Olive oil quality, Antioxidant

Yenilikçi Zeytin Temizleme Sistemi İle Zeytinyağı Kalitesinin İyileştirilmesi

ÖZ

Ülkemiz, zeytinin anavatanı olarak kabul edilmekte olup, Dünya'nın önemli zeytinyağı üreticilerinden biridir. Zeytin hasadının 3-4 ay gibi kısa zamanda tamamlanma zorunluluğu, artan ağaç sayısı ile birlikte hasatta mekanizasyonu gerekli kılmaktadır. Zeytin hasadında mekanik cihazların kullanımı toplanan ürünlerdeki yaprak, filiz ve dal parçalarının miktarının artmasına sebep olmaktadır. Zeytinlerdeki yabancı maddelerin temizlenmesinde kullanılan yaprak ayırma sistemleri genellikle yeni nesil hasat makinelerinin kullanımı sonucu elde edilen ve yoğun yaprak içeren zeytinlerin temizlenmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple daha etkin bir temizleme sağlamak için yenilikçi ayıklama/temizleme prototipi geliştirmek; makinelerin etkinliğini, yağ verimini, zeytinyağı kalite ve kompozisyonunu belirlemek gerekmektedir. Geleneksel emme fanlı sistem (GEFS) uygulaması sonrasında elde edilen zeytinyağının

toplam fenolik, klorofil ve karotenoid miktarları ile indüksiyon periyodu ve DPPH antioksidan aktivite değerlerinin, yeni nesil üfleli ve tambur elektrikli sistem (YNÜTES) uygulaması sonrasında elde edilen zeytinyağlarına göre daha yüksek olduğu, bununla birlikte α -tokoferol miktarının ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. Her iki uygulamadan elde edilen zeytinyağlarının yağ asidi kompozisyonu değerlerinin benzer olduğu tespit edilmiştir. Uçucu bileşenler açısından çalışmamızda GEFS uygulaması sonrasında elde edilen zeytinyağında 13 adet, YNÜTES uygulaması ile elde edilen zeytinyağında ise 6 adet uçucu bileşen olduğu tespit edilmiştir. Duyusal özellikler bakımından her iki uygulamadan elde edilen zeytinyağlarının meyvemsilik, acılık ve yakıcılık şiddetlerinin benzer olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekstraksiyon sistemi, Zeytin yaprağı, Zeytin temizleme makinası, Zeytinyağı kalitesi, Antioksidan

INTRODUCTION

Automatic olive picking machines, which have recently started to be used in Turkey, have become commonplace, especially in Southern Europe, especially in Spain and Italy. As a result, suitable machinery is not produced in Turkey to clean olives that come to the facilities with more leaves and branches. In some regions of Turkey, due to the low oil rate, olives are expected to be lubricated by not picking, but when they fall from the branch to the ground, they are collected with vacuum machines and scoops. Due to this collection process, olives include many foreign materials such as sand and stone. Virgin olive oil is obtained by washing, decantation, centrifugation and filtration processes and mechanical and physical processes in a thermal environment that will not change the natural qualities of the olive tree fruit; It is an oil that carries the physical, chemical, and sensory properties of the products in its category [1]. Changes in olive oil composition are affected by many factors such as variety, ripening, harvest, post-harvest storage, process conditions, and monitoring these changes is of particular importance in terms of consumer health [2]. Many parameters affect the quality of olive oil. These are harvest time and maturity level (30%), extraction methods (30%), variety (20%), storage conditions (10%), harvesting methods (5%) and transportation (5%) [3].

Olives are generally picked up by hand or harvesting machines. Olives that fall to the ground are collected directly or with the help of nets laid under the tree. Depending on the climatic conditions and the olive harvesting method, foreign materials can reach up to 5-15% of the olives harvested (Figure 1). These foreign substances coming from outside should be removed to prevent undesirable effects that may cause on the quality of virgin olive oil and also prevent damage to high-speed rotating equipment such as crushers, decanters, and separators used in the continuous system.

In modern systems (two-phase and three-phase continuous systems), sorting and washing processes are generally applied together during cleaning olives that come to the plant. These machines separate olive grains and foreign materials from each other by using an aspirator and pressurized water. The washing machine is operated together with the conveyor belt. After the olives are placed in the bunker, they are transported with the help of conveyor belts and passed through an absorbent aspirator.

Leaf removal from olives is always recommended, primarily when mechanically harvested. The presence of leaves changes the flavor and aroma of the oil during the extraction stage of the oil. Olive leaves broken with olives cause an increase in the green color of virgin olive oil and the "green" or "leaf" feeling in its sensory properties. Sometimes these features are preferred by consumers, and sometimes they are not. The efficiency of the olive crushing method and the size of the leaves also change these features. Metallic crushers are usually violent crushers, breaking the leaves into many small particles. Thus, the sensory properties, color, aroma, and flavor of extra virgin olive oil can change [4].

Olive oil consists of 98% of glycerides and fatty acids as the major components and 2% of the minor components. The oleic acid content of olive oil is 55-83%, the linoleic acid content is 3.5-21%, and linolenic acid content is below 1% [1]. There are 230 minor components such as phenolic compounds, tocopherols, sterols, hydrocarbons, antioxidants in olive oil [5]. The fatty acid composition, phenolic compound content, tocopherol amount, sterol composition, and pigment content of olive oil change with maturation. These changes depend on the variety, climate and growing conditions and affect olive oil quality, sensory properties, oxidative stability, and nutritional value [6].

Oxidative stability and total phenolic contents were analyzed on the oils obtained from Memecik, Erkence, Domat, Nizip Yağlık, Gemlik, and Ayvalık olive varieties [7]. The total phenol was determined 330.92 mgGAE/kg oil, 356.65 mgGAE/kg oil, 301.99 mgGAE/kg oil, 102.40 mgGAE/kg oil, 274.09 mgGAE/kg oil, respectively. Sevim et al. [8] investigated the total phenol, α -tocopherol, chlorophyll, and carotenoid amounts and DPPH antioxidant activity in a study conducted with oils obtained from Ayvalık, Memecik, Gemlik, and Uslu olive varieties, which are important olive varieties of our country. Their study found that the total amount of phenolic substance ranged from 46.15-383.67 mg CAE/kg oil, and the amount of α -tocopherol ranged between 194.99-340.44 mg/kg.

Ilyasoğlu et al. [9] reported that that α -tocopherol and total phenol content of oils obtained from Ayvalık and Memecik cultivars, which are important olive varieties grown in the Aegean Region, ranged between 155.17-325.25 mg/kg and 76.14-226.31 mgCAE/kg oil, respectively.

Malheiro et al. [10] stated in their study that olive leaves, which are by-products of olive oil extraction, constitute 10% of the total olive. Clodoveo et al. [11] stated that many olive oil producers subject olives to a separate cleaning process in order to purify them from leaves and

other foreign materials, thus preventing the devices and equipment from being affected by foreign substances and preventing foreign substances and foreign odors that may arise from leaves in the oil.



Figure 1. An example of an olive harvest; olive harvest leaf density

Currently, the suction fans used in olive oil plants are insufficient for separating dense leafy olives; these fans are often clogged and work inefficiently. In addition, almost no cleaning can be done on the olives that come with their branches, and these unwanted branches negatively affect the taste and aroma of olive oil.

This study aims to eliminate the negative factors in olive oil production in Turkey, raising the awareness of producer farmers and facilities and ensuring that quality olive oil is obtained. In this direction, it is necessary to deal with the olive oil production facility from the very beginning. Our study discussed the first processing stage of the olive coming to the facility, the separation of the olive from the branches and leaves. It is also aimed to produce and consume conscious and healthy olive oil with innovative solutions. In addition, feeding the olive to other equipment without removing hard and abrasive foreign materials such as stone, sand, metal causes damage to equipment, extra maintenance/replacement costs, downtime of the plant, and even a loss of prestige for machinery and olive oil producing companies. Another goal of the research is to help olive oil plants and machinery companies avoid material losses and increase customer satisfaction. For these reasons, the study aims to increase the foreign market share of machinery producing companies.

For this purpose, the content of moisture % and oil % in olive paste, the amount of free fatty acid in olive oil (in oleic acid %), the number of peroxides, specific absorption values in ultraviolet light (K_{232} , K_{270}), total phenol amount, total chlorophyll and carotenoid amount, fatty acid composition, amount of α -tocopherol, DPPH antioxidant activity, induction period, volatile compounds analysis and sensory analysis have been performed.

MATERIALS and METHODS

Maturity Index

The olive maturity index (MI) was determined according to the method given by the International Olive Council [11] based on the evaluation of the olive skin and pulp colors.

Olive Analysis

The moisture content (%) of the olive samples was determined according to TSE [13] TS EN ISO 665 and the oil content (%) was determined according to TSE [14] TS EN ISO 659. After weighing 15 grams of olive fruit, it was dried in the oven at 105°C until constant weight and moisture content (%) was calculated. The oil content was measured with Soxhlet extraction. After that percentage of oil was calculated.

Extraction of Olive Oil

In this study, the Memecik cultivar was used. Olive samples were collected by machine harvesting from Belenkuyu Davutlar (Aydın, Turkey) in November 2019. Olive oils were obtained with a 3-phase continuous system. Olives coming to the factory are divided into two, and they are separated from their leaves in two separate lines with the help of both traditional suction fan system and new generation blew system and drum sieve system. With the traditional suction fan system, 11 kg of leaves were extracted from 273 kg of leafy olives (Figures 2), and 24 kg of leaves were extracted from 293 kg of olives with the new generation blown and drum sieve system (Figures 3). Olives, whose leaves were removed, were crushed with a hammer crusher after washing and were subjected to malaxation at 30-35°C for 30-45 minutes. Then, olive oil, pomace, and olive oil mill wastewater were separated from the olive pastes with the help of a vertical separator, and the olive oil obtained was purified from the remaining impurities

by passing through a separator with 200L of water per hour (Figure 4). The obtained olive oils were stored at +4°C for analysis.



Figure 2. Harvest with relatively few leaves (a); two fan system (b); washing; and the remaining leaves (c)

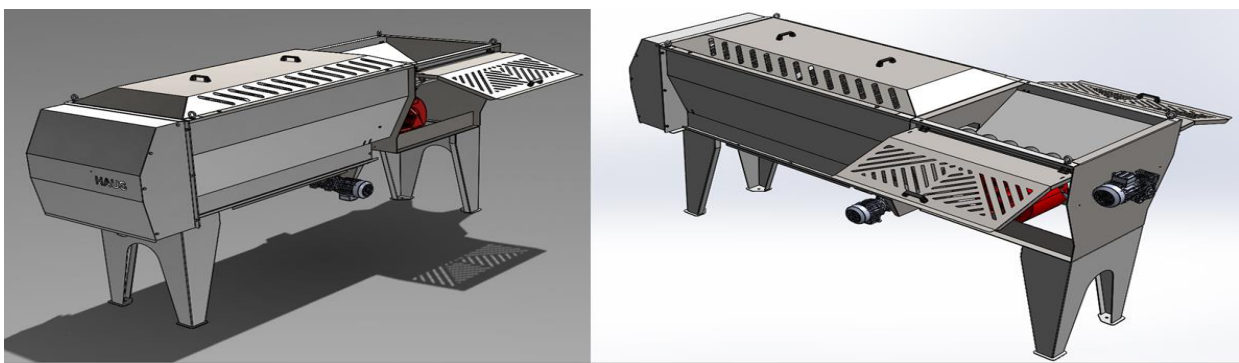


Figure 3. From our project; Two-way view of olive branch leaf sorting machine with double drum blowing fan

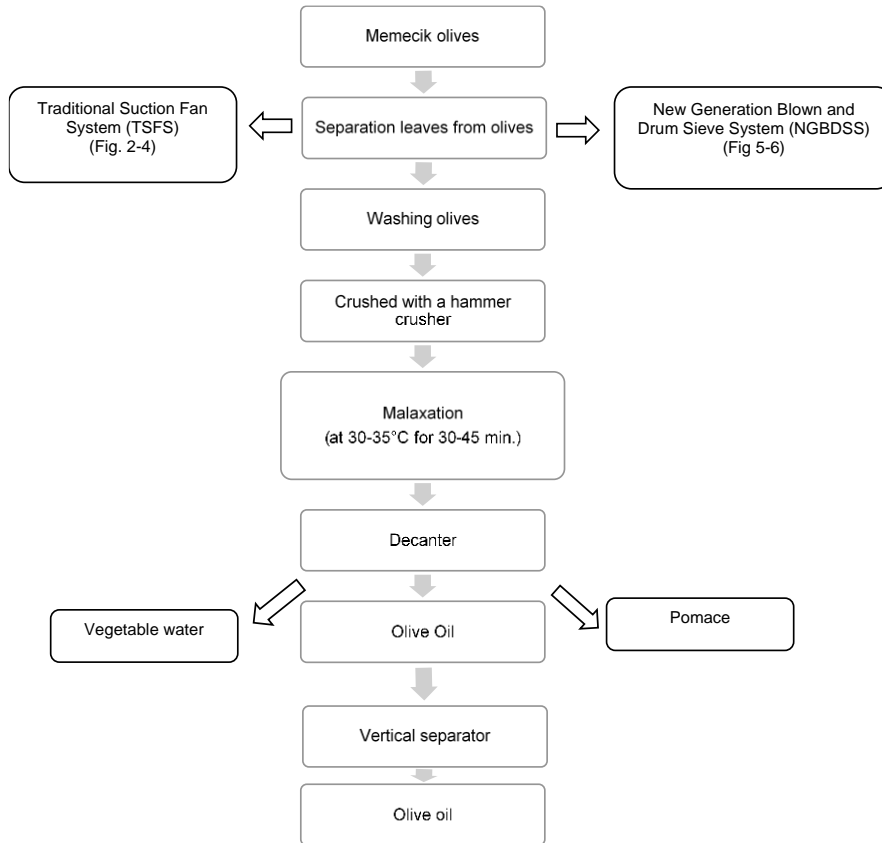


Figure 4. Three phase continuous system with traditional suction fan system (TSFS) and new generation blown and drum sieve system (NGBDSS)

Quality Parameters

The free fatty acidity (FFA), the peroxide values (PV) and UV spectrophotometric indices (K_{232} and K_{270} measurements) were determined according to Turkish Food Codex [14]. All parameters were determined duplicate for each sample.

Fatty Acid Composition

The determination of methyl esters of fatty acids of olive oils by gas chromatography was carried out according to COI/ T.20.Doc.no:33 [16]. Determination of fatty acids in olive oil samples was made using a flame ionization detector (FID) and a DB-23 capillary column (30m x 0.25mm i.d. x 0.250 μ m) in HP 6890 model Gas Chromatography device. In the analysis, an oven program with 2°C/min increments between 170°C and 210°C was applied, and the analysis was completed by keeping the samples at 210°C for 10 minutes. A standard mixture containing a mixture of methyl esters of 37 fatty acids (Sigma-Aldrich Chemicals 189-19) was used for the identification of fatty acids. The results were calculated as % area with the help of the HP 3365 Chemstation computer program.

Antioxidant Components and Antioxidant Activity Analysis of Olive Oil

Tocopherol Analysis

Tocopherol analyses (α , β , γ , δ) were determined by using High-Pressure Liquid Chromatography (HPLC 1100 series) according to Carpenter [17], Dabbou et al. [18] and IUPAC [19] methods. The oils were diluted 1/10 with hexane containing 1% isopropyl alcohol, filtered with Econofilter 25/0.45 μ m RC (Agilent Technologies) and injected into High-Pressure Liquid Chromatography. The injection volume was 20 μ L. μ -porasil column was used 250 mm * 4.6 mm * 5 μ m (Waters, Ireland). The flow rate was 1 mL/min. The temperature of the column was set to 25°C.

Total Phenol Content

Total phenol in olive oils was determined according to the method proposed by Gutfinger [20]. 2.5 g olive oil was dissolved in 5 mL hexane and stirred for 2 minutes with the addition of 5 mL methanol/water (60:40 v/v) for the extraction of phenolic substances. The hexane and methanol/water phases were separated from each other by centrifugation at 3500 rpm for 10 minutes [21]. Total phenol analysis was performed in the methanolic phase. Measurements were made in a spectrophotometer (UV-1700, Shimadzu, Japan) at a wavelength of 725 nm. The results were given as mg CAE/kg oil.

DPPH• Antioxidant Activity

The antioxidant capacity of olive oil samples was determined according to Jiang et al. [22], Carrasco-Pancorbo et al. [23], and Lavelli [24]. It was determined

by spectrophotometric measurement of the neutralization process of DPPH• (Aldrich Chemical Co. Milwaukee, WI), a strong free radical (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil). 100 μ M DPPH• radical was prepared with methanol. After adding 1.9 mL of DPPH• solution to 0.1 mL of extract and keeping it in the dark for 15 minutes, absorbance values were measured at 517 nm wavelength.

Oxidative Stability Analysis

The oxidation stability of oils was carried out according to the Rancimat method with a computer-controlled and fully automatic, oxidation stability measuring device Rancimat 743 (Metrohm Ltd., Herisau, Switzerland) in fats and oils for analytical and research laboratories. It was determined by exposing 3 g of oil to an airflow rate of 20 L/h and a block temperature of 120°C [25].

Total Chlorophyll and Carotenoid Analyses

7.5 g of olive oil sample was dissolved in cyclohexane and completed to 25 mL in a volumetric flask. Carotenoid and chlorophyll content of the sample was determined by measuring the solution at 670 nm and 470 nm with a spectrophotometer (UV-1700, Shimadzu, JAPAN), respectively [26].

Sensory Analysis

A sensory analysis was carried out by the panel, which is recognized by the International Olive Council and has an ISO 17025 accreditation certificate. The sensory profile was conducted by the Turkey Olive Research Institute olive oil panel according to the official methods of IOC-COI/T.20/Doc. No 15/Rev. 10 [27]. Eight panelists (4 woman, 4 man) ranging in age from 33 to 58 years old, were fully trained in the evaluation of virgin olive oil. A tasting glass was filled with 15 mL of each olive oil sample. The samples were kept at a constant temperature of 28 \pm 2° C. Each taster in the panel first smelled and then tasted the oil in the tasting glass. Oils were evaluated according to positive properties (fruity, bitter, pungent) and negative properties (heating-muddy residue, moldy-moist, vinous-vinegar, metallic, rancid (obsolete-stale), heated or burnt, straw-woody, coarse, machine oil, black water, brine, whitish, earthy, wormy, cucumber, wet wood). Profile paper was used in the evaluation. Scoring was made on the profile paper with a scale of 10 cm. The results were evaluated by a computer program for obtaining statistical calculations (median).

Volatile Compounds Analysis of Olive Oils

Firstly 3 g of olive oil sample was weighed into 20 mL headspace vials and closed with a leakproof Teflon cap. The samples were incubated at 40°C for 10 minutes and then extraction was carried out for 30 minutes. DVB/CAR/PDMS (Divinylbenzene/ carboxen/ polydimethylsiloxane) (50/30 μ m) fiber was used for solid-phase microextraction. The volatile compounds of the samples was then determined by gas chromatography-mass spectrometer (GC-MS)

(Shimadzu, Japan). The separation was performed using a Restek Rxi-5MS capillary column (30m x 0.25mm x 0.25 µm). The carrier gas was helium with a flow rate of 1.5 mL/min. The inlet temperature was 230°C and operated in splitless mode. Ion source and interface temperatures were set at 250°C. The oven temperature program used was as follows: 50°C, isothermal for 2 minutes; increased at 4°C/min to 230°C, isothermal for 10 minutes. Volatile compounds were identified using the GC-MS library (Wiley GC-MS Library, 2010) [28].

Statistical Analysis

Principal component analysis (PCA) was performed using Minitab® 17 program (Minitab Inc., State College, PA, USA) in order to evaluate the classification pattern of the olive oil samples obtained from olives separated from their leaves with NGBDSS and TSFS systems according to olive analysis, quality parameters and fatty acid composition analyses.

RESULT and DISCUSSION

Olive Analysis

The degree of maturity of the olive is a crucial factor in determining the harvest time. Harvest maturity depends on the color of the fruit skin and fruit flesh. The MI calculated by comparison from the color scale is used to determine the maturity.

Oil accumulation in olive fruit begins in late July and early August. With the decrease in temperatures, olive ripening begins and the oil content of the fruit increases day by day. In the period from October to December, the amount of oil increases. During the autumn and winter seasons, the fruit's skin color turns black, and the amount of oil reaches its maximum [29]. The ideal harvest time is when the oil has the maximum quality and best sensory properties. After the maturation is completed, the oil content in the dry matter remains constant, but the water ratio decreases [30]. The ripening period, in which olive oil reaches its maximum, does not usually coincide with the period when the oil has the best quality and sensory properties.

As seen in Table 1 the MI of Memecik olive fruits was determined as 1.95 (Olive fruit olives with yellow or yellowish skin color). The moisture content of the fruits used in the TSFS was determined as 54.24% and the oil content as 23.10%. The moisture content of the fruits used in the NGBDSS was determined as 58.33% and the oil content as 17.73%.

Table 1. Maturity index, moisture content and oil content of olive fruits*

Parameter	TSFS	NGBDSS
Maturity index	1.95±0.00	1.95±0.02
Moisture content (%)	54.24±0.90	58.33±0.53
Oil content (%)	23.10±1.10	17.73±1.66

*: TSFS: Traditional suction fan system, NGBDSS: New generation blown and drum sieve system

Quality Parameters

Olive oil quality criteria are affected by many factors such as climatic conditions, olive fruit quality, maturity, harvesting methods, transportation, olive oil production systems and storage. The higher the quality of the olive fruit we have, the higher the quality of natural extra virgin olive oil, if the extraction is done under appropriate conditions.

It was determined that the FFA, PV, K_{232} and K_{270} values of olive oil samples obtained from the TSFS application were higher than olive oils obtained from the NGBDSS application (Table 2). According to the Turkish Food Codex, olive oil samples obtained from both applications are classified as Virgin Olive Oil in terms of FFA, PV, K_{232} and K_{270} values.

Table 2. Free fatty acidity value (% oleic acid) (FFA), peroxide value (meqO₂/kg oil) (PV), K_{232} and K_{270} values of olive oil samples*

Parameter	TSFS	NGBDSS
FFA	1.83±0.01	1.38±0.00
PV	8.42±0.10	7.51±0.09
K_{232}	1.63±0.06	1.31±0.03
K_{270}	0.16±0.00	0.12±0.01

*: TSFS: Traditional suction fan system, NGBDSS: New generation blown and drum sieve system

The addition of leaves increases the FFA and PV in olive oils obtained by adding olive leaves, K_{232} and K_{270} values slightly increase in oils with 1, 2.5 and 5 leaf additions, and significantly increase in oils with 10% leaf addition. Depending on the high rate of leaf addition, K_{232} and K_{270} values may exceed the determined international legal limits [10]. Sevim [3] stated that the addition of leaves at different rates did not have a fixed effect on the FFA, PV and K_{232} values (sometimes it increased and sometimes did not cause a change based on year and variety), but increased the K_{270} value. Gibriel et al. [31] reported that leaf addition caused a slight increase in FFA and no change in PV. However, Di Giovacchino et al. [32] stated that the addition of leaves at different rates had no effect on the FFA, PV, K_{232} and K_{270} values. Tarchoune et al. [33] determined that the addition of 3% olive leaf did not cause any change in the FFA and PV in the oil obtained from Neb Jmel variety, which is a Tunisian variety, while it caused a decrease in the FFA and PV in the oil obtained from the Oueslati variety.

Fatty Acid Composition

The fatty acid composition of olive oil varies according to the fruit's variety, altitude, climate, and maturity level. It is known that as the temperature decreases and the altitude increases, the level of unsaturated fatty acids also increases. Olive oils obtained from cold regions have been found to have high oleic acid levels and low linoleic acid levels [34, 35]. The study conducted by İlyasoğlu [36] on Memecik and Ayvalık olive cultivars determined that the chemical compositions of olive oils changed according to the olive variety and harvest season. It is stated that the climatic characteristics of the

geographical region where the olives are grown, the temperature and the amount of precipitation are effective on the chemical composition of olive oil, especially on the fatty acids and antioxidant substance content.

Palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, SFA, MUFA and PUFA values of olive oils obtained from TSFS were determined 12.82%, 2.49%, 72.38%, 9.87% 0.72%, 88.25%, 73.42%, and 10.59%, respectively. For NGBDSS application, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, SFA, MUFA, and PUFA values of olive oils were determined 12.72%, 2.38%, 73.25%, 9.10%, 0.73%, 88.94%, 74.31%, and 9.83%, respectively (Table 3). When the fatty acid composition values of olive oils were examined, it was found that the fatty acid composition values of the olive oils obtained from both applications were similar.

Table 3. Fatty acid composition of olive oil samples (%)*

Fatty acid	TSFS	NGBDSS
Myristic acid (C14:0)	0.02±0.00	0.02±0.00
Palmitic acid (C16:0)	12.82±0.07	12.72±0.03
Palmitoleic acid (C16:1)	0.94±0.08	0.93±0.04
Stearic acid (C18:0)	2.49±0.07	2.38±0.03
Oleic acid (C18:1)	72.38±0.00	73.25±0.00
Linoleic acid (C18:2)	9.87±0.00	9.10±0.01
Linolenic acid (C18:3)	0.72±0.00	0.73±0.00
SFA	88.25±0.04	88.94±0.01
MUFA	73.42±0.07	74.31±0.03
PUFA	10.59±0.00	9.83±0.01

*: TSFS: Traditional suction fan system, NGBDSS: New generation blown and drum sieve system. SFA: Saturated Fatty Acids; MUFA: Monounsaturated Fatty Acids; PUFA: Polyunsaturated Fatty Acids

Diraman and Dibeklioglu [37] stated that the oleic acid, linoleic acid and linolenic acid values of Memecik olive oil's varied between 72.06-77.07%, 8.03-10.05% and

0.61-0.68%, respectively. The values we obtained are consistent with the study. Sevim [3] stated that the addition of leaves to olives does not have a fixed effect on the fatty acid composition of the oil obtained. Malheiro et al. [38] stated that the addition of leaves had no effect on the fatty acid composition of olive oil samples obtained in 2009. In 2010, 10% leaf addition caused a decrease in oleic acid content and an increase in linoleic acid content, Gibriel et al. [31] stated that the leaf addition had no effect on the fatty acid composition.

According to the PCA biplot for the fatty acid composition of olive oils, the first two principal components represent 90.4% of the total variability (Figure 5). C14:0 was discarded from the data because myristic acid (C14:0) values did not change among the samples. C18:1, MUFA, SFA, C20:1, and C18:3 were effective in the characterization of olive oils obtained from olives applied with NGBDSS. Olive oil replicates after TSFS application were also separated on the left part of the plot.

Antioxidant Components and Antioxidant Activity Analysis of Olive Oil

Olive leaves are raw materials that do not have any production or purchasing costs, and recent scientific studies have revealed that olive leaf phenolic compound content, especially oleuropein content, is relatively high. After its fruit, the olive leaf, which is the most nutritious part of the olive tree, contains many phenolic compounds and tocopherols that show antioxidant properties. The antioxidant activity of oleuropein and hydroxytyrosol in olive leaf extracts is also very high [3]. Olive leaves are an important by-product obtained during the harvest of olive trees [39].

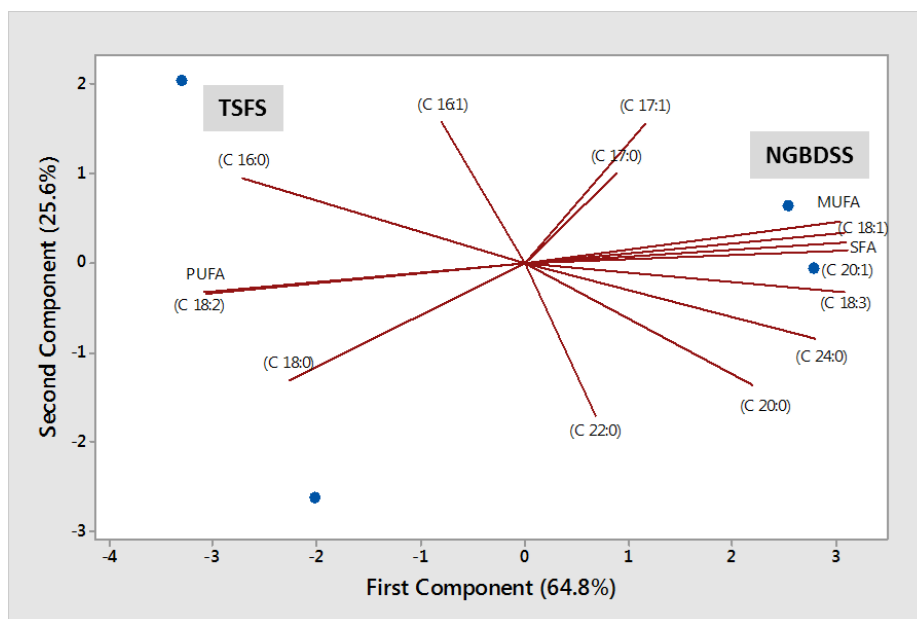


Figure 5. PCA biplot of oil samples according to fatty acid composition (TSFS: Traditional suction fan system, NGBDSS: New generation blown and drum sieve system)

Table 4. Total phenol (mg CAE/kg oil) (TP), α -tocopherol (mg/kg) (AT), β - tocopherol (mg/kg) (BT), γ -tocopherol (mg/kg) (GT), δ - tocopherol (mg/kg) (TT), chlorophyll (mg/kg) (CH) and carotenoid (CA) amounts (mg/kg), oxidative stability (h) (OS) and DPPH antioxidant activity values ($\mu\text{mol TE/kg}$ of oil) (DPPH AAV) of olive oil samples*

Olive Oil	TP	AT	BT	GT	TT	CH	CA	OS	DPPH AAV
TSFS	136.94 \pm 3.59	227.35 \pm 0.69	8.37 \pm 0.43	2.22 \pm 0.76	27.57 \pm 0.69	8.82 \pm 0.03	4.28 \pm 0.04	7.96 \pm 0.34	41.86 \pm 1.02
NGBDSS	65.93 \pm 3.59	239.49 \pm 0.98	6.71 \pm 0.86	3.07 \pm 0.24	24.39 \pm 1.04	6.87 \pm 0.09	3.15 \pm 0.03	6.76 \pm 0.04	32.99 \pm 0.77

*: TSFS: Traditional suction fan system, NGBDSS: New generation blown and drum sieve system

As seen in Table 4, TP, AT, BT, GT, TT, CH, CA, OS and DPPH AA values of the olive oils obtained from the TSFS were determined 136.94 mg CAE/kg oil, 227.35 mg/kg, 8.37 mg/kg, 2.22 mg/kg, 27.57 mg/kg, 8.82 mg/kg, 4.28 mg/kg, 7.96 h and 41.86 $\mu\text{mol TE/kg}$ of oil, respectively. For the NGBDSS application TP, AT, BT, GT, TT, CH, CA, OS and DPPH AA values of olive oils were determined 65.93 mg CAE/kg oil, 239.49 mg/kg, 6.71 mg/kg, 3.07 mg/kg, 24.39 mg/kg, 6.87 mg/kg, 3.15 mg/kg, 6.76 h and 32.99 $\mu\text{mol TE/kg}$ oil, respectively.

It was determined that the TP, BT, TT, CH, CA, OS and DPPH AA values of olive oil obtained from the TSFS application were higher than olive oils obtained from the NGBDSS application; however, the amount of AT and GT were lower.

It is thought that the reason why the TP, CH and CA amounts, OS, and DPPH AA values are higher in olive oil obtained from TSFS application compared to NGBDSS application, is due to the fact that the antioxidant properties of the leaves are transferred to olive oil due to the inability to extract the leaves sufficiently in this system.

Köseoğlu et al. [40] reported that Memecik olive oil's total phenol content was ranged from 79.66 to 222.18 mg CAE/kg oil in 2014/15 crop season. The total amount of phenol in olive oils obtained by adding 3% olive leaf to Tunisian olive varieties increased significantly with the addition of leaves [33]. Malheiro et al. [10] reported that in their study on olive oils obtained

by adding different ratios of olive leaves to Cobrançosa olive fruit, the amount of α -tocopherol increased by approximately 30% in the oil obtained with the addition of 10% leaf, however, there was no difference in the amount of AT obtained with the addition of 5% leaf. He also reported that the value of the oxidative stability increased as the leaf addition rate increased, and this increase varied between 44% and 74% compared to the control sample. Köseoğlu et al. [41] stated that the OS of olive oils is particularly affected by the content of phenolic compounds, and Sevim [3] stated that the TP, AT, CH and DPPH AA value increase as the leaf addition rate increases. Farag et al. [42], Salta et al. [43] and Bouaziz et al. [39], many researchers found that the OS increased because of the addition of olive leaf or enrichment of edible vegetable oils with olive leaf extract. Gutierrez et al. [44] stated that phenolic compounds are responsible for approximately 50% of the oxidative stability of olive oils. Di Giovacchino et al. [32] stated that the amount of CH in the oils obtained by adding olive leaves at different rates increased as the leaf addition rate increased, while the TP and OS were not affected by the leaf addition rate. The increase in CH content improves the antioxidant properties of the oil when stored in the dark and consequently extends its shelf life [45]. Fabbri et al. [46] stated that phenolic compounds in olive leaves vary according to leaf age, branch type (weak, medium, strong), and variety, and the most important differences between compounds in leaves collected in May, July, and September vary according to variety and collection time.

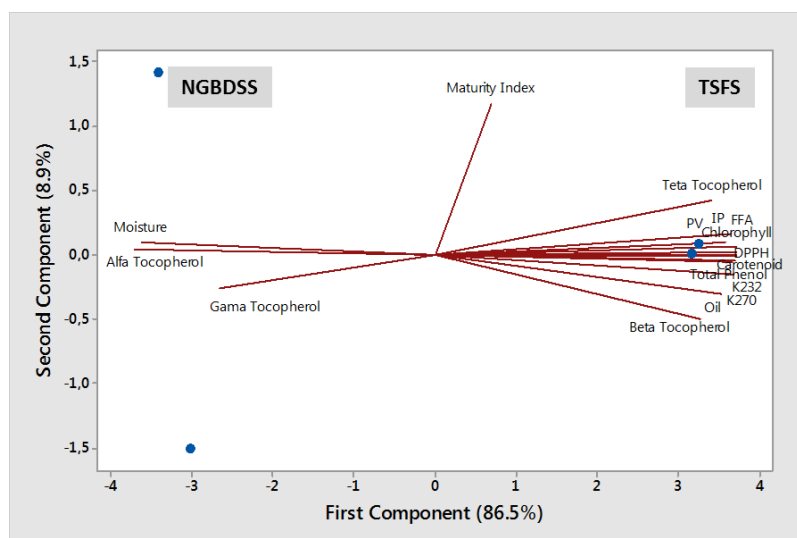


Figure 6. PCA biplot of oil samples according to olive analysis and quality parameters (TSFS: Traditional suction fan system, NGBDSS: New generation blown and drum sieve system)

According to olive analysis and quality parameters of oils, two groups were formed based on PCA analysis. PCA biplot was constructed with three components. The first principal component accounts for 86.5% of the total variance, while the second component accounts for 8.9%. As seen in the PCA biplot in Figure 6, olive oils obtained from olives treated with NGBDSS were also separated on the left top and bottom of the graph. TP, FFA, OS, DPPH AA, CH and CA, PV characterized TSFS samples placed on the right part of the plot.

Sensory Analysis

The sensory analysis results of the olive oils are shown in Figure 7. When the fruity, bitter, and pungent intensities of the olive oil samples were examined, it was determined that the olive oils obtained after the TSFS and NGBDSS application the fruity intensity was 4.50 and 4.40, the bitter intensity was 2.90 and 2.70, and the pungency was 4.00 and 3.90, respectively.

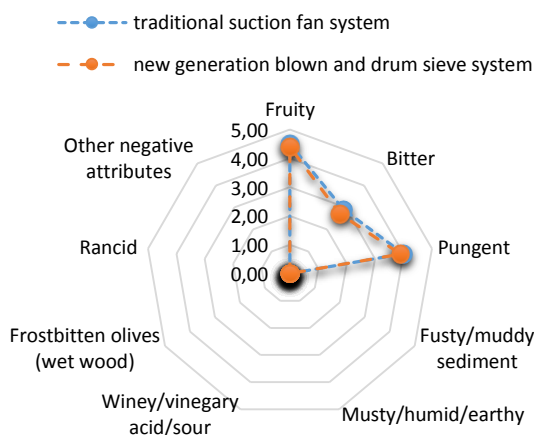


Figure 7. Sensory analysis results of olive oil samples (intensity)

As shown in Figure 7, no defects were detected in the olive oils obtained after applying TSFS and NGBDSS. It was determined that the fruity, bitter, and pungent intensities of the olive oils obtained from both applications were similar.

Volatile Compounds Analysis of Olive Oils

The results of the volatile compounds analysis of olive oils obtained from TSFS and NGBDSS application are shown in Table 5.

Table 5. Volatile compounds analysis results of olive oil samples (area)

Traditional suction fan system (TSFS)			New generation blown and drum sieve system (NGBDSS)		
No		Area	No		Area
1	Hexanal	5751127	1	2-Hexenal	1455471
2	2-Hexenal	57193300	2	Copaene	248736
3	2-Octene	754749	3	Alpha farnasene	103565
4	1,6-Heptadiene	2331308	4	1,2-Benzenedicarboxylic acid	89468
5	Octanal	516901	5	1-Tetradecanamine	2274824
6	3-Hexen-1-ol	4377768	6	Morpholine	1172297
7	Acetic acid	1926048			
8	Beta-ocimene	1028946			
9	Nonanal	2355736			
10	Furan	605874			
11	2-Dodecene	512522			
12	Copaene	1898600			
13	Alpha farnacene	713616			

Thirteen volatile compounds were determined by application of TSFS, namely hexanal, 2-hexenal, 2-octene, 1,6-heptadiene, octanal, 3-hexene-1-ol, acetic acid, beta-ocimene, nonanal, furan, 2-dodecene, copaen and alpha farnacene. 6 volatile compounds, namely 2-hexenal, copaen, alpha farnacene, 1,2-benzenedicarboxylic acid, 1-tetradecanamine and morpholin, were determined in olive oil obtained by application NGBDSS.

It is thought that the reason why volatile compounds are higher in olive oil obtained after TSFS application is due to the fact that the leaves are not sufficiently extracted in this system, and that the volatile compounds of the leaves are transferred to olive oil more.

The primary volatile compound was hexanal, which is the main C6 volatile compound, which occurs because of the autoxidation of linoleic acid in the lipoxygenase pathway. The second dominating volatile compound

was cis-3-hexen-1-ol, which accounts for the elicitation of bitter sensations. The group of aldehydes was followed by alcohols and hydrocarbons [47].

Di Giovacchino et al. [32] reported that 1-3% leaf addition to olives caused an increase in the content of volatile compounds such as trans-2-hexenal, hexanal, 1-hexanol, cis-3-hexenol of olive oil. Malheiro et al. [38] stated that it causes an increase in the content of volatile compounds such as (E)-2-hexenal, (Z)-3-hexenal, (Z)-3-hexyl acetate.

CONCLUSION

The use of mechanical devices in the olive harvest causes an increase in the amount of foreign matter in the harvested product. Olives need to be cleaned effectively to both protect the oil quality and prevent damage to machinery by non-olive materials. Traditional leaf separation systems used for cleaning foreign materials in olives are sometimes insufficient for cleaning olives. For this reason, an innovative sorting/cleaning prototype has been developed to provide a more effective cleaning. By providing a more effective cleaning at this stage, the wear of tools and equipment during the production phase is prevented. With this study, we determined the efficiency, oil yield, olive oil quality and composition of the innovative sorting/cleaning machine and traditional cleaning machine.

Compared to the quality criteria, it has been determined that olive oil obtained after the application of TSFS and the NGBDSS has been classified as Virgin Olive Oil according to the Turkish Food Codex Olive Oil and Pomace Oil Communiqué. It was determined that the TP, CH and CA amounts, OS, and DPPH AA values of olive oil obtained from TSFS application were higher than olive oils obtained from NGBDSS application; however, the amount of α -tocopherol was lower. As a result, we can say that the components showing antioxidant properties were found to be higher in the olive oil obtained from the TSFS application.

When the fatty acid composition values of the olive oils obtained after the TSFS and the NGBDSS application were examined, it was determined that the fatty acid composition of the olive oils obtained from both applications was similar. In terms of volatile compounds, our study determined that there are 13 volatile compounds in the olive oil obtained after the application of the TSFS, and there are 6 volatile components in the olive oil obtained with the application of the NGBDSS. When the sensory properties of olive oils were analyzed, it was determined that the olive oils obtained from both applications are similar to the fruitiness, bitterness, and pungency of the olive oils obtained after applying an NGBDSS.

DECLARATION OF COMPETING INTERESTS

The authors declare no conflicts of interest.

ACKNOWLEDGMENTS

This project was undertaken by HAUS Machinery Industry and Trade Company. It was carried out in cooperation with İzmir Olive Research Institute of the Ministry of Agriculture and Forestry. It was supported by the General Directorate of Agricultural Research and Policy (TAGEM/18/ARGE/27).



REFERENCES

- [1] Anonymous. (2017). Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği (Tebliğ No: 2017/26), Ankara.
- [2] Aydın, S., Özkan, G., Yorulmaz, A. (2020). Çeşit, olgunluk ve yoğurma şartlarının zeytinyağının sterol profili üzerine etkisi. *Akademik Gıda* 18(1), 87-95.
- [3] Sevim, D. (2011). Zeytin Yaprağı İllave Edilerek Elde Edilen Zeytinyağlarının Bazı Temel Kalite Kriterleri ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [4] Sevim, D., Dıraman, H., Köseoğlu, O., Büyükgök, E.B. (2017). Zeytinyağı üretim aşamaları, Bölüm: 5, Sofralık Zeytin ve Zeytinyağı Teknolojisi. İzmir.
- [5] Servili, M., Montedoro, G. (2002). Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 104, 602-613.
- [6] Dag, A., Kerem, Z., Yogev, N., Zipori, I., Lavee, S., Ben-David, E. (2011). Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 127, 358–366.
- [7] Ocakoglu, D., Tokatlı, F., Ozen, B., Korel, F. (2009). Distribution of simple phenols, phenolic acids and flavanoids in Turkish monovarietal extra virgin olive oils for two harvest years. *Food Chemistry*, 113, 401-410.
- [8] Sevim, D., Köseoğlu, O., Çetin, Ö., (2016). Bazı önemli zeytin çeşitlerinden elde edilen yağların minör bileşenlerinin ve antioksidan aktivitesinin belirlenmesi. *Zeytin Bilimi*, 6 (1), 1-7.
- [9] Ilyasoglu, H., Ozcelik, B., Van Hoed, V., Verhe, R. (2010). Characterization of Aegean olive oils by their minor compounds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87, 627-636.
- [10] Malheiro, R., Casal, S., Teixeira, H., Bento, A., Pereira, J.A. (2013). Effect of olive leaves addition during the extraction process of over mature fruits on olive oil quality. *Food Bioprocess Technology*, 6, 509-521.
- [11] Clodoveo, M.L., Hbaieb, R.H., Kotti, F., Mugnozza, G.S., Gargouri, M. (2014). Mechanical strategies to increase nutritional and sensory quality of virgin olive oil by modulating the endogenous enzyme activities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 135-154.
- [12] International Olive Council (IOC) (1991). Zeytinyağı kalitesinin iyileştirilmesi. Yağ Teknolojisi Deneme Enstitüsü, İtalya.

- [13] Türk Standartları Enstitüsü (TSE). (2020). TS EN ISO 665, Yağlı tohumlar- rutubet ve uçucu madde muhtevasının tayini, Ankara.
- [14] Türk Standartları Enstitüsü (TSE). (2010). TS EN ISO 659, Yağlı tohumlar - yağ muhtevasının tayini (Referans Yöntem), Ankara.
- [15] Anonymous (Turkish Food Codex) (2014). Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Analiz Metotları Tebliği (Tebliğ No: 2014/53), Ankara.
- [16] International Olive Council (IOC). (2017). Determination of fatty acid methyl esters by gas chromatography method COI/T.20/DOC. 33/Rev. 1.
- [17] Carpenter, A.P. (1979). Determination of tocopherols in vegetable oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 59, 668-671.
- [18] Dabbou, S., Isaoui, M., Servili, M., Taticchi, A., Sifi, S., Montedoro, F.G., Hammami, M. (2008). Characterization of virgin olive oils from European olive cultivars introduced in Tunisia. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(4), 392-401.
- [19] IUPAC. (1992). Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivates, Methods 2.432 (7th ed.)
- [20] Gutfinger, T. (1981). Polyphenols in olive oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58, 966-968.
- [21] Hrcirik, K., Fritsche, S. (2004). Comparability and reliability of different techniques for the determination of phenolic compounds in virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106, 540-549.
- [22] Jiang, L., Yamaguchi, T., Takamura, H., Matoba, T. (2005). Characteristics of Shodo Island olive oils in Japan: fatty acid composition and antioxidative compounds. *Food Science and Technology Research*, 18(11), 254-260.
- [23] Carrasco-Pancorbo, A., Cerretani, L., Bendini, A., Segura-Carretero, A., Del Carlo, M., Gallina-Toschi, T., Lercker, G., Compagnone, D., Fernandez-Gutierrez, A. (2005). Evaluation of the antioxidant capacity of individual phenolic compounds in virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8918-8925.
- [24] Lavelli, V. (2002). Comparison of the antioxidant activities of extra virgin olive oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 7704-7708.
- [25] Tura, D., Gigliotti, C., Pedò, S., Failla, O., Bassi, D., Serraiocco, A. (2007). Influence of cultivar and site of cultivation on levels of lipophilic and hydrophilic antioxidants in virgin olive oils (*Olea europea* L.) and correlations with oxidative stability. *Scientia Horticulturae*, 112, 108-119.
- [26] Minguez-Mosquera, M.I., Rejano, L., Gandul, B., Sanchez A.H., Garrido, J. (1991). Color-pigment correlation in virgin olive oil. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 68, 332-336.
- [27] IOC. (2018) Sensory analysis of olive oil – method for the organoleptic assessment of virgin olive oil, COI/T.20/Doc. No 15/Rev. 10/2018.
- [28] Yorulmaz, A., Yıldırım, A., Duran, M., Kula, O., Kivrak, M. (2016). Impact of malaxation on quality and compositional characteristics of Edremit Yağlık olive oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), e13291.
- [29] Boskou, D. (1996). Olive oil chemistry and technology history and characteristics of the olive oil tree. AOCS Press, Champaign, Illinois, 1-6.
- [30] Bartolucci, P., Dhakal, B.R. (1999). Prospects for olive growing in Nepal. FAO, Kathmandu, TPC/NEP/6713.
- [31] Gibriel, A.Y., Abd El-Rahman, H.A., Abd El-Razik Ali, F., Abou-Zaid, F.O. (2004). Effect of olive leaves addition and wastewater recycling on the productivity and quality of olive oil produced by centrifugation. 7th World Congress and Recovery, Recycling and Re-Integration, 1-5.
- [32] Di Giovacchino, L., Angerosa, F., Di Giacinto, L. (1996). Effect of mixing leaves with olives on organoleptic quality of oil obtained by centrifugation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73(3), 371-374.
- [33] Tarchoune, I., Sgherri, C., Eddouzi, J., Zinnai, A., Quartacci, M.F., Zarrouk, M. (2019). Olive leaf addition increases olive oil nutraceutical properties. *Molecules*, 24, 545, 1-15.
- [34] Di Giovacchino, L., Sestili, S., Di Vincenzo, D. (2002). Influence of olive processing on virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, 587-601.
- [35] Bıyıklı, K. (2009). Türk zeytinyağlarının saflık derecelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, FBE, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- [36] İlyasoğlu, H. (2009). Ayrılık ve Memecik zeytinyağlarının coğrafi işaretleme amacıyla karakterizasyonu. İTÜ, Doktora Tezi, FBE, İstanbul.
- [37] Dıraman, H., Dibeklioğlu, H. (2014). Using lipid profiles for the characterization of Turkish monocultivar olive oils produced by different systems. *International Journal of Food Properties*. 17 (5), 1013-1033.
- [38] Malheiro, R., Rodrigues, N., Bissaro, C., Leimann, F., Casal, S., Ramalhosa, E., Alberto Pereira, J. (2017). Improvement of sensorial and volatile profiles of olive oil by addition of olive leaves. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119, 1-11.
- [39] Bouaziz, M., Fki, I., Jemai, H., Ayadi, M., Sayadi, S. (2008). Effect of storage on refined and husk olive oils composition: stabilization by addition of natural antioxidants from Chemlali olive leaves. *Food Chemistry*, 108 (1), 253-262.
- [40] Köseoğlu, O., Sevim, D., Ulaş, M., Özdemir, D. (2018). Determination of bitterness index (K225) and total phenol content of olive oils obtained with different regions, varieties and processing systems. *Ege Journal Agricultural Research*, 55(2), 171-178.
- [41] Köseoğlu, O., Sevim, D., Kadiroğlu, P. (2016). Quality characteristics and antioxidant properties of Turkish monovarietal olive oils regarding stages of olive ripening. *Food Chemistry*, 212, 628-634.
- [42] Farag, R.S., El-Baroty, G.S., Basuny, A.M. (2003). The influence of phenolic extracts obtained from the olive plant (Cvs. Picual and Kronakii), on the stability of sunflower oil. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 81-87.

- [43] Salta, F.N., Mylona, A., Chiou, A., Boskou, G., Andrikopoulos, N.K. (2007). Oxidative stability of edible vegetable oils enriched in polyphenols with olive leaf extract. *Food Science and Technology International*, 13 (6), 413-42.
- [44] Gutierrez, F., Arnaud, T., Garrido, A. (2001). Contribution of polyphenols to the oxidative stability of virgin olive oil. *Journal Science of Food and Agriculture*, 81, 1463-1470.
- [45] Novoselic, A., Klisovic, D., Lukic, I., Lukic, M., Brkic Bubola, K. (2021). The use of olive leaves in Buža olive cultivar oil production: exploring the impact on oil yield and chemical composition. *Agriculture*, 11, 917.
- [46] Fabbri, A., Galaverna, G., Ganino, T. (2008). Polyphenol composition of olive leaves with regard to cultivar, time of collection and shoot type. *Acta Horticulturae*, 791, 459-464.
- [47] Kula, Ö., Yıldırım, A., Yorulmaz, A., Duran, M., Mutlu, İ., Kıvrak, M. (2018). Effect of crushing temperature on virgin olive oil quality and composition. *Grasas Aceites*, 69(1), e239.
-

Comparative Effects of Probiotic, Prebiotic, L-Arginine, and Fenugreek on Some Quality Criteria of Fermented Red Meat Pâté

Uğur Göğüş  

Middle East Technical University, Vocational School of Higher Education, Çankaya, Ankara, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 01.08.2022, Accepted (Kabul Tarihi): 02.10.2022

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): gugur@metu.edu.tr (U. Göğüş)

☎ +90 312 210 3653 📠 +90 312 210 2907

ABSTRACT

The different combinations of bioactive compounds, probiotics (*Streptococcus thermophilus* ATCC 19258 and *Lactobacillus bulgaricus* BAA-2844), prebiotic (fructooligosaccharides, FOS), fenugreek, and L-arginine, were added to the pâté meat. Some pâté meats were contaminated with *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028 and *Listeria monocytogenes* ATCC 7644. Fermentation was applied only to batches containing 'probiotic' or 'probiotic and prebiotic' at two different temperatures, 22 and 37°C. Although fermentation at 37°C in combination with the additions of 'probiotics, prebiotic and arginine' and 'probiotics, prebiotic and fenugreek' resulted in 2.51 and 2.36 log (cfu/g) reductions on total mesophile aerobic bacterial (TMAB) counts, respectively, these treatments lowered the pH values of pâté below 4.20 on the 22nd day of storage and caused an uncontrolled fermentation with a sourish taste. On the other hand, the combined additions of 'probiotics, prebiotic, fenugreek and arginine' or 'probiotics, prebiotic and arginine' or 'probiotic, prebiotic and fenugreek' in combination with fermentation at 22°C, caused reductions on TMAB counts between 1.01-1.09 log (cfu/g) with a constant bacteriostatic effect, and extended shelf life 10 days while improving the sensory quality. The addition of fenugreek inhibited *Listeria monocytogenes* more whereas the antimicrobial effect of L-arginine was more significant on *Salmonella Typhimurium*. The antimicrobial effect of adding the bioactive compounds in combination with fermentation at 22°C could eliminate the pathogens in the contaminated pâté meat batches, causing 5.91 and 6.11 log (cfu/g) reductions on the counts of *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes*, respectively.

Keywords: Probiotic, Prebiotic, Red meat pâté, Bioactive food compound, Microbial quality, Sensory quality

Probiyotik, Prebiyotik, L-Arginin ve Çemen Otunun Ezme Kırmızı Etin Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Olan Karşılaştırmalı Etkileri

ÖZ

Araştırmada ezme (pâté) sığır eti gruplarına probiyotik mikroorganizmalar; *Streptococcus thermophilus* ATCC 19258 ve *Lactobacillus bulgaricus* BAA-2844, prebiyotik (fruktooligosakkarit, FOS), toz halde çemen otu tohumu (*Trigonella foenum graecum*, fenugreek) ve L-arginin amino asidinin farklı kombinasyonları ilave edilmiş, takiben bu ezme et gruplarından "probiyotik" veya "probiyotik ve prebiyotik" ilave edilmiş olanlar 22 ve 37°C'de olmak üzere iki farklı sıcaklıkta 72 saat süre ile fermentasyon işlemine alınmıştır. "Probiyotik, prebiyotik ve arginine" ve "probiyotik, prebiyotik ve çemen otu" ilaveleri, 37°C'deki fermentasyonla birleştirildiğinde, 4°C'de soğutma koşullarında muhafazaya alınan ezme etinin depolanmanın 22. gününde, toplam mezofilik aerobik bakterisi (TMAB) sayısını, sırasıyla 2.51 ve 2.36 log (kob/g) düzeylerinde baskılamıştır. Ancak aynı işlemler pH düzeyini 4.20 düzeyinin altına düşürerek ezme etinde aşırı ekşi tada neden olmuştur. "Probiyotik, prebiyotik, çemen otu ve arginine" veya "probiyotik, prebiyotik ve arginine" veya "probiyotik, prebiyotik ve çemen otu" ilaveleri, 22°C'deki fermentasyonla birleştiğinde ise TMAB yükünü 1.01-1.09 log (kob/g) şeklinde çok daha az düzeyde baskılamış, buna karşılık bu uygulamaların duyuşal

kaliteyi korurken daha kontrollü bir fermentasyona ve sürekliliği olan mikrobiyostatik bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ezme ete çemen otu ilavesinin *Listeria monocytogenes* üzerinde çok daha baskılayıcı etkiye sahip olduğu, arginin ilavesinin ise *Salmonella Typhimurium* üzerindeki baskılayıcı etkisinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Probiyotik, prebiyotik, çemen otu ve arginin'in farklı kombinasyonlarının ezme kırmızı ete ilavelerinin, sıcaklık fark etmeksizin fermentasyon işlemi ile birleştirildiğinde, *Salmonella Typhimurium* ve *Listeria monocytogenes* bakterilerini sırası ile 5.91 ve 6.11 log (kob/g) düzeylerinde baskıladığı ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Probiyotik, Prebiyotik, Ezme kırmızı et, Biyoaktif gıda bileşeni, Mikrobiyel kalite, Duyusal kalite

INTRODUCTION

The pâté meat products are launched on the market after cooking and pasteurization. The rich nutrient and water contents, higher a_w , 0.99, grinding, and cooking make the product susceptible to microbial contamination. The most important critical point is the low cooking temperatures like $\leq 63^\circ\text{C}$ during production [1]. The higher temperatures than 63°C would lead to a tough and dry texture which prevents spreading and the creamy structure. As a result, the low temperatures during the cooking process and higher a_w , often lead to lower microbial quality. Confirmingly, the pork pâté meat has a short shelf life which is only between 4 and 5 days under cooling storage conditions between 2 to 8°C [2]. Therefore, fermentation was applied for the first time in this study to extend the very short shelf life of the red meat pâté with the sole and/or different combined additions of the food bioactive compounds; L-Arginine (L-Arg, A), Fenugreek (F), the probiotics (Lactic Acid Bacteria, LAB, *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*) and the prebiotic (fructooligosaccharide, FOS, Pr).

Meat has always brought concerns about safety and economic losses together due to its fat, susceptibility to spoilage and food poisonings [3]. *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes*, the pathogenic organisms as the causative agents of nontyphoidal salmonellosis and listeriosis, which are characterized by gastroenteritis, bacteremia, meningitis, and abortus, are great trouble for particularly a wide range of immunocompromised individuals [4, 5]. The foods with highest risk for public health is the processed, 'ready to eat' food products under cooling storage for long periods [6]. Among the foods which have the highest risk of contaminating these pathogens is pâté meat since both of the pathogenic organisms tend to grow at $\geq 9^\circ\text{C}$, 1-2% salt concentrations, and 7.0 pH [7] which already exists in pâté meat.

The hydrogen-bond and ionic interactions of the guanidinium group of L-Arginine (A) which is one of the bioactive food compounds and the amino acid in the study, enhance membrane permeability and cause an antimicrobial effect [8]. The main health benefit of the amino acid comes from its crucial role in the production of nitric oxide (NO) which reduces high blood pressure.

One of the bioactive compounds in the study is the seed of the medicinal plant *Trigonella foenum-graecum* L. (commonly known as Fenugreek, F) with its rich contents of ascorbic acid and various phenols. The

ethanol extract of the seed (400 $\mu\text{g}/\text{mL}$) inhibits breast cancer cells, MCF-7 [9].

When the probiotics which inhibit pathogenic microorganisms and induce fermentation in pâté meat in this study are considered, *Str. thermophilus* poses a curing effect against rotavirus and antibiotic-induced diarrhea and reduces cholesterol while the other probiotic, *L. bulgaricus*, inhibits the secretion of inflammatory cytokines [10]. One of the other study materials, Pr (the prebiotic which is a fructooligosaccharide, FOS) has medicinal functions in the prevention of gastritis, peptic ulcer, and obesity via their stimulating effect on the probiotics. Its recommended daily safe consumption amount is between 2 and 12 g [11].

The study aims to determine the effect of fermentation, based on the additions of the probiotics and/or prebiotics in pâté meat, on *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes*, shelf life, and overall quality of the pâté meat.

MATERIALS and METHODS

In the study, 24 pâté meat batches were treated with the sole and various combinations of the LAB (*Str. Thermophilus* and *L. bulgaricus*), A, F, and Pr. The other 24 batches in which the same treatments were made were artificially contaminated by *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes*. The ones with the 'LAB' or 'LAB and Pr' additions in the non-contaminated and contaminated batches were taken to fermentation either at 22 or 37°C for 72 hours. The batches which contained neither 'LAB' nor 'LAB and Pr' were directly transferred to the cooling storage under 4°C since they would not have been fermented.

Preparation of Red Meat Pâté

Tenderloin (*Musculus psoas major*) of the male beef meat at 3 years (31 months) was selected. The internal meat temperature of 30 kg of meat, followed by its trimming from surface fat and connective tissue, was lowered to 18°C in the 11th hour and then below 5°C gradually in the first 48 hours to prevent cold shortening. The meat was transferred to the final cooling at 7°C , 85% relative humidity, and air ventilation at 1 m/sec for 72 hours. It was cooked in water in the scalding vat (Brokelmann, 6080500/120 L; 400V, Bemak Mechanics, Istanbul) for 25 minutes until the internal temperature reached 65°C . 24 kg from the cooked meat was separated and transferred into the grinder (YKF 130/Capacity: 1000 kg/h, 7.5 kW, 2 blades and 2 mm

grinding plate, YKF Meat Process Machines, Istanbul). Because of the higher melting point, the ratio of the tail fat was kept to only 10%, and another 10% was added from tallow fat (6 kg fat+24 kg meat). The tail and tallow fat were frozen at -18°C for 24 h. 24 kg cooled, and cooked sirloin was chopped and ground with the chunks of 6 kg of the frozen inner and tail fat mixture in the grinder. The grinding process was repeated 4 times. The cooked ground meat with fat was taken into the mixing vat (SMG KR250, 4.5 kW, capacity: 150 kg, Seymag, Hungary). 11.5% water, 2% salt, 2% milk powder, 1% sodium caseinate, 0.5% potassium phosphate, 0.05% sodium nitrite, and 0.025% sodium ascorbate, the additives whose amounts which were previously described [12], were added. Also, red pepper (0.7%), black pepper (0.7%), cumin (0.7%), and rendered garlic (2%), were added to give the aroma and taste of Turkish sausage. The meat, fat, and other ingredients were mixed for 5 minutes and the mixed dough was taken into the grinder. In the grinder, an additional two circulations of grindings were made.

Control and Experimental Pâté Meat Batches

The pâté meat was divided into 48 groups, each of which contained 500 g of pâté meat, separately. Sterilized aluminum foils, gloves, disposable sterilized spatulas, and knives were used. Then, each 500 g of pâté meat was placed separately into the glass jars with aluminum screws on the sides with a vacuum cover. Before their use, glass jars were sterilized in an autoclave at 120°C for 15 min. The 24 pâté meat batches were treated with the sole and various combinations of the LAB; *Str. thermophilus* and *L. bulgaricus*, A, F, and Pr. The other 24 batches in which the same treatments were made were inoculated by *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes*. The ones with the 'LAB' or 'LAB and Pr' additions in the non-contaminated and contaminated batches were fermented in the incubator (MCO-5AC-PE IncuSafe, Nijverhelsweg, The Netherlands), as in the glass jars with aluminum screws as tightly closed. Anaerobic fermentation was applied. The non-fermented ones without any 'LAB' or 'LAB and Pr' were directly transferred to the cooling storage under 4°C . Fermentation was held at two different temperatures at 22 and 37°C for 72 h. The surface of each of the pâté meat batches was covered with 120 mL olive oil (120 mL/500g) to avoid oxygen. The time and temperature combinations (22 or $37^{\circ}\text{C}/72$ h) applied for the fermentation in this study are very close to the time and temperature combination in one of the previous studies [13], which was between 16 and $25^{\circ}\text{C}/24$ -48 h. After placing the pâté meats into the jars (500 g/jar), the LAB containing batches, 10 mL from the pure culture of *Str. thermophilus*, which contains 10^{11} cfu/mL of the bacteria, and 10 mL from the pure culture of *L. bulgaricus*, which contains 10^{11} cfu/mL of the bacteria, were inoculated into the 500 g of pâté meat in the jar (2×10^9 cfu/g *Str. thermophilus* and 2×10^9 cfu/g *L. bulgaricus*, in 500 g of pâté meat). After the inoculation of the LAB and/or the bioactive compounds, the pâté meat was mixed homogeneously by using a sterilized spatula and disposable knife. The addition of the probiotics in the probiotic (LAB) added batches was

coded as 'LAB'. In the F-containing batches, F was added as 35 g and its addition was coded as 'F'. In the A-containing batches, A was added as 20 g and its addition was coded as 'A'. The Pr (Fructo-oligosaccharide, FOS) amount was 8 g (16mg/g, 1.6%) in the Pr-containing batches and the coding was made as 'Pr'. All of the codings were made accordingly, like in the example of 'LABPrFA', which means 'the treatment with the addition of LAB, Pr, F, and A'. The other 24 pâté meat batches in which the same treatments were made, were contaminated with a 10 mL inoculum from the pure culture of *S. Typhimurium* which contained 10^7 cfu/mL *S. Typhimurium* (10^8 cfu/500 g, 2×10^5 cfu/g). Then, these contaminated pâté meat batches were also contaminated with a 10 mL from the pure culture of *L. monocytogenes* which contained 10^7 cfu/mL *L. monocytogenes* (10^8 cfu/500 g, 2×10^5 cfu/g). The contamination was coded as 'SL' in the *Salmonella* and *Listeria* contaminated batches. Finally, one of the batches contained only pâté meat and was kept as control without any contamination or bioactive compound (the code, C). The fermented pâté meat batches were transferred to the cooling storage under 4°C after 72 h of fermentation. The pâté meats that were taken to fermentation at 37°C were marked with the black down-pointing triangle, '▼', e.g., 'LAB▼', to differentiate them from the ones which were fermented at 22°C . Totally 24 non-contaminated treatment batches are shown in Table 1, and the 24 contaminated ones take place in Figure 1. Also, the pâté meats above which were treated with the various combined additions of the bioactive food compounds and fermented at different temperatures were classified separately below to make it more comprehensible.

Pâté Meats Fermented at 37°C

The following treatment batches; LAB▼ (only Lactic Acid Bacteria added), LABA▼ (Lactic Acid Bacteria and L-Arginine added), LABF▼ (Lactic Acid Bacteria and Fenugreek added), LABFA ▼ (Lactic Acid Bacteria, Fenugreek and L-Arginine added), LABPr▼ (Lactic Acid Bacteria and Prebiotic added), LABPrA▼ (Lactic Acid Bacteria, Prebiotic and L-Arginine added), LABPrF▼ (Lactic Acid Bacteria, Prebiotic and Fenugreek added), and LABPrFA▼ (Lactic Acid Bacteria, Prebiotic, Fenugreek, and L-Arginine added), were taken to the fermentation at 37°C .

Pâté Meats Fermented at 22°C

The counterparts of the batches above in which the same bio-active compounds were added, are as follows; LAB (only Lactic Acid Bacteria added), LABA (Lactic Acid Bacteria and L-Arginine added), LABF (Lactic Acid Bacteria and Fenugreek added), LABFA (Lactic Acid Bacteria, Fenugreek, and L-Arginine added), LABPr (Lactic Acid Bacteria and Prebiotic added), LABPrA (Lactic Acid Bacteria, Prebiotic and L-Arginine added), LABPrF (Lactic Acid Bacteria, Prebiotic and Fenugreek added), and LABPrFA (Lactic Acid Bacteria, Prebiotic, Fenugreek, and L-Arginine added). Differently, these pâté meats were taken to fermentation at 22°C . So, the pâté meats which contained 'LAB' or 'LAB and Pr' were

fermented either at 37°C or 22°C to be able to compare the effect of temperature on the pâté meats.

Non-Fermented Pâté Meats

The following pâté meat batches which contained neither 'LAB' nor 'LAB and Pr' are as follows; Pr (only Prebiotic added), PrA (Prebiotic and L-Arginine added), PrF (Prebiotic and Fenugreek added), PrFA (Prebiotic, Fenugreek, and L-Arginine added), A (only L-Arginine added), C (the pâté meat without any of the bioactive food compound), F (only Fenugreek added) and FA (Fenugreek and L-Arginine added). These pâté meats were directly transferred to the cooling storage under 4°C.

Contaminated Pâté Meats Fermented at 37°C

The following contaminated pâté meats were fermented at 37°C. These are; SLLABPr▼ (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria and Prebiotic added), SLLABPrA▼ (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria, Prebiotic and L-Arginine added), SLLABPrF▼ (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria, Prebiotic and Fenugreek added), SLLABPrFA▼ (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria, Prebiotic, Fenugreek and L-Arginine added), SLLAB▼ (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria added), SLLABA▼ (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria and L-Arginine added), SLLABF▼ (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria and Fenugreek added), SLLABFA▼ (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria, Fenugreek and L-Arginine added).

Contaminated Pâté Meats Fermented at 22°C

The following pâté meat batches were fermented at 22°C. These are as follows; SLLABPr (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria and Prebiotic added), SLLABPrA (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria, Prebiotic and L-Arginine added), SLLABPrF (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria, Prebiotic and Fenugreek added), SLLABPrFA (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria, Prebiotic, Fenugreek and L-Arginine added), SLLAB (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria added), SLLABA (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria and L-Arginine added), SLLABF (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria and Fenugreek added), SLLABFA (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Lactic Acid Bacteria, Fenugreek and L-Arginine added).

Contaminated and Non-Fermented Pâté Meats

The following contaminated pâté meat batches which contained neither 'LAB' nor 'LAB and Pr' are as follows;

SL (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated), SLFA (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Fenugreek and L-Arginine added), SLPrA (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Prebiotic and L-Arginine added), SLPrFA (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Prebiotic, Fenugreek, and L-Arginine added), SLF (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Fenugreek added), SLPr (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Prebiotic added), SLPrF (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, Prebiotic and Fenugreek added) and SLA (*S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* inoculated, and L-Arginine added). These pâté meats were directly transferred to the cooling storage under 4°C. So, 24 non-contaminated and 24 contaminated pate meats (Table 1 and Figure 1) were produced.

All of the batches were taken for analysis after the completion of the 3 days of fermentation. The analyses were made on the 3rd, 5th, 10th, 15th and 22nd day of the shelf life under 4°C. *Str. thermophilus* ATCC 19258, *L. bulgaricus* BAA-2844, *S. Typhimurium* ATCC 14028, and *L. monocytogenes* ATCC 7644 had been purchased from Hfzısıhha Refik Saydam Research Center (Culture Collection, Ministry of Health, Ankara, Turkey) as freeze-dried long before the study.

pH Measurement

pH was measured in a pH meter (PeakTech 530, China, resolution: 0.01 pH, range: 0-14) with 10 mL supernatant containing 5 g of pâté meat and 90 mL distilled water for each batch of the pâté meat.

Microbial Analysis

25 g of pâté meat (as 12.5 g from the surface and 12.5 g from the 4 cm depth in the glass jar) was taken and added to 225 mL of distilled water. The solution was placed in the stomacher and mixed for 30 seconds. Then, 10 mL of supernatant by using a 10 mL sterilized pipette was transferred into a 10 mL sterilized test tube. The dilutions up to 10⁻¹⁵ were prepared by using sterilized 1mL pipettes. All of the microbial counts were made by pour plating. Plate Count Agar (PCA, Oxoid, UK), Rogosa Agar (Oxoid, UK), *Salmonella Shigella* Agar (Oxoid, UK), and Chromogenic *Listeria* Agar (Oxoid, UK) were used in the enumerations of Total Mesophile Aerobic Bacteria (TMAB), LAB, *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes*, respectively [14, 15, 16, 17]. The agar solutions were poured into the sterilized Petri dishes. Because *Lactobacilli* and *L. monocytogenes* prefer a microaerophilic atmosphere, in the enumeration of LAB, a second layer from the Rogosa Agar and in the enumeration of *L. monocytogenes*, a second layer from the Chromogenic *Listeria* Agar, was overlaid. The Petri dishes were incubated at 35°C for 3 days and 2 days for the colony formation and enumeration of LAB and TMAB, respectively. In the enumeration of *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes*, the Petri dishes were incubated at 37°C for 24-48 h.

Table 1. The 3., 5., 10., 15. and 22. day pH levels, TMAB and LAB counts of the non-contaminated pate meat batches which were evaluated in the discrimination test

	pH					TMAB*					LAB**				
LAB ▼	5.42	5.41	5.38	5.37	5.23	4.53	4.79	5.14	5.29	7.19	4.79	5.23	5.91	6.34	7.29
LABA ▼	5.43	5.41	5.35	5.33	5.2	4.37	4.69	5.04	5.11	6.23	4.94	5.83	6.39	6.58	7.33
LABF ▼	5.44	5.43	5.35	5.34	5.22	4.38	4.78	5.06	5.23	6.39	4.65	5.33	5.35	5.39	5.81
LABFA ▼	5.4	5.25	4.59	4.23	4.09	4.35	4.54	4.88	5.54	6.83	4.64	5.81	6.41	6.79	7.49
LABPr ▼	5.51	5.42	5.41	5.28	5.2	4.34	4.2	4.87	5.72	6.9	4.8	5.74	6.81	7.44	8.81
LABPrA ▼	5.38	5.21	4.39	4.21	4.02	4.31	4.41	4.75	4.87	5.31	4.9	5.41	6.39	6.95	7.34
LABPrF ▼	5.39	5.13	4.6	4.34	4.19	4.4	4.74	4.83	4.99	5.46	4.95	5.37	6.37	6.49	7.17
LABPrFA ▼	5.41	5.3	4.7	4.4	4.15	4.27	4.31	5.29	5.11	6.67	4.71	5.6	6.45	7.34	8.74
LAB	5.61	5.57	5.52	5.45	5.22	4.45	4.9	5.24	5.96	7.3	4.24	4.3	4.97	5.33	5.81
LABA	5.64	5.6	5.53	5.4	5.2	4.5	4.7	5.08	5.72	7.04	4.2	4.16	5.01	5.46	6.09
LABF	5.62	5.6	5.49	5.41	5.2	4.51	4.76	5.18	5.8	7.14	4.18	4.86	5.17	5.52	6.17
LABFA	5.6	5.51	5.44	5.32	5.12	4.46	4.63	4.92	5.61	6.91	4.21	4.26	5.06	5.68	6.18
LABPr	5.51	5.32	5.28	5.18	4.91	4.13	4.93	4.87	5.72	6.9	4.24	4.21	5.01	5.27	6.34
LABPrA	5.32	5.24	5.17	5.02	4.81	4.28	4.62	4.73	5.34	6.73	4.38	4.61	5.12	5.87	6.82
LABPrF	5.36	5.28	5.2	5.11	4.83	4.16	4.42	4.73	5.37	6.81	4.41	4.74	5.71	6.74	7.45
LABPrFA	5.27	5.46	5.01	4.91	4.71	4.07	4.87	4.62	5.51	6.76	4.47	4.96	5.84	6.92	7.94
Pr	5.6	5.59	5.55	5.5	5.4	4.71	4.86	5.32	6.04	7.34	4.01	4.11	4.38	4.94	5.31
PrA	5.62	5.51	5.44	5.33	5.21	4.55	4.71	5.22	5.88	7.18	4.21	4.29	4.71	5.1	5.55
PrF	5.65	5.57	5.48	5.33	5.19	4.59	4.74	5.2	5.8	7.17	3.04	3.41	3.88	4.24	4.7
PrFA	5.59	5.47	5.34	5.27	5.17	4.51	4.67	5.04	5.73	7.08	3.18	3.55	4.07	4.41	4.91
A	5.62	5.61	5.57	5.47	5.31	4.61	4.79	5.19	5.81	7.24	4.61	4.79	5.19	5.81	7.24
C	5.85	6.09	6.34	6.44	6.56	4.72	6.07	6.48	6.97	7.82	2.58	2.77	3.51	4.04	4.52
F	5.61	5.57	5.56	5.52	5.42	4.79	4.93	5.44	6.21	7.44	3.91	4.02	4.24	4.68	5.11
FA	5.68	5.69	5.74	5.81	5.94	4.7	4.84	5.37	5.96	7.21	2.55	2.72	2.9	3.56	4.33
Day	3	5	10	15	22	3	5	10	15	22	3	5	10	15	22

*: TMAB: Total Mesophile Aerobic Bacteria, **: LAB: Lactic Acid Bacteria, ***: d: day

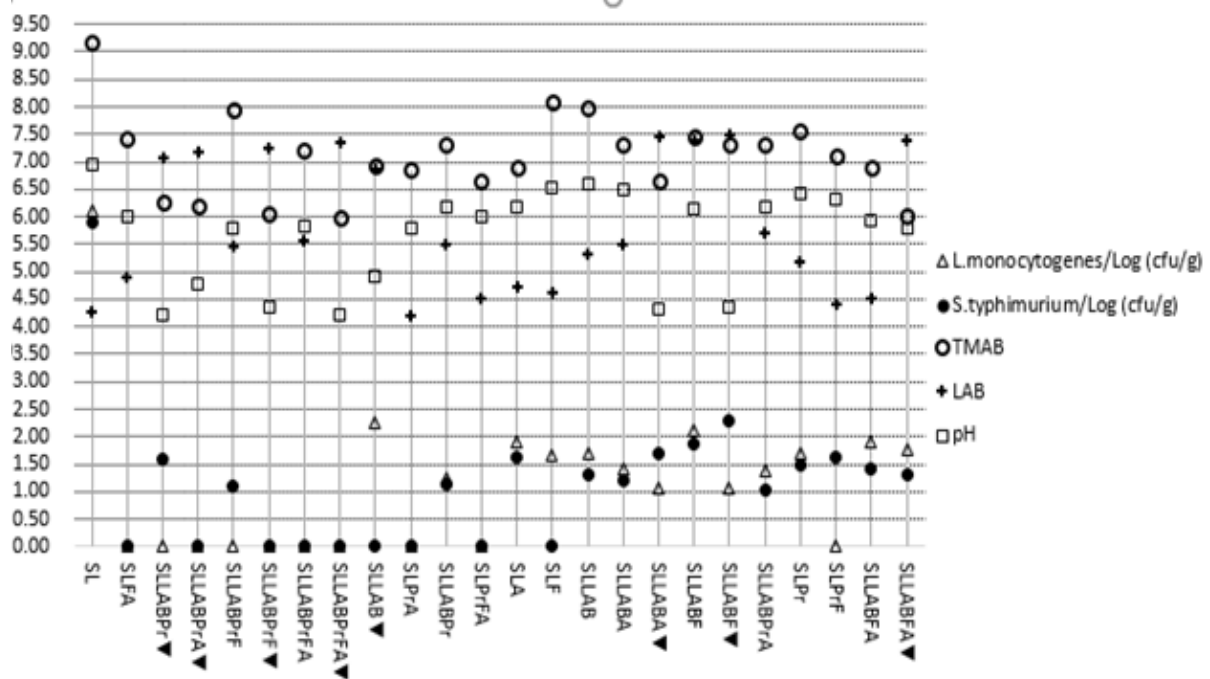


Figure 1. The most significant treatments which have the highest inhibitions on *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes*. LAB and TMAB counts and pH levels on the 22nd day

Sensory Quality Determination

Among 48 batches, only the non-contaminated batches with TMAB counts below the maximum tolerable amount of TMAB. 6.00 Log (cfu/g), on the 15th day, was taken to the discrimination test. So, F and Pr batches that had 6.21 and 6.04 Log (cfu/g) TMAB counts, respectively, on the 15th. day, were eliminated and not included in the

discrimination test. After the completion of the microbial counting and pH analysis, the pâté meat batches and control, except F and Pr, were produced as fresh once again for the sensory analysis. These batches with their TMAB counts, pH levels on the 15th day and the panelist scores in the discrimination and descriptive tests are shown in Table 2.

Table 2. The total acceptance numbers from the panelists in the discrimination test and the scores for each criteria in the descriptive test

OAD ²	Log**	pH	D ¹	D ¹	D ¹	D ¹	Σ	Di*Σ ³				
			texture	taste	color	aroma		taste	color	texture	aroma	
391	LABPr▼	5.51	5.28	15	13	12	11	51	104	105	93	89
348	LAB	5.96	5.45	15	12	12	11	50	91	91	85	81
359	PrA	5.88	5.33	15	13	12	11	51	100	92	87	80
472	LABPrF	5.37	5.11	15	14	13	12	54	117	122	92	97
400	PrFA	5.73	5.27	15	13	12	12	52	104	107	140	121
515	LABPrFA	5.51	4.91	15	14	14	14	57	126	128	138	118
501	LABPrA	5.34	5.02	15	14	12	14	55	118	127	108	92
429	LABPr	5.72	5.18	15	14	13	12	54	113	116	113	104
445	FA	5.96	5.81	15	13	12	13	53	111	117	87	87
379	PrF	5.8	5.33	15	13	11	12	51	103	102	94	87
377	LABFA	5.61	5.32	15	13	12	11	51	100	96	91	84
372	LABF▼	5.23	5.34	15	13	12	11	51	102	95	94	85
392	LABA	5.72	5.4	15	13	12	12	52	107	106	86	84
352	LABF	5.8	5.41	15	12	11	12	50	96	86	101	92
406	LAB▼	5.29	5.37	15	13	13	12	53	105	108	109	104
440	LABA▼	5.11	5.33	15	13	13	12	53	113	114	82	91
	A	5.81	5.47	14	11	10	9	44				
	LABFA▼	5.54	4.23	14	8	10	11	43				
	LABPrA▼	4.87	4.21	13	7	10	10	40				
	LABPrF▼	4.99	4.34	14	8	12	11	45				
322	C	6.97	6.44	10	11	9	9	39	85	85	74	78
	LABPrFA▼	5.11	4.46	14	8	12	12	46				

** : TMAB Log (cfu/g), D¹: Discrimination, Di*: Descriptive, ²: Overall score of the points from each criterion in the descriptive test, ³: Total

Discrimination of the pâté meat batches was evaluated as 'accepted' and 'rejected' from the point of 'taste', 'color', 'texture', and 'aroma' [18]. When the number of acceptance of the panelists is considered, the maximum acceptable score for any of the sensory quality criteria of control in the discrimination test is '11' of the 17 panelists. This acceptance level corresponds to 64.7% of preference. Based on this preference level, all of the treatments of the pâté meat batches which had lower than 11 acceptances for any of the sensory quality criteria were excluded and not transferred to the descriptive test. These treatments are A, LABFA▼, LABPrA▼, LABPrF▼, and LABPrFA▼(Table 2).

Each of the four treatments. LABFA▼, LABPrA▼, LABPrF▼, and LABPrFA▼, were accepted by the fewest out of the 17 panelists, 8, 7, 8, and 8, respectively, in the sensory quality criteria, 'taste'. Also, A took 10 acceptances in color and 9 acceptances in aroma (Table 2). So, A, LABFA▼, LABPrA▼, LABPrF▼, LABPrFA▼, Pr, and F were not transferred to the descriptive test and were excluded. The 17 panelists for the descriptive test were trained before the test about each of the quality criteria of the pâté meat for 2h each day for 4 day-sensory sessions. Using the 10-point scale [19], each quality criteria of each of the 17

batches including control was compared in the descriptive test. The gradings of each of the quality criteria are as follows; color (1:brown/pink/blue/green and 10: brown dark red and their combinations), taste (1: rotten. extremely sourish, or moldy, 10: meaty, tasty, reasonably and pleasantly sourish with garlicky and spicy, but no sweetness), texture (1: firm. tough. 10: slippery, emulsified, greasy, creamy, uniform) and aroma (1: H₂S/sulfide, moldy, putrefied, 10: no unpleasant smell like H₂S/sulfide, moldy or putrefied).

Statistical Analysis

The pH measurements and microbial countings were made by using three replicates for each treatment batch. The average of the replicates was taken for the statistical analysis. A one-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's Multiple Range Test [20], were performed to analyze in order to evaluate the effects on the treatments and the storage periods by SPSS for Windows (SPSS version 15.0 for Windows). The critical difference was determined at the 5% level.

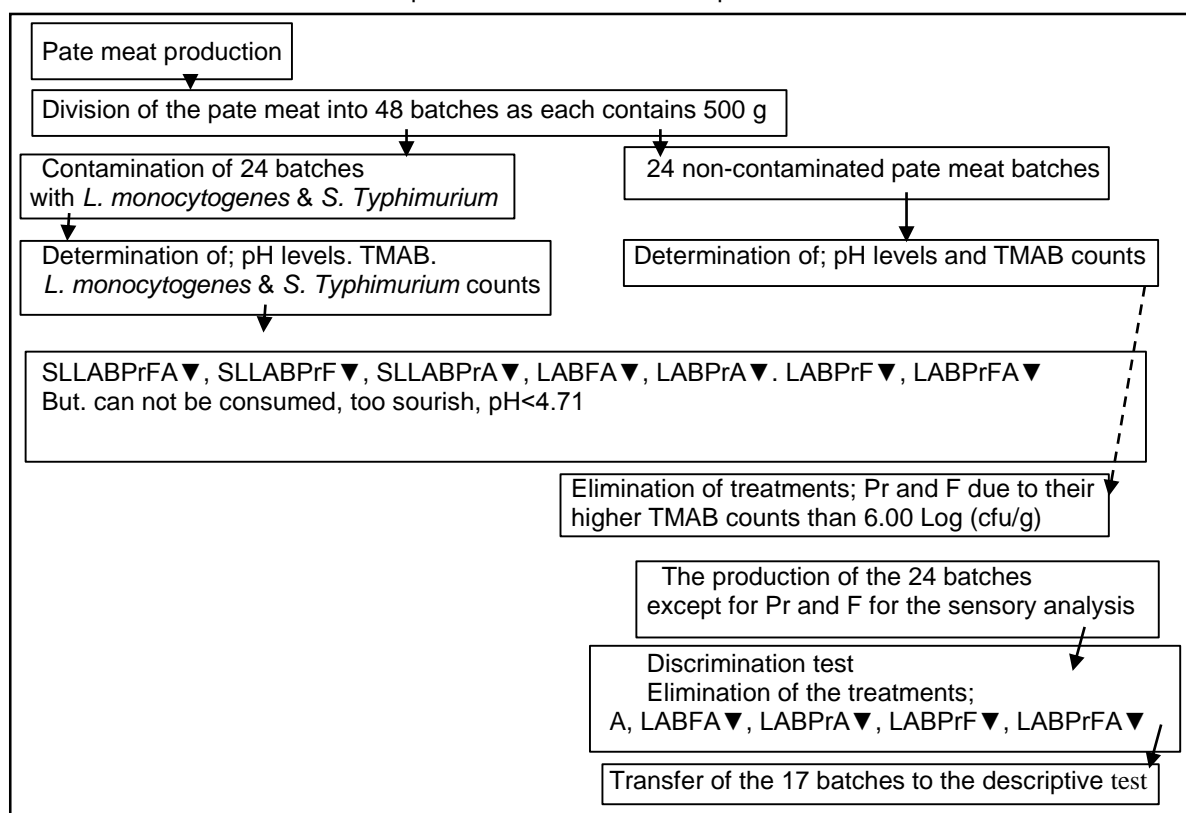
RESULTS and DISCUSSION:

Effect of Sole and Different Combinations of Fermentation, LAB, Pr, F, and A on Sensory Quality

The batches. LABPrFA, LABPrA, and LABPrF, have the highest points in the descriptive test in 'taste' with 515, 501, and 472, respectively (Table 2). The difference between the points given to LABPrFA, LABPrA, and LABPrF and other treatments in taste was found significant ($p < 0.01$). The first significant reason for the higher 'taste' scores of these pâté meat batches might be the better microbial quality and controlled

fermentation with a lower temperature, 22°C. On the other hand, the lowest TMAB counts and pH levels belong to the fermented batches when compared with the other batches and control (Table 1) ($p < 0.05$). Moreover, the higher pH levels on the 22nd day, 4.71, 4.81, and 4.83, which belong to LABPrFA, LABPrA, and LABPrF, respectively (Table 1), indicate that the consumer accepts the sourish taste of 'fermentation' if only pH is not lower than '4.71'. Otherwise, the treatments, LABFA, LABPrA▼, LABPrF▼, and LABPrFA▼, all of which have lower TMAB counts and pH levels lower than 4.71 the same day ($p < 0.01$) (Table 1 and Table 3), would have been accepted in the discrimination test.

Table 3. The determination of the superior treatments with the optimum microbial and sensorial criteria



A clear explanation for their rejection might be the higher temperature during fermentation in these treatments, 37°C, which results in excessive and uncontrolled fermentation with an unacceptable sourish taste. On the other hand, the seeds of F have a bitter taste and pungent aroma because of their saponins and tannins, such as protodioscin [21]. This bitter taste and the pungent aroma of the compound might have been congruent with the sourish and bitter taste and aroma of fermentation which may be a reason for the preference of the F-added pâté meats. The LAB counts of the eliminated batches, LABFA▼, LABPrA▼, LABPrF▼, and LABPrFA▼, on the 22nd day, are higher (Table 3) ($p < 0.01$). So, the other common attribute of LABFA▼, LABPrA▼, LABPrF▼, and LABPrFA▼, the 'fermentation at 37°C', might have induced the growth of LAB, leading to pH decrease and 'sourishness' which may be crucial in their elimination in the sensory

analysis. The inducing effect of the combined additions of the probiotics, arginine, fenugreek, and the fermentation at 37°C, on the growth and count of the lactic acid bacteria, may be one of the initial reasons which lead to the elimination of the same treatments in the discrimination test. Nearly, all of the treatments which include the various combined additions of the bioactive compounds as combined with the fermentation at 37°C increased the LAB counts to $\geq 7.17 \leq 8.74$ Log (cfu/g) on the 22nd day while others had < 6.82 Log (cfu/g) ($p < 0.01$) (Table 1). These findings are also important since they indicate that the effect of the fermentation, particularly at the higher heat level (37°C), has been completed on the 22nd day of the shelf life of the pâté meat if that is fermented at 37°C and added the various combined additions of the bioactive compounds. On the 22nd day, these treatments arrived at the limit of the spoilage in LAB origin since the counts of LAB

cause spoilage when their amounts are between 7.59 and 8.25 Log (cfu/g) [22]. Confirming this, in both the discrimination and descriptive test results, the difference

between the batches which were fermented at 22°C and which were fermented at 37°C is significant ($p < 0.01$) (Table 4).

Table 4. Results of ANOVA and Duncan analyses

	ANOVA Significance	Duncan (from the most superior to the less)
Taste	<0.01	LABPrFA, LABPrA
Aroma	<0.01	PrFA, LABPrFA
Color	<0.01	LABPrFA, LABPrA
Texture	<0.05	PrFA, LABPrFA
LAB*day	<0.01	LABPr▼, LABPrFA▼
LAB*treatment	<0.01	LABPr▼, LABPrFA▼
LAB*heat	<0.01	LABPr▼, LABPrFA▼
LAB*pH	<0.01	LABPrFA▼, LABFA▼
LIS*treatment*pH	<0.01	SLLABPrFA▼, SLLABPrF▼, SLLABPrA▼/ SL**
LIS*heat	<0.01	37°C, 22°C
SAL*treatment*pH	<0.01	SLLABPrFA▼, SLLABPrF▼, SLLABPrA▼/ SL**
SAL*heat	<0.01	37°C, 22°C
SAL*heat*day	<0.05	SLLABPrFA▼, SLLABPrF▼, SLLABPrA▼/ SL**
SAL*day	<0.05	SLLABPrFA▼, SLLABPrF▼, SLLABPrA▼/ SL**
TMAB*treatment	<0.01	LABPrA▼, LABPrF▼, SLABPrFA▼, LABA▼/ C**
TMAB*heat	<0.01	LABPrA▼, LABPrF▼, SLABPrFA▼, LABA▼/ C**
TMAB*heat*day	<0.01	LABPrA▼, LABPrF▼, SLABPrFA▼, LABA▼/ C**
TMAB*day	<0.01	LABPrA▼, LABPrF▼, SLLABPrFA▼, LABA▼/C**
pH*treatment	<0.01	LABPrA▼, LABFA▼, LABPrFA▼, LABPrF▼, SLLABPrFA▼/ SL**
pH*heat	<0.01	37°C, 22°C

* Interaction

** The highest count

More important was that the points in both evaluations were significantly higher in the batches fermented at 22°C ($p < 0.01$). Briefly, one of the crucial factors in the preference for the sensory quality of the fermented pâté meat might have been the LAB counts. For example, the preference of the batches with lower LAB counts which were fermented at 22°C was significantly more than that of the preference of the batches with higher LAB counts and which were fermented at 37°C ($p < 0.01$). The decrease in pH which formed extremely in the batches, LABFA▼, LABPrA▼, LABPrF▼, and LABPrFA▼, all of which were fermented at 37°C, might have been due to the higher temperature, 37°C. The increased heat level, 37°C as compared with 22°C might have induced the growth of LAB. So, the higher growth rate of LAB during fermentation at 37°C, might have been an important reason for the sourishness in these four batches. Opposite, the most preferred treatments in the descriptive and discrimination tests, LABPrFA, LABPrA, and LABPrF, are the treatments that were fermented at 22°C. This lower heat level 22°C, might have maintained a much more controlled fermentation with less growth and activity of LAB (Table 1). The higher preference in the A- added pâté meats may be the suppression of 'bitterness' due to the interaction of A with NaCl, which was previously informed [23]. Accordingly, the guanidinium group of A might have interacted with

sodium channels in taste bud membranes. The improving effect of A was also inspected in 'color' and 'texture'. The addition of A enhances 'redness', which might be due to the inducing effect of A on myofibrillar proteins to form a more smooth, compact, and uniform gel matrix while decreasing 'brightness' and increasing 'red' tone [24]. Also, the highest score, 122, belongs to LABPrF, preceded by LABPrFA in color, which might be due to the same amino acid which naturally exists in F [25]. In consideration of 'texture', the difference between the higher scores belonging to PrFA, LABPrFA, LABPr (140, 138, and 113, respectively) and other treatments were significant ($p < 0.05$) (Table 4). These findings indicate two important factors. First, 'the fermentation at 22°C' and second, 'the addition of F'. The preference of the A- added pâté meats, LABPrFA, PrFA, and LABA, in texture might have been due to the decrease in water binding capacity by the decrease in pH and stimulating effect of A on fermentation. These might have formed a gel structure and closer integration of the myofibrillar proteins due to the decreasing effect of A on pH [26]. Finally, 'galactomannan' in F, a hydrocolloid that increases viscosity [27], might have been another reason for the preference of the F-added batches, PrFA and LABPrFA, in texture. A summary of the superior batches with their most likely reasons is also summarized in Table 5.

Table 5. The superior batches for each of the sensory quality criteria with possible reasons

Criteria	Superior batches	Possible reasons
Taste & Aroma	LABPrFA/LABPrA/LABPrF/ LAB▼/PrFA. LABPr	F (saponins, tannins, protodioscin, alkaloids). phenols-pungent, sourish aroma & taste / L-Arg (A) in F Retardation of spoilage The controlled fermentation at 22°C in the treatments. LABPrFA, LABPrA, LABPrF and PrFA L-Arg (A) (guanidinium and NaCl interaction)
Color	LABPrF/LABPrFA/IABPrA	Emulsification (the grinding, pH decrease due to fermentation and L-Arg (A) and/or F) The improving effect of a controlled fermentation at 22°C L-Arg (A) (It's inducing effect on fermentation). Increase of the red tone-induced by L-Arg (A) and fermentation. Decrease in water holding capacity
Texture	LABPrFA/PrFA	L-Arg (A) (It's inducing effect on fermentation). Increase in viscosity as a result of the solubilization of myofibrillar proteins by the decrease in pH-induced by L-Arg(A) and/or F and/or fermentation F (gel formation by galactomannan)

pH and Microbial Counts

All of the non-contaminated pâté meat batches which were treated with any of the sole or different combinations of F, A, Pr, and LAB have lower pH levels and TMAB counts than the control (Table 1) ($p < 0.01$). Control reached pH levels above 6 on the 5th day. On the other hand, the pH levels of all the other pâté meat batches fermented at either 37 or 22°C and treated with the sole or different combinations of the bioactive food compounds, remained pH below 6 until the 22nd day (Table 1). Like 'treatment', the effect of time on pH, the counts of LAB, TMAB, and the pathogens were significant ($p < 0.01$) (Table 4). pH and the counts of the pathogens decreased while the counts of LAB increased in the contaminated and non-contaminated fermented pâté meat treatment batches through the shelf life ($p < 0.01$) (Table 1 and Figure 1). On the other hand, the heat level during fermentation, 22 or 37°C, significantly affected the pH levels and the counts of TMAB, LAB, and *S. Typhimurium* ($p < 0.01$). The pH level decreased as the heat level during fermentation was increased to 37°C and with time from the start to the 22nd day ($p < 0.01$) (Table 1). The lowest pH levels and TMAB counts belong to LABPrA▼ in the non-contaminated pâté meat batches and SLLABPrFA▼ in the contaminated pâté meat batches (Table 1 and Table 4).

These findings indicate that the fermentation of the pâté meat at 37°C by adding LAB, Pr, A, and F led to the lowest acidity loss ($p < 0.01$) (Table 1). All these batches' attributes have in common is their fermentation at 37°C instead of 22°C. These findings underline the importance of the following factors to keep the acidity loss minimum in pâté meat production. The first is the 'fermentation' itself, the second is the 'heat level during fermentation'. It was evident that 37°C maintains acidity much more as compared with 22°C ($p < 0.01$) (Table 4). The reason might have been the stimulating effect of the higher temperature, 37°C, on LAB and, as a result, the increase in the acid production by LAB. Another factor might have been the activity of LAB to produce

bacteriocin, which might have been more at 37°C as compared with 22°C, which was also informed [28]. The decrease in pH by the addition of Pr (FOS), which may be due to its inducing effect on the growth of LAB, is also in accordance with the literature findings, which inform a 0.5 and 1 decrease in pH in 1% FOS added yogurt [29]. Like Pr, the addition of A increased LAB counts in all of the pâté meat batches ($p < 0.05$) (Table 1). The interaction between the increase in LAB and the decrease in pH through the shelf life is significant ($p < 0.01$) (Table 4). The interaction of TMAB with pH is also significant that pH decrease by A, Pr, LAB, and fermentation through the shelf life inhibited the TMAB growth ($p < 0.01$) (Table 4). The addition of A exhibited synergism with F. This synergism was found more significant in the contaminated pâté meat batches ($p < 0.05$). In the only study related to the combined effect of F and A, the production of the main component of F, trigonelline in the fenugreek sprout was informed to be induced by A. 20 µM [30]. Confirming the synergism of A and F, the contaminated pâté meat batches, SLLABPrFA▼, SLLABPrA▼, SLLABPrF▼, did have significantly more antimicrobial effects with lower TMAB counts, 6.03, 5.98, and 6.04, respectively, on the 22nd day ($p < 0.01$) (Figure 1). SLLABPrFA▼ has the lowest TMAB count with 5.98 Log on the 22nd day. This treatment made a 3.19 Log reduction in the TMAB count when compared with the TMAB count of SL, 9.17 Log (cfu/g), the same day, while LABPrA▼ among the non-contaminated pâté meat batches did have the lowest TMAB count with 5.31 Log (cfu/g) (Table 1).

The effect of the sole and combined additions of the bioactive compounds, time, and heat on *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* in the artificially contaminated pâté meats is significant ($p < 0.01$) (Figure 1) (Table 4). SLLABPrFA▼ made one of the most significant inhibitions on both of the pathogens while eliminating them on the 22nd day, indicating a synergism of the bioactive compounds to enhance the antimicrobial effect. The antimicrobial effect of F was found greater on *L. monocytogenes* than on *S. Typhimurium* ($p < 0.05$),

whereas the antimicrobial effect of A became stronger on the growth of *S. Typhimurium* ($p < 0.05$). The reason may be the penetration of scopoletin. It is coumarin and one of the main antimicrobial substances in F, which might have been blocked by the efflux pumps that only exist in the Gram-negative cell wall of *S. Typhimurium* [31]. This may explain the more significant antimicrobial effect of all of the F-added treatments on *L. monocytogenes* (Figure 1). On the opposite, the antimicrobial effect of A was found more significant on *S. Typhimurium* than on *L. monocytogenes* ($p < 0.05$). The reason may be the difference in the cell wall structure and the interaction of this structure with the amino acid. A might have caused more damage by producing Nitric Oxide in the Gram-negative cell wall of *S. Typhimurium* since the cell wall of the bacteria contains more lipid content. On the other hand, no matter how both of the pathogens were eliminated by SLLABPrF▼ and SLLABPrFA▼ (Figure 1), these treatments can not be preferred because of their extreme sourishness. Their extremely low pH levels, which cause a sour taste, make their superior inhibitory effects on TMAB growth meaningless, like in their non-contaminated counterparts. On the other hand, SLLABPrFA, SLFA, SLPrA, SLPrFA, and SLLABPrA▼, the treatments with pH levels higher than 4.71, which eliminated both of the pathogens on the 22 days of the shelf life, made 5.91 and Log 6.11 Log (cfu/g) inhibitions on *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes*, respectively (Figure 1) ($p < 0.01$).

One of the most significant findings is that too much increase in acidity inhibited the antimicrobial effect of A on *L. monocytogenes* ($p < 0.05$). At low pH, the total negative charge of the peptidoglycan layer is reduced because of the positive charge of alanine. As a result, the peptidoglycan layer becomes neutral which limits the attraction between the peptidoglycan layer of the bacteria and A [32].

The main paradox in the findings is that TMAB counts and pH levels are not the only criteria in determining a food product's overall quality and marketing. For example, in this study, LABPrA▼, LABFA▼, LABPrFA▼, and LABPrF▼ in the non-contaminated pâté meats are the treatments with lower TMAB counts. However, their pH levels until the 22nd day, which were 4.02, 4.09, 4.15, and 4.19, respectively, were the lowest ones that caused extreme sourishness. The decrease in pH can often extend the shelf life while inhibiting microbial growth. However, the extremely low pH level is also the primary reason for their extreme sourishness and elimination in the discrimination test. The 'sourishness' has long been preferred in traditional fermented meat products such as fermented sausage and fermented dry summer sausage with their dry texture. But, the material in this study, pâté meat, had a much higher water content and water activity. Therefore, the sourishness which was caused by the fermentation, particularly at 37°C, could not be tolerated enough in this product, most likely due to the higher water content and activity both of which might have acted as an acid carrier. On the other hand, LABPrFA, LABPrA, LABPrF, and PrFA, could inhibit TMAB only between 1.01-1.09

Log (cfu/g) but exhibited a constant and effective microbiostatic effect all through the shelf life while maintaining the sensory quality. These might be due to the inner biochemical dynamics in pâté meat, which favor the formation of the microbiostatic effect. Though the inhibition is weak, the constant microbiostatic effect made these treatments capable of extending the shelf life 10 days more than the control without decreasing the sensory quality (Table 1 and Table 5). In the only study which applied fermentation, pork liver was used and fermentation lowered pH to 4 at 30°C, while subsequent cooking to 70°C followed by vacuum packaging had extended the shelf life more than 22 d at 4 to 10°C [33]. Nevertheless, it used fermentation only to lower pH before production. The product had been pasteurized and vacuumed, but was not a fermented one. In another study, cooking the chicken liver to an internal temperature of 60 to 73.9°C made a 1.9 to ≥ 6.4 Log (cfu/g) reduction in the total count of *Salmonella* spp. [34]. However, as indicated in the Introduction, higher heat levels than 63°C, can not be applied in pâté meat production since it makes the texture dry while the texture should be creamy and soft. It should also be noted that the additions of A and F as combined, improved the microbial quality in both contaminated and non-contaminated pâté meat batches, indicating the synergism between A and F. Though the association of the risk of Listeriosis with the pâté meat is well known, there are no study findings to compare the *Listeria* counts in this study with.

CONCLUSION

The results are crucially important since they underline the importance and beneficial effect of the lower heat level during fermentation in the pâté meat. The addition of all or most of the bio-active compounds, A, F, LAB, and Pr, and the combination of the additions of these bioactive compounds with the fermentation at 37°C caused superior microbial quality. However, it unexpectedly increased the rate and speed of fermentation, decreased pH excessively, formed extreme sourishness, and made the product liable to the spoilage caused by LAB on the 22nd day of the shelf life of the fermented pâté meat under 4°C. On the other hand, the lower heat level, 22°C, maintained a much more controlled fermentation without any adverse effect on the sensory quality. The addition of F made more inhibition on *L. monocytogenes*, whereas the antimicrobial effect of the addition of A was greater on *S. Typhimurium*. More important is that the different combined additions of the bioactive food compounds as combined with the fermentation either at 22°C or 37°C (e.g., SLLABPrF▼, SLLABPrFA▼, SLLABPrFA, SLFA, SLPrA, SLPrFA, and SLLABPrA▼) eliminated both pathogens on the 22. day, made 5.91 and Log 6.11 Log (cfu/g) inhibitions on *S. typhimurium* and *L. monocytogenes*, respectively. So, for the first time, the extremely short shelf life of the pâté meat was extended by fermentation as combined with the various additions of the natural and functional food bioactive compounds. Although some of the batches which were fermented at 37°C as combined with the various additions of LAB, Pr, A, and F (the batches; LABPrA▼, LABFA▼,

LABPRFA▼, and LABPrF▼) extended the shelf life to 10 and 17 days, their extremely higher pH levels below 4.71 were not preferred by the panelist. Instead, some of the treatment batches which were fermented at 22°C as combined with the various additions of LAB, Pr, F, and A (The batches; LABPrFA, LABPrF, LABPrF, and PrFA) could extend the shelf life 10 days more as compared with control (which had only 3 days) without any adverse change in their sensory quality.

REFERENCES

- [1] Hutchison, M., Harrison, D., Richardson, I., Tchorzewska, M. (2015). A method for the preparation of chicken liver pâté that reliably destroys *Campylobacters*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(5), 4652-466.
- [2] Poumeyrol, G., Rosset, P., Morelli, V.N.E. (2010). HACCP methodology implementation of meat pâté hazard analysis in pork butchery. *Food Control*, 21(11), 1500-1506.
- [3] Özkaya, P.T., Kayaardı, S. (2018). Novel techniques for improving the quality of meat and meat products. *Akademik Gıda*, 16(3), 323-331.
- [4] Won, G., Lee, J.H. (2017). *Salmonella typhimurium*, the major causative agent of foodborne illness inactivated by a phage lysis system provides effective protection against lethal challenge by induction of robust cell-mediated immune responses and activation of dendritic cells. *Veterinary Research*, 48, 66.
- [5] Barocci, S., Mancini, A., Canovari, B., Petrelli, E., Sbriscia-Fioretta, E., Licci, A., D'Addesa, S., Petrini, G. (2015). Giacomini M. Renzi A. Migali A. Briscolini S. *Listeria monocytogenes* meningitis in an immunocompromised patient. *New Microbiologica*, 38, 113-118.
- [6] Şanlıbaba, P., Uymaz, B. (2015). Application of bacteriophage for biocontrol of *Listeria monocytogenes* in foods. *Akademik Gıda*, 13, 81-88.
- [7] Himathongkham, S., Riemann, H. (1999). Destruction of *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* in chicken manure by drying and/or gassing with ammonia. *FEMS Microbiology Letters*, 171(2), 179-182.
- [8] Sepahi, M., Jalal, R. (2017). Mashreghi M. Antibacterial activity of poly-L-arginine under different conditions. *Iranian Journal of Microbiology*, 9(2), 103-111.
- [9] Al-Timimi, L.A.N. (2019). Antibacterial and anticancer activities of fenugreek seed extract. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 20(12), 3771-3776.
- [10] Anatriello, E., Cunha, M., Nogueira, J., Carvalho, J.L., Sa. A.K., Miranda, M., Castro-Faria-Neto, H., Keller, A.C., Aimbire, F. (2019). Oral feeding of *Lactobacillus bulgaricus* N45.10 inhibits the lung inflammation and airway modeling in murine allergic asthma: relevance to the Th1/Th2 cytokines and STAT6/T-bet. *Cellular Immunology*, 341, 103928.
- [11] Passos, L.M.L., Park., Y.K. (2003). Fructooligosaccharides: Implications in human health being and use in foods. *Ciencia Rural*, 33(2), 385-390.
- [12] Lorenzo, J.M., Pâteiro, M. (2013). Influence of fat content on physico-chemical and oxidative stability of foal liver pâté. *Meat Science*, 95(2), 330-335.
- [13] Porto-Fett, A.C.S., Hwang, C.A., Call, J.E., Juneja, V.K., Ingham, S.C., Ingham, B.H., Luchansky, J.B. (2008). Viability of multi-strain mixtures of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, or *Escherichia coli* O157:H7 inoculated into the batter or onto the surface of a soujouk-style fermented semi-dry sausage. *Food Microbiology*, 25(6), 793-801.
- [14] Ruiz, J., Nunez, M., Diaz, J., Lorente, I., Perez, J., Gomez, J. (1996). Comparison of five plating media for isolation of *Salmonella* species from human stools. *Journal of Clinical Microbiology*, 34(3), 686-688.
- [15] Jay, J.M. (2002). A review of aerobic and psychrotrophic plate count procedures for fresh meat and poultry products. *Journal of Food Protection*, 65(7), 1200-1206.
- [16] Greenwood, M., Willis, C., Doswell, P., Allen, G., Pathak, K. (2005). Evaluation of chromogenic media for the detection of *Listeria* species in food. *Journal of Applied Microbiology*, 99(6), 1340-1345.
- [17] Lorenzo, J.M., Fontan, M.C.F., Cachaldora, A., Franco, I., Carballo, J. (2010). Study of the lactic acid bacteria throughout the manufacture of dry-cured bacon (a Spanish traditional meat product). Effect of some additives. *Food Microbiology*, 27(2), 229-235.
- [18] Mello, L.S.S., Almeida, E.L., Melo, L. (2019). Discrimination of sensory attributes by trained assessors and consumers in semi-sweet hard dough biscuits and their drivers of liking and disliking. *Food Research International*, 122, 599-609.
- [19] Civille, G.V., Oftedal, K.N. (2012). Sensory evaluation techniques-make 'good for you' taste 'good'. *Physiology and Behavior*, 107(4), 598-605.
- [20] Eberly, L.E. (2007). Correlation and simple linear regression. *Methods in Molecular Biology*, 404, 143-64.
- [21] Muraki, E., Chiba, H., Taketani, K., Hoshino, S., Tsuge, N., Tsunoda, N., Kasono, K. (2012). Fenugreek with reduced bitterness prevents diet-induced metabolic disorders in rats. *Lipids in Health and Disease*, 11, 58.
- [22] Kalschne, D.L., Womer, R., Mattana, A., Sarmento, C.M.P., Colla, L.M., Colla, E. (2015). Characterization of the spoilage lactic acid bacteria in 'sliced vacuum-packed cooked ham'. *Brazilian Journal of Microbiology*, 46, 173-181.
- [23] Ogawa, T., Nakamura, T., Tsuji, E., Miyanaga, Y., Nakagawa, H., Hirabayashi, H., Uchida, T. (2004). The combination effect of L-arginine and NaCl on bitterness suppression of amino acid solutions. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 52(2), 172-177.
- [24] Tuell, J., Kim, H., Zhang, J., Guedes, J. (2020). Arginine supplementation may improve color and

- redox stability of beef loins through delayed onset of mitochondrial-mediated apoptotic processes. *Food Chemistry*, 343(5), 128552.
- [25] Wani, S.A., Kumar, P. (2018). Fenugreek: a review on its nutraceutical properties and utilization in various food products. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 97-106.
- [26] Sorapukdee, S., Jansa, S., Tangwatcharin, P. (2019). Partial replacement of pork backfat with konjac gel in northeastern Thai fermented sausage (Sai Krok E-san). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(11), 1763-1775.
- [27] Jiang, J.X., Zhu, L.W., Zhang, W.M., Sun, R.C. (2007). Characterization of galactomannan gum from fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) seeds and its rheological properties. *International Journal of Polymeric Materials*, 56(12), 1145-1154.
- [28] Yang, E., Fan, L., Yan, J., Jiang, Y., Doucette, C., Fillmore, S., Walker, B. (2018). Influence of culture media. pH and temperature on growth and bacteriocin production of bacteriocinogenic lactic acid bacteria. *AMB Express*, 8, 10.
- [29] Gustaw, W., Kordowska-Wiater, M., Koziol, J. (2011). The influence of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria for bioyoghurt production. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 10(4), 455-66.
- [30] Badi, H.N., Mehrafarin, A., Mustafavi, H.S., Labbafi, M.R. (2018). Exogenous arginine improved fenugreek sprouts growth and trigonelline production under salinity condition. *Industrial Crops and Products*, 122, 609-616.
- [31] De Souza, S.M., Monache, F.D., Smania, Jr.A. (2005). Antibacterial activity of coumarins. *Zeitschrift für Naturforschung. C. Journal of Biosciences*, 60(9-10), 693-700.
- [32] Maity, H., Karkaria, C., Davagnino, J. (2009). Effects of pH and arginine on the solubility and stability of a therapeutic protein (fibroblast growth factor 20): relationship between solubility and stability. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 10(6), 609-25.
- [33] Moore, J.E., Madden, R.H. (1997). Preservation of vacuum-packaged pork liver pâté by fermentation. *Journal of Food Protection*, 60(7), 791-794.
- [34] Porto-Fett, A.C., Shoyer, B.A., Shane, L.E., Osoria, M., Henry, E., Jung, Y., Luchansky, J.B. (2019). Thermal inactivation of *Salmonella* in pâté made from chicken liver. *Journal of Food Protection*, 82(6), 980-987.
-

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Unu ile Zenginleştirilen Muffin Keklerin Bazı Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri

Ezgi Özgören  ✉, Aydın Yapar 

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Denizli

Geliş Tarihi (Received): 13.11.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 03.08.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ezgio@pau.edu.tr (E. Özgören)

☎ 0 258 296 3129 📠 0 258 296 3262

ÖZ

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) yapısındaki yüksek orandaki protein ve dengeli amino asit içeriği nedeniyle tahıl ürünlerinin zenginleştirilmesi açısından önemli bir kaynaktır. Özellikle birçok tahılda sınırlı düzeyde bulunan lizin, metionin ve treonin amino asidini fazla miktarda içermesi kinoa'nın önemini arttırmaktadır. Bu çalışmada %100 buğday unundan üretilen kontrol grubu örnek ve buğday ununa farklı oranlarda (%25 ve 50) kinoa unu ikame edilmesi ile üretilen muffin keklerde meydana gelen fizikokimyasal ve duyusal değişimler araştırılmıştır. Muffin kek formülasyonunda kinoa unu ikame oranı arttıkça örneklerin protein, yağ, kül ve amino asit içerikleri ile tekstür profil analizi sonucunda elde edilen sertlik değerlerinde artış meydana gelirken, karbonhidrat içeriğinde ve spesifik hacimde azalma meydana gelmiştir. Muffin kekler renk değerleri bakımından incelendiğinde, kinoa unu ikame oranı arttıkça dış renk L^* değerinde ve iç renk a^* değerinde artış gözlenirken, iç renk L^* değerinde azalış olduğu belirlenmiştir. Duyusal özellikler bakımından %50 oranında kinoa unu ikame edilmiş örnekte gözeneklilik, tekstür, tat ve genel beğeni puanlarında anlamlı düzeyde azalma ($p<0.05$) meydana gelmiştir. Kinoa ikame edilme oranı %25 olan muffin kek örneğinin ise kontrol örneği ile benzer duyusal ve tekstürel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm sonuçlar göz önüne alındığında, kinoa'nın protein ve yağ gibi önemli gıda bileşenlerini yüksek oranda bulundurması ve zengin amino asit içeriğine sahip olması nedeniyle iyi bir zenginleştirme materyali olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kinoa, Muffin kek, Zenginleştirme, Amino asit, Tekstür

Some Physicochemical and Sensory Properties of Muffin Cakes Enriched with Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Flour

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is a valuable enrichment source for cereal products due to its rich protein and well-balanced amino acid content. The high content of lysine, methionine and threonine amino acids that are found in limited levels in most of cereals, increases the importance of quinoa. In this study, physicochemical and sensory properties of muffin cakes which produced by 100% wheat flour (control sample) and replacing wheat flour with quinoa flour at different levels (25 and 50%) were investigated. The addition of quinoa flour to the formulation caused a significant increase in protein, fat, ash, amino acid contents and hardness value which was determined with texture profile analysis and a decrease in carbohydrate content and specific volume. Color analysis results of muffin cakes showed that increasing quinoa flour substitution ratio also increased the L^* values of the crust and a^* values of the crumb, while decreased the L^* values of the crumb of cakes. According to sensory analyses, porosity, texture, taste and overall acceptability scores decreased significantly ($p<0.05$) with substituting wheat flour by 50% quinoa flour. It was determined that muffin cakes with 25% quinoa flour had similar sensory and textural properties with control muffin cakes. In the light of these analyses, quinoa can be considered as an alternative enrichment material due to its high content of essential components such as protein and fat as well as its rich amino acid content.

Keywords: Quinoa, Muffin cake, Enrichment, Amino acid, Texture

GİRİŞ

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) kökeni Güney Amerika olan ve çok farklı tipteki topraklarda ve iklimlerde tarımı yapılabilen, *Chenopodiaceae* familyasına ait tek yıllık bir bitkidir. Pseudo-cereal (yalancı tahıl) olarak tanımlanan bir bitki olan kinoanın bu şekilde tanımlanmasının nedeni, botanik özelliklerinin tahıllara benzemesine karşın *Gramineae* familyasına ait olmamasındandır [1, 2]. Gıda bileşenleri açısından incelendiğinde kinoanın özellikle protein ve yağ açısından zengin olduğu yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir. Yüksek protein içeriğinin yanı sıra esansiyel ve yarı esansiyel amino asitler açısından zengin olduğu bildirilmiştir. Özellikle lizin amino asitini buğday ununa kıyasla iki kat fazla bulundurduğu belirtilmiştir. Bunun yanı sıra E ve B vitaminleri ile kalsiyum ve demir mineralleri açısından da zengin bir gıdadır [1, 3, 4, 5]. Kinoanın bütün bu bileşim özellikleri sayesinde kardiyoasküler hastalıklar, kanser, diyabet gibi rahatsızlıkların önlenmesine katkıda bulunabileceği bildirilmiştir [6]. Bunların yanında kinoanın gluten içermediği için çölyak hastalarının protein ve karbonhidrat ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir alternatif gıda olarak görülmektedir. Birleşmiş milletler tarafından 2013 yılının kinoa yılı olarak ilan edilmesi ile bu gıdaya olan ilgi artmıştır [7].

Kinoa, içerdiği gıda bileşenleri sayesinde, zenginleştirme çalışmalarında önemli bir kullanım potansiyeline sahiptir. Bileşiminde bulunan saponinin yol açtığı acı tat nedeniyle çalışmalarda kullanılacak olan uygun miktarın belirlenmesi önemlidir. Son yıllarda kinoanın ürünlerdeki kullanım miktarını arttırmak için saponince zengin kabuk kısmının parlatılarak ayrılması yoluna gidilmiştir. Bu işlemle saponin ayrılmış ancak bazı önemli biyoktif bileşenlerce kayıp meydana geldiği belirlenmiştir [6]. Tahıl ürünlerinde eksik olan amino asitlerin dengelenmesi ve ürünlere çeşitli fonksiyonel özellikler kazandırılması amaçlarıyla kinoanın zenginleştirme üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur [8-11]. Yapılan bir çalışmada piriç unu-patates nişastası-karabuğday unundan oluşan karışımda karabuğday ununa kinoa unu ikame edilerek glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Kinoa unu ikamesi ile ekmeklerin viskozitesinin arttığı böylece teknolojik özelliklerinde iyileşme meydana geldiği tespit edilmiş, duyu analizi sonuçları göz önünde bulundurulduğunda %25 oranına kadar kinoa ununun kullanımı tavsiye edilmiştir [12]. Diğer bir çalışmada makarna üretiminde kullanılacak olan kinoa iki farklı şekilde (işlem görmemiş kinoa, çimlendirilmiş kinoa) hazırlanarak un haline getirilmiş ve buğday irmiğine %10, %20 ve %30 oranlarında ikame edilmiştir. Kinoa ikamesi ile makarna örneklerinin protein, yağ, kül, toplam fenolik madde ve antioksidan aktive değerlerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir [13]. Hamzecebi ve ark. [14]'nın yaptığı çalışmada muffin formülasyonunda buğday ununa %10 oranında quinoa unu ikame edildiğinde örneklerin hacminin azaldığı, tekstürel özelliklerinden sertliğinin arttığı, yapışkanlık, esneklik ve çignenebilirliğinin ise değişmediği tespit edilmiştir.

Günlük diyetin büyük bir bölümü tahıl ürünlerinden karşılanmaktadır [15]. Ekmek ve bisküviden sonra en fazla tüketilen tahıl ürününün kek olduğu bildirilmiştir. Kek en genel tanımıyla; un, yumurta, şeker, yağ, süt ve kabartma tozu kullanılarak elde edilen hamurun pişirilmesi ile elde edilen süngerimsi dokuda yumuşak bir gıdadır [16, 17]. Her yaşta bireyin severek tükettiği kekler farklı şekil ve formüllerde üretilmektedir. Keklerin formülasyonlarında kullanılan hammaddeler son ürünün kalitesini doğrudan etkilemektedir [18].

Bu çalışmada muffin keklerin üretiminde buğday ununa %25 ve 50 oranlarında kinoa unu ikame edilmesi ile alternatif ürünler geliştirilerek ürün çeşitliliğinin artırılması amaçlanmıştır. Ayrıca kinoa ikamesinin ürünlerin çeşitli fizikokimyasal ve duyu özellikleri üzerindeki etkisi araştırılarak tüketici beğenisini en çok kazanan formülasyon tespit edilmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Muffin kek üretiminde kullanılmış olan buğday unu, kinoa, süt, yumurta, şeker, yağ ve kabartma tozu yerel marketlerden temin edilmiştir. Kinoa öğütülerek ve 500 µm tel elekten geçirilerek üretimde kullanılan forma dönüştürülmüştür. Elde edilen kinoa unu %25 ve %50 oranında buğday ununa ikame edilerek muffin kek üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen muffin kek formülasyonları ön denemelerle belirlenmiştir. Belirlenmiş olan formülasyonlar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Muffin kek üretiminde öncelikle şeker ve yumurta mikserde (Kitchen Aid, ABD) yüksek hızda 5 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra yağ ve süt ilave edilerek orta hızda yaklaşık 1 dakika karıştırma işlemine devam edilmiştir. Son aşamada buğday ve kinoa unları ile kabartma tozu ilave edilerek kek hamurunda homojen bir yapı oluşuncaya kadar düşük hızda yaklaşık 1 dakika karıştırılmıştır. Hazırlanan hamur teflon kek kalıplarına 50'şer gram tartılarak yerleştirilmiştir [19]. Daha sonra fırında (ASL Makine, Türkiye) 200°C'de 20 dakika pişirilmiştir. Üretim 2 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir.

Metot

Genel Kimyasal Kompozisyon Analizleri

Örneklerin kül tayinleri 800°C'deki kül fırınında (Select-Horn, JP Selecta, İspanya) gerçekleştirilmiştir. Nem tayinleri etüv (UNB 400, Memmert GmbH+Co. KG, Almanya) kullanılarak gravimetrik yöntemle göre, yağ tayinleri soxhlet metoduna göre [20], protein miktarları ise dumas metoduna [21] göre belirlenmiştir. Muffin kek örneklerinin karbonhidrat miktarları; kül, protein, yağ ve nem miktarlarının toplamının 100'den çıkartılması ile hesaplanmıştır [22]. Kalori değeri yağ miktarının 9 kcal/g, karbonhidrat ve protein miktarlarının ise 4 kcal/g ile çarpılması ve bu değerlerin toplanması ile bulunmuştur [23].

Tablo 1. Muffin kek örneklerinin formülasyonları
Table 1. Formulations of muffin cake samples

Bileşenler (%)	K	Kİ25	Kİ50
Buğday Unu	31.50	23.63	15.75
Kinoa Unu	0.00	7.87	15.75
Süt	6.30	6.30	6.30
Yumurta	24.60	24.60	24.60
Şeker	21.00	21.00	21.00
Yağ	14.80	14.80	14.80
Kabartma Tozu	1.80	1.80	1.80

K: Kontrol grubu muffin, Kİ25: %25 kinoa ikame edilmiş muffin, Kİ50: %50 kinoa ikame edilmiş muffin

Amino Asit Kompozisyonu Analizi

Amino asit kompozisyonu analizi için öncelikle 1 g/L fenol içeren 6 M'lık HCl kullanılarak örnekler hidroliz edilmiş ve ardından HPLC cihazı (Shimadzu LC-10 VP, Japonya) ile C₁₈ kolon ve floresan dedektör kullanılarak Erkan ve ark. [24]'nin belirttiği yonteme göre analiz gerçekleştirilmiştir. Kolon fırın sıcaklığı 37°C, akış hızı 1 mL/dk. olarak ayarlanmıştır. 700 pmol/μL, 500 pmol/μL, 300 pmol/μL ve 100 pmol/μL konsantrasyonlarında standart amino asit çözeltileri kullanılarak kalibrasyon

eğrisi çizdirilmiş ve kalibrasyon eğrilerinden örneklerin amino asit miktarları hesaplanmıştır.

Renk Analizi

Üretilen muffin kek örneklerinin iç ve dış renk değerleri CIE renk sistemine göre (L^* , a^* , b^*) Hunter-Lab Mini Scan XE (Hunter Associates Laboratory, ABD) kolorimetresi kullanılarak tespit edilmiştir. Ayrıca kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin kek örnekleri ile kontrol örneği arasındaki farkın belirlenmesi için toplam renk değişim değerleri (ΔE) aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (1)$$

$\Delta L = L * \text{örnek} - L * \text{kontrol}$; $\Delta a = a * \text{örnek} - a * \text{kontrol}$; $\Delta b = b * \text{örnek} - b * \text{kontrol}$

Yamauchi [25]'nin yaptığı sınıflandırmaya göre ΔE değerlerinin görsel renk farklılıkları;

0-0.5: iz miktardaki fark; 0.5-1.5: insan gözüyle fark edilmesi zor; 1.5-3.0: eğitim almış panelistler tarafından saptanabilir; 3.0-6.0: toplumun çoğu tarafından algılanabilir; 6.0-12.0: aynı renk grubundaki büyük farklılık; 12'den fazla: başka bir renk grubu şeklinde tanımlanmıştır.

Tekstür Analizi

Muffin kek örneklerinin tekstür analizleri 38.1 mm'lik silindir prob (TA4/1000) kullanılarak tekstür analiz cihazı (Brookfield CT3-4500, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. Test parametreleri; ön test hızı 2 mm/s, test hızı 1 mm/s ve sıkıştırma %50 olarak belirlenmiştir. Tekstür profil analizi (TPA) ile örneklerin sertlik, yapışkanlık, esneklik ve çignenebilirlik değerleri ölçülmüştür [26].

Spesifik Hacim

Muffin keklerin ağırlıkları (g) fırından çıkarıldıktan yaklaşık 1 saat sonra ölçülmüştür. Hacimleri (mL) ise kolza tohumu ile yer değiştirme prensibinden yararlanılarak belirlenmiştir. Spesifik hacim (mL/g) muffin keklerin hacminin ağırlığına bölünmesi ile hesaplanmıştır [27].

Duyusal Analiz

Üretilen muffin kek örneklerinin duyusal analizleri Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi öğrencileri ve akademik personelinin oluşturduğu 48 kişilik panelist (20 Erkek, 28 Kadın) grubuna uygulanmıştır. Örnekler panelistler tarafından renk, koku, gözeneklilik, tekstür, tat ve genel beğeni açısından 7 puanlık hedonik skala (1: Aşırı kötü, 7: Mükemmel) kullanılarak değerlendirilmiştir [28]. Panelistlere örnekler arasında damak tadını sıfırlamak amacıyla su ve tuzsuz kraker verilmiştir.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS 22.0 programı (IBM Corp, Armonk, NY, ABD) ile tek yönlü varyans analizi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Önemli farka sahip olan ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma modeli ile $\alpha = 0.05$ güven aralığında karşılaştırılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Hammaddelerin Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Muffin keklerin üretiminde kullanılan hammaddelerin bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Buğday unu ile kıyaslandığında kinoa ununun daha yüksek protein, kül, yağ ve kalori değerine ve daha düşük karbonhidrat içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2. Hammaddelerin bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Table 2. Some chemical and physical properties of raw materials

Parametre	Buğday Unu	Kinoa Unu
Protein (%) ^a	9.85±0.04	12.93±0.28
Kül (%) ^a	0.92±0.08	2.25±0.03
Nem (%)	10.46±0.08	12.42±0.06
Yağ (%) ^a	0.86±0.03	6.04±0.62
Karbonhidrat (%) ^a	77.91±0.07	66.36±0.25
Kalori Değeri (kcal/100g)	358.78±0.14	371.52±3.45
Renk Değerleri		
<i>L</i> [*]	81.89±0.86	69.77±0.07
<i>a</i> [*]	0.11±0.02	5.95±0.21
<i>b</i> [*]	18.49±0.05	15.03±0.08

^a: Sonuçlar yaş esasa göre verilmiştir

Bu çalışmada kullanılan kinoa ununun kuru esasa göre protein, kül, yağ ve karbonhidrat değerlerinin sırası ile %14.76, 2.57, 6.90 ve 75.77 olduğu görülmüştür. Daha önce yapılan çalışmalarda kinoa ununun kuru esasa göre protein içeriğinin %12.10-16.50, kül içeriğinin %2.01-3.80, yağ içeriğinin %2.00-10.00, karbonhidrat içeriğinin ise %67.00-77.60 aralığında değiştiği tespit edilmiştir [29-32]. Çalışmada kullanılan kinoa ununun genel kimyasal kompozisyonu literatür ile paralellik göstermiştir.

Renk değerleri (*L*^{*}, *a*^{*}, *b*^{*}) incelendiğinde kinoa ununun buğday ununa göre daha koyu bir renge sahip olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra kinoa ununun kırmızılık değerinin (*a*^{*} değeri) buğday ununa göre yüksek, sarılık değerinin (*b*^{*} değeri) ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Rosell ve ark. [33]'nin yaptıkları bir çalışmada kinoa ununun buğday ununa kıyasla daha düşük *L* değerine, daha yüksek *a* ve *b* değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Rosell ve ark. [33]'nin çalışmasından farklı olarak bu çalışmada kullanılan kinoa ununun *b*^{*} renk değerinin

buğday ununa göre kısmen düşük olmasının nedeninin kinoa ve buğday çeşitlerinin farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir [34].

Muffin Keklerin Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Üretilen muffin keklerin genel kimyasal kompozisyonları Tablo 3'te gösterilmiştir. Kinoa ununun ikame oranı arttıkça keklerde protein, kül, nem, yağ ve kalori değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu bileşenler içerisinde nem ve kalori değerinin artışının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (*p*>0.05), protein, kül ve yağ değerindeki artışın ise anlamlı olduğu (*p*<0.05) görülmüştür. Karbonhidrat miktarı kinoa unu ikame oranı arttıkça azalma göstermiştir (*p*<0.05). Hammadde analiz sonuçları göz önünde bulundurulduğunda keklerde meydana gelen bu değişimlerin hammaddelerin kimyasal kompozisyonları ile yakın ilişkili olduğu görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 3. Örneklerin genel kimyasal kompozisyonları

Table 3. Approximate chemical compositions of samples

Kek Örneği	Protein (%)	Kül (%)	Nem (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)	Kalori Değeri (kcal/100g)
K	8.77±0.18 ^b	1.18±0.03 ^c	21.51±0.25 ^a	15.84±0.88 ^b	52.71±1.27 ^a	388.47±3.49 ^a
Kİ25	9.42±0.21 ^a	1.35±0.03 ^b	22.17±1.26 ^a	16.29±0.33 ^{ab}	50.78±1.77 ^{ab}	387.34±3.26 ^a
Kİ50	9.62±0.13 ^a	1.50±0.05 ^a	23.00±0.51 ^a	17.88±0.18 ^a	48.01±0.14 ^b	391.42±2.76 ^a

K: Kontrol örneği (%100 buğday unundan üretilmiş muffin), Kİ25: Buğday ununa %25 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin, Kİ50: Buğday ununa %50 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin. Aynı sütundaki farklı harfler (a, b, c...) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*p*<0.05).

Demir ve Kılınc [35] tarafından yapılan bir çalışmada, bisküvi üretiminde buğday ununa %50 oranında kinoa unu ikame edilmiştir. Kinoa unu ikame edilen örneğin kontrol örneğine kıyasla protein miktarında yaklaşık %28 oranında, yağ miktarında yaklaşık %12 oranında ve kül miktarında %77 oranında artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Kinoa unu diğer tahıl unları ile kıyaslandığında özellikle lizin, treonin ve metionin gibi esansiyel amino asitler açısından zengin bir kaynak olduğu bildirilmiştir [36]. Yapılan bir çalışmada kinoaanın lizin içeriğinin 481.1-755.4 mg/100g, treonin içeriğinin 426.3-534.1 mg/100g ve metionin içeriğinin 199.1-257.3 mg/100g arasında değiştiği belirlenmiştir [37]. Tahıl ürünlerinin amino asit içeriği çeşide ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak farklılık gösterse de, genel anlamda kinoaanın esansiyel

amino asit bakımından hem buğdaya göre hem de pirince göre daha zengin bir bileşime sahip olduğu tespit edilmiş ve bu özelliği nedeniyle de iyi bir zenginleştirme materyali olabileceği bildirilmiştir [38, 39].

Üretilen muffin kek örneklerinin amino asit kompozisyonları Tablo 4'te verilmiştir. Üretilen keklerin lizin miktarının formülasyona %50 oranında kinoa ikame edilmesi ile 487.34 mg/100g'dan 763.82 mg/100g'a, treonin miktarının 382.55 g/100g'dan 578.25g/100 g'a, metionin miktarının ise 318 g/100g'dan 426.82 g/100g'a yükseldiği ve artışların istatistiksel olarak anlamlı (*p*<0.05) olduğu belirlenmiştir. Bunların dışında izolösin, lösin ve valin miktarlarında da %50 kinoa ikamesi ile anlamlı artışlar (*p*<0.05) meydana geldiği tespit edilmiştir.

Tablo 4. Örneklerin amino asit kompozisyonları
 Table 4. Amino acid compositions of samples

Amino asit (mg/100g)	K*	Kİ25	Kİ50
Lisin	487.34±37.58 ^c	617.26±18.08 ^b	763.82±19.60 ^a
Metionin	318.99±32.41 ^b	349.91±13.96 ^{ab}	426.82±34.26 ^a
Treonin	382.55±34.65 ^c	457.83±7.38 ^b	578.25±19.15 ^a
Izolösin	559.81±40.93 ^b	632.91±18.13 ^b	781.39±37.00 ^a
Lösin	865.43±47.64 ^b	956.95±37.63 ^b	1164.63±70.63 ^a
Fenilalanin	487.87±37.16 ^a	535.10±29.02 ^a	596.92±38.23 ^a
Valin	955.45±61.52 ^b	1022.89±52.63 ^b	1269.09±66.57 ^a
Histidin	246.05±31.77 ^a	269.12±4.44 ^a	326.95±30.41 ^a
Arginin	513.37±34.83 ^c	660.47±22.05 ^b	864.09±50.10 ^a
Serin	579.47±48.69 ^b	668.63±30.59 ^b	804.92±45.58 ^a
Sistein	202.16±26.27 ^b	246.55±34.87 ^b	425.59±33.54 ^a
Tirosin	426.17±43.99 ^b	454.07±23.52 ^b	583.06±37.41 ^a

K: Kontrol örneği (%100 buğday unundan üretilmiş muffin), Kİ25: Buğday ununa %25 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin, Kİ50: Buğday ununa %50 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin, *Aynı satırdaki farklı harfler (a, b, c..) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)

Ballester-Sanchez ve ark. [40]'nın yaptığı bir çalışmada buğday unu ile kinoa ununun amino asit içerikleri araştırılmıştır. Kinoa ununun lisin, treonin, izolösin, valin, histidin ve arginin miktarlarının buğday unundan yüksek olduğu, tirosin, lösin, fenilalanin metionin ve serin miktarlarının ise buğday unu ile benzer olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar üretimi gerçekleştirilen keklerde meydana gelen amino asit miktarlarındaki artışın nedeninin kinoa unundan kaynaklandığını desteklemektedir.

Renk gıdaların tüketiciler tarafından tercih edilmesindeki en önemli kriterlerden biridir [41]. Keklerin iç rengi formülasyonda kullanılan bileşenlere bağlı olarak değişirken, dış rengi pişirme sırasında meydana gelen Maillard ve karamelizasyon reaksiyonlarından etkilenmektedir [42]. Üretilen muffin keklerin dış ve iç renk değerleri sırasıyla Tablo 5 ve Tablo 6'da gösterilmiştir. Dış renk değerleri incelendiğinde (Tablo 5) kinoa unu ikamesi ile örneklerin L* değerlerinde önemli

(p<0.05) bir artışın meydana geldiği belirlenirken, a* değerindeki azalmanın ve b* değerlerindeki artışın anlamlı olmadığı (p>0.05) tespit edilmiştir. Kontrol örneğinin Maillard reaksiyonlarına daha fazla maruz kalması sonucunda örneğin L* değerinin daha düşük olduğu diğer deyişle renginin daha koyu olduğu düşünülmüştür. Yapılan bir çalışmada glutensiz kek üretiminde pirinç ununa kinoa unu ikame edilmiştir. Kinoa ikamesiyle muffinlerin dış renklerinin a değerinin azaldığı, ikame oranının %75'in üzerine çıkmasıyla da L değerinde azalma meydana geldiği belirlenmiştir [43].

Yamauchi [25]'nin yaptığı görsel farklılığı tanımlayan sınıflandırmaya göre %25 ve %50 kinoa unu ikame edilmiş muffin kek örneklerinin ΔE değerleri 6.0-12.0 arasında olduğu için "Aynı renk grubundaki büyük farklılık" kategorisinde yer aldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar ilave edilen kinoa ununun ürün dış renginde kontrol örneğine kıyasla değişime neden olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Örneklerin dış renk değerleri
 Table 5. Crust color values of samples

Kek Örneği	Dış Renk ¹			
	L*	a*	b*	ΔE
K	38.95±0.35 ^c	19.93±0.49 ^a	22.95±0.66 ^a	
Kİ25	44.59±0.64 ^b	19.28±0.04 ^a	24.81±0.23 ^a	6.02±0.06
Kİ50	46.26±0.18 ^a	18.89±0.34 ^a	24.92±1.07 ^a	7.75±0.71

K: Kontrol örneği (%100 buğday unundan üretilmiş muffin), Kİ25: Buğday ununa %25 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin, Kİ50: Buğday ununa %50 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin.

¹Aynı sütundaki farklı harfler (a, b, c..) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Muffin kek örneklerinin iç renk değerleri incelendiğinde rengin açıklık-koyuluğunu ifade eden L* değerinde ve rengin mavilik (-b*) ve sarılık (+b*) özelliklerini ifade eden ifade eden b* değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim meydana gelmemiştir (p>0.05). Rengin yeşillik (-a*) ve kırmızılık (+a*) değerlerini ifade eden a* değeri ise kontrol örneğinde 7.72 iken, %50 oranında kinoa unu ikame edilmiş örnekte 9.20 olarak ölçülmüştür. a* değerinde meydana gelen bu artış %50 kinoa unu ikame edilmiş örnekte anlamlı (p<0.05) bulunmuştur. Muffin örneklerinin iç renklerinde meydana gelen bu değişim hammaddelerin renk farklılıklarından

kaynaklandığı düşünülmüştür (Tablo 2) [42]. Alaşalvar ve ark. [44]'nin yaptıkları bir çalışmada kek formülasyonuna farklı boyutlarda kinoa kepeği ilave edilmiştir. Kinoa kepeği ilave edilen örneklerin tamamının iç renk değerlerinin buğday unundan üretilmiş kontrol kek örneğine kıyasla daha düşük L, daha yüksek a ve b değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir.

Bu çalışmada üretimi yapılan muffin keklerin ΔE değerleri incelendiğinde, Yamauchi [25]'nin sınıflandırmasına göre; %25 kinoa unu ikame edilmiş

örnek 1.5-3.0 arasında bir değere sahip olduğu için “Eğitim almış panelistler tarafından saptanabilir” kategorisinde yer alırken, %50 kinoa unu ikame edilmiş örnek 6.0-12.0 arasında bir değere sahip olduğu için “Aynı renk grubundaki büyük farklılık” kategorisinde

sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak muffin kek üretiminde kinoa unu kullanım oranının %25’in üzerine çıkması durumunda iç rengin algılanabilir şekilde değişime uğradığı söylenebilir.

Tablo 6. Örneklerin iç renk değerleri
Table 6. Crumb color values of samples

Kek Örneği	İç Renk ¹			ΔE
	L^*	a^*	b^*	
K	72.97±1.66 ^a	7.72±0.27 ^b	30.76±2.16 ^a	
Kİ25	71.20±0.57 ^a	8.00±0.10 ^b	30.40±0.76 ^a	2.17±0.69
Kİ50	67.18±1.12 ^b	9.20±0.22 ^a	31.26±0.81 ^a	6.07±0.65

K: Kontrol örneği (%100 buğday unundan üretilmiş muffin), Kİ25: Buğday ununa %25 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin, Kİ50: Buğday ununa %50 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin.

¹Aynı sütundaki farklı harfler (a, b, c...) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Üretimi gerçekleştirilen muffin kek örnekleri bazı tekstürel özellikleri (sertlik, yapışkanlık, esneklik ve çiğnenebilirlik) açısından incelenmiş ve sonuçlar Tablo 7’de gösterilmiştir. Muffin kek formülasyonuna kinoa unu ikame edilmesiyle, örneklerin yapışkanlık, esneklik ve çiğnenebilirlik değerlerinde belirgin bir fark (p>0.05) gözlenmezken, sertlik değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış (p<0.05) meydana gelmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda kinoa unu ikamesi ile üretilen glutenli, glutensiz kek ve ekmek örneklerinin sertlik değerlerinde belirgin değişimler meydana geldiği belirlenmiştir. Elgeti ve ark. [45] glutensiz ekmek üretiminde kinoa unu kullanımının sertlik değerlerini azalttığını belirlemişlerdir. Bozdoğan ve ark. [46]’nin yaptıkları çalışmada glutensiz kek formülasyonunda 1:1

oranında kullanılan pirinç unu ve patates nişastasının %75 oranında kinoa unu ile ikame edilmesi sonucunda sertlik değerlerinin yaklaşık %48 oranında azaldığı belirlenmiştir. Morita ve ark. [47]’nin yaptıkları çalışmada ise buğday ununun kinoa unu ile ikame edilme oranı arttıkça ekmeklerin iç sertliklerinin arttığı belirlenmiştir. Çalışmamızda buğday ununun %50 oranında kinoa unu ile ikame edilmesinin muffin keklerin sertlik değerini anlamlı düzeyde arttırdığı (p<0.05) belirlenmiştir. Spesifik hacim ile sertlik arasında negatif bir korelasyon olduğu ve glutensiz ürünlere kinoa unu ikamesi ile spesifik hacmin arttığı, glutenli ürünlerde ise spesifik hacmin azaldığı belirlenmiştir [45]. Dolayısıyla da glutensiz tahıl ürünlerine kinoa unu ikame edilmesi sertlik değerlerinin düşmesine, glutenli ürünlerde ise sertlik değerlerinin artmasına neden olmuştur.

Tablo 7. Muffin kek örneklerinin tekstür analiz sonuçları

Table 7. Textural analyses results of muffin cake samples

Kek Örneği	Sertlik* (g)	Yapışkanlık (mm)	Esneklik (mm)	Çiğnenebilirlik (mJ)
K	174.38±3.71 ^b	0.71±0.05 ^a	4.03±0.03 ^a	5.23±0.08 ^a
Kİ25	176.25±2.47 ^b	0.72±0.01 ^a	4.15±0.07 ^a	5.49±0.87 ^a
Kİ50	189.38±4.42 ^a	0.69±0.01 ^a	4.04±0.03 ^a	5.47±0.62 ^a

K: Kontrol örneği (%100 buğday unundan üretilmiş muffin), Kİ25: Buğday ununa %25 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin, Kİ50: Buğday ununa %50 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin. *Aynı sütundaki farklı harfler (a, b, c...) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

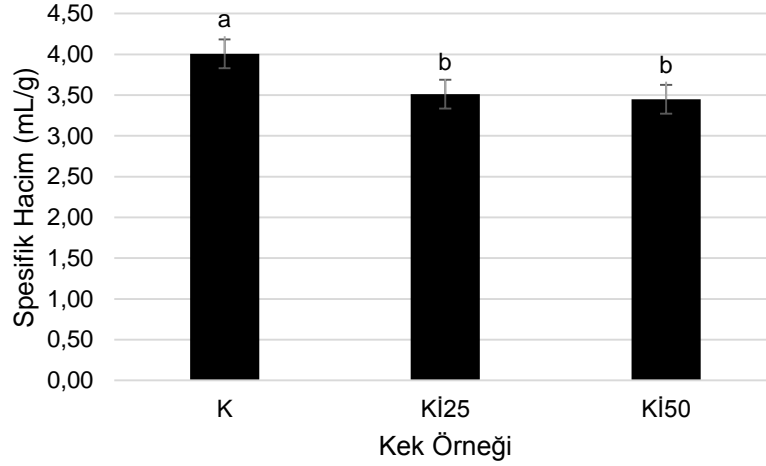
Spesifik hacim hamurun kabarma miktarı hakkında bilgi veren, fırıncılık ürünlerinde tüketici tercihlerini etkileyen önemli kalite parametrelerden biridir. Üretilen muffin kek örneklerinin spesifik hacimleri Şekil 1’de gösterilmiştir. Kinoa unu ikame oranı arttıkça muffin kek spesifik hacminin azaldığı tespit edilmiştir (p<0.05). Tamamen buğday unu ile üretilen kontrol grubu keklerinin spesifik hacmi 4.01 mL/g iken, %25 kinoa unu ikamesi ile 3.51 mL/g’a, %50 kinoa unu ikamesi ile ise bu değer 3.45 mL/g’a düşmüştür.

Yapılan bir çalışmada %10 deniz yosunu ilavesi ile muffin keklerin spesifik hacminin yaklaşık %16 oranında azaldığı belirtilmiştir [48]. Başka bir çalışmada ise buğday ununa nar kabuğu tozu ikame edilmesi ile muffin keklerin spesifik hacminin azaldığı ancak bu azalmanın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir [26]. Un bileşimi ve partikül büyüklüğü, kek hamurunun

kıvamı, hamur çırpma hızı ve süresi, karıştırma ve pişirme sıcaklıkları gibi birçok faktörün kek hacmi üzerinde etkisinin olduğu belirtilmiştir [26, 49].

Muffin Keklerin Duyusal Özellikleri

Duyusal değerlendirme, gıdaların çeşitli özelliklerinin görme, koklama, tatma, duyma yoluyla analiz edildiği ve yorumlandığı bir disiplindir [50]. Üretimi yapılan muffin kek örneklerinin duyusal analiz sonuçları Tablo 8’de gösterilmiştir. Örneklerin renk ve koku puanlarında belirgin bir fark tespit edilmezken (p>0.05), gözeneklilik, tekstür, tat ve genel beğeni puanlarının %50 kinoa unu ikame edilmiş örnekte kontrol uygulamasına göre anlamlı düzeyde (p<0.05) düşük olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. Muffin kek örneklerinin spesifik hacimleri

Figure 1. Specific volumes of muffin cake samples

K: Kontrol örneği (%100 buğday unundan üretilmiş muffin), Kİ25: Buğday ununa %25 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin, Kİ50: Buğday ununa %50 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin.

Tablo 8. Muffin kek örneklerinin duyu özellikleri

Table 8. Sensory properties of muffin cake samples

Kek Örneği	Renk*	Koku	Gözeneklilik	Tekstür	Tat	Genel Beğeni
K	5.19±0.06 ^a	4.88±0.06 ^a	5.31±0.06 ^a	4.88±0.06 ^a	4.75±0.01 ^a	4.79±0.06 ^a
Kİ25	5.13±0.04 ^a	5.13±0.06 ^a	5.05±0.18 ^{ab}	5.00±0.10 ^a	4.60±0.04 ^{ab}	4.75±0.07 ^a
Kİ50	5.00±0.11 ^a	5.06±0.16 ^a	4.91±0.08 ^b	4.53±0.01 ^b	4.50±0.10 ^b	4.54±0.06 ^b

K: Kontrol örneği (%100 buğday unundan üretilmiş muffin), Kİ25: Buğday ununa %25 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin, Kİ50: Buğday ununa %50 oranında kinoa unu ikame edilerek üretilen muffin. *Aynı sütundaki farklı harfler (a, b, c...) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Chlopicka ve ark. [51]'nin yaptıkları bir çalışmada ekmek üretiminde kinoa unu %15 ve %30 oranlarında buğday ununa ikame edilmiştir. Duyusal teste katılan panelistlerin %30'u üretilen örnekleri beğenirken, %15'i özellikle %30 kinoa unu ikamesiyle üretilen örneğin kötü bir tada sahip olduğunu belirtmişlerdir. Hayıt ve Gül [52]'ün yaptığı çalışmada ise farklı oranlarda kinoa unu içeren glutensiz ekmekler üretilmiştir. Yapılan duyu analiz sonucunda %30 oranına kadar ilave edilen kinoa ununun glutensiz ekmeklerin hacim, kabuk rengi, tekstür, ağızda hissedilen yumuşaklık, koku, aroma, tat ve genel kabul edilebilirlik değerlerini olumsuz etkilemediği (p>0.05) belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada glutensiz kek üretiminde kullanılan 1:1 oranında pirinç unu: patates nişastası karışımına %25, 50 ve 75 oranlarında kinoa unu ikame edilmiş, %50 kinoa unu ikame edilen örneklerin renk, görünüş, tat ve toplam kabul edilebilirlik puanlarının diğer tüm örneklerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [46]. Üretilen ürün ve yerine ikame edilecek un çeşidine bağlı olarak, formülasyonda kullanılabilecek kabul edilebilir kinoa unu seviyesinin değişebileceği söylenebilir.

SONUÇ

Yapılan bu çalışma ile kinoa ununun buğday ununa kıyasla daha yüksek protein, kül ve yağ içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında dengeli ve yüksek oranda amino asit içeriğine sahip olması sayesinde özellikle unlu mamullerde iyi bir zenginleştirme kaynağı olarak kullanılabileceği kanaatine varılmıştır. Kinoa unu

ikame edilmiş muffin kek örneklerinin yalnızca buğday unundan üretilen örneklerle kıyasla gıda bileşenleri açısından daha zengin olduğu belirlenmiştir. Kinoa unu ikame oranının artışı belli bir seviyeye kadar kalite özelliklerini olumsuz etkilememiştir. %25 oranında kinoa unu ikame edilmiş muffin kek örneği duyu ve tekstürel özellikler açısından kontrol örneği ile benzer bulunmuştur. Ayrıca protein, yağ, kül miktarı ve amino asit kompozisyonu açısından kontrol örneğine kıyasla daha zengin bir içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir. Kinoa unu ikame edilen örneklerin kalori değerinde ise belirgin bir değişim tespit edilmemiştir. Tüm bu nedenlerden dolayı %25 oranına kadar kinoa unu ikamesinin muffin keklerin kalite özelliklerinde olumsuz etkiye neden olmadan kullanılabileceği belirlenmiştir.


KAYNAKLAR

- [1] Navruz-Varli, S., Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69, 371-376.
- [2] Hu, Y., Zhang, J., Zou, L., Fu, C., Li, P., Zhao, G. (2017). Chemical characterization, antioxidant, immune-regulating and anticancer activities of a novel bioactive polysaccharide from *Chenopodium Quinoa* seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 99, 622-629.
- [3] Li, G., Zhu, F. (2017). Physicochemical properties of quinoa flour as affected by starch interactions. *Food Chemistry*, 221, 1560-1568.

- [4] Nowak, V., Du, J., Ruth Charrondiére, U. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47-54.
- [5] Jiang, F., Ren, Y., Du, C., Nie, G., Liang, J., Yu, X., Du, S. (2021). Effect of pearling on the physicochemical properties and antioxidant capacity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour. *Journal of Cereal Science*, 102, 103330.
- [6] Suarez-Estrella, D., Cardone, G., Buratti, S., Pagani, M.A., Marti, A. (2020). Sprouting as a pre-processing for producing quinoa-enriched bread. *Journal of Cereal Science*, 96, 103111.
- [7] Tan, M., Yöndem, Z. (2013). İnsan ve hayvan beslenmesinde yeni bir bitki: Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 25(2), 62-66.
- [8] Lorenz, K., Coulter, L., Johnson, D. (1995). Functional and sensory characteristics of quinoa in foods. *Developments in Food Science*, 37, 1031-1041.
- [9] Jancurova, M., Minarovicova, L., Dandar, A. (2009). Rheological properties of doughs with buckwheat and quinoa additives. *Chemical Papers*, 63(6), 738-741.
- [10] Mostafa, M.Y. (2017). Evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour fortification on the quality of pasta production. *Bulletin of the National Nutrition Institute of the Arab Republic of Egypt*, 50, 48-73.
- [11] Lorusso, A., Verni, M., Montemurro, M., Coda, R., Gobetti, M., Rizzello, C.G. (2017). Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features. *LWT- Food Science and Technology*, 78, 215-228.
- [12] Turgut, G.M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174-181.
- [13] Demir, B., Bilgiçli, N. (2020). Changes in chemical and anti-nutritional properties of pasta enriched with raw and germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flours. *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3884-3892.
- [14] Hamzacebi, O., Tacer-Caba, Z. (2021). Date seed, oat bran, quinoa flours as elements of overall muffin quality. *Current Research in Nutritional and Food Science*, 9(1), 147-157.
- [15] Ataman, Ç., Gül, H. (2020). Leblebi üretiminde yan ürün olarak açığa çıkan kırık leblebi ununun mufin kalitesi üzerine etkisi. *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(4), 308-316.
- [16] Süfer, Ö., Kumcuoğlu, S., Tavman, Ş. (2016). Kek ve diğer unlu mamüllerin fırında pişirilmesi sırasında ısı ve kütle transferinin modellenmesi ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) uygulaması. *Akademik Gıda*, 14(1), 61-66.
- [17] Işık, F., Urgancı, Ü., Turan, F. (2017). Yaban mersini ilaveli muffin keklerin bazı kimyasal, fiziksel ve duysal özellikleri. *Akademik Gıda*, 15(2), 130-138.
- [18] Yürekli, B. (2021). Elma posasının lifsel kaynak olarak muffin keklerde kullanım olanaklarının araştırılması. Yüksek lisans tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
- [19] Topkaya, C. (2017). Nar kabuğu tozu ilavesinin keklerin besinsel, duysal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- [20] A.O.A.C. (1990). Official methods of analysis, (15th ed.). Association of official analytical chemists., Washington, DC.
- [21] Shea, F., Watts, C.E. (1939). Dumas method for organic nitrogen. *Industrial and Engineering Chemistry Analytical Edition*, 11(6), 333-334.
- [22] Cardenas-Hernandez, A., Beta, T., Loarca-Pina, G., Castano-Tostado, E., Nieto-Barrera, J. O., Mendoza, S. (2016). Improved functional properties of pasta: Enrichment with amaranth seed flour and dried amaranth leaves. *Journal of Cereal Science*, 72, 84-90.
- [23] Souci, S.W., Fachman, H., Kraut, E. (2000). Foods composition and nutrition tables, Stuttgart: Medpharm GmbH Scientific Publishers.
- [24] Erkan, N., Selçuk, A., Özden Ö. (2010). Amino Acid and vitamin composition of raw and cooked horse mackerel. *Food Analytical Methods*, 3, 269-275.
- [25] Yamauchi, J. (1989). Handbook of color science, Tokyo: Japanese Academy of Color Science.
- [26] Topkaya, C., Isik, F. (2019). Effects of pomegranate peel supplementation on chemical, physical, and nutritional properties of muffin cakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43, e13868.
- [27] Noğay, O. (2014). Farklı yöntemlerle elde edilen nar çekirdek tozlarının muffin kek kalite özelliklerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- [28] Altuğ Onoğur, T., Elmacı, Y. (2011). Gıdalarda duysal değerlendirme, Sıdaş Medya, İzmir.
- [29] Nascimento, A.C., Mota, C., Coelho, I., Gueifão, S., Santos, M., Matos, A.S., Gimenez, A., Lobo, M., Samman, N., Castanheira I. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*, 148, 420-426.
- [30] Graf, B.L., Rojas-Silva, P., Rojo, L.E., Delatorre-Herrera, J., Baldeón, M.E., Raskin, I. (2015). Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 14, 431-445.
- [31] Osmanlioğlu Dağ, Ş.R., Gençler Özkan, A.M. (2019). Kinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) üzerine bir derleme. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 43(3), 309-333.
- [32] Ando, H., Chen, Y.C., Tang, H., Shimizu, M., Watanabe, K., Mitsunaga T. (2002). Food components in fractions of quinoa seed. *Food Science and Technology Research*, 8(1), 80-84.
- [33] Rosell, C.M., Cortez, G., Repo-Carrasco, R. (2009). Breadmaking use of andean crops quinoa,

- kañiwa, kiwicha, and tarwi. *Cereal Chemistry*, 86(4), 386-392.
- [34] Granda, L., Rosero, A., Benesova, K., Puluhackova, H., Neuwirthova, J., Cerkal, L. (2018). Content of selected vitamins and antioxidants in colored and nonpigmented varieties of quinoa, barley, and wheat grains. *Journal of Food Science*, 83(10), 2439-2447.
- [35] Demir, M.K., Kılınc, M. (2017). Utilization of quinoa flour in cookie production. *International Food Research Journal*, 24(6), 2394-2401.
- [36] Gonzalez, J.A., Konishi, Y., Bruno, M., Valoy, M., Prado, F.E. (2012). Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 1222-1229.
- [37] Mota, C., Santos, M., Mauro, R., Samman, N., Matos, A.S., Torres, D., Castanheira, I. (2016). Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chemistry*, 193, 55-61.
- [38] Dakhili, S., Abdolalizadeh, L., Hosseini, S.M., Shojaee- Aliabadi, S., Mirmoghtadaie, L. (2019). Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. *Food Chemistry*, 299, 125161-125171.
- [39] Yiğit, A. (2015). Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin protein, amino asit dağılımı ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- [40] Ballester-Sanchez, J., Millan-Linares, M.C., Fernandez-Espinar, M.T., Haros, C.M. (2019). Development of healthy, nutritious bakery products by incorporation of quinoa. *Foods*, 8, 379.
- [41] Altuğ Onoğur, T., Elmacı, Y. (2011). Gıdalarda duysal değerlendirme. Sidaş Medya, İzmir.
- [42] 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, 1164-1170.
- [43] Bhaduri, S. (2013). A comprehensive study on physical properties of two gluten-free flour fortified muffins. *Journal of Food Processing and Technology*, 4(7), 1000251.
- [44] Alaşalvar, H., Erinç, H., Çolakoğlu, A.S. (2019). Farklı oranlarda kinoa kepek unu kullanımının keklerin fiziksel, duysal ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22, Özel Sayı, 139-145.
- [45] Elgeti, D., Nordlohne, S.D., Föste, M., Besl, M., Linden, M.H., Heinz, V., Jekle, M., Becker, T. (2014). Volume and texture improvement of gluten free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, 59, 41-47.
- [46] Bozdoğan, N., Kumcuoglu, S., Tavman, S. (2019). Investigation of the effects of using quinoa flour on gluten-free cake batters and cake properties. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 683-694.
- [47] Morita, N., Hirata, C., Park, S.H., Mitsunaga, T. (2001). Quinoa flour as a new foodstuff for improving dough and bread. *Journal of Applied Glycoscience*, 48(3), 263-270.
- [48] Mamat, H., Akanda, J.M.H., Zainol, M.K., Ling, Y.A. (2018). The influence of seaweed composite flour on the physicochemical properties of muffin. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(5), 635-642.
- [49] Gomez, M., Martinez, M.M. (2018). Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(13), 2119-2135.
- [50] Watson, M. (1992). Sensory characteristics of food. *Nutrition and Food Science*, 4, 4-6.
- [51] Chlopicka, J., Pasko, P., Gorinstein, S., Jedryas, A., Zagrodzki, P. (2012). Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. *LWT- Food Science and Technology*, 46, 548-555.
- [52] Hayıt, F., Gül, H. (2019). Kinoa ununun ve kısmi pişirilerek dondurma yönteminin glutensiz ekmek kalitesi üzerine etkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 406-427.

Farklı Sıcaklık ve Mikrodalga Güçlerinde Kurutulan Elma Dilimlerinin Kurutma Özellikleri

Nizam Mustafa Nizamlıoğlu  

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 70000 Karaman

Geliş Tarihi (Received): 12.04.2022, Kabul Tarihi (Accepted): 22.09.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): munizam@kmu.edu.tr (N.M. Nizamlıoğlu)

☎ 0338 226 5452 📠 0338 226 2214

ÖZ

Bu çalışmada, farklı mikrodalga güçleri ve farklı sıcak havada kurutulan elma dilimlerinin kuruma özellikleri araştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Mikrodalga gücünün artışına bağlı olarak kuruma hızı ve efektif difüzyon katsayısında artış, kuruma süresinde ise azalma tespit edilmiştir. Farklı mikrodalga güçlerinde nem yayılımları $9.72 \times 10^{-10} - 2.36 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ aralığında, sıcak hava ile kurutmada ise $3.80 \times 10^{-10} - 7.40 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ arasında bulunmuştur. Sıcak hava kurutma yönteminde farklı güçlerde uygulanan mikrodalga kurutma yöntemine göre daha uzun kuruma süresi, daha yavaş kuruma hızı ve daha düşük efektif difüzyon katsayısı elde edilmiştir. Sıcaklık artışına bağlı olarak kurutma hızı ve efektif difüzyon katsayısında artış tespit edilmiştir. Farklı mikrodalga güçlerinde kurutma eğrileri en iyi Page modeliyle, sıcak havalı kurutmada ise Parabolik modelle tanımlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elma dilimleri, Sıcak havayla kurutma, Mikrodalga kurutma, Rehidrasyon

Drying Properties of Apple Slices at Different Temperatures and Microwave Powers

ABSTRACT

In this study, the drying properties of apple slices dried at different microwave powers and in different hot air were investigated and compared. Depending on the increase in microwave power, an increase in drying rate and effective moisture diffusivity and a decrease in drying time were determined. Effective moisture diffusivity were found in the range of $9.72 \times 10^{-10} - 2.36 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ at different microwave powers, and between $3.80 \times 10^{-10} - 7.40 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ in hot air drying. Longer drying time, slower drying rate and less effective moisture diffusivity were obtained from drying hot air when compared to different microwave powers. Depending on the increase in temperature, an increase in drying rate and effective moisture diffusivity was determined. While Page model has the best fit for the drying curves at different microwave powers, the drying curves of hot air dried apple slices were defined by Parabole model.

Keywords: Apple slices, Hot air drying, Microwave drying, Rehydration

GİRİŞ

Elma (*Malus domestica* Borkh.), gül familyasının (*Rosaceae*), *Pomoideae* alt familyası içerisinde yer alan ve ılıman bölgelerde yetişen kokulu bir bitkidir [1]. Dünya'da elma üretimi yaklaşık 90 milyon ton civarında gerçekleşmekte, Çin %50 ile üretimde lider ve Türkiye %3.4 ile dördüncü sırada yer almaktadır [2, 3]. Elmanın

Dünyada 6000'den fazla çeşit ve 25 farklı türünün olduğu ancak bunların çok azının ticari öneme sahip olduğu bildirilmektedir [4]. Elma, 2021 yılı TÜİK verilerine göre 4.493.264 ton üretimi ile Türkiye'nin önemli meyvelerinden biridir [5]. Elmalar genel olarak; %85-86 su, %1-14 karbonhidrat, %2 diyet lifi, %0.6 yağ, %0.5 organik asit ve %0.3 proteinden oluşur [6, 7]. Birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de sezonluk yaş

sebze ve meyvelerin yaklaşık %30-40'nın bozularak atıldığı bildirilmiştir [8]. Bu kayıpların önüne geçebilmek ve gıda maddelerinin tüketim ömrünü artırabilmek için kurutma önemli alternatiflerden birisidir [9, 10]. Kurutma ile meyve ve sebzelerin %80-95 oranlarındaki su içeriğinin %10-20'ye düşürülerek uzun süre dayanmasını sağlanmaktadır [11]. Kurutulmuş meyve ve sebze ürünlerinde nem içeriği meyve ve sebzelerin türüne göre genellikle %3-20 arasında değişmektedir [6].

Dünyanın birçok ülkesinde en çok üretilen ve tüketilen meyvelerden olan elma, kuru elma, atıştırmalık, kahvaltılık gıdalar, cips vb. ürünlerin üretiminde hammadde olarak önemli bir rol oynamaktadır [1, 12]. Elma meyvesi zengin şeker, organik asit ve vitamin içeriği nedeniyle insan diyetinde önemli yer tutar. Elmanın antimitojenik ve güçlü antioksidan etkilerinin yanında, kanser, diyabet, obezite, kardiyovasküler hastalıklar, astım ve diğer akciğer hastalıklarına karşı koruyucu olduğu, *in vivo* çalışmalardan elde edilen önemli bulgulardır [6, 13].

Kurutma, eş zamanlı ısı ve kütle transferinin bir arada gerçekleştiği ısınma evresi, sabit kuruma hızı evresi ve azalan kuruma hızı evresi olmak üzere suyun gıdalardan uzaklaştırılması işlemidir [14, 15]. Sabit hızla kuruma periyodunda kütle transferi, gıdanın yüzeyindeki sıvı filmde buharlaşma yolu ile olur. Sabit hızla kuruma periyodunca birim zamanda uzaklaşan su miktarı sabit kalmaktadır [16]. Sabit hızda kuruma periyodu sonunda kritik nem içeriğine ulaşılır ve azalan hızda kuruma periyodu başlar. Azalan hız periyodu ürün içerisindeki nem transfer hızı yüzeydeki buharlaşma oranından daha azdır. Bu nedenle azalan hız döneminde kuruma hızı azalır [5]. Sıcaklık derecesi, havanın nemi ve havanın kurutucudaki hızı gibi kuruma koşulları ile boyut, kalınlık gibi gıdaya ait özellikler kuruma hızını etkilemektedir [15, 17].

Günümüzde kolay ve ekonomik olan geleneksel kurutma metotları çok zaman alıcıdır ve enerji israfına, besin değerinde kayıplara ve kalitenin bozulmasına neden olmaktadır [18]. Son yıllarda mikrodalga ve radyo frekansı enerjisinin kullanıldığı dielektrik kurutma yöntemleri, hacimsel ve hızlı ısıtma özelliği nedeni ile geleneksel kurutma yöntemlerine alternatif olarak gündeme gelmektedir [19]. Mikrodalga kurutma, gıdanın içindeki su moleküllerinin titreşerek sürtünme sonucu ısı enerjisinin açığa çıkmasıyla, nemin hızlı bir şekilde uzaklaştırılması prensibine dayanır [9, 16, 20]. Mikrodalga ile kurutma işleminin geleneksel kurutma yöntemlerine göre enerjiden yararlanma oranı yüksek, kuruma süresi kısadır ve rehidrasyon yeteneği yüksek ürünler elde edilmektedir [6, 21]. Son zamanlarda, ucuz ve güvenilir mikrodalga kaynaklarının geliştirilmesi, kurutma işlemindeki uygulamalar için artan bir çekicilik haline gelmiştir [3, 20].

Kurutma işleminin matematiksel modellemesi, kurutma mekanizmasının daha iyi anlaşılması ve enerji verimliliğinin optimizasyonu için esastır [22, 23]. Meyve ve sebzelerin nem içeriği yüksek olduğundan, bu gıda ürünlerinin kurutulmasını optimize etmek önemlidir [5]. Kurutma kinetiği, ısı ve kütle transfer olaylarının

mekanizmalarını tanımlar ve belirli işlem değişkenlerinin nem uzaklaştırma işlemleri üzerindeki etkisini araştırır [24]. Meyve ve sebzelerin kuruma kinetiğini belirlemek için kullanılan ince tabaka kurutma teknolojisi, en uygun çalışma koşullarının seçilmesini sağlayan kurutma işleminin bir tür matematiksel modellemesidir. Böylece kurutma prosesi tasarlanabilir ve optimize edilebilir [5, 6, 25].

Kurutma teknolojisinin en önemli yönlerinden biri kurutma işleminin modellenmesidir. Literatürde, elma dilimlerinin kurutma özellikleri açısından aralıklı mikrodalga kurutma ve sıcak hava kurutma işlemlerinin karşılaştırması ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır [5, 19]. Yapılan çalışma ile farklı mikrodalga güçlerinde ve farklı hava sıcaklıklarında kurutulan elma dilimlerinin kuruma özellikleri belirlenmiştir. Mikrodalga ve sıcak hava ile kurutma yöntemleri karşılaştırılmış ve kinetik analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda önceki çalışmalardan farklı olarak farklı mikrodalga çıkış güçleri ve aralıklı açık/kapalı kurutma işlemine göre diğer mikrodalga kurutma deneyleri modifiye edilerek 20 s açık / 10 s kapalı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyal ve Örnek Hazırlama

Elma örnekleri (Granny Smith), Türkiye'nin Karaman ilindeki özel bir soğuk hava işletmesinden temin edilmiştir. Elma örnekleri analiz edilinceye kadar 4°C'de saklandı ve 4 gün içinde kurutma işlemleri tamamlanmıştır. Kurutma işlemi için elma örnekleri yıkanıp soyulduktan sonra dilimleyici (Boğaziçi Endüstriyel Mutfakları, Türkiye) ile 5±0.1 mm dilim kalınlığında kesilmiştir. Numunelerin başlangıç nem içeriği 105°C'de bir kurutma fırınında (Nüve, FN 055, Türkiye) belirlenmiştir. Elma örneklerinin başlangıç nem içeriği %84.89±0.60 olarak belirlenmiştir.

Elma Örneklerinin Kurutulması

Sıcak hava kurutma yöntemi için yaklaşık 100 g ağırlığındaki elma dilimleri fanlı mikrodalga hibrit kurutma fırınına (Arçelik KMF 833 W) tek sıra halinde yerleştirilmiştir. Kurutma deneyleri üç farklı hava sıcaklığında (50, 60 ve 70°C) ve 1 m.s⁻¹ hava hızında gerçekleştirilmiştir. Numunelerin ağırlıkları 0.001 g hassasiyetle dijital terazi (Denver Instrument, Almanya) ile tartılmıştır. Kurutma deneyleri, numunelerin nem içeriği yaklaşık yaş bazda %10'a ulaştığında sonlandırılmıştır. Tüm kurutma deneyleri iki tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

Mikrodalga kurutma deneyleri mikrodalga hibrit fırında (Arçelik KMF 833 W) gerçekleştirilmiştir. Mikrodalgada kurutma işlemi üç farklı mikrodalga çıkış gücü kullanılarak (100, 200 ve 300 W) gerçekleştirilmiştir. Her bir örnekten 100 g numune polipropilen delikli kurutma tepsileri üzerine yerleştirilmiş ve belirtilen mikrodalga çıkışlarında kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Beaudry ve ark. [26], Soysal ve ark. [27] ve Demiray ve ark. [28], tarafından uygulanan mikrodalga kurutma

deneyleri modifiye edilerek 20 s açık / 10 s kapalı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Numunelerin nem içeriği yaklaşık yaş bazda %10 değerine ulaştığında kurutma işlemi tamamlanmıştır. Çalışmada Uluslararası Mikrodalga Güç Enstitüsü (IMPI) 2 Litre testi kullanılmıştır. Her mikrodalga güç seviyesinde iki tekrarlı olarak yapılmıştır.

Kurutma Verilerinin Matematiksel Modellemesi

Elma dilimlerinin nem oranının (NO) hesaplanmasında Eşitlik (1) kullanılmıştır;

$$NO = \frac{N_a - N_d}{N_b - N_d} \quad (1)$$

Eşitlikte N_d : denge nem içeriği; N_a : herhangi bir andaki nem içeriği ve N_b : başlangıç nem içeriğidir. Denge nem içeriği, herhangi bir andaki nem içeriğine ve başlangıç nem içeriğine kıyasla çok küçük bir değer olduğu için ihmal edilmiştir. Nem içeriği kuru madde üzerinden ifade edilmiştir. Nem oranı süreye bağlı değişen nem içeriklerinin (g su/g kuru madde) birbirine oranı olduğundan nem oranı boyutsuz olarak hesaplanmaktadır. [29, 30].

Kurutma hızının (KH) belirlenmesi için eşitlik (2) kullanılmıştır [29];

$$KH = \frac{N_{a+\Delta t} - N_a}{\Delta t} \quad (2)$$

Eşitlikte $N_{a+\Delta t}$: zaman farkındaki nem içeriğini ve Δt : iki ölçüm noktası arasındaki zaman farkını gösterir. Kök ortalama kare hatası (RMSE) ve indirgenmiş ki-kare (χ^2) değerleri, eşitlik (3) ve (4) ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (NO_{pre,i} - NO_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=0}^n (NO_{pre,i} - NO_{exp,i})^2}{N-n} \quad (4)$$

Eşitlikte NO_{pre} : tahmini NO ve NO_{exp} : deneysel NO'dur. N ve n, gözlem verilerinin sayıları ve ince tabaka kurutma modellerinin sabitleridir [31]. İstatistiksel parametrelerin hesaplanması için MATLAB (ver. 8.6) kullanılmıştır. Deneysel modeller arasında en uygun model seçilirken modele ait determinasyon katsayısının (R^2) daha yüksek değerleri, χ^2 ve RMSE değerlerinin daha düşük değerleri aranmıştır [28]. İnce tabaka kuruma eğrilerinin matematiksel modelleri Tablo 1'de verilmiştir [32].

Tablo 1. İnce tabaka kuruma eğrilerinin matematiksel modelleri

Table 1. Mathematical models of thin-layer drying curves

Model İsmi	Model
Logaritmik	$a \exp(-kt) + c$
Lewis	$\exp(-kt)$
Henderson ve Pabis	$a \exp(-kt)$
Page	$\exp(-kt^n)$
Parabolik	$a + bt + ct^2$
Wang ve Sing	$1 + at + bt^2$

Farklı Mikrodalga Güç Seviyeleri Ve Farklı Sıcak Hava İle Kurutulmuş Elma Dilimlerinin Efektif Difüzyon Katsayısı Ve Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması

Sabit bir nem yayılımına sahip sonsuz kalınlıkta örneğin efektif difüzyon katsayısının hesaplanması için Crank [33] tarafından önerilen Fick'in İkinci Yasası kullanılmıştır (Eşitlik 5).

$$NO = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp\left(- (2n-1)\pi^2 \frac{D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (5)$$

Eşitlikte L: numunenin kurutmadan önceki ilk boyutunun yarı kalınlığı (m) ve t: kuruma süresidir (dk.). Eşitlik (5), eşitlik (6) da verildiği gibi uzun kuruma süresi (n = 1) için basit olarak yazılabilir;

$$\ln(NO) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \left(\frac{\pi^2}{4L^2} D_{eff} t\right) \quad (6)$$

NO'nun kuruma süresine karşı doğal logaritmasından sonra (Eşitlik 6), aşağıdaki eşitlik (7) ile doğrusal bir eğri elde edilir. [30];

$$Eğim = - \frac{\pi^2}{4L^2} D_{eff} \quad (7)$$

Aktivasyon enerjisi (E_a), kurutma işlemi açısından gıdanın içinden nem difüzyonunu başlatmak için gereken enerji olarak tanımlanır [34]. Düşük E_a , kurutma işleminde daha yüksek nem difüzyonunu ve kuruma hızını gösterir [35]. Arrhenius eşitliği (Eşitlik 8), sıcak havayla kurutma işleminde E_a 'nın hesaplanması için kullanılmıştır [28];

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad (8)$$

Eşitlikte, D_0 : üstel sabit; R: evrensel gaz sabiti ve T: mutlak sıcaklıktır ($^{\circ}K$).

Eşitlik (8) aşağıda Denklem (9) verildiği gibi yeniden düzenlenebilir;

$$\ln D_{eff} = \ln D_0 - \frac{E_a}{RT} \quad (9)$$

Eşitlik (9)'un eğimi E_a elde edilir.

Mikrodalga fırında sıcaklığın sağlıksız ölçülmesi nedeniyle, Arrhenius denklemi Özbek ve Dadalı [36] tarafından aşağıda Eşitlik (10) da önerildiği gibi verilmiştir;

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(\frac{-E_a m}{P}\right) \quad (10)$$

Eşitlikte, m; ilk numune ağırlığıdır (g) ve P; mikrodalga çıkış gücünü (W) temsil eder. Eşitlik (10)'un yeniden düzenlenmesinden sonra, yeni eşitlik aşağıdaki eşitlik (11) gibi yazılır;

$$\ln D_{eff} = \ln D_0 - \frac{E_a m}{P} \quad (11)$$

D_{eff} 'in mikrodalga gücünün numune ağırlığına oranına karşı doğal logaritması, E_a 'yı temsil eden eğimli düz bir çizgi verir.

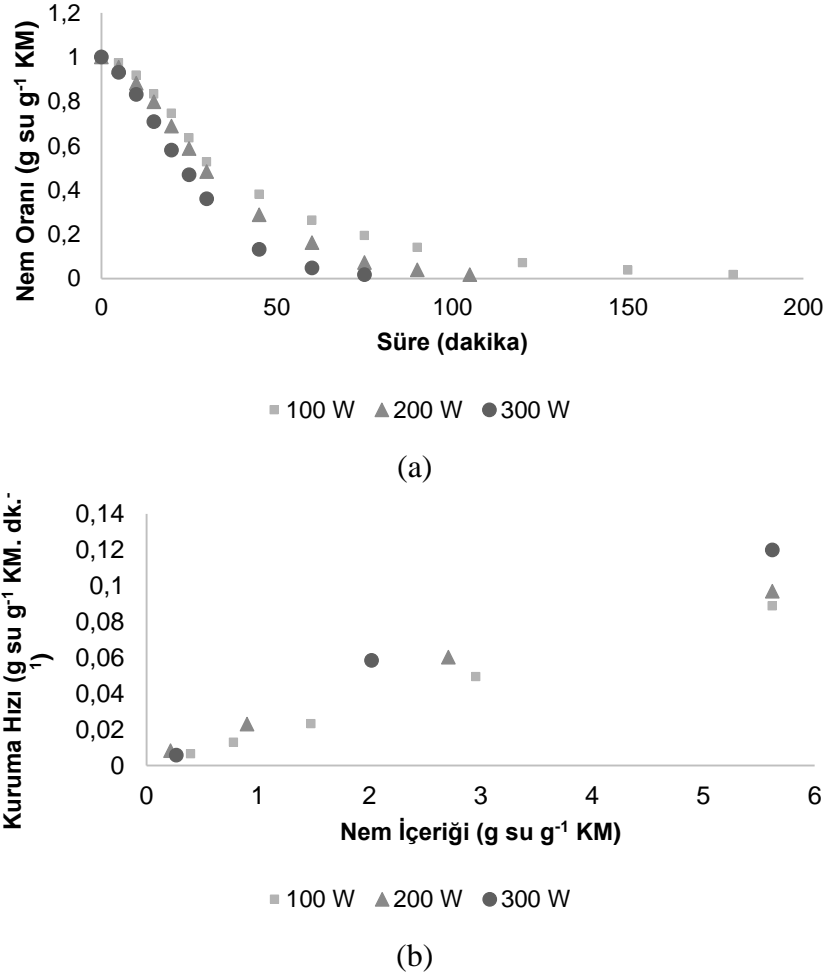
BULGULAR ve TARTIŞMA

Elma Dilimlerinin Farklı Mikrodalga Güç Seviyelerinde Kurutulması

Mikrodalga Gücünün Elma Dilimlerinin Kuruma Hızı Üzerindeki Etkisi

Şekil 1, farklı mikrodalgada güçlerinde kurutulan elma dilimlerinin nem oranı (NO) ve kuruma hızı (KH) varyasyonlarını göstermektedir. Şekil 1'de ve Tablo 3'de görüldüğü gibi mikrodalga güçlerinin KH üzerinde önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Mikrodalga gücünün artmasıyla KH'nin önemli bir şekilde arttığı görülmektedir. Tablo 3'te görüldüğü gibi 100, 200 ve 300 W mikrodalga güçlerinde yaş bazda nem içeriğinin %10'a düşmesi için gereken süre sırasıyla 180 dk., 105 dk. ve 75 dk. olarak bulunmuştur. Mikrodalga gücü 100 W'dan-200 W'a, 100 W'dan-300 W'a ve 200 W'dan-300 W'a yükseltildiğinde, kuruma süresindeki azalmalar sırasıyla %41,67, %58,33 ve %28,57 bulunmuştur.

Mikrodalga gücü yükseldikçe kuruma daha hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu durum, mikrodalga gücünün artışı ile numunede daha fazla ısı üretimi meydana gelmesi ve buna bağlı olarak yüksek buharlaşma hızına yol açması ile ilişkilendirilmiştir. Zarein ve ark. [29] ve Çelen ve ark. [35] Mikrodalga gücü arttıkça elma dilimlerinin (6 ve 5 mm elma dilim boyutu) daha hızlı kuruma hızına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar mikrodalgada kurutulmuş farklı gıdalarda Demiray ve ark. [28] ve Azimi- Nejadian ve Hoseini [37] tarafından da rapor edilmiştir. Kurutma işleminin ilk aşamasında farklı mikrodalga güçlerinde, elma dilimlerinin nem içerikleri daha yüksek olduğu için ve bu nem daha yüksek mikrodalga absorpsiyonu sağladığı için kuruma hızları daha yüksek olmuştur. Elma dilimlerinde nem oranının azalmasına bağlı olarak farklı mikrodalga güçlerinde kuruma hızlarında azalma gözlenmiştir. Kuruma hızları Şekil 1'de görüldüğü gibi farklı mikrodalga güçlerinde üç aşamada meydana gelmiştir. Birinci aşama ısınma aşaması, ikinci aşama hızlı kuruma aşaması ve üçüncü aşama ise azalan kuruma hızlarını takip etmektedir. Benzer sonuçları Çelen ve ark. [35], Azimi-Nejadian ve Hoseini [37] ve Aghilinategh ve ark. [38] rapor etmişlerdir.



Şekil 1. Farklı dalga mikrodalga güçlerinde nem oranı (a) ve kuruma hızında değişim (b)
Figure 1. Changes in moisture content (a) and drying rate (b) at different microwave powers

Farklı Mikrodalga Güçlerinde Kurutma Eğrilerinin Modellenmesi

Kurutma işleminde matematiksel modelleme uygulaması kurutma prosesinin belirlenmesi ve optimizasyonunda büyük önem taşımaktadır. Buna bağlı olarak, elma dilimlerinin farklı mikrodalga güçlerinde kurutulmasına ait en ideal matematiksel modeli belirlemek için yapılan istatistiksel parametreler Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'de görüldüğü gibi tüm mikrodalga güçlerinde en yüksek R^2 , en düşük RMSE ve χ^2 Page modeli ile elde edilmiştir. Page modeli farklı mikrodalga güçlerinde kurutma davranışını ideal olarak tanımlamıştır. Elma dilimlerinin ince tabaka kurutma davranışını diğer modellerle kıyaslandığında diğer modellere göre en

ideal şekilde Page modelinin açıkladığı Çelen ve ark. [35] tarafından bildirilmiştir. Çelen ve Kahveci [39] elma dilimlerinin mikrodalgada kurutulmasında Page modelinin deneysel verilerle en iyi uyum gösterdiğini belirtmişlerdir. İzli ve Polat [40] Midilli ve ark.'nın modelinin, elma dilimlerinin mikrodalgada kurutulmasında kurutma hızını en iyi tanımlayan ince tabaka modeli olduğunu rapor etmişlerdir. Zarein ve ark. [29] Midilli ve ark. modelinin, elma dilimlerinin mikrodalgada kurutulmasında kurutma hızına en ideal şekilde uyduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar ve referanslara göre Page modeli ve Midilli ve ark. modelinin, elma dilimlerinin mikrodalgada kurutulmasında en ideal model olarak kabul edilebileceğini göstermektedir.

Tablo 2. Farklı mikrodalga güçlerinde kurutma eğrilerinin model sabitleri ve istatistiksel parametreleri

Table 2. Statistical parameters and model constants of drying curves at different microwave powers

Model	Mikrodalga Güçleri	Model Sabitleri	χ^2	RMSE	R^2
Lewis	100 W	k= 0.01968	0.002844081	0.05139	0.9805
	200 W	k= 0.02455	0.005616068	0.07175	0.9628
	300 W	k= 0.03206	0.006831253	0.07841	0.9535
Page	100 W	k= 0.007195 n= 1.270	0.001038134	0.02983	0.9939
	200 W	k= 0.004564 n= 1.473	0.000128051	0.01033	0.9993
	300 W	k= 0.004845 n= 1.576	4.17461E-05	0.005779	0.9998
Henderson ve Pabis	100 W	k= 0.02196 a= 1.082	0.001698883	0.03816	0.9901
	200 W	k= 0.02766 a= 1.100	0.004087068	0.05836	0.9777
	300 W	k= 0.03580 a= 1.095	0.00597024	0.06911	0.9679
Logaritmik	100 W	k= 0.02278 a= 1.069 c= 0.0168	0.002046558	0.0401	0.9890
	200 W	k= 0.02854 a= 1.086 c= 0.0164	0.005148506	0.06214	0.9747
	300 W	k= 0.03691 a= 1.079 c= 0.0174	0.007598264	0.07293	0.9642
Wang ve Singh	100 W	a= -0.01468 b= 0.00005302	0.003221753	0.05255	0.9812
	200 W	a= -0.01908 b= 0.00009163	0.001775006	0.03846	0.9903
	300 W	a= -0.02500 b= 0.0001541	0.002264192	0.04256	0.9878
Parabolik	100 W	a= 1.006 b= -0.01485 c= 0.0000538	0.003817867	0.05477	0.9813
	200 W	a= 1.052 b= -0.02134 c= 0.0001099	0.001146999	0.02933	0.9949
	300 W	a= 1.056 b= -0.02825 c= 0.0001900	0.001641729	0.0339	0.9932

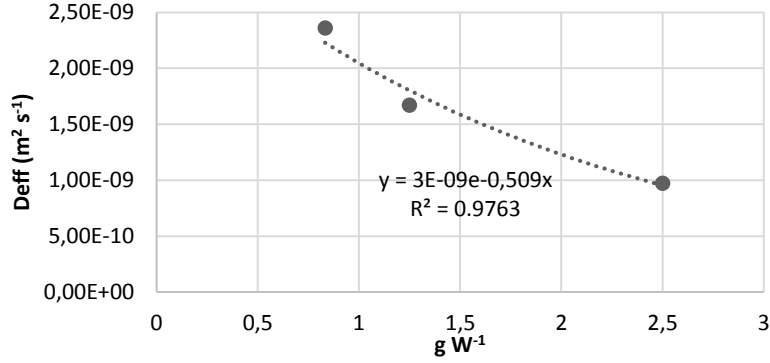
Kesikli Mikrodalgada Kurutulmuş Elma Dilimlerinin Etkin Nem Yayılımı Ve Aktivasyon Enerjisi

Tablo 3'te görüldüğü gibi farklı mikrodalga gücünde kurutulmuş elma dilimlerinin D_{eff} değeri 9.72×10^{-10} - $2.36 \times 10^{-9} m^2 s^{-1}$ aralığında bulunmuştur. Tablo 3'de elma dilimlerinin farklı mikrodalga gücünde kurutulmasında, mikrodalga gücünün artmasına bağlı olarak D_{eff} değerinin arttığı gözlenmiştir. Bu durum, yüksek mikrodalga güçlerinde su moleküllerinde daha fazla ısınma ile açıklanabilir. İzli ve Polat [40] farklı mikrodalga güçlerinde kurutulmuş elma dilimlerinde D_{eff} değerlerini, 8.11×10^{-9} ile $1.22 \times 10^{-8} m^2 s^{-1}$ arasında gözlemişlerdir. D_{eff} değerleri Mikrodalga güçlerinin 100 W'dan 300 W'a artmasıyla artmıştır. Aghilinategh ve ark. [38] D_{eff} değerlerinin, elma dilimlerinin farklı mikrodalga güçlerinde kurutulmasında 1.26×10^{-8} ile $2 \times 10^{-8} m^2 s^{-1}$ arasında değiştiğini ve D_{eff} değerlerinin mikrodalga gücünün 200'den 600 W'a yükseldikçe arttığını bildirmişlerdir. Çelen ve ark. [35] yaptıkları çalışmada 1050 ile 2100 W arasındaki mikrodalga

güçlerinde daha yüksek D_{eff} değerleri (8.51×10^{-8} - $1.12 \times 10^{-7} m^2 s^{-1}$) bulmuşlardır. Bu sonuçlar yaptığımız çalışma ile benzerlik göstermektedir. Benze sonuçlar, Demiray ve ark. [28] soğan, Azimi-Nejadian ve Hoseini [37] patates dilimleri ve Kumar ve ark. [41] taro dilimleri ile yaptıkları çalışmalarda gözlemlenmiştir. Şekil 2'de D_{eff} değerinin doğal logaritmasının, numune ağırlığının mikrodalga güçlerine oranına çizilmesiyle hesaplanan E_a değeri $0.51 W g^{-1}$ olarak bulunmuştur. Elde edilen E_a 'nın mikrodalgada kurutulmuş elma dilimlerinin ($4.93 W g^{-1}$) [38], soğanın ($7.9 W g^{-1}$) [28] ve nanenin ($12.28 W g^{-1}$) [36] E_a 'sından daha düşük olduğu bulunmuştur. E_a 'nın düşük olması daha hızlı kuruma gerçekleştiğini ve daha yüksek D_{eff} 'i göstermektedir [5]. Bu durum elma varyetesi, başlangıç nem içeriği, dilim kalınlığı, deneysel çalışmada uygulanan sıcaklık, hava hızı veya mikrodalga güçlerinin farklılıkların ileri gelebilmektedir. Verilen örneklerde elma varyetesi farklı olmasının yanı sıra, elma soğan ve nane örneklerinin kurutma sıcaklıkları, nem oranları ve dilim kalınlıkları yapılan çalışma ile farklılık göstermektedir.

Tablo 3. Farklı mikrodalga güçleri ile kurutulmuş elma dilimlerinin D_{eff} ve E_a değerleri
 Table 3. D_{eff} and E_a values of dried apple slices at different microwave powers

Mikrodalga Gücü	D_{eff} ($m^2 \cdot s^{-1}$)	E_a (D_{eff})($W \cdot g^{-1}$)	Kuruma Süresi (dk.)
100 W	9.72×10^{-10}		180
200 W	1.67×10^{-9}	0.51	105
300 W	2.36×10^{-9}		75



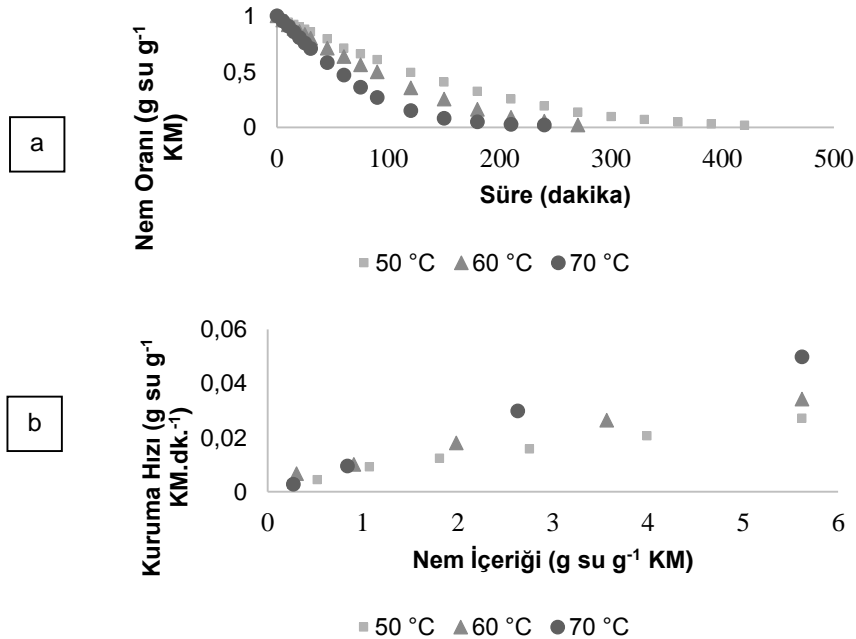
Şekil 2. Farklı mikrodalga güçlerinde D_{eff} ve numune ağırlığı arasındaki ilişki
 Figure 2. Relationship between D_{eff} and sample weight at different microwave powers

Elma Dilimlerinin Sıcak Hava İle Kurutulması

Elma Dilimlerinin Kuruma Hızına Sıcaklığın Etkisi

Elma dilimlerinin farklı sıcaklıklarda kurutulması ile elde edilen nem oranı ve kuruma hızı değerleri Şekil 3'te verilmiştir. Sıcaklığın kurutma işlemi için en etkili parametrelerden biri olduğu Şekil 3 ve Tablo 5'te görülmektedir. Tablo 5'te de görüldüğü gibi KH artmış ve kuruma süresi kısalmıştır. Farklı meyve türlerinde yapılan çalışmalarda hava hızı ve dilim boyutu dikkate alınmadan sıcaklık artışı ile kurutma hızında artış olduğu, Sacilik ve Elicin [42], Zarein ve ark. [43] ve Beigi [44] tarafından bildirilmiştir. Bu sonuç, yüksek sıcaklıklar nedeniyle gıda ile kurutma havası arasındaki yüksek ısı

transferi ve buna bağlı olarak daha fazla buharlaşma olması nedeniyle kuruma süresinin kısalmasıyla ilişkilendirilmiştir [44]. Tablo 5'te görüldüğü gibi yapılan çalışmada farklı sıcaklıklarda (50, 60 ve 70°C) kurutulan elma örneklerinin nem içerikleri sırasıyla 420, 270 ve 240 dakika boyunca yaklaşık yaş bazda %10 nem içeriğine düşmüştür. Sıcaklığın 50°C'den 60°C'ye, 50°C'den 70°C'ye ve 60°C'den 70°C'ye artırılması ile kuruma süresindeki düşüş sırasıyla %35.71, %42.86 ve %11.11 olarak gerçekleşmiştir. 50–60°C'deki azalma, 60–70°C'den daha yüksek bulunmuştur. Başta sabit sonra azalan hızda kuruma periyodu gözlenmiştir. Zarein ve ark. [43] ve Beigi [44] elma dilimlerinin kurutulması üzerine yaptıkları çalışmalarda benzer sonuçlar bildirmişlerdir.



Şekil 3. Farklı hava sıcaklıklarında nem oranı (a) ve kuruma hızı (b) değişimi
 Figure 3. Changes in moisture content (a) and drying rate (b) at different air temperatures

Sıcak Hava Kurutma Eğrilerinin Modellenmesi

Farklı sıcaklıklarda kurutma işlemine ait matematiksel modellerin istatistiksel parametreleri Tablo 4'te verilmiştir. Tüm modellerin R^2 değerleri Tablo 4'ten de görüldüğü gibi kabul edilebilir değer (0.90) üzerindedir. Tüm kurutma sıcaklıklarında en düşük RMSE ve χ^2 ve en yüksek R^2 değeri Parabolik model ile elde edilmiş ve bu sonuçlara bağlı olarak sıcak havada kuruma davranışını tanımlamak için en uygun modelin parabolik model olduğu bulunmuştur. Zarein ve ark. [43] ve Beigi [44] Midilli ve ark. modelinin, elma dilimlerinin sıcak hava ile kurutulmasında kuruma eğrilerini tanımlamak için en ideal model olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmalardan farklı olarak, Sacilik ve Elicin [42] sıcak hava ile kurutulmuş elma dilimlerinin deneysel verilerini Logaritmik model ile tanımlamışlardır. Farklı çalışmalarda tespit edilen bu sonuçlara göre, elma

çeşidi, başlangıç nem içeriği, kurutma ekipmanı ve kurutma koşullarına bağlı olarak kurutma işlemi matematiksel modeller farklılık gösterebilmektedir. Tepe ve Tepe [5] Kesikli mikrodalga ve sıcak hava ile kurutmanın elma dilimlerinin kuruma ve rehidrasyon özellikleri üzerindeki etkisini karşılaştırmışlardır. Kesikli mikrodalga kurutma ve sıcak hava ile kurutmada efektif nem difüzyonu sırasıyla 4.47×10^{-9} ve $2.54 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ve 38×10^{-10} – $6.25 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ aralığında bulunmuşlardır. Kesikli mikrodalga kurutmaya kıyasla sıcak havayla kurutmada daha uzun kuruma süresi, daha yavaş kuruma hızı ve daha az efektif nem difüzyonu elde etmişlerdir. Page modelinin kesikli mikrodalga kurutma eğrilerine en iyi uyumu sağladığını, sıcak hava kurutma eğrileri Parabolik Model tarafından uygun bir şekilde tanımlandığı bildirmişlerdir. Bu sonuçlar elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Tablo 4. Sıcak hava kurutma eğrilerinin model sabitleri ve istatistiksel parametreleri

Table 4. Statistical parameters and model constants of hot Air drying curves

Model	Sıcaklık	Model Sabitleri	χ^2	RMSE	R^2
Lewis	50°C	k= 0.006451	0.001325474	0.03557	0.9905
	60°C	k= 0.008808	0.001781709	0.04095	0.986
	70°C	k= 0.01345	0.001380097	0.03597	0.9903
Page	50°C	k= 0.002438 n= 1.193	0.000278791	0.01592	0.9982
	60°C	k= 0.003387 n= 1.206	0.00059693	0.02295	0.9959
	70°C	k= 0.005491 n= 1.215	6.16217E-05	0.007401	0.9996
Henderson ve Pabis	50°C	k= 0.006742 a= 1.034	0.001123586	0.03196	0.9927
	60°C	k= 0.009219 a= 1.032	0.001689496	0.03861	0.9883
	70°C	k= 0.01439 a= 1.048	0.000946615	0.02878	0.9942
Logaritmik	50°C	k= 0.006997 a= 1.020 c= 0.0168	0.001506473	0.03607	0.9907
	60°C	k= 0.009565 a= 1.016 c= 0.0185	0.002185054	0.04242	0.9859
	70°C	k= 0.01498 a= 1.034 c= 0.0188	0.001380406	0.03349	0.9921
Wang ve Singh	50°C	a= -0.004881 b= 0.000006138	7.44519E-05	0.008227	0.9995
	60°C	a= -0.006785 b= 0.000001174	6.75974E-05	0.007723	0.9995
	70°C	a= -0.01024 b= 0.00002626	0.00043725	0.01956	0.9973
Parabolik	50°C	a= 0.9919 b= -0.004793 c= 0.000005956	5.84353E-05	0.007104	0.9997
	60°C	a= 0.9905 b= -0.006616 c= 0.00001119	3.96739E-05	0.005716	0.9998
	70°C	a= 0.9952 b= -0.01014 c= 0.00002591	0.000497243	0.0201	0.9974

Sıcak Hava ile Kurutulmuş Elma Dilimlerinin Efektif Difüzyon ve Aktivasyon Enerjisi

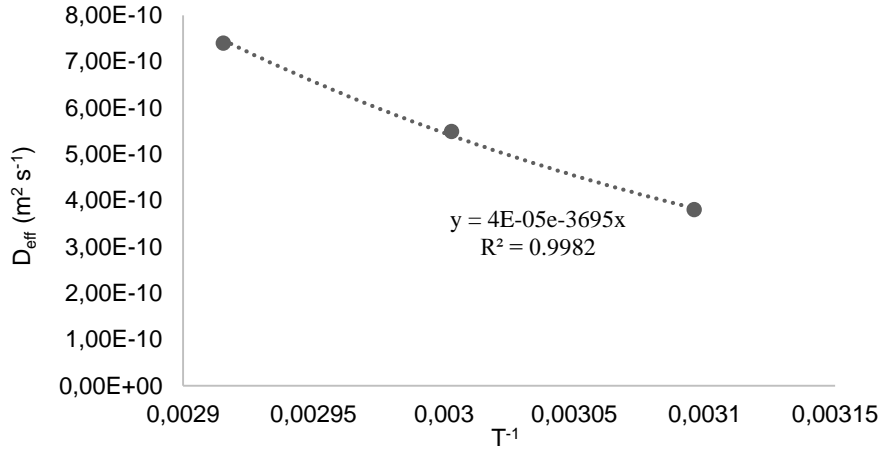
Tablo 5'de D_{eff} ve E_a değerleri verilmiş ve D_{eff} değeri 3.80×10^{-10} ile $7.40 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ arasında bulunmuştur. Sıcaklık artışı elma örneklerinin D_{eff} değerini önemli ölçüde artırmıştır. Yapılan çalışma ile elde edilen D_{eff} değeri, elma dilimleri üzerine yapılan iki farklı çalışmadaki D_{eff} değerleri ile (7.03×10^{-10} – $1.08 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) [44] ve (2.27×10^{-10} – $4.97 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) [40] benzer sonuçlar elde edilmiştir. Elma dilimleri ve elma posası ile yapılan iki farklı çalışmadaki D_{eff} değerleri ise sırasıyla 1.79×10^{-9} – $4.45 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ [45] ve 1.9082×10^{-9} – $3.9346 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ [46] bulunmuş ve elde ettiğimiz D_{eff} değerlerinden biraz daha düşük

bulunmuştur. Kuruma hızı ile D_{eff} değeri arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu görülmektedir. Sıcaklık artışına paralel olarak elma dilimlerinin nem içeriğinde daha fazla buharlaşma meydana gelmektedir [28]. E_a değerini veren D_{eff} ve T^{-1} 'in doğal logaritması arasındaki Arrhenius tipi bağıntı Şekil 4'de verilmiştir. Tablo 5'de görüldüğü gibi elma dilimlerinin E_a değeri $30.72 \text{ kJ mol}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Elma üzerine yapılan farklı çalışmalarda E_a değeri, iki farklı elma diliminde sırasıyla $19.80 \text{ kJ mol}^{-1}$ [44], 17.77 – $25.41 \text{ kJ mol}^{-1}$ ve elma posasında $24.512 \text{ kJ mol}^{-1}$ bulunmuş ve bu değerler yaptığımız çalışmadan daha düşük bulunmuştur. Gıdalar için genel E_a değerleri, Aghbashlo ve arkadaşları [47] tarafından 1.27 – 110 kJ mol^{-1} aralığında rapor edilmiştir.

Tablo 5. Sıcak hava ile kurutulmuş elma dilimlerinin D_{eff} ve E_a değerleri

Table 5. D_{eff} and E_a values of hot air dried apple slices

Sıcaklık	D_{eff} ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	E_a ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	Kurutma Süresi (dk.)
50°C	3.80×10^{-10}	30.72	420
60°C	5.49×10^{-10}		270
70°C	7.40×10^{-10}		240



Şekil 4. Farklı hava sıcaklıklarında D_{eff} ve numune ağırlığı arasındaki ilişki
Figure 4. Relationship between D_{eff} and sample weight at different air temperatures

SONUÇ

Yapılan çalışmada farklı mikrodalga güçlerinde ve farklı sıcak hava şartlarında kurutulmuş elma dilimlerinde kurutma özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre farklı mikrodalga güçlerinde kurutma işlemi kurutma hızı ve kurutma süresini önemli derecede etkilemiştir. Farklı mikrodalga güçleri sıcak havaya göre kurutma süresini önemli ölçüde azaltmıştır. Mikrodalga gücündeki ve kurutma hava sıcaklığındaki artış kurutma hızını artırmış, kurutma süresini ise kısaltmıştır. Mikro dalga gücünün 100W'den 200W'a ve 100W'den 300W'a artırılmasının, 200W'dan 300W'a artırılmasına göre kurutma üzerinde daha etkili olduğu görülmüştür. Kurutma hızı, artan mikrodalga gücü ve hava sıcaklığı ile artmış ve bu artış oranına paralel olarak D_{eff} değerinin de arttığı tespit edilmiştir. Sıcaklık artışına bağlı olarak D_{eff} değerindeki artışa, 50-60°C ve 50-70°C arasında değişen sıcaklıktaki artışın etkisi, 60-70°C'den daha yüksek bulunmuştur. Farklı mikrodalga güçlerinde elma dilimlerinin kurutma davranışını en iyi tahmin eden model Page modeli, sıcak hava ile elma dilimlerinin kurutulmasında ise Parabolik model en uygun model olarak tespit edilmiştir.

Kısaltmalar

NO: nem oranı; KH: kuruma hızı; RMSE: Kök ortalama kare hatası; Na+Δt: zaman farkındaki nem içeriği; Δt: iki ölçüm noktası arasındaki zaman farkı; χ²: indirgenmiş ki-kare; R²: determinasyon katsayısı; NO_{pre}: tahmini NO; NO_{exp}: deneysel NO; L: numunenin kurutmadan önceki ilk boyutunun yarı kalınlığı; t: kuruma süresi; E_a: aktivasyon enerjisi; D₀: üstel sabit; R: evrensel gaz sabiti T: mutlak sıcaklık; m: ilk numune ağırlığı; P: mikrodalga çıkış gücü

KAYNAKLAR

[1] Moscetti, R., Raponi, F., Ferri, S., Colantoni, A., Monarca, D., Massantini, R. (2018). Real-time monitoring of organic apple (var. Gala) during hot-air drying using near-infrared spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 222, 139-150.

[2] FAO. (2018). Food and Agricultural Organization statistica database. Retrieved from <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> (15.03.2022).

[3] Polat, A., Taskin, O., Izli, N., Asik, B.B. (2019). Continuous and intermittent microwave-vacuum drying of apple: Drying kinetics, protein, mineral content, and color. *Journal of Food Process Engineering*, 42(3), e13012.

[4] Alibas, I., Zia, M.P., Yilmaz, A., Asik, B.B. (2020). Drying kinetics and quality characteristics of green apple peel (*Mallus communis* L. var. "Granny Smith") used in herbal tea production. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(2), e14332.

[5] Tepe, T.K., Tepe, B. (2020). The comparison of drying and rehydration characteristics of intermittent-microwave and hot-air dried-apple slices. *Heat and Mass Transfer*, 56(11), 3047-3057.

[6] Kaya, Z.G. (2019). Ultrases Ön İşlemlerle Sıcak Hava ve Mikrodalga Sistemlerinde Kurutulan Elma Dilimlerinin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

[7] Winiczenko, R., Kaleta, A., Górnicki, K. (2021). Application of a moga algorithm and ann in the optimization of apple drying and rehydration processes. *Processes*, 9(8), 1415.

[8] Kaya, A., Aydın, O., Demirtaş, C. (2007). Drying kinetics of red delicious apple. *Biosystems Engineering*, 96(4), 517-524.

[9] Yoğurtçu, H. (2014). Mikrodalga fırında limon kurutma: kinetiği ve modellenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 27-33.

[10] Amanor-Atiemoh, R., Zhou, C., Abdullaleef Taiye, M., Sarpong, F., Wahia, H., Amoa-Owusu, A., Chen, L. (2020). Effect of ultrasound-ethanol pretreatment on drying kinetics, quality parameters, functional group, and amino acid profile of apple slices using pulsed vacuum drying. *Journal of Food Process Engineering*, 43(2), e13347.

- [11] Karacaoğlu, C., Gürsoy, O., Yılmaz, Y. (2016). Ultrasonikasyon destekli vakum impregnasyon emdirme tekniği ile muamele işleminin kivi dilimlerinin kuruma kinetiği üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 14(3), 256-266.
- [12] Yıldız, Z., Gökayaz, L. (2020). Rafli doğal konvektif güneş enerjili kurutucuda elma kuruma kinetiğinin incelenmesi. *Engineering Sciences*, 15(1), 34-42.
- [13] Santacatalina, J.V., Contreras, M., Simal, S., Cárcel, J.A., Garcia-Perez, J.V. (2016). Impact of applied ultrasonic power on the low temperature drying of apple. *Ultrasonics Sonochemistry*, 28, 100-109.
- [14] Şen, S., Aydın, F. (2020). Experimental investigation of drying kinetics of apple with hot air, microwave and ultrasonic power. *Sādhanā*, 45(1), 1-10.
- [15] da Silva, W.P., Galvão, I.B., e Silva, C.M., de Farias Aires, J.E., de Figueirêdo, R.M.F. (2020). Empirical model for describing continuous and intermittent drying kinetics of apple pieces. *Heat and Mass Transfer*, 56(4), 1263–1274.
- [16] Tepe, F.B. (2020). Hünnap (Z. *Jujuba* Mill) Meyvelerinin Farklı Olgunlaşma Evrelerinde ve Kurutma Sürecinde Bazı Kalite Parametrelerinin Kinetik Analizi. Doktora Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- [17] Yapıcı, B. (2017). Radyo Frekansı Kurutma Yöntemi İle Elma Cipsi Üretimi. Yüksek Lisans Tezi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.
- [18] Khan, M.I.H., Nagy, S.A., Karim, M.A. (2018). Transport of cellular water during drying: An understanding of cell rupturing mechanism in apple tissue. *Food Research International*, 105, 772-781.
- [19] Martynenko, A., Zheng, W. (2016). Electrohydrodynamic drying of apple slices: Energy and quality aspects. *Journal of Food Engineering*, 168, 215-222.
- [20] Ando, Y., Hagiwara, S., Nabetani, H., Sotome, I., Okunishi, T., Okadome, H., Tagawa, A. (2019). Effects of prefreezing on the drying characteristics, structural formation and mechanical properties of microwave-vacuum dried apple. *Journal of Food Engineering*, 244, 170-177.
- [21] Şen, S., Aydın, F. (2020). Experimental investigation of drying kinetics of apple with hot air, microwave and ultrasonic power. *Sādhanā*, 45(1), 1-10.
- [22] Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H., Maskan, M. (2018). Simultaneous application of microwave energy and hot air to whole drying process of apple slices: drying kinetics, modeling, temperature profile and energy aspect. *Heat and Mass Transfer*, 54(2), 425-436.
- [23] Dai, J.W., Xiao, H.W., Zhang, L.H., Chu, M.Y., Qin, W., Wu, Z.J., Yin, P.F. (2019). Drying characteristics and modeling of apple slices during microwave intermittent drying. *Journal of Food Process Engineering*, 42(6), e13212.
- [24] Krokida, M.K., Kiranoudis, C.T., Maroulis, Z.B., Marinou-Kouris, D. (2000). Drying related properties of apple. *Drying Technology*, 18(6), 1251-1267.
- [25] Onwude, D.I., Hashim, N., Janius, R.B., Nawi, N.M., Abdan, K. (2016). Modeling the thin-layer drying of fruits and vegetables: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 599-618.
- [26] Beaudry, C., Raghavan, G.S.V., Rennie, T.J. (2003). Microwave finish drying of osmotically dehydrated cranberries. *Drying Technology*, 21(9), 1797-1810.
- [27] Soysal, Y., Öztekin, S., Eren, Ö. (2006). Microwave drying of parsley: modelling, kinetics, and energy aspects. *Biosystems Engineering*, 93(4), 403-413.
- [28] Demiray, E., Seker, A., Tulek, Y. (2017). Drying kinetics of onion (*Allium cepa* L.) slices with convective and microwave drying. *Heat and Mass Transfer*, 53(5), 1817-1827.
- [29] Zarein, M., Samadi, S.H., Ghobadian, B. (2015). Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(1), 41-47.
- [30] Bi, J., Yang, A., Liu, X., Wu, X., Chen, Q., Wang, Q., Wang, X. (2015). Effects of pretreatments on explosion puffing drying kinetics of apple chips. *LWT-Food Science and Technology*, 60(2), 1136-1142.
- [31] Tepe, F.B., Tepe, T.K., Ekinci, A. (2022). Impact of air temperature on drying characteristics and some bioactive properties of kiwi fruit slices. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 28(2), 151-159.
- [32] Zhang, Z., Liu, Z., Liu, C., Li, D., Jiang, N., Liu, C. (2016). Effects of ultrasound pretreatment on drying kinetics and quality parameters of button mushroom slices. *Drying Technology*, 34(15), 1791-1800.
- [33] Crank, J. (1975). The mathematics of diffusion. Clarendon Press, Oxford.
- [34] Toriki-Harchegani, M., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Ghanbarian, D., Sadeghi, M., Tohidi, M. (2016). Dehydration characteristics and mathematical modelling of lemon slices drying undergoing oven treatment. *Heat and Mass Transfer*, 52(2), 281-289.
- [35] Çelen, S., Haksever, A., Moralar, A. (2017). The effects of microwave energy to the drying of apple (gala) slices. *Karalimas Science Engineering Journal*, 7(1), 228-236.
- [36] Özbek, B., Dadali, G. (2007). Thin-layer drying characteristics and modelling of mint leaves undergoing microwave treatment. *Journal of Food Engineering*, 83(4), 541-549.
- [37] Azimi-Nejadian, H., Hoseini, S.S. (2019). Study the effect of microwave power and slices thickness on drying characteristics of potato. *Heat and Mass Transfer*, 55(10), 2921-2930.
- [38] Aghilinategh, N., Rafiee, S., Gholikhani, A., Hosseinpour, S., Omid, M., Mohtasebi, S.S., Maleki, N. (2015). A comparative study of dried apple using hot air, intermittent and continuous microwave: evaluation of kinetic parameters and

- physicochemical quality attributes. *Food Science and Nutrition*, 3(6), 519-526.
- [39] Çelen, S., Kahveci, K. (2013). Microwave drying behaviour of apple slices. *Proc Inst Mech Eng, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 227(4), 264-272.
- [40] İzli, N., Polat, A. (2018). Intermittent microwave drying of apple slices: drying kinetics, modeling, rehydration ratio and effective moisture diffusivity. *Journal of Agriculture Science*, 26(1), 32-41.
- [41] Kumar, V., Sharma, H.K., Singh, K. (2016). Mathematical modeling of thin layer microwave drying of taro slices. *Journal of Institution of Engineers (India), Ser A* 97(1), 53–61.
- [42] Sacilik, K., Elicin, A.K. (2006). The thin layer drying characteristics of organic apple slices. *Journal of Food Engineering*, 73(3), 281-289.
- [43] Zarein, M., Samadi, S.H., Ghobadian, B. (2013). Kinetic drying and mathematical modeling of apple slices on dehydration process. *Journal of Food Processing Technology*, 4(7), 1-4.
- [44] Beigi, M. (2016). Hot-air drying of apple slices: dehydration characteristics and quality assessment. *Heat and Mass Transfer*, 52(8), 1435-1442.
- [45] Velić, D.A., Planinić, M., Tomas, S., Bilić, M. (2004). Influence of airflow velocity on kinetics of convection apple drying. *Journal of Food Engineering*, 64(1), 97-102.
- [46] Wang, Z., Sun, J., Liao, X., Chen, F., Zhao, G., Wu, J., Hu, X. (2007). Mathematical modeling on hot air drying of thin layer apple pomace. *Food Research International*, 40(1), 39-46.
- [47] Aghbashlo, M., Kianmehr, M.H., Samimi-Akhijahani, H. (2008). Influence of drying conditions on the effective moisture diffusivity, energy of activation and energy consumption during the thin-layer drying of berberis fruit (Berberidaceae). *Energy Conversion and Management*, 49(10), 2865-2871.
-

Gelincik Çiçeği (*Papaver rhoaes* L.) Ekstraktından Soğuk Çay Üretimi

Merve Yüksel , Aybüke Acar , Fatma Gögen , Nezira Meryem Arslantaş , Serap Berktaş  ✉,
Mustafa Çam 

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 38039 Kayseri

Geliş Tarihi (Received): 28.11.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 19.09.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): berktaserap@gmail.com.tr (S. Berktaş)

☎ 0 352 207 6666 3219 📠 0 352 437 5784

ÖZ

Günümüzde sıklıkla tüketilen içecekler arasında bulunan soğuk çaylar çoğunlukla siyah çaydan üretilmektedir ve farklı bitki kökenli soğuk çayların üretimi oldukça sınırlıdır. Gelincik bitkisi (*Papaver rhoaes* L.), Papaveraceae familyasına ait tek yıllık yenilebilir bir çiçek türüdür ve özellikle içerdiği antosiyaninlerin antiinflamatuvar, antimikrobiyal ve antiproliferatif gibi biyoaktif özelliklere sahip olduğu çeşitli çalışmalarca belirtilmiştir. Bu çalışmada, gelincik çiçeği antosiyaninleri asitli etanol-su ekstraksiyon yöntemi ile elde edilmiş ve ekstrakt püskürtmeli kurutucuda maltodekstrin ile kurutulmuştur. Kurutulmuş gelincik ekstraktı soğuk çay formülasyonunda sakaroz ve sitrik asit ile farklı oranlarda kombine edilerek 8 farklı gelincik soğuk çayı üretimleri gerçekleştirilmiştir. Soğuk çayların toplam antosiyanin ve toplam fenolik madde içerikleri sırasıyla 10.98-28.49 mg cyn-3-O-glu/100 mL ve 9.15-21.96 mg GAE/100 mL olarak belirlenmiştir. Soğuk çayların üretimi aşamasında uygulanan pastörizasyon işleminin ürünlerin antioksidan aktivite değerlerinde anlamlı artışlara neden olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ürünlerin duyuşal değerlendirmeleri sonrası 0.40 g kurutulmuş gelincik ekstraktı, 10 g sakaroz ve 0.25 g sitrik asit içeren G6 kodlu soğuk çayın panelistlerce en beğenilen örnek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun G6 kodlu örneğin antosiyanin, renk yoğunluğu ve sakaroz değerlerinin diğerlerine göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Duyusal beğenisi yüksek olarak değerlendirilen ve gelincik çiçeği ekstraktı içeren soğuk çayların sınırlı çeşitlilikteki soğuk çaylara bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gelincik, Soğuk çay, Pastörizasyon, Antosiyanin, Püskürtmeli kurutma

Production of Iced Tea from Poppy Flowers Extract

ABSTRACT

Iced teas, which are among the drinks that are frequently consumed today, are mostly produced from black tea and the production of iced teas of different plant origins is very limited. Poppy plant (*Papaver rhoaes* L.) is an annual edible flower species belonging to the family Papaveraceae, and it has been stated in various studies that the anthocyanins it contains have bioactive properties such as anti-inflammatory, antimicrobial and antiproliferative. In this study, poppy flower anthocyanins were obtained by acidic ethanol-water extraction method and the extract was dried with maltodextrin in a spray dryer. Eight different poppy iced teas were produced by combining dried poppy extract with sucrose and citric acid at different rates in the iced tea formulation. Total anthocyanin and total phenolic content of iced teas were determined as 10.98-28.49 mg cyn-3-O-glu/100 mL and 9.15-21.96 mg GAE/100 mL, respectively. It was determined that the pasteurization process applied during the production of iced teas caused significant increases in the antioxidant activity values of the products ($p<0.05$). After the sensory evaluations of the products, it was determined that the G6 coded iced tea was the most liked sample by the panellists. This is thought to be due to the fact that the anthocyanin, colour density and sucrose values of the G6 coded sample containing 0.40 g of dried poppy extract, 10 g of sucrose and 0.25 g of citric acid. are higher than the others. It was concluded that iced teas

containing poppy flower extract, which were evaluated as high sensory liking, could be an alternative to a limited variety of iced teas.

Keywords: Poppy, Iced tea, Pasteurization, Phenolic compounds, Spray drying

GİRİŞ

Bitkilerin farklı amaçlarla kullanımı oldukça eski yıllara dayanmaktadır. Özellikle sağlığın desteklenmesi konusunda bitkilerin çeşitli tıbbi özelliklerinden geleneksel tıpta faydalanılmıştır [1]. Son yıllarda bitkiler gıda endüstrisinde doğrudan bitki çayı üretiminde kullanıldığı gibi gıdaların duyuşal özelliklerinin geliştirilmesinde de yardımcı ürün olarak tercih edilmektedir [2]. Birçok bitki türleri üzerinde yapılan araştırmalar neticesinde bitkilerin insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğu ve biyoaktif bileşiklerce zengin olduğu ortaya konulmuştur [3]. Bu özelliklere sahip bitkilerden biri olan gelincik (*Papaver rhoeas* L.) Papaveraceae familyasına ait olan ve dünyanın farklı bölgelerinde yetişen tek yıllık otsu bir bitkidir. Özellikle, Batı Asya, Kuzey Avrupa ve Afrika bölgelerinde yetişmekte olup yaygın olarak tarla haşhaşı, mısır haşhaşı ve haşhaş gibi çeşitli isimlerle de anılmaktadır [4]. Gelincik bitkisinin gövde, tohum ve taç yaprakları gıda olarak tüketim alanlarına sahiptir. Özellikle gövde kısımları salatalarda kullanılırken, kırmızı taç yaprakları gelincik şerbeti yapımında kullanılmaktadır [5]. Gelincik bitkisi başta fenolik ve antosiyanin maddeler olmak üzere içerdiği çeşitli aktif fitokimyasal bileşiklerin zenginliği açısından terapötik alanlarda yaygın olarak kullanılan bitkiler arasındadır [6]. Bununla birlikte gelincik bitkisinde yapılan fitokimyasal araştırmalarda coptisine, berberine, rhoeadine ve alotropine gibi bazı alkaloidlerin varlığına rastlanılmıştır [7]. Çeşitli çalışmalarda gelincik bitkisinin antiinflamatuar, antimutajenik, antigenotoksik, antikarsinojenik etkilerinin olduğu ve anksiyete, öksürük, uyku problemleri ve çeşitli nöronik durumların tedavisinde farmakolojik özelliklerinin olduğu bildirilmiştir [6, 7]. Ayrıca gelincik ekstraktı ile fareler üzerinde yapılan farmako-toksikolojik araştırmalarda LD₅₀ değerinin 4000 mg/kg olarak belirlenirken, 400 mg/kg'lık gelincik çiçeği ekstraktı dozunun fareler üzerinde sakinleştirici etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir [7].

Dünya çapında çay ve çay bazlı içecekler insanlar tarafından sıklıkla tüketilen içeceklerin başında gelmektedir [8]. Özellikle ülkemizde çok tüketilen bir çay türü olan siyah çay, çay bitkisi yapraklarının enzimatik oksidasyona uğratılması sonucu elde edilirken, bitkisel çaylar tıbbi ve aromatik bitkilerin tohum, çiçek, meyve, yaprak ve kabuk gibi kısımlarından hazırlanmaktadır [9]. Çay yapımında kullanılacak olan bitkinin türü ve kullanılan kısmının kimyasal bileşimine bağlı olarak çayın aromasının farklılaştığı ve bu bileşiklerden uçucu ve uçucu olmayanların çayın burukluk ve acılık gibi lezzet unsurlarını tat profiline kazandırdığı belirtilmektedir [10, 11].

Siyah çay ile hazırlanan soğuk çaylar yıllardır tüketime hazır içecek kategorisinde satışa sunulmaktadır [12]. Bununla birlikte tüketiciler tarafından soğuk olarak

tüketilen bir başka içecek türü olan gazlı içeceklere olan önyargının artması ve tüketicilerin daha sağlıklı ürünlere yönelmesi soğuk veya sıcak olarak tüketilen içeceklere olan talebi artırmaktadır. Tüm bunların sonucunda gıda endüstrisi de tüketime hazır farklı içecek arayışlarına yönelmiştir [13]. Farklı bitkisel kaynaklı soğuk çayların üretilmesi ve özelliklerinin incelenmesi ile ilgili çalışmalar literatürde sınırlı sayıda bulunmaktadır. Bu çalışmada hem geleneksel olarak bazı rahatsızlıkların tedavisinde kullanılan hem de gıda olarak kullanımlarına ek olarak gelincik çiçeğinin yeni bir içecek formu olan soğuk çay üretiminde kullanılabilirliğinin belirlenmesi ile geçmişte kalmış olan bu değerli bitkinin gün yüzüne çıkarılması amaçlanmıştır. Ayrıca gelincik çiçeği ekstraktı ile duyuşal açıdan kabul edilebilir nitelikte olabilecek soğuk çayların üretilerek elde edilen ürünlerin karakterizasyonlarının yapılması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Hammadde ve Kimyasallar

Gelincik çiçeği (*Papaver rhoeas* L.) kuru formda yerel bir aktardan (İstanbul Baharat, Türkiye) temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan kimyasallar şu şekildedir; Folin & Ciocalteu reaktifi (Merck, 1.09001.0500), gallik asit (Sigma-Aldrich G7384), DPPH radikali (Sigma-Aldrich, D9132), sodyum karbonat (J.T. Baker, S2127), Trolox® (Sigma-Aldrich, 238813), alüminyum klorür (Merck, 8.01081.1000), hidroklorik asit (J.T.Baker, 6081), maltodekstrin (13-17 DE, Sigma-Aldrich, 419680), potasyum klorür (Merck, 1.04936.1000), sodyum asetat (Sigma-Aldrich, S2889), metanol (106035, Sigma), etanol (1.11727.2500 Merck), potasyum sülfid (Supelco, 55777), sodyum nitrat (J.T. Baker, 6739), sodyum hidroksit (Merck, 106462).

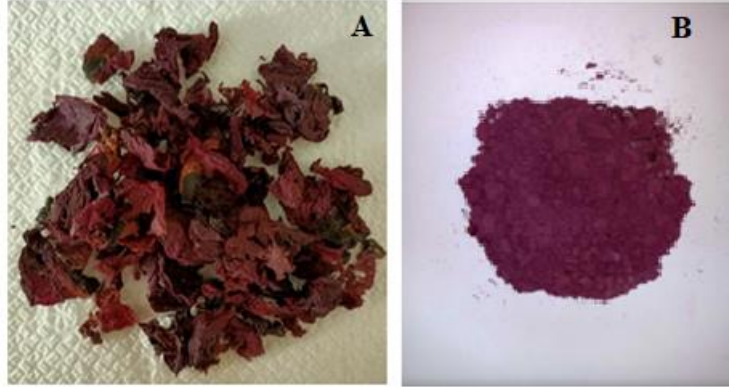
Ekstraksiyon İşlemi

Kuru formdaki gelincik çiçekleri bir blender (Waring Blender, Staufen, Almanya) yardımı ile öğütme işlemine tabi tutulmuş ve bir elek yardımı ile de yabancı maddeler uzaklaştırılmıştır. Toz hale getirilmiş gelincik çiçeğinden 20 g tartılarak, %1 sitrik asit içeren su-etanol (50:50, v/v) karışımından 400 mL ilave edilmiş ve 40°C' de çalkalamalı su banyosunda (NÜVE ST30, Ankara, Türkiye) ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekstrakt kaba filtre kâğıdı ile süzülerek filtre edilmiş ve evaporatörde (Heidolph Value G1, Almanya) 40°C'de, 100 mbar basınç altında Brix derecesi 13.5 olana kadar konsantre edilmiştir. Elde edilen ekstraktın kurutma işlemi ve analizleri uygulanana kadar -18°C'de saklanmıştır.

Püskürtmeli Kurutma ile Gelincik Ekstraktının Kurutulması

Gelincik çiçeğinden elde edilen ekstraktların püskürtmeli kurutma ile toz forma dönüştürülmesi için ekstraktın kuru maddesi ile aynı oranda olacak şekilde (1:1) maltodekstrin (DE:13-17) eklenmiş ve homojenizatörde

(T18 Basic, Staufen, Almanya) 10000 rpm' de 5 dakika süre ile homojenize edilmiştir. Ardından elde edilen besleme çözeltisi 140°C giriş sıcaklığı, %100 aspiratör çalışma hızı ve 8 mL/dk besleme hızı şartlarındaki püskürtmeli kurutucuya (Buchi B290, Flavil, İsviçre) verilerek %51.36 verimle kurutulmuş gelincik ekstraktı elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Gelincik çiçeği (A) ve kurutulmuş gelincik çiçeği ekstraktı (B)
Figure 1. Poppy flower (A) and spray dried poppy flower extract (B)

Soğuk Çay Formülasyonlarının Belirlenmesi ve Soğuk Çay Üretimi

Soğuk çay üretimleri için piyasada satışa sunulan soğuk çayların formülasyonları göz önünde bulundurularak bileşimde yer alacak olan girdilere karar verilmiştir. Ön

duyusal denemeler sonrası ise içerikte yer alacak bileşenlerin çalışma miktarı aralıkları belirlenmiştir. 8 farklı soğuk çay üretimi için belirlenen bileşenlere (kurutulmuş gelincik ekstraktı, sitrik asit ve sakaroz) ait miktarlar Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Soğuk çay formülasyonları

Table 1. Iced tea formulations

Bileşenler	Soğuk Çay Örnekleri							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
Kurutulmuş gelincik ekstraktı (g/100 mL)	0.15	0.25	0.35	0.35	0.35	0.40	0.35	0.35
Sakaroz (g/100 mL)	7.00	7.00	7.00	9.00	9.00	10.00	9.00	8.00
Sitrik asit (g/100 mL)	0.10	0.10	0.10	0.20	0.30	0.25	0.10	0.10

Formülasyonlara göre ayrı ayrı olarak hazırlanan örnekler 250 mL'lik steril cam şişelere alınmış ve bileşenler çözündürülerek ilgili hacme su ile tamamlanmıştır. Ardından önceden sterilize edilmiş kapakları kapatılarak çalkalamalı su banyosunda 10

dakika süre ile 80°C'de pastörizasyon işlemi uygulanmıştır. Daha sonra hızlı bir şekilde soğutulan örnekler (Şekil 2) analizlere kadar 4°C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 2. Gelincik çiçeği ekstraktı içeren soğuk çaylar
Figure 2. Iced tea samples with poppy flower extract

Fizikokimyasal Analizler

Soğuk çay örneklerinin pH değerlerini belirlemek için 10' ar mL beher içerisine alınan örnekler pH metre (HANNA, Amerika) probu daldırılarak değerler kaydedilmiştir. Toplam asitlik 0.1 N NaOH ile volümetrik-potansiyometrik titrasyon yöntemine göre tayin edilerek sonuçlar sitrik asit eş değeri cinsinden belirlenmiştir [14]. Ürünlerin rengi, L*, a*, b* değerleri açısından bir kolorimetre cihazı (CR-5, Konica Minolta, Japonya) ile ölçülmüştür. Soğuk çay örneklerinin ve ekstraktın suda çözünür kuru madde değerleri (°Brix) Abbe refraktometresi (SOİF, 2WAJ) ile ölçülmüştür. Bulanıklık değerleri ise turbidimetre cihazı (Hach, 2100 N, Türkiye) ile belirlenerek sonuçlar NTU cinsinden verilmiştir.

Toplam Fenolik Madde Miktarı

Spektrofotometrik analizlerde kullanılacak olan soğuk çay örnekleri ve gelincik ekstraktı herhangi bir işlem yapmadan direk olarak kullanılırken, gelincik ekstraktı tozu 1:20 (g/mL) oranında metanol-su (%50-50) ile ekstraktı alındıktan sonra denemelerde kullanılmıştır [2].

Analizi yapılacak örneklerin toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu (FC) metodu [15] kullanılarak spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Sonuçlar galik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden ifade edilmiştir. Kısaca, 0.4 mL örnek alınarak deney tüplerine aktarılmış, ardından 10 kat su ile seyreltilmiş olan Folin-Ciocalteu reaktifinden 2 mL ilave edilmiştir. Ardından sodyum karbonat çözeltisinden (%7.5, m/v) 1.6 mL ilave edilerek vorteks yardımıyla karıştırma işlemi gerçekleştirilmiş ve örnekler oda sıcaklığında karanlıkta 60 dakika süre ile inkübe edilmiştir. Süre sonrasında örneklerin absorbansları spektrofotometrede (UV-1800, Shimadzu, Japonya) 765 nm dalga boyunda, örnek yerine aynı miktarda saf su kullanılarak hazırlanan kör çözeltiliye karşı ölçülmüştür.

Toplam Monomerik Antosiyanin Madde Miktarı

Örneklerin toplam monomerik antosiyanin madde miktarı pH differansiyel yöntemi ile belirlenmiştir [14]. pH 1.0 (potasyum klorür, 0.025 M) ve pH 4.5 (sodyum asetat, 0.4 M) tampon çözeltileri ile tampon kapasitelerini aşmayacak şekilde seyreltilerek hazırlanan örneklerin absorbansları 30 dakika inkübasyonun ardından spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür. Sonuçlar Eşitlik 1 ve 2 ile hesaplanarak cyanidin-3-O-glukozid eşdeğeri (MW: 445.2, ε: 29600) olarak verilmiştir.

$$A=(A_{515}-A_{700})_{pH=1} - (A_{515}-A_{700})_{pH=4.5} \quad (1)$$

$$\text{Monomerik antosiyanin} \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{A \cdot MW \cdot SF \cdot 1000}{\epsilon \cdot l} \quad (2)$$

A: absorbans farkı, MW: hesaplamada kullanılacak antosiyaninin molekül ağırlığı, SF: seyreltme faktörü, ε: molar absorptivite, l: spektrofotometre küveti katman kalınlığı (l: 1 cm).

Toplam Flavonoid Madde Miktarı

Örneklerin toplam flavonoid madde içeriği Zhishen ve ark. [16] metodu kullanılarak spektrofotometrik olarak belirlenmiş ve sonuçlar kateşin eşdeğeri (KE) olarak verilmiştir. Örneklerden deney tüpü içerisine 1 mL alınıp üzerine 4 mL saf su ve 0.3 mL NaNO₂ (%5, m/v) ilave edilerek 5 dakika bekletilmiştir. Ardından 0.3 mL AlCl₃ (%10, m/v) eklenmiş ve 1 dakika sonra da 2 mL NaOH (1 N) eklenerek hacim saf su ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Örneklerin absorbans değerleri örnek yerine saf su eklenerek hazırlanan kör çözeltiliye karşı spektrofotometrede 510 nm dalga boyunda ölçülmüştür.

DPPH Metodu ile Antioksidan Aktivite

Singh ve ark. [17] metoduna göre örneklerin antioksidan aktiviteleri tayin edilmiş ve sonuçlar Trolox® eşdeğeri (TE) olarak ifade edilmiştir. Ekstraktardan analiz tüpleri içerisine 0.1 mL alınarak üzerine metanolde hazırlanan DPPH çözeltilisinden (6.25 mM) 3.9 mL eklenmiştir. Kontrol örneği için ise örnek ile aynı miktarda saf su kullanılmıştır. Hazırlanan örnekler vorteks ile karıştırıldıktan sonra karanlıkta 30 dakika inkübe edilmiş ve spektrofotometrede 515 nm dalga boyunda metanole karşı absorbans değerleri ölçülmüştür.

Gelincik Çiçeği Antosiyaninlerin pH'ya Bağlı Renk Değişimi

Gelincik çiçeği antosiyaninlerinin farklı pH değerlerindeki renk değişimlerini tespit etmek için belirli oranda saf su ile seyreltilen ekstrakt pH 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 değerlerine 0.1 N HCl ve 0.1 N NaOH çözeltileri ile ayarlanarak gözlemlenen renk değişimleri kaydedilmiştir.

Degradasyon İndeksi, Renk Yoğunluğu, Polimerik Renk ve Kararma İndeksi

Yüzde polimerik renk analizleri Wrolstad [18] yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Bisülfat (K₂S₂O₅) uygulanmış ve uygulanmamış olan örneklerin 420 nm'de (kahverengi pigmentler), 520 nm (monomerik antosiyaninler) ve 700 nm (bulanıklık düzeltilmesi) dalga boylarında absorbansları saf suya karşı spektrofotometre cihazında ölçülmüştür. Degradasyon indeksi ve renk yoğunluğu parametreleri tespit edilirken bisülfat uygulanmamış örneklerin, kararma indeksi ve polimerik renk parametreleri için ise bisülfat uygulanmış örneklerin absorbansları kullanılmıştır. Renk değerleri Eşitlik 3, 4, 5, 6 ve 7' ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{Degradasyon İndeksi} = ((A_{420}-A_{700}) / (A_{520}-A_{700})) * SF \quad (3)$$

$$\text{Renk Yoğunluğu} = ((A_{520}-A_{700}) + (A_{420}-A_{700})) * SF \quad (4)$$

$$\text{Polimerik Renk} = ((A_{520}-A_{700}) + (A_{420}-A_{700})) * SF \quad (5)$$

$$\text{Kararma İndeksi} = ((A_{420}-A_{700})) * SF \quad (6)$$

$$\text{Polimerik renk oranı} = (\text{Polimerik renk} / \text{Renk yoğunluğu}) * 100 \quad (7)$$

(A: absorbans, SF: seyreltme faktörü)

Duyusal Analiz

Kurutulmuş gelincik ekstraktı ile üretilen soğuk çayların duyusal değerlendirmeleri renk, tatlılık, burukluk, asitlik ve genel beğeni açısından 15 panelist ile gerçekleştirilmiştir. Panelistler Gıda Mühendisliği Bölümü öğrenci ve öğretim elemanları arasından seçilmiştir. Duyusal analiz öncesinde 4°C' ye soğutulan ve 3 haneli rastgele kodlarla numaralandırılan örnekler şeffaf bardaklara konularak (~ 30 mL) panelistlerin değerlendirmelerine sunulmuştur. Değerlendirmeler 5 puanlı hedonik skala testine göre (1: hiç beğenmedim, 3: beğendim, 5: çok beğendim) gerçekleştirilmiştir [19].

İstatistiksel Analiz

İki tekerrür ve iki paralelli olarak gerçekleştirilen analizler sonrası elde edilen veriler SPSS 10.0.1 istatistik paket programı (SPSS Inc., Şikago, IL, ABD) kullanılarak karşılaştırılmıştır. İki grup arasındaki farklılık iki örneklem t testi ile, ikiden fazla grubun karşılaştırması ise varyans analizini (ANOVA) takiben Tukey testi ile anlamlılık düzeyinde ($p < 0.05$) gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

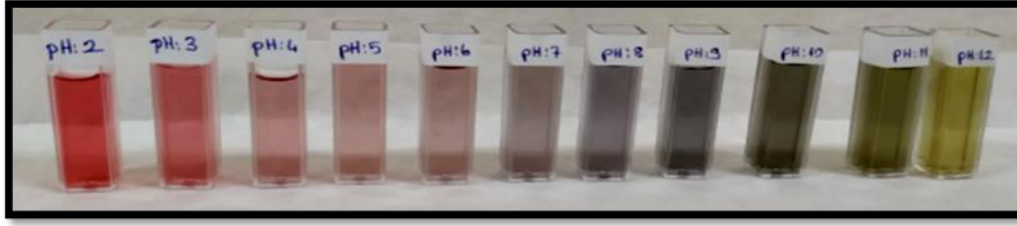
Gelincik Çiçeği ve Kurutulmuş Gelincik Ekstraktının Bazı Fizikokimyasal Özellikleri

Gelincik çiçeği ve kurutulmuş gelincik ekstraktın fizikokimyasal özellikleri Tablo 2' de gösterilmiştir. Gelincik çiçeğinin toplam fenolik, toplam flavonoid, antioksidan aktivite ve antosiyanin değerlerinin kurutulmuş gelincik ekstraktının değerlerinden daha yüksek olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir. Değerler kıyaslandığında, toplam fenolik, toplam antosiyanin, toplam antioksidan ve renk yoğunluğu değerlerinin gelincik çiçeğinde kurutulmuş gelincik ekstraktı' na göre yaklaşık 2 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum dikkate alınarak sonuçlar değerlendirildiğinde, renk, toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite üzerine etkili bileşenlerin kurutma işlemi ile etkilenmediğini ortaya koymaktadır. Bu durum temel olarak kurutulmuş gelincik ekstraktı içerisindeki 1:1 oranında bulunan maltodekstrinden kaynaklanmaktadır. İstisnai olan ise toplam flavonoid miktarıdır. Kurutma işleminin flavonoidler üzerinde daha fazla negatif yönde etkili olması ve bu azalmaların kurutulmuş gelincik ekstraktının püskürtmeli kurutma esnasında maruz kaldığı sıcaklığın etkisi (140°C) ile meydana geldiği düşünülmektedir. Gelincik bitkisi ve kurutulmuş gelincik ekstraktı' nın degradasyon indeksi değerleri karşılaştırıldığı zaman sıcaklığın olumsuz etkisine ve belli bir derecede degradasyona işaret etmektedir. Marsoul ve ark. [6] gelincik çiçeğinin ekstraksiyonunda maserasyon ve Soxhlet tekniklerini çalışmışlar ve

Soxhlet tekniğinin toplam fenolik madde (165.4 mg GAE/g) ve toplam flavonoid madde (21.7 mg KE/g) açısından daha yüksek sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir. Bu değerler çalışmamızdaki toplam fenolik madde miktarı değerinden daha yüksek iken, toplam flavonoid madde miktarı değerinden daha düşük olarak görülmektedir. Püskürtmeli kurutma işlemlerinde sıcaklığın yüksek olması ile birlikte antosiyanin içeren ürünlerin antosiyanin miktarında azalmalar olduğu, ancak kurutma ajanı kullanımı ve püskürtmeli kurutucu çıkış sıcaklığının kontrol edilmesi sayesinde antosiyanin miktarındaki azalmaların minimumda tutulabileceğine dair çalışmalar rapor edilmiştir [20,21].

Yukarıda ifade edilen gelincik ekstraktına kıyasla kurutulmuş gelincik ekstraktı' nın toplam fenolik, toplam antosiyanin, renk yoğunluğu ve toplam antioksidan miktarlarındaki yaklaşık 2 katlık azalma kurutulmuş gelincik ekstraktının kuru maddece 1:1 oranında gelincik ekstraktı ve maltodekstrin içermesinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, belirtilen 2 kat azalmalar proses etkisinden ziyade "bileşenlerin seyrelmesi" ile ilgilidir. Ancak, ısıl işlemin etkisini gösterebilecek diğer parametrelerden polimerik renk, kararma indeksi ve degradasyon indeksi değerlerinde oransal olarak azalma değil bilakis artışlar görülmüştür. Özellikle degradasyon indeksi değerindeki artış dikkat çekicidir. Polimerik renk ve kararma indeksi değerleri degradasyon sonrası meydana gelen polimerik bileşiklerden kaynaklanan ürünlerdeki renk yoğunluğunun arttığı bir göstergesidir [22]. Degradasyon indeksi ise genel olarak örnek içerisinde bulunan antosiyaninlerin stabilitesi hakkında fikir veren bir parametre olmakla birlikte ekstrakt içerisindeki karbonhidratların ısıl işlem neticesinde oluşturacağı ürünlerden de kaynaklanabilir. Karbonhidrat kaynaklı ısıl işlem sonucunda oluşması muhtemel Maillard reaksiyonu ürünleri ve karamelizeasyon reaksiyonu ürünleri de degradasyon indeksine katkıda bulunmuş olabilirler. Ayrıca, ekstraktlar içerisinde kurutma yardımcı maddesi olarak katılan maltodekstrinin de bu tip reaksiyonlara uğraması muhtemeldir. Degradasyon indeksi, kararma indeksi ve polimerik renk analizleri kurutulmuş gelincik ekstraktının püskürtmeli kurutma esnasında uğradığı yüksek sıcaklık nedeniyle gelincik çiçeği ekstraktına göre değişime uğradığına işaret etmektedir.

Gelincik çiçeği antosiyaninlerinin farklı pH değerlerindeki renk değişimi Şekil 3'te verilmiştir. pH' nın asit ortamdan bazik ortama doğru gittikçe antosiyaninlerin rengindeki değişim literatür verileri ile uyumlu olup çarpıcı bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Antosiyaninlere bağlı bu renk dönüşümünün materyale bağlı olmakla birlikte antosiyanin bileşimi ve çeşidine bağlı olarak da değişebileceği bildirilmektedir [18, 23].



Şekil 3. Gelincik çiçeği antosiyaninlerinin pH' ya bağlı renk değişimi
Figure 3. Colour changes of anthocyanins of poppy flowers

Tablo 2. Gelincik çiçeği ve kurutulmuş gelincik ekstraktının bazı fizikokimyasal özellikleri
Table 2. Some physicochemical properties of poppy flower and dried poppy extracts

Örnek	Özellikler							
	Toplam fenolik (mg GAE/g)	Toplam flavonoid (mg KE/g)	Antioksidan aktivite (mg TE/g)	Antosiyanin (mg cyn-glu/g)	Renk yoğunluğu	Degradasyon indeksi	Polimerik renk	Kararma indeksi
Kurutulmuş Gelincik Ekstraktı	48.09±0.31 ^a	7.56±0.18 ^a	60.13±1.65 ^a	371.2±3.4 ^a	23.45±0.35 ^a	64.95±0.93 ^b	16.63±0.39 ^a	9.98±0.11 ^a
Gelincik Çiçeği	90.88±0.29 ^b	29.18±0.00 ^b	153.38±14.88 ^b	777.7±60.5 ^b	39.98±0.25 ^b	56.60±0.66 ^a	21.70±0.35 ^b	12.90±0.07 ^b

*: Tablo üzerinde bulunan değerler iki tekerrür ve iki paralelli analiz sonuçlarının ortalama ± standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Tabloda aynı sütun içerisindeki farklı harfler iki örneklem t testi sonuçlarına göre gruplar arasındaki anlamlı farklılığı ($p < 0.05$) belirtmektedir. **: GAE: gallik asit eşdeğeri, KE: kateşin eşdeğeri, TE: Trolox® eşdeğeri, cyn-glu: cyanidin-3-O-glukozid

Soğuk Çayların Bazı Fizikokimyasal Özellikleri

Soğuk çayların bazı fizikokimyasal özellikleri Tablo 3'te gösterilmiştir. Örneklerin içeriğinde yer alan sitrik asit miktarı ile toplam asitlik değerlerinin (%0.16-0.55) paralellik gösterdiği, toplam kuru madde içeriği ile briks değerlerinin (%6.25-10.25) orantılı olduğu belirlenmiştir. Meyve suyu gibi içeceklerin suda çözünür kuru madde değerlerinin belirlenmesinde en yaygın kullanılan parametrelerden birisi briks değeridir. Kristanti ve Punbusayakul [24] kavun suyu ile zenginleştirilen çayların bileşimindeki kavun suyu konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak çayların briks değerlerinin arttığını belirtmiştir. Özünlü ve Ergezer [25] çayların briks değerleri üzerinde çay hazırlama süresinin, sıcaklığın ve içerikte bulunan diğer bileşenlerin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Gelincik çiçeği ekstraktı içeren soğuk çayların pH değerlerinin (2.81-3.51) toplam asitlik değerleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Toplam asitlik miktarı eklenen sitrik asit miktarından fazla bulunmuştur ki bu da beklenen bir durumdur. Zira gelincik soğuk çayları, toplam asitliğe katkı sağlaması beklenen gelincik ekstraktından gelen fenolik maddeler ve antosiyaninler içermektedir. Bulanıklık değerlerinin (11.20-19.85 NTU) soğuk çay formülasyonlarındaki toplam kuru madde ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Karataşoğlu ve ark. [26] kalorisiz azaltılmış mor reyhan soğuk çaylarının briks ve pH değerlerini sırasıyla %7.12-7.73 ve 2.84-2.91 olarak, Özünlü ve Ergezer [25] ise enginarlı-limonlu soğuk yeşil çayların asitlik ve briks değerlerini %1.16-1.24 ve %5.60-7.55 olarak, bulanıklık değerlerini ise 63.45-69.05 olarak belirtmişlerdir. Bir başka bitkisel soğuk çay çalışmasında ise nane ekstraktlı soğuk çayların briks değerleri %7.2-8.1 olarak, pH değerleri 3.45-3.99 olarak ve bulanıklık değerleri ise 47.20-230.50 olarak belirtilmiştir [27]. Yapılan çalışmalarda değerler göz önünde alındığında çalışmamızdaki soğuk çay örneklerinin pH, asitlik ve briks değerlerinin literatür verileri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca, soğuk çayların içeriklerinde farklı

miktarda bulunan bileşenlere bağlı olarak fizikokimyasal özelliklerinin değiştiği görülmektedir.

Gıda ürünlerinde ve özellikle içeceklerde tüketicinin tercihini etkileyen ve o gıdanın olumlu bir izlenim bırakmasını sağlayan en önemli etkenlerden birisi ürünün rengidir [18, 28]. Günümüzde rengin tespit edilebilmesi amacıyla objektif kriterlerden biri olan L*, a*, b* değerleri sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışmamızdaki soğuk çay örneklerinin a* (kırmızı-yeşil) değerlerinin (0.84-0.90) birbirine yakın olduğu ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmüştür ($p > 0.05$). L* değerleri açısından ise en az kurutulmuş gelincik ekstraktı içeren G1 kodlu örneğin en yüksek L* (aydınlık) değerine (23.46) sahip olduğu, diğer örnekler arasında ise anlamlı bir farklılığın olmadığı ($p > 0.05$) tespit edilmiştir. Literatürdeki soğuk çaylar ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, tıbbi ve aromatik nane türleri ile üretilen soğuk çayların L* değerlerinin 71.96-85.95 ve a* değerlerinin -0.85-4.28 arasında olduğu belirtilmiştir [27]. Enginarlı-limonlu soğuk yeşil çay örneklerinin üretildiği bir başka çalışmada ise L* değerleri 56.67-62.13 olarak, a* değerleri ise -3.80 ve -4.50 olarak tespit edilmiştir [25].

Kurutulmuş gelincik ekstraktı içeren soğuk çayların polimerik renk değişimleri renk yoğunluğu, polimerik renk değeri, kararma indeksi ve degradasyon indeksi parametreleri ile belirlenmiştir. Antosiyaninlerin sıcaklık, süre, pH gibi çeşitli işlem koşullarından etkilenmesi sonrası parçalanma ürünleri meydana gelmektedir. En yüksek renk yoğunluğu, polimerik renk ve kararma indeksi değerlerine kurutulmuş gelincik ekstraktı miktarının en fazla olduğu G6 kodlu örnekte ulaşılmıştır. Öte yandan kurutulmuş gelincik ekstraktı miktarının eşit ancak eklenen sitrik asit miktarının farklı olduğu G3, G4 ve G5 kodlu örnekler kıyaslandığında asitlik miktarı arttıkça renk yoğunluğunun arttığı gözlemlenmiştir. Ekici [5] gelincik şerbetinin renk yoğunluğu değerlerini 12.60-28.86, degradasyon indeksi değerlerini 8.52-15.34, kararma indeksi değerlerini 1.27-4.42 ve polimerik renk

değerlerini 2.07-9.11 olarak tespit etmiştir. Bu değerler çalışmamızdaki renk yoğunluğu (0.92-2.88), degradasyon indeksi (0.49-0.65), kararma indeksi (0.14-0.37) ve polimerik renk değerleri (0.23-0.65) ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu farklılık ürünlerde bulunan gelincik çiçeği antosiyaninlerinin farklı miktarlarından ve sıcaklık başta olmak üzere işlem koşullarından ileri geldiği düşünülmektedir. Depolanmış ve işlenmiş meyve ve sebze sularının polimerik renk oranının genel olarak %30 civarında olduğu ve bu değerlerin yükselmesinin antosiyaninlerin parçalandığını ve esmer renkli pigmentlerin oluşarak ürünün doğal renginin kaybedildiği belirtilmektedir [22]. Kurutulmuş gelincik ekstraktı içeren soğuk çaylardan G6 kodlu örnek dışındaki tüm örneklerin bu değerinin altında olduğu G6 kodlu örneğin ise sınır değerinde (%31.32) olduğu görülmüştür. Santos ve ark. [21] antosiyaninlerin asit pH değerlerinde oldukça stabil olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmadaki soğuk çayların pH değerleri (2.81-3.51) göz önüne

alındığında soğuk çaylara rengini veren antosiyaninlerin çayların pH değerlerinin etkisiyle iyi korunduğu söylenebilir.

Soğuk çaylarda toplam monomerik antosiyanin madde miktarı ve toplam flavonoid madde miktarları sırasıyla 10.98-28.49 mg cyn-3-O-glu/100 mL ve 2.52-5.79 mg KE/100 mL olarak tespit edilmiştir. Soğuk çaylarda antosiyanin ve flavonoid madde değerlerinin bileşimdeki kurutulmuş gelincik ekstraktı miktarı ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Ekici [5] gelincik şerbetinin antosiyanin madde miktarlarını 571.31-774.49 mg cyn-3-glu/kg olarak belirlerken, Tokuşoğlu [29] infüzyon yöntemiyle elde ettiği aronia dutu çayının antosiyanin madde miktarını 9.05 mg/100 mL olarak belirlemiştir. Bununla birlikte, Hojratpanah ve ark. [30] ve Mercali ve ark. [31] meyve ve sebze ürünlerinde kullanılan ısı işlemlerin dehidrasyon süreçlerinde antosiyanin ve diğer fitokimyasalların miktarını etkileyebileceğini belirtmişlerdir.

Tablo 3. Soğuk çay örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri

Table 3. Some physicochemical properties of iced tea samples

Özellikler	Soğuk Çay Örnekleri							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
pH	3.07±0.01 ^d	3.51±0.01 ^f	3.42±0.04 ^e	2.98±0.01 ^c	2.81±0.01 ^a	2.90±0.02 ^b	3.45±0.02 ^{ef}	3.43±0.01 ^e
Toplam asitlik (%)	0.20±0.01 ^a	0.16±0.01 ^a	0.18±0.01 ^a	0.37±0.01 ^b	0.55±0.02 ^c	0.42±0.04 ^b	0.21±0.01 ^a	0.17±0.01 ^a
Briks (%)	6.25±0.00 ^a	7.00±0.00 ^b	6.75±0.00 ^b	9.00±0.00 ^d	9.07±0.06 ^d	10.25±0.00 ^e	10.17±0.29 ^e	8.00±0.25 ^c
L*	23.46±0.23 ^b	22.74±0.02 ^a	22.86±0.01 ^a	22.71±0.02 ^a	22.87±0.01 ^a	22.70±0.02 ^a	22.71±0.01 ^a	22.76±0.04 ^a
a*	0.87±0.06 ^a	0.90±0.02 ^a	0.84±0.04 ^a	0.89±0.05 ^a	0.86±0.05 ^a	0.89±0.08 ^a	0.85±0.03 ^a	0.88±0.02 ^a
b*	1.40±0.05 ^a	1.58±0.03 ^c	1.45±0.05 ^{ab}	1.58±0.05 ^c	1.42±0.07 ^{ab}	1.52±0.06 ^{bc}	1.53±0.02 ^{bc}	1.56±0.05 ^c
Bulanıklık (NTU)	11.20±0.14 ^a	14.31±0.41 ^b	18.30±0.28 ^c	19.15±0.07 ^c	19.35±1.06 ^c	19.85±0.78 ^c	18.35±0.21 ^c	19.3±1.41 ^c
Renk yoğunluğu	0.92±0.03 ^a	1.47±0.00 ^b	1.95±0.03 ^c	2.47±0.02 ^e	2.73±0.01 ^f	2.88±0.01 ^g	2.11±0.02 ^d	1.99±0.02 ^c
Degradasyon indeksi	0.49±0.06 ^a	0.63±0.003 ^{bc}	0.62±0.03 ^{bc}	0.52±0.01 ^a	0.52±0.01 ^a	0.54±0.00 ^{ab}	0.63±0.01 ^c	0.65±0.01 ^c
Polimerik renk	0.23±0.00 ^a	0.44±0.002 ^b	0.55±0.01 ^c	0.55±0.004 ^c	0.63±0.001 ^e	0.65±0.01 ^f	0.60±0.003 ^d	0.62±0.01 ^e
Kararma indeksi	0.14±0.003 ^a	0.26±0.001 ^b	0.33±0.003 ^d	0.32±0.001 ^c	0.36±0.001 ^e	0.37±0.002 ^f	0.35±0.002 ^e	0.37±0.001 ^f
Polimerik renk oranı (%)	24.48±0.89 ^b	29.48±0.32 ^c	28.35±0.21 ^c	22.33±0.33 ^a	23.00±0.13 ^a	22.49±0.20 ^a	28.42±0.37 ^c	31.32±0.12 ^d
Antosiyanin (mg cyn-glu/100 mL)	10.98±0.04 ^a	17.78±0.21 ^b	24.43±0.34 ^c	25.78±0.13 ^c	24.19±0.34 ^c	28.49±0.04 ^d	26.35±1.62 ^{cd}	25.27±0.34 ^c
Toplam flavanoid (mg KE/100 mL)	2.74±0.00 ^a	2.52±0.09 ^a	5.50±0.18 ^{de}	5.75±0.05 ^{ef}	5.09±0.04 ^d	5.79±0.00 ^{ef}	5.22±0.00 ^d	3.62±0.02 ^b

* Tablo üzerinde bulunan değerler iki tekrerr ve iki paralelli analiz sonuçlarının ortalama ± standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Tabloda aynı satır içerisindeki farklı harfler Tukey testi sonucuna göre anlamlı farklılığı (p<0.05) göstermektedir.

**Titrasyon asitliği değerlerini sitrik asit cinsinden belirtilmektedir.

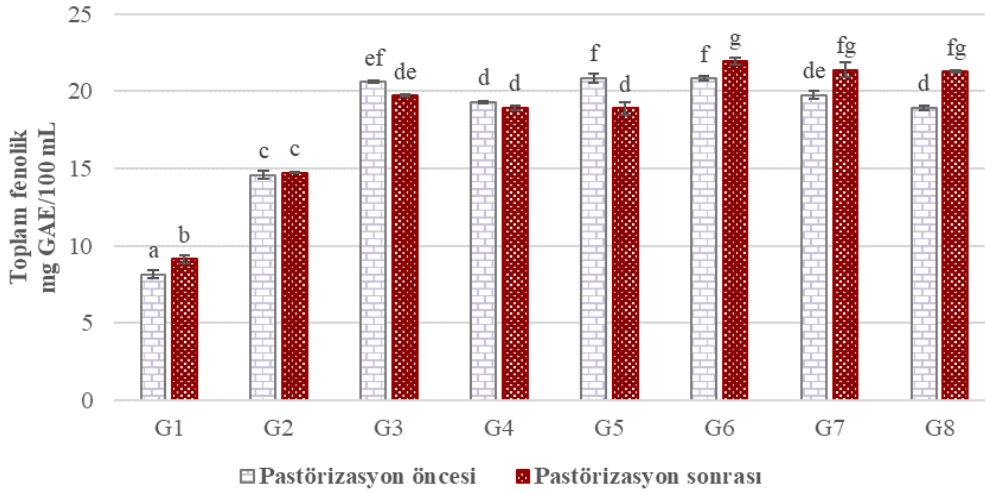
Soğuk Çayların Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Değerleri

Kurutulmuş gelincik ekstraktı içeren soğuk çay örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteleri üzerine pastörizasyon işleminin etkisini belirlemek amacıyla bu değerler soğuk çayların pastörizasyon işlemi öncesinde ve sonrasında belirlenmiştir. Pastörizasyon işlemi (10 dk) sonrasında bazı soğuk çayların toplam fenolik madde miktarlarında anlamlı (p<0.05) artışlar görülmüştür (Şekil 4). Pastörizasyon öncesinde örneklerin fenolik madde miktarları 8.14-20.87 mg GAE/100 mL iken pastörizasyon sonrasında bu değer 9.15-21.96 mg GAE/100 mL olarak belirlenmiştir (p<0.05). En yüksek fenolik madde miktarına en yüksek kurutulmuş gelincik ekstraktı içeriğine sahip olan G6 örneğinde ulaşılmıştır. Bununla birlikte, kurutulmuş gelincik ekstraktının toplam fenolik madde miktarı (48.09 mg GAE/g) göz önüne alındığında, soğuk çayların pastörizasyon işleminin

toplam fenolik madde miktarında bir kayba neden olmadığı, aksine anlamlı artışlara sebep olduğu gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlar Işık ve Akyıldız [32], Kim ve ark. [33] ve Jeong ve ark. [34] çalışmalarında da görülmektedir. Bir diğer çalışmada ise pastörizasyon işleminin nar suyunun toplam fenolik miktarında %17' lik bir artışa neden olduğu bildirilmiştir [35]. Fenolik bileşikler stabil olmayıp oksidasyon ve polimerizasyon gibi işlemlerin etkisi ile birtakım değişimlere uğrayabilmektedir. Bitki yapısında bulunan protein ve karbonhidrat gibi bileşiklere bağlı formda bulunabilecek olan bu bileşikler yukarıda bildirilen işlemlerin etkisi ile serbest hale geçebileceği ve fenolik madde miktarında artışlara neden olabilecekleri bildirilmektedir [33, 34]. Soğuk çaylardaki fenolik maddelerin pastörizasyon işleminde uygulanan ısı işleminin etkisi ile serbest hale geçmesine bağlı olarak toplam fenolik madde miktarında anlamlı artışlar görülmüştür. Öznlü ve Ergezer [25] enginarlı-limonlu soğuk yeşil çay örneklerinin fenolik madde miktarlarını 280.75-296.23 mg/100 mL olarak,

Viljoen ve ark. [36] fermente rooibos soğuk çaylarının fenolik madde değerini 49.712 mg GAE/100 mL olarak, Alaşalvar ve Çam [27] tıbbi ve aromatik nane türlerinden

ürettikleri soğuk çayların fenolik madde miktarları 27.37-46.31 mg GAE/100 mL olarak belirlemişlerdir.



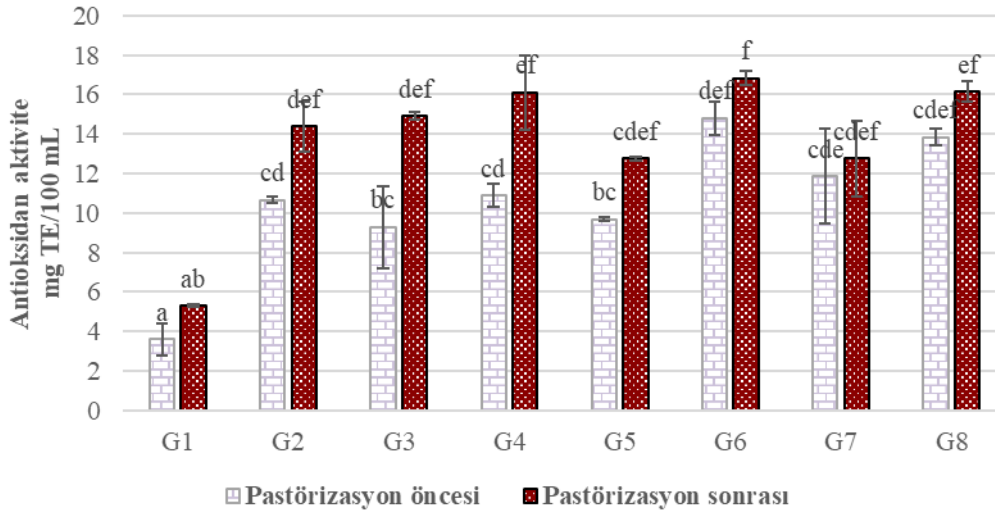
Şekil 4. Soğuk çay örneklerinde toplam fenolik madde miktarı

Figure 4. Total phenolic content of iced tea samples

*Şekil üzerinde bulunan farklı harfler iki tekrür ve iki paralelli analiz sonuçlarının Tukey testi karşılaştırmasına göre örnekler arasındaki anlamlı farklılığı ($p < 0.05$) göstermektedir.

Kurutulmuş gelincik çiçeği ekstraktı içeren soğuk çay örneklerinin DPPH metodu ile antioksidan aktiviteleri toplam fenolik madde belirlenmesinde olduğu gibi hem pastörizasyon öncesinde hem de pastörizasyon işlemi sonrasında tespit edilmiştir (Şekil 5). Pastörizasyon öncesinde örneklerin antioksidan aktivite değerleri 3.59-14.82 mg TE/100 mL iken, pastörizasyon sonrasında bu değerler 5.29-16.83 mg TE/100 mL olarak yükselmiştir ($p < 0.05$). Pastörizasyon işlemi sırasında uygulanan ısı

işlemin antioksidan aktiviteyi artırdığı belirlenmiştir. En yüksek antioksidan aktivite değerine yine kurutulmuş gelincik ekstraktı miktarının en yüksek olduğu G6 nolu örnekte ulaşılmıştır. Bu durum antioksidan özellik gösteren bazı bileşiklerin pastörizasyon işlemi ile transformasyon/hidroliz gibi muhtemel olgular neticesinde daha aktif özellikli bileşiklere dönüşmesine bağlanabilir [14, 33, 34].



Şekil 5. Soğuk çay örneklerinde antioksidan aktivite değerleri

Figure 5. Antioxidant activity of iced tea samples

*Şekil üzerinde bulunan farklı harfler iki tekrür ve iki paralelli analiz sonuçlarının Tukey testi karşılaştırmasına göre örnekler arasındaki anlamlı farklılığı ($p < 0.05$) göstermektedir.

Soğuk Çayların Duyusal Analizi

Soğuk çayların formülasyonları oluşturulurken bileşenlerden kurutulmuş gelincik ekstraktı (0.15-0.40 g/100 mL), sakaroz (7-10 g/100 mL) ve sitrik asitin

(0.10-0.30 g/100 mL) farklı miktarları ile soğuk çaylar üretilerek duyuşsal analizler gerçekleştirilmiştir. Gelincik soğuk çaylarının duyuşsal değerlendirmeleri renk, tatlılık, asitlik, burukluk ve genel beğeni açısından değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 4' te verilmiştir.

Belirlenen duyuşal değerlendirme sonuçlarına göre 0.40 g kurutulmuş gelincik ekstraktı, 0.25 g sitrik asit ve 10 g sakaroz içeren G6 kodlu örneğin panelistlerce en çok beğenilen örneğ olduğu belirlenmiştir. Panelistlerce gelincik çiçeği ve bu çiçekten üretilen soğuk çayların herhangi bir kokusunun olmadığı ön duyuşal değerlendirmeler sonrası belirtilmiş, bundan dolayı da koku duyuşal değerlendirme kriteri olarak alınmamıştır. Örneğlerin renk puanları kurutulmuş gelincik ekstraktının miktarının artmasına bağlı olarak artmış ($p < 0.05$), tatlılık ise sakaroz miktarı ile paralel olarak algılanmıştır. Soğuk çayların asit içeriklerinin daha düşük veya daha yüksek miktarlarının beğenilirlik üzerinde önemli bir etkisi olduğu, bunun dengeli bir sakaroz içeriği ile bir araya gelmesi durumunda genel beğeni puanlarının arttığı

belirlenmiştir. Burukluğun en yüksek olduğu G5 kodlu örneğin diğerlerine göre en yüksek sitrik asit içeriği belirlenmiştir. Ayrıca, burukluk üzerine kurutulmuş gelincik ekstraktı fenoliklerinden ziyade daha çok sitrik asit miktarının etkili olduğu görülmüştür. G6 kodlu soğuk çay örneği burukluk dışında tüm duyuşal beğeni parametreleri açısından en yüksek beğeni puanını almış ve en çok tercih edilen örneğ olmuştur ($p < 0.05$). Panelistler tarafından içeceklerin duyuşal değerlendirilmeleri göz önüne alındığında geliştirilen bu içeceğin gelincik çiçeği antosiyaninlerinden kaynaklı doğal renginin olmasına ek olarak antioksidan bileşikler içermesi nedeniyle de diğer alternatif içeceklere göre tüketilebilirliğinin yüksek olacağı düşünölmektedir.

Tablo 4. Soğuk çay örneğlerinin duyuşal özellikleri

Table 4. Sensory properties of iced tea samples

Özellikler	Soğuk Çay Örneğleri							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
Renk	2.75±1.02 ^a	3.60±1.05 ^b	4.20±1.01 ^{bc}	4.25±0.91 ^{bc}	4.75±0.44 ^c	4.90±0.31 ^c	4.50±0.76 ^c	4.30±0.86 ^{bc}
Tatlılık	2.95±0.89 ^a	3.10±0.85 ^a	3.30±1.26 ^a	3.70±0.73 ^{ab}	3.75±0.79 ^{ab}	4.30±0.86 ^b	3.20±1.01 ^a	3.10±1.02 ^a
Asitlik	2.60±1.27 ^a	3.00±1.17 ^{abc}	3.05±1.23 ^{abc}	3.55±1.05 ^{abc}	3.75±1.07 ^{bc}	4.00±1.08 ^c	2.80±1.11 ^{ab}	2.80±1.01 ^{ab}
Burukluk	3.05±1.23 ^{ab}	3.10±1.37 ^{ab}	3.15±1.18 ^{ab}	3.50±1.24 ^{ab}	4.15±0.99 ^b	4.00±1.08 ^{ab}	3.00±1.21 ^{ab}	2.95±1.15 ^a
Genel Beğeni	2.70±1.22 ^a	2.85±1.04 ^a	3.20±1.24 ^{ab}	3.55±0.89 ^{abc}	3.95±0.76 ^{bc}	4.35±0.81 ^c	3.15±0.88 ^{ab}	3.00±1.03 ^{ab}

*Tablo üzerinde bulunan değerler iki tekerrür ve iki paralelli analiz sonuçlarının ortalama ± standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Tabloda aynı satır içerisindeki farklı harfler Tukey testi sonucuna göre anlamlı farklılığı ($p < 0.05$) göstermektedir.

SONUÇ

Gelincik çiçeği ekstraktının püskürtmeli kurutucuda kuru forma dönüştürölmesi sonucu elde edilen kurutulmuş gelincik ekstraktının farklı oranlarda sakaroz ve sitrik asit ile kombine edilerek üretilen soğuk çayların fenolik madde, antioksidan aktivite, fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Kurutulmuş gelincik ekstraktı içeren soğuk çayların pastörizasyon öncesi ve sonrasında toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri karşılaştırılmış ve pastörizasyon sonrasında bu değerlerde anlamlı artışlar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Duyusal değerlendirmeler sonrasında ise 0.40 g/100 mL kurutulmuş gelincik ekstraktı, 0.25 g/100 mL sitrik asit ve 10 g/100 mL sakaroz içeren G6 nolu örneğin tüm duyuşal parametreler açısından en çok beğenilen örneğ olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada gelincik bitkisi kaynaklı antioksidan bileşikleri içeren ve duyuşal açıdan kabul edilebilirliği yüksek olan soğuk çayların karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Literatürde farklı bitkisel çay kaynaklı soğuk çaylarının üretilmesi ve özelliklerinin incelenmesi ile ilgili sınırlı sayıda çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışma ile bu sınırlı sayıdaki çalışmalar desteklenmiş ve kurutulmuş formda gelincik çiçeği ekstraktı içeren alternatif bir soğuk çay geliştirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı (1919B02005267) kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Sayed, M.D. (1980). Traditional medicine in health care. *Journal of Ethnopharmacology*, 2(1), 19-22.
- [2] Alaşalvar, H., Çam, M. (2019). Process for production of ready to drink iced teas from sage (*Salvia officinalis* L.) and linden (*Tilia cordata*): pressurized hot water extraction and spray drying. *Food Science and Biotechnology*, 28(3), 779-785.
- [3] Veiga, M., Costa, E.M., Silva, S., Pintado, M. (2020). Impact of plant extracts upon human health: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(5), 873-886.
- [4] Katarzyna, J., Karolina, J., Patrycja, K., Mateusz, B., Izabela, G. (2021). Mineral composition and antioxidant potential in the common poppy (*Papaver rhoeas* L.) petal infusions. *Biological Trace Element Research*, 199(1), 371-381.
- [5] Ekici, L. (2014). Effects of concentration methods on bioactivity and color properties of poppy (*Papaver rhoeas* L.) sorbet, a traditional Turkish beverage. *LWT - Food Science and Technology*, 56(1), 40-48.
- [6] Marsoul, A., Ijjaali, M., Oumous, I., Bennani, B., Boukir, A. (2020). Determination of polyphenol contents in *Papaver rhoeas* L. flowers extracts (Soxhlet, maceration), antioxidant and antibacterial evaluation. *Materials Today: Proceedings*, 31, 183-189.
- [7] Soulimani, R., Younos, C., Jarmouni-Idrissi, S., Bousta, D., Khalouki, F., Laila, A. (2001). Behavioral and pharmacotoxicological study of *Papaver*

- rhoeas* L. in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 74(3), 265-74.
- [8] Hakim, I.A., Weisgerber, U.M., Harris, R.B., Balentine, D., Van-Mierlo, C.A.J., Paetau-Robinson, I. (2000). Preparation, composition and consumption patterns of tea-based beverages in Arizona. *Nutrition Research*, 20(12), 1715-1724.
- [9] Malongane, F., McGaw, L.J., Mudau, F.N. (2017). The synergistic potential of various teas, herbs and therapeutic drugs in health improvement: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(14), 4679-4689.
- [10] Yu, P., Yeo, A.S.L., Low, M.Y., Zhou, W. (2014). Identifying key non-volatile compounds in ready-to-drink green tea and their impact on taste profile. *Food Chemistry*, 155, 9–16.
- [11] Del Rio, D., Calani, L., Scazzino, F., Jechiu, L., Cordero, C., Brighenti, F. (2010). Bioavailability of catechins from ready-to-drink tea. *Nutrition*, 26(5), 528-533.
- [12] Lee, S.M., Lee, H.S., Kim, K.H., Kim, K.O. (2009). Sensory characteristics and consumer acceptability of decaffeinated green teas, *Journal of Food Science*, 74(3).
- [13] De Beer, D., Joubert, E., Viljoen, M., Manley, M. (2012). Enhancing aspalathin stability in rooibos (*Aspalathus linearis*) ready-to-drink iced teas during storage: The role of nano-emulsification and beverage ingredients, citric and ascorbic acids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(2), 274-282.
- [14] Cemeroglu, B.S. (2013). Gıda Analizleri. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bizim Grup Basımevi, Ankara.
- [15] Singleton, V.L., Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- [16] Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555-559.
- [17] Singh, R.P., Chidambara Murthy, K.N., Jayaprakasha, G.K. (2002). Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 81-86.
- [18] Wrolstad, R. (1993). Color and pigment analyses in fruit products. Agricultural Experiment Station Oregon State University, Station Bulletin 624.
- [19] Amofa-Diatuo, T., Anang, D.M., Barba, F.J., Tiwari, B.K. (2017). Development of new apple beverages rich in isothiocyanates by using extracts obtained from ultrasound-treated cauliflower by-products: Evaluation of physical properties and consumer acceptance. *Journal of Food Composition and Analysis*, 61, 73-81.
- [20] Ersus, S., Yurdagel, U. (2007). Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. *Journal of Food Engineering*, 80, 805-812.
- [21] Santos, S.S., Rodrigues, L.M., Costa, S.C., Madrona, G.S. (2019). Antioxidant compounds from blackberry (*Rubus fruticosus*) pomace: Microencapsulation by spray-dryer and pH stability evaluation. *Food Packaging and Shelf Life*, 20, 100177.
- [22] Çağındı, Ö. (2016). Mikrodalga uygulamasının kırmızı üzüm suyunun antosiyanin içeriği ile bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 14(4), 356-361.
- [23] Tang, P., Giusti, M.M. (2020). Metal chelates of petunidin derivatives exhibit enhanced color and stability. *Foods*, 9(10), 1426.
- [24] Kristanti, R.A., Punbusayakul, N. (2009). Inhibitory effect of commercial Assam green tea infusion in watermelon juice. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(03), 249–255.
- [25] Özünlü, O., Ergezer, H. (2019). İnfüzyon yöntemi kullanılarak kurutulmuş enginar çanak yaprağı katkılı soğuk yeşil çay üretimi. *Akademik Gıda*, 17(4), 458-467.
- [26] Karataşoğlu, E., Demirel, E., Şahin, T., Berktaş, S., Çam, M. (2021). Kalorisi azaltılmış mor reyhan soğuk çayı üretimi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(2), 163-171.
- [27] Alaşalvar, H., Çam, M. (2020). Ready to drink iced teas from microencapsulated spearmint (*Mentha spicata* L.) and peppermint (*Mentha piperita* L.) extracts: physicochemical, bioactive and sensory characterization. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(3), 1366-1375.
- [28] Cheng, N., Barbano, D.M., Drake, M.A. (2018). Hunter versus CIE color measurement systems for analysis of milk-based beverages. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 4891-4905.
- [29] Tokuşoğlu, Ö. (2019). Aronia berry tea as antioxidant functional drink: Bioactive phenolic by HPLC-DAD and LC-ESI/QTOF-mass spectrometry. *Journal of Food Health and Technology Innovations*, 2(6), 47.
- [30] Hojjatpanah, G., Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z. (2011). Effects of heating method and conditions on the quality attributes of black mulberry (*Morus nigra*) juice concentrate. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(5), 956-962.
- [31] Mercali, G.D., Jaeschke, D.P., Tessaro, I.C., Marczak, L.D.F. (2013). Degradation kinetics of anthocyanins in acerola pulp: Comparison between ohmic and conventional heat treatment. *Food Chemistry*, 136(2), 853–857.
- [32] Işık, Ö., Akyıldız, A. (2009). Pastörizasyon sıcaklığının kozan yerlisi ve hamlin portakallarından üretilen meyve sularının kalitesi üzerine etkisi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilim Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 69-77.
- [33] Kim, S.Y., Jeong, S.M., Park, W.P., Nam, K.C., Ahn, D.U., Lee, S.C. (2006). Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts. *Food Chemistry*, 97(3), 472-479.
- [34] Jeong, S.M., Kim, S.Y., Kim, D.R., Jo, S.C., Nam, K.C., Ahn, D.U., Lee, S.C. (2004). Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), 3389-3393.

- [35] Güzel, N. (2010). Nar Suyu Konsantresi Üretim Aşamalarında Prosiyanidinlerdeki Değişimler. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [36] Viljoen, M., Muller, M., De Beer, D., Joubert, E. (2017). Identification of broad-based sensory

attributes driving consumer preference of ready-to-drink rooibos iced tea with increased aspalathin content. *South African Journal of Botany*, 110, 177-183.

Hasat Zamanı ve Lokasyona Göre Biberiyenin (*Rosmarinus officinalis*) Uçucu Yağ Bileşimi

Muharrem Gölükcü  ✉, Orçun Çınar , Haluk Tokgöz , Fatma Uysal Bayar 

Tarım ve Orman Bakanlığı, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

Geliş Tarihi (Received): 27.01.2022, Kabul Tarihi (Accepted): 01.07.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): muharrem98@yahoo.com (M. Gölükcü)

☎ 0 242 321 6797 📠 0 242 321 1512

ÖZ

Biberiyenin uçucu yağ içeriği bitkiden elde edilecek ürün kalitesi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bitkisel materyallerde uçucu yağ bileşimini etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Çalışmanın amacı bitkisel materyalin alındığı lokasyon ve hasat zamanına göre biberiye uçucu yağı bileşiminden meydana gelen değişimi belirlemektir. Çalışma kapsamında değerlendirilmeye alınan bitkisel materyaller biberiye üretiminin yaygın olduğu Akdeniz Bölgesi'nde üç farklı lokasyondan (Karaisalı, Adana; Tarsus, Mersin ve Döşemealtı, Antalya) yıl boyunca aylık olarak temin edilmiştir. Örneklerin uçucu yağ bileşimleri gaz kromatografisi-kütle spektrometresi/alev iyonizasyon dedektörü (GC-MS/FID) cihazı ile kapiler kolon kullanılarak analiz edilmiştir. Biberiye uçucu yağının ana bileşenleri 1,8-sineol, kamfor, α -pinen, borneol ve α -terpineol olarak tespit edilmiştir. Araştırma bulguları örneklerin uçucu yağ miktar ve bileşimi üzerine lokasyon ve hasat zamanının istatistiksel olarak önemli etkisi olduğunu göstermiştir. Lokasyon bazında bir değerlendirme yapıldığında Adana ve Mersin örneklerinde uçucu yağ bileşimleri benzerlik göstermiş ve ana bileşen olan 1,8-sineol oranı sırasıyla %52.56-58.26 ve %54.76-61.54 aralığında değişim göstermiş, Antalya lokasyonundan temin edilen örnekte ise kamfor (%16.31-21.11), 1,8-sineol (%15.00-16.95), α -pinen (%14.38-17.88), verbenon (%10.94-13.57) ve borneol (%9.04-12.19) bileşenleri öne çıkmıştır. Hasat zamanına göre de biberiye uçucu yağ bileşimde farklılıklar oluşmuş, ancak lokasyonlar arasındaki farklılığa göre bu değişim daha dar bir aralıkta olmuştur. Sonuç olarak biberiye uçucu yağında lokasyon ve hasat zamanına göre farklılıklar oluşabileceği dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: *Rosmarinus officinalis*, Uçucu yağ, Hasat zamanı, 1,8-sineol

Essential Oil Composition of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) with Respect to Location and Harvesting Time

ABSTRACT

Essential oil composition of rosemary plays a decisive role on product quality. There are many parameters which can influence the herbal plants' essential oil composition. It was aimed to determine the effect of location and harvesting time on essential oil composition of rosemary. The herbal materials evaluated within the scope of the study were harvested monthly from three different locations (Karaisalı in Adana, Tarsus in Mersin and Döşemealtı in Antalya) throughout the year in the Mediterranean Region, where rosemary production is common in Turkey. Essential oil composition of samples was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry/flame ionisation dedector (GC-MS/FID) device equipped with capillary column. The main components of rosemary essential oil were determined as 1,8-cineol, camphor, α -pinene, borneol and α -terpineol. Essential oil composition of samples was influenced significantly by their location and harvesting time. The essential oil compositions in the samples obtained from Adana and Mersin were similar and the ratio of 1,8-cineol, which was the main component, varied between 52.56 and 58.26% and between 54.76 and 61.54%, respectively. On the other hand, main components were camphor (16.31-

21.11%), 1,8-cineol (15.00-16.95%), α -pinene (14.38-17.88%), verbenone (10.94-13.57%) and borneol (9.04-12.19%) for Antalya location samples' essential oil. There were also statistically important differences in the composition of rosemary essential oil according to harvesting time, but the range of this variation was narrow in comparison to locations. Results indicated that in essential oil production it should be taken into account that there might be differences in rosemary essential oil composition according to location and harvesting time.

Keywords: *Rosmarinus officinalis*, essential oil, harvesting time, 1,8-cineol

GİRİŞ

Beyaz püren, hasalban, kuşdili gibi isimlerle bilinen biberiye özellikle Akdeniz Bölgesi'nde doğal olarak yetişmektedir. *Labiatae* (*Lamiaceae*) familyasında, herdem yeşil, çok yıllık ve güçlü aromaya sahip olan biberiye ülkemizde doğal yayılış gösterdiği alanlardan toplanmak suretiyle değerlendirilmektedir. Biberiye taze veya kurutulmuş formda baharat olarak kullanılmasının yanında, uçucu yağ ve antioksidan madde üretimi gibi alanlarda kullanılabilir [1-4].

Biberiye dünyanın birçok bölgesinde yetiştirilmektedir. Bitki İspanya, Yunanistan, İtalya, Fransa, Cezayir ve Fas'ta kültüre alınmıştır [5]. Biberiye uçucu yağının antifungal, antioksidan, antimutajenik ve sitotoksik aktiviteleri bulunmaktadır. Ayrıca analjezik, antienflamatuvar ve antitümör aktivitelere de sahip olduğu kanıtlanmıştır [6, 7]. Farklı ülkelerin ekolojilerin koşulları bitki materyallerinin kimyasal profilini etkileyebilmektedir. Hasat zamanı da elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşimleri üzerinde etkili olabilmekte, bu da uçucu yağların biyolojik aktivitelerinde mevsimlere göre değişiklik olabileceğini göstermektedir [8]. Çeşitli faktörlere göre biberiye uçucu yağ miktar ve bileşimi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Örnekleme yapıldığı yer ve hasat zamanına göre biberiye uçucu yağ bileşiminde önemli farklılıklar olabileceği yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Elamrani ve ark. [9] Fas'ta yaptıkları çalışmada 3 farklı bölgeden toplam 30 biberiye örneği toplamış ve örneklerin uçucu yağ bileşenlerini kromatografik olarak analiz etmişlerdir. Ana uçucu yağ bileşenleri olarak 1,8-sineol (%41.2-63.3), kamfor (%7.6-18.9) ve α -pinen (%2.2-9.2) belirlenmiştir. Haida ve ark. [10] tarafından yapılan çalışmada da biberiyenin uçucu yağ bileşenlerini incelenmiştir. Çalışma sonucunda, uçucu yağ ana bileşenleri olarak α -pinen (%30.78), kamfor (%9.54) ve verbenon (%9.38) tespit edilmiştir. Hannour ve ark. [11] tarafında yürütülen çalışmada ise biberiye uçucu yağ ana bileşenleri 1,8-sineol (%17.00-46.23), kamfor (%17.29-21.33) ve borneol (%4.75-6.84) olarak tespit edilmiştir. Türkiye'de yürütülen çalışmalarda da bu anlamda bazı farklılıkların olduğu ortaya konulmuştur [12-16]. Biberiye uçucu yağı için karakteristik bir bileşen olan 1,8-sineol'ün anti-enflamatuvar, antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerine sahip olduğu bildirilmiştir. Bu amaçla enflamatuvar kaynaklı hastalıklarda ilk tedavi işlemlerinde kullanımı bulunmaktadır. Aynı zamanda bu bileşenin astım, bronşit ve sinüzit gibi hastalıkların tedavilerinde kullanımı bulunmaktadır [17]. Biberiye yağı bileşiminde önemli olan kamfor antiseptik, analjezik, kaşıntı önleyici ve tahriş önleyici olarak kullanılmaktadır. Özellikle topikal preparatlarda geniş bir tıbbi kullanımı bulunmaktadır [18]. Biberiye yağında oransal olarak

yüksek düzeyde olan α -pinen ise antibiyotik direnç düzenleyici, antikoagülant, antitümör, antimikrobiyal, antioksidan, anti-enflamatuvar ve analjezik etkiler gibi birçok farmakolojik etkiye sahiptir [19]. Yine biberiye yağının bileşiminde önemli yer tutan borneol sağlık açısından önemli fonksiyonlara sahip olup birçok geleneksel ilaç formülasyonunda uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Borneolün anti-enflamatuvar, antioksidan ve anti-epilepsi gibi sinir koruyucu etkilerine sahip olduğu birçok çalışma ile kanıtlanmıştır [20].

Ülkemizde biberiyenin uçucu yağ bileşimi üzerine bazı çalışmalar bulunmakla beraber biberiyenin doğal yayılışının yaygın olduğu Akdeniz Bölgesi'nde lokasyon ve belirli aralıklarda hasat zamanlarına göre uçucu yağ bileşimi üzerine yapılmış detaylı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışma kapsamında ülkemizde biberiyenin doğal yayılış alanı olan Akdeniz Bölgesi'nde lokasyonlara ve bitkinin hasat zamanına göre uçucu yağ miktar ve bileşimindeki değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Biberiye bitki örnekleri, bitkinin doğal yayılış alanı olan üç farklı lokasyondan (Adana-Karaisalı (37° 07' 52" K; 35° 08' 75" D) Mersin-Tarsus (36° 58' 05" K; 34° 48' 30" D) ve Antalya-Döşemealtı (36° 58' 53" K; 30° 40' 35" D)) toplanmıştır. Bitkisel materyallerde örnekleme 24 ay süreyle (Eylül 2017-Ağustos 2019) her ay hasat yapılacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bitkisel materyallerde hasat, vejetasyon gelişim süresi tamamlanmış bitkilerden, yerden ortalama 20 cm yükseklikten olacak şekilde herbal kısmı kesilerek yapılmıştır. Daha sonra toplanan örnekler analiz işlemlerini gerçekleştirmek için Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Merkezi Laboratuvarı'na getirilmiştir.

Metot

Uçucu Yağ Miktar Analizi

Laboratuvara getirilen örnekler analizler öncesinde materyallerin nem oranı %10 seviyesine gelinceye kadar hava sirkülasyonlu (7.272 m³/saat) fırında (Venticell-404 Standard, MMM group, Almanya) 45°C sıcaklıkta kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Örneklerin uçucu yağ miktar analizleri Klevenger düzeneğinde (Isotex, 98-IV-B, Çin) hidrodistilasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir [21].

Uçucu Yağ Bileşen Analizi

Elde edilen uçucu yağ örneklerinin uçucu yağ bileşim analizini yapmak için öncelikle yağlar 1:100 oranında hekzan ile seyreltilmiştir. Örneklerin uçucu yağ bileşen analizi gaz kromatografisi (Agilent 7890A)-kütle spektrometresi (Agilent 5975C)/alev iyonizasyonu dedektörü (GC-MS/FID) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak yüksek saflıkta helyum kullanılmış, gaz akış hızı 0.8 mL/dk. olarak ayarlanmıştır. Hekzan ile seyreltilmiş uçucu yağ örnekleri 250°C'ye ayarlanmış cihaz enjeksiyon bloğuna 1 µL olarak 40:1 split oranı ile enjekte edilmiştir. Analizlerde kapiler kolon (HP InnowaxCapillary; 60,0 m x 0,25 mm x 0,25 µm) kullanılmış olup, kolon sıcaklık programı 60°C (10 dk.), 60°C'den 220°C'ye 4°C/dk. ve 220°C (10 dk.) olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu program doğrultusunda toplam analiz süresi 60 dakika olmuştur. Kütle dedektörü için tarama aralığı (m/z) 35-450 atomik kütle ünitesi ve elektron bombardımanı iyonizasyonu 70 eV kullanılmıştır, uçucu yağın bileşenlerinin teşhisinde ise WILEY7 ve OIL ADAMS kütüphanelerinin verileri esas alınmıştır. Sonuçların bileşen yüzdeleri FID dedektör kullanılarak, bileşenlerin teşhisi ise MS dedektör kullanılarak yapılmıştır [22].

İstatistiksel Analiz

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir [23]. Analizler de iki paralelli olarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar SAS paket programı kullanılarak istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Analiz çalışmaları kurutulmuş bitkisel materyal (yaprak) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulguların değerlendirilmesinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmış ve sonuçlar ortalama±standart sapma (SS) şeklinde rapor edilmiştir ($p<0.05$).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Biberiyenin uçucu yağ miktarı lokasyon ve hasat zamanına göre farklılıklar göstermiştir (Tablo 1). Adana lokasyonundan temin edilen örneğin uçucu yağ içeriği en yüksek olmuş bunu Mersin ve Antalya örnekleri takip etmiştir. Hasat dönemlerine göre de biberiye uçucu yağ miktarlarında farklılıklar olduğu görülmektedir. Uçucu yağ içeriği üç lokasyon için ortalama en yüksek (%1.87) örnek Temmuz ayında hasat edilen örnekler olmuş, bunu Mayıs, Haziran ayında hasat edilen örnekler takip etmiştir. En düşük değer ise %1.18 ile Şubat ayında hasat edilen örnekte tespit edilmiştir.

Tablo 1. Biberiye örneklerinin hasat zamanı ve lokasyonlara göre uçucu yağ miktarlarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ortalama±SS).

Table 1. Duncan multiple comparison test results of essential oils content of rosemary according to location and harvesting time (mean±SD)

Parametre	Seviye	Uçucu Yağ Miktarı (%)
Lokasyon*	Adana	2.02±0.279 ^A
	Mersin	1.70±0.430 ^B
	Antalya	0.96±0.197 ^C
Hasat zamanı**	Eylül	1.41±0.614 ^{ed}
	Ekim	1.66±0.489 ^{abc}
	Kasım	1.47±0.488 ^{cde}
	Aralık	1.63±0.538 ^{bcd}
	Ocak	1.29±0.413 ^{ef}
	Şubat	1.18±0.422 ^f
	Mart	1.61±0.562 ^{bcd}
	Nisan	1.61±0.684 ^{bcd}
	Mayıs	1.76±0.585 ^{ab}
	Haziran	1.74±0.577 ^{ab}
Temmuz	1.87±0.529 ^a	
Ağustos	1.49±0.429 ^{cde}	

*: Farklı harfler lokasyona göre ortalamalar arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir. **: Farklı harfler hasat zamanına göre ortalamalar arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir.

**: Different letters indicate significant difference between the mean according to location at $p < 0.05$ level. **: Different letters indicate significant difference between the mean according to harvesting time at $p < 0.05$ level.*

Uçucu yağların kullanım alanları ve etkinliği üzerinde bileşimi belirleyici rol oynamaktadır. Araştırmada analiz edilen biberiye örneklerin lokasyon ve hasat zamanına göre uçucu yağ bileşim değişim aralıkları Tablo 2'de verilmiştir. Örnekleme yapıldığı üç lokasyondan birisi olan Adana-Karaisalı ve Mersin-Tarsus

lokasyonlarından temin edilen örneklerin uçucu yağ bileşiminde uygulanan analiz parametrelerine göre 15 farklı bileşen tespit edilmiştir. Antalya-Döşemealtı lokasyonundan alınan örneklerin uçucu yağ bileşiminde ise 14 farklı bileşenin tanımlaması yapılmıştır. Biberiye yağının ana bileşenlerini ilk iki lokasyon için 1,8-sineol,

α -pinen, kamfor, borneol, α -terpineol ve kamfen oluşturmaktadır. Batı Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Antalya-Döşemealtı'ndan alınan örneklerde ise oransal olarak yüksek olan bileşenler sırasıyla kamfor, α -pinen, 1,8-sineol, verbenon ve borneol olmuştur. Bu

bileşenlerden 1,8-sineol Adana-Karaisalı lokasyon için %52.56-58.26, Mersin-Tarsus lokasyonu için %54.76-61.54 aralığında dağılım gösterirken, Antalya-Döşemealtı lokasyonundan temin edilen örneklerde %15.00-16.95 aralığında dağılım göstermiştir.

Tablo 2. Lokasyon ve hasat zamanlarına göre biberiyelerin uçucu yağ bileşimleri (%)

Table 2. Essential oil compositions of rosemary by location and harvest time (%)

Bileşen	RI*	RI**	Adana	Mersin	Antalya
α -pinen	1024	1025	9.07-10.35	7.94-10.79	14.38-17.88
Kamfen	1068	1069	2.52-3.21	2.72-3.86	3.71-4.32
β -pinen	1111	1110	1.26-5.84	1.39-6.27	te
δ -3-karen	1153	1147	te	te	1.16-1.72
β -mirsen	1165	1161	1.19-1.60	1.30-2.27	te
α -terpinen	1182	1178	0.56-0.74	0.49-0.75	te
Limonen	1202	1198	2.11-2.35	1.87-2.58	3.77-4.40
1,8-sineol	1214	1211	52.56-58.26	54.76-61.54	15.00-16.95
γ -terpinen	1248	1245	0.51-1.46	0.61-1.36	te
Simen	1274	1270	0.92-2.35	0.94-2.60	1.15-2.39
Kamfor	1533	1515	8.22-13.60	2.29-3.62	16.31-21.11
Linalool	1556	1543	te	te	3.68-5.23
3-pinanon	1571	-	te	te	1.62-2.97
Bornil asetat	1591	1579	0.59-1.64	0.89-3.10	te
Terpinen-4-ol	1613	1601	2.18-3.83	1.84-4.62	1.48-2.85
δ -terpineol	1679	1679	0.60-0.81	0.73-0.86	te
α -terpineol	1704	1694	3.90-4.64	3.89-4.93	2.22-2.69
Borneol	1709	1700	2.65-3.72	4.37-9.03	9.04-12.19
Verbenon	1730	1721	te	te	10.94-13.57
Kalamenen	1855	1835	te	te	1.39-1.97
Tanımlanamayan			-	-	1.33-2.59

te: tespit edilemedi. * Analiz şartlarında alkan serisi kullanılarak hesaplanmış alıkonma indisi değerleridir. ** Çalışmada kullanılan kolon ile aynı özelliklere sahip kolon için alıkonma indisine ait literatür değerleridir [24].

te: not detected. * Values calculated using alkane series under analysis conditions. ** Literature values for the column with the same characteristics as the column used in the study [23].

Diğer iki lokasyona göre Antalya-Döşemealtı'ndan temin edilen örnekte tespit edilen kamfor oranı oldukça yüksek düzeyde olup hasat zamanına bağlı olarak %16.31-21.11 aralığında dağılım göstermiştir. Bu bölge örneklerinden hidrodistilasyon yoluyla elde edilen uçucu yağlarının bir diğer belirgin farklılığı verbenon olmuştur. Diğer iki bölge örneğinde tespit edilemeyen verbenon oranı Antalya-Döşemealtı örneklerinde hasat zamanına bağlı olarak %10.94-13.57 aralığında değişim göstermiştir. Bu farklılıkların bitki kemotip farklılığı yanında iklim, toprak, yükselti, hasat zamanı farklılığı gibi pek çok faktörden ileri gelebileceği düşünülmektedir. Alipour ve Saharkhiz [25] üç farklı zamanda alınan biberiye örneklerinde uçucu yağ bileşen oranlarını belirlemiştir. Ana bileşenler çalışmamız kapsamında Antalya-Döşemealtı bölgesinden alınan örneklerde tespit edilen bileşenler ile benzer şekilde α -pinen, kamfor, 1,8-sineol, borneol ve verbenon olarak tespit edilmiştir. Araştırmacıların elde ettiği sonuçlara göre verbenon oranı %6.0-8.0 arasında değişim göstermiş olup, bu veriler Antalya-Döşemealtı bölgesinden alınan örneklerde tespit edilen verbenon oranının yaklaşık yarısı kadardır. Diğer bileşen oranlarında da çalışma bulgularımızdan bazı farklılıkların olduğu görülmüştür. Bu farklılıklar başta materyalin özellikleri olmak üzere alındığı bölge, iklimsel farklılıklar gibi birçok faktörden ileri gelebilmektedir. Farklı araştırmalardan elde edilen ana bileşen oranlarındaki farklılık, kemotip farklılığı ile açıklanabilir. Nitekim, Elamrani ve ark. [9], yaptıkları

çalışmada biberiyeyi uçucu yağ bileşenlerine göre α -pinen, kamfor ve 1,8-sineol olmak üzere üç farklı kemotip olarak sınıflandırmışlardır.

Çalışma kapsamında üç farklı lokasyondan aylık olarak iki yıl boyunca temin edilen örneklerin uçucu yağlarının bileşiminde üç lokasyon bazında önemli yer tutan 1,8-sineol, α -pinen, kamfor ve borneol bileşenleri lokasyon, hasat zamanı ve lokasyonXhasat zamanı interaksyonuna göre istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Örneklerin 1,8-sineol oranlarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Örneklerin uçucu yağ bileşiminde yer alan 1,8-sineol içeriği üzerine başta lokasyon olmak üzere hasat zamanı ve lokasyonXhasat zamanı interaksyonunun önemli etkisi olmuştur ($p < 0.05$). Lokasyonlara göre değerlendirme yapıldığında 1,8-sineol içeriği en yüksek lokasyon %58.18 ile Mersin-Tarsus bölgesi olmuştur. Örneklemenin yapıldığı lokasyonların en doğusunda yer alan Adana-Karaisalı için bu bileşenin ortalama değeri %54.71 iken, Batı Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Antalya Döşemealtı için %15.95 düzeyinde kalmıştır. Üç lokasyonun ortalama değerleri üzerinden belirlenen hasat zamanına göre bu bileşenin değişimi daha dar bir aralıkta dağılım göstermiştir. Nitekim lokasyonXhasat zamanı interaksyonunun istatistiksel olarak önemli olması göz önüne alındığında da her üç lokasyon içinde de bu varyasyonun kısmen düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Biberiye uçucu yağlarının hasat zamanı ve lokasyonlara göre 1,8-sineol içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ortalama±SS)

Table 3. Duncan multiple comparison test results of 1,8-cineol contents of rosemary essential oils according to harvest time and location (mean±SD)

Hasat zamanı	Adana	Mersin	Antalya	Ortalama*
Eylül	54.71±2.183 ^{e-h} ***	60.57±1.189 ^{ab}	15.00±1.191 ⁱ	43.43±21.19 ^B
Ekim	54.15±4.918 ^{gh}	59.14±1.180 ^{abc}	16.68±2.408 ⁱ	43.32±20.01 ^{BC}
Kasım	58.26±3.636 ^{bcd}	61.52±2.341 ^a	15.43±1.014 ⁱ	45.07±22.06 ^A
Aralık	58.08±3.934 ^{bcd}	61.54±1.246 ^a	15.70±1.411 ⁱ	45.11±21.89 ^A
Ocak	55.47±3.363 ^{d-h}	57.64±1.050 ^{b-e}	15.40±1.053 ⁱ	42.83±20.37 ^{BC}
Şubat	53.88±2.425 ^{gh}	56.04±0.789 ^{c-g}	15.89±1.825 ⁱ	41.93±19.33 ^{BC}
Mart	53.73±1.457 ^{gh}	54.76±1.288 ^{e-h}	16.26±1.250 ⁱ	41.58±18.75 ^C
Nisan	54.09±1.033 ^{gh}	56.74±2.227 ^{c-f}	15.09±1.358 ⁱ	41.97±19.94 ^{BC}
Mayıs	52.56±1.186 ^h	58.55±1.289 ^{bcd}	16.20±1.321 ⁱ	42.44±19.58 ^{BC}
Haziran	52.96±1.331 ^{gh}	58.22±1.071 ^{bcd}	16.17±1.086 ⁱ	42.45±19.56 ^{BC}
Temmuz	53.75±1.196 ^{gh}	56.27±1.444 ^{c-f}	16.95±1.465 ⁱ	42.32±18.81 ^{BC}
Ağustos	54.88±1.180 ^{e-h}	56.22±0.845 ^{c-f}	16.69±0.750 ⁱ	42.60±19.16 ^{BC}
Ortalama**	54.71±2.897 ^B	58.18±2.494 ^A	15.95±1.379 ^C	

*: Farklı harfler hasat zamanına göre ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir.

: Farklı harfler lokasyona göre ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir. *: Farklı harfler lokasyonXhasat zamanı interaksyonuna göre ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir.

*: Different letters indicate significant difference between the mean according to harvest time at p <0.05 level.

: Different letters indicate significant difference between the mean according to location at p <0.05 level. *: Different letters indicate significant difference between the mean for locationXharvest time interaction at p <0.05 level.

Yapılan birçok çalışmada ana bileşen olarak tespit edilen 1,8-sineol oranı Başkaya ve ark. [14] tarafından yürütülen çalışmada kasım, mart, nisan aylarında %13.83-16.13 arasında tespit edilirken, Dıraz Yıldırım [26] tarafından yürütülen çalışmada dört farklı mevsimde %41,25-45,96 aralığında tespit edilmiştir. Gülbaba ve ark. [2] tarafından yürütülen çalışmada ise nisan, temmuz ve ekim aylarında, biberiye uçucu yağında en yüksek 1,8-sineol oranı %56.4 olarak nisan ayında alınan örnekte tespit edilmiştir. Adana-Karaisalı ve Tarsus-Mersin lokasyonunda belirlenen 1,8-sineol oranları, Gülbaba ve ark. [2]'nin elde ettiği değerler ile örtüşmektedir. Dıraz Yıldırım [26] tarafından belirlenen 1,8-sineol oranlarına göre ise bu iki bölge örneklerinin değerleri kısmen daha yüksek olmuştur. Antalya Döşemealtı bölgesinden alınan örnekte belirlenen 1,8-sineol oranları ile de Başkaya ve ark. [14] tarafından elde edilen 1,8-sineol oranları benzerlik göstermiştir. Hasat zamanına göre 1,8-sineol'ün oransal değişimi, Başkaya ve ark. [14] ve Dıraz Yıldırım [26] tarafından yürütülen çalışmada olduğu gibi mevsimsel olarak dar bir aralıkta değişim göstermiştir. Araştırma bulguları ile literatür verileri arasındaki farklılık ise biberiye uçucu yağlarında çeşitli faktörlere bağlı olarak önemli varyasyonun olabileceğini göstermektedir.

Uçucu yağların kalitesinde önemli olan bileşenlerden bir diğeri de kamfor bileşenidir. Araştırma kapsamında analiz edilen örneklerin kamfor içeriklerinin lokasyon, hasat zamanı ve lokasyonXhasat zamanı interaksyonuna ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Örneklerin kamfor içerikleri üzerine lokasyon ve hasat zamanının etkisi istatistiksel olarak önemli olurken, lokasyonXhasat zamanı interaksyonunun etkisi önemsiz

düzeyde kalmıştır. Örnekleme yapıldığı lokasyonlara göre bir değerlendirme yapıldığında kamfor içeriği bakımından istatistiksel farklılığın yanında rakamsal olarak da önemli farklılıklar olduğu görülecektir. Kamfor içeriği %18.57 ile en yüksek Antalya-Döşemealtı lokasyonundan alınan biberiye örneklerine ait uçucu yağda tespit edilmiştir. Bu lokasyonu %10.39 ile Adana-Karaisalı ve %2.80 ile de Mersin-Tarsus takip etmiştir. Antalya-Döşemealtı lokasyonundan temin edilen örneğin ortalama kamfor içeriği Mersin-Tarsus lokasyonundan temin edilen örneğin kamfor içeriğinden 6.63 kat, Adana-Karaisalı bölgesinden alınan örneğin kamfor içeriğinden de 1.79 kat fazladır. Hasat zamanlarına göre bir değerlendirme yapıldığında da örneklerin kamfor içeriklerinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Ortalama değerler üzerinden durum incelendiğinde örneklerin kamfor içeriğinin %9.13 ile %12.12 aralığında dağılım gösterdiği görülecektir. Mevcut veriler üzerinden değerlendirme yapıldığında, örnekleme yapıldığı lokasyon ve hasat zamanlarına göre kamfor açısından oldukça farklı ürünler elde edilebileceği görülmektedir. Yapılan diğer çalışmalarda da mevcut çalışma ile benzer şekilde kamfor oranı açısından önemli farklılıklar olduğu ortaya konulmuştur. Bu farklılıkların özellikle kemotip farklılığı olmak üzere, bitkinin alındığı bölgenin yükseltisi, toprak ve iklim özellikleri gibi farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Chalchat ve ark. [27] Fas, İspanya ve Fransa menşeli biberiye örneklerinde kamfor oranını %3.0-20.7 arasında tespit ederken, Derwich ve ark. [28] %6.02, Elamrani ve ark. [9] %7.6-18.9, Haida ve ark. [10] %9.54, Atak ve ark. [13] %19.45, Mendoza-Garcia ve ark. [29] %24.05 olarak tespit etmişlerdir. Frescura ve ark. [30] kasım ve şubat aylarında kamfor oranını %23.05 ve %21.33 olarak belirlemişlerdir.

Tablo 4. Biberiye uçucu yağlarının hasat zamanı ve lokasyonlara göre kamfor içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ortalama±SS)

Table 4. Duncan multiple comparison test results of camphor contents of rosemary essential oils according to harvest time and location (mean±SD)

Hasat zamanı	Adana	Mersin	Antalya	Ortalama*
Eylül	13.60±3.724	3.09±0.355	19.68±1.770	12.12±7.48 ^A
Ekim	12.56±3.677	2.79±0.267	18.74±1.377	11.36±7.16 ^{ABC}
Kasım	9.02±1.306	3.47±0.969	20.06±4.260	10.85±7.58 ^{A-D}
Aralık	9.87±2.275	3.20±2.648	19.20±1.637	10.76±7.14 ^{A-D}
Ocak	10.26±1.748	2.42±0.308	18.08±1.270	10.25±6.78 ^{B-E}
Şubat	10.64±1.691	2.33±0.586	18.21±1.460	10.39±6.88 ^{B-E}
Mart	9.17±0.737	2.59±0.314	16.31±2.287	9.35±5.99 ^{DE}
Nisan	8.22±1.455	2.36±0.282	16.81±1.609	9.13±6.30 ^E
Mayıs	10.05±1.300	2.36±0.153	17.50±1.594	9.97±6.54 ^{CDE}
Haziran	9.95±1.212	2.29±0.197	17.23±1.282	9.82±6.44 ^{CDE}
Temmuz	10.63±1.386	3.06±0.413	19.93±1.563	11.21±7.29 ^{ABC}
Ağustos	10.71±0.781	3.62±0.432	21.11±1.306	11.81±7.55 ^{AB}
Ortalama**	10.39±2.266 ^B	2.80±0.893 ^C	18.57±2.222 ^A	

*: Farklı harfler hasat zamanına göre ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir. **: Farklı harfler lokasyona göre ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir.

**: Different letters indicate significant difference between the mean according to harvest time at p <0.05 level. **: Different letters indicate significant difference between the mean according to location at p <0.05 level.*

Diab ve ark. [31] mart, mayıs, temmuz ve kasım aylarında kamfor oranlarını sırasıyla; %2.1, %2.1, %1.6, %1.9 olarak bulmuşlardır. Gülbaba ve ark. [2] ise, temmuz ayında kamfor oranını %3.2-12.0 arasında tespit etmişlerdir. Çalışmamızda Antalya Döşemealtı bölgesinde belirlenen kamfor oranları ile Frescura ve ark. [30] tarafından elde edilen kamfor oranı benzerlik gösterirken, Adana-Karaisalı ve Mersin-Tarsus bölgesinde belirlenen kamfor oranları ile Diab ve ark.

[31] ve Gülbaba ve ark. [2] tarafından elde edilen kamfor oranları benzerlik göstermektedir.

Araştırma kapsamında analiz edilen örneklerin uçucu yağlarının bileşiminde oransal olarak önemli yer tutan α -pinen monoterpen yapıda olup, birçok bitkinci uçucu yağlarında bulunmaktadır. Örneklerin α -pinen içeriklerinin lokasyon, hasat zamanı ve lokasyonXhasat zamanı interaksyonuna ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Biberiye uçucu yağlarının hasat zamanı ve lokasyonlara göre α -pinen içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ortalama±SS)

Table 5. Duncan multiple comparison test results of α -pinene contents of rosemary essential oils according to harvest time and location (mean±SD)

Hasat zamanı	Adana	Mersin	Antalya	Ortalama*
Eylül	9.07±0.687 ^{efg} ***	7.94±1.079 ^g	14.38±1.474 ^d	10.46±3.105 ^B
Ekim	9.48±0.821 ^{efg}	9.08±0.574 ^{efg}	14.58±1.608 ^d	11.05±2.797 ^{AB}
Kasım	10.02±1.300 ^{ef}	8.86±0.696 ^{efg}	14.90±3.795 ^d	11.26±3.464 ^{AB}
Aralık	9.91±0.867 ^{efg}	8.53±0.717 ^{fg}	15.87±0.941 ^{bcd}	11.43±3.414 ^{AB}
Ocak	10.09±0.843 ^{ef}	9.60±0.747 ^{efg}	15.87±0.952 ^{bcd}	11.85±3.074 ^A
Şubat	10.13±0.972 ^{ef}	9.90±0.902 ^{efg}	15.99±1.890 ^{bcd}	12.01±3.182 ^A
Mart	9.27±0.938 ^{efg}	8.71±0.483 ^{fg}	17.88±1.680 ^a	11.95±4.504 ^A
Nisan	9.51±0.704 ^{efg}	9.24±0.390 ^{efg}	17.67±0.840 ^{ab}	12.14±4.129 ^A
Mayıs	9.74±1.054 ^{efg}	8.67±0.389 ^{fg}	17.01±1.076 ^{abc}	11.81±3.954 ^A
Haziran	9.64±0.961 ^{efg}	8.67±0.555 ^{fg}	17.40±0.959 ^{abc}	11.90±4.150 ^A
Temmuz	9.74±0.872 ^{efg}	10.43±1.263 ^{ef}	15.62±0.795 ^{cd}	11.93±2.886 ^A
Ağustos	10.35±0.349 ^{ef}	10.79±0.649 ^e	14.91±0.864 ^d	12.02±2.227 ^A
Ortalama**	9.74±0.861 ^B	9.20±1.040 ^C	16.01±1.847 ^A	

*: Farklı harfler hasat zamanına göre ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir.

** : Farklı harfler lokasyona göre ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir.

***: Farklı harfler lokasyonXhasat zamanı interaksyonuna göre ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir.

**: Different letters indicate significant difference between the mean according to harvest time at p <0.05 level.*

*** : Different letters indicate significant difference between the mean according to location at p <0.05 level.*

****: Different letters indicate significant difference between the mean for locationXharvest time interaction at p <0.05 level*

Örneklerin α -pinen içerikleri üzerine lokasyon, hasat zamanı lokasyonXhasat zamanı interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Lokasyonlara

göre bir değerlendirme yapıldığında, α -pinen içeriği Antalya-Döşemealtı lokasyonundan alınan örneklerde diğer iki lokasyona göre oldukça yüksek bulunmuştur.

Adana-Karaisalı ile Mersin-Tarsus lokasyonlarından alınan örneklerin α -pinen içerikleri arasındaki fark bu anlamda oldukça düşüktür. Üç lokasyondan yapılan örneklemelerin ortalama değerlerine göre hasat zamanının α -pinen içeriği üzerine etkisine bakıldığında oransal olarak küçük farklılıklar olduğu görülecektir. LokasyonXhasat zamanı interaksyonu üzerinden bir değerlendirme yapıldığında da Adana-Karaisalı ile Mersin-Tarsus lokasyonlarından alınan örneklerin uçucu yağ bileşiminde en yüksek α -pinen içeriği Ağustos ayında alınan örneklerde tespit edilmiştir. Antalya-Döşemealtı lokasyonundan alınan örnekte ise α -pinen, Mart ayında alınan örnekte en yüksek düzeyde bulunmuş olup bu değer aynı zamanda örneklerin tamamı içinde de en yüksektir. En düşük değer ise Mersin-Tarsus lokasyonundan eylül ayı içerisinde alınan örnekte tespit edilmiştir.

Literatür bilgilerine göre α -pinen oranı biberiyede geniş bir dağılım gösterebilmektedir. Diab vd. [31] farklı aylarda hasat ettiği bitki örneklerinde en yüksek α -pinen oranını %39.0 ile mart ayında tespit ederken, Bouteketjiret vd. [32] en düşük α -pinen oranını %3.4 olarak tespit etmişlerdir. Harmankaya ve Vatansever [15] biberiye için α -pinen oranını %16.71, Satyal ve ark. [33] %13.5-37.7, Mendoza-Garcia ve ark. [29] %12.13, Barakat ve Ghazal [34] %10.16, Hcini ve ark. [35] %8.58-9.32, Hay ve ark. [36] %8.5-10.2 ve Chalchat ve ark. [27] de %7.2-35.0 olarak belirlemişlerdir. Yürütülen çalışmada elde edilen ortalama α -pinen oranları (%7.94-17.88) yukarıdaki çalışmalar ile kısmi olarak uyum içerisinde.

Çalışma kapsamında analiz edilen biberiye örneklerin uçucu yağlarının bileşiminde oransal olarak önemli yer tutan borneol yüksek oranda yağda çözünebilir bisiklik terpen yapısındadır. Örneklerin içeriklerinin lokasyon, hasat zamanı ve lokasyonXhasat zamanı

interaksiyonuna ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Araştırma kapsamında Adana, Mersin ve Antalya olmak üzere üç farklı lokasyondan aylık olarak iki yıl süre ile alınan örneklerin borneol içerikleri üzerine lokasyon, hasat zamanı ve lokasyonXhasat zamanı interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. İstatistiksel olarak etkisi önemli olan lokasyonlara göre bir değerlendirme yapıldığında borneol içeriği en yüksek örneğin alındığı lokasyon %10.57 ortalama değeri ile Antalya-Döşemealtı olmuş bunu Mersin-Tarsus (%6.04) ve Adana-Karaisalı lokasyonu (%3.12) takip etmiştir. Hasat zamanlarına göre değerlendirme yapıldığında dönemlere göre örneklerin borneol içerikleri arasında farklılıklar olduğu görülecektir. Ancak bu farklılıkların lokasyonlara göre daha dar bir aralıkta olduğu görülmektedir. Bu da örneklerin borneol içeriği üzerinde lokasyonun hasat zamanına göre daha belirleyici etkisi olduğunu göstermektedir. LokasyonXhasat zamanı interaksyonuna göre bir değerlendirme yapıldığında da örneklerin borneol içeriklerinin en düşük %2.65 ile Adana-Karaisalı lokasyonundan temmuz ayında alınan örnekte tespit edildiği görülecektir. En yüksek borneol içeriği ise %12.19 ile Antalya-Döşemealtı lokasyonundan kasım ayında alınan örnekte tespit edilmiştir. Birçok araştırmacı bölge ve hasat zamanının biberiyenin uçucu yağ bileşimi üzerine etkisi konu alan araştırmalar yürütmüşlerdir. Başkaya ve ark. [14] Hatay şartlarında, herba uçucu yağında en yüksek borneol oranını %20.45 ile kasım ayında belirlemiştir. Bu gibi farklılıkların bitkinin genetik özellikleri yanında bölgenin coğrafi yapısı, toprak özellikleri, iklim yapısı gibi faktörlerin yanında hasat zamanı gibi farklılıklardan ileri gelebileceği düşünülmektedir. Hasat zamanına göre bitki fizyolojik yapısında önemli değişimlerin olacağı ortadadır.

Tablo 6. Biberiye uçucu yağlarının hasat zamanı ve lokasyonlara göre borneol içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ortalama \pm SS)

Table 6. Duncan multiple comparison test results of borneol contents of rosemary essential oils according to harvest time and location (mean \pm SD)

Hasat zamanı	Adana	Mersin	Antalya	Ortalama*
Eylül	3.25 \pm 0.178 ^{jk***}	7.57 \pm 0.884 ^e	11.93 \pm 1.102 ^a	7.58 \pm 3.777 ^{AB}
Ekim	3.72 \pm 0.684 ^{g-k}	7.57 \pm 1.786 ^e	10.66 \pm 2.151 ^{a-d}	7.32 \pm 3.326 ^{ABC}
Kasım	2.88 \pm 0.563 ^{jk}	5.69 \pm 1.327 ^f	12.19 \pm 1.162 ^a	6.92 \pm 4.186 ^{A-D}
Aralık	3.00 \pm 0.439 ^{jk}	5.12 \pm 1.154 ^{fg}	10.87 \pm 1.489 ^{abc}	6.33 \pm 3.615 ^{D-G}
Ocak	3.19 \pm 0.095 ^{jk}	5.64 \pm 0.670 ^f	11.31 \pm 1.486 ^a	6.71 \pm 3.652 ^{B-E}
Şubat	3.45 \pm 0.836 ^{g-k}	5.51 \pm 1.166 ^f	10.56 \pm 2.354 ^{a-d}	6.51 \pm 3.438 ^{C-F}
Mart	3.37 \pm 0.603 ^{h-k}	5.04 \pm 0.527 ^{fgh}	9.04 \pm 0.805 ^{de}	5.81 \pm 2.553 ^{EFG}
Nisan	2.66 \pm 0.854 ^k	4.48 \pm 0.638 ^{f-j}	9.46 \pm 0.637 ^{cd}	5.53 \pm 3.069 ^G
Mayıs	3.00 \pm 0.487 ^{jk}	4.37 \pm 0.870 ^{f-k}	9.48 \pm 1.100 ^{bcd}	5.62 \pm 3.014 ^{FG}
Haziran	2.98 \pm 0.384 ^{jk}	4.84 \pm 0.435 ^{f-l}	9.62 \pm 1.085 ^{bcd}	5.81 \pm 2.991 ^{EFG}
Temmuz	2.65 \pm 0.423 ^k	7.69 \pm 1.000 ^e	10.62 \pm 1.010 ^{a-d}	6.99 \pm 3.523 ^{A-D}
Ağustos	3.30 \pm 0.695 ^{jk}	9.03 \pm 1.103 ^{de}	11.16 \pm 1.035 ^{ab}	7.83 \pm 3.575 ^A
Ortalama**	3.12 \pm 0.584 ^C	6.04 \pm 1.726 ^B	10.57 \pm 1.548 ^A	

*: Farklı harfler hasat zamanına göre ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir. **: Farklı harfler lokasyona göre ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir. ***: Farklı harfler lokasyonXhasat zamanı interaksyonuna göre ortalamalar arasında p<0.05 düzeyinde farklılık olduğunu göstermektedir.

†: Different letters indicate significant difference between the mean according to harvest time at p <0.05 level. **: Different letters indicate significant difference between the mean according to location at p <0.05 level. ***: Different letters indicate significant difference between the mean for locationXharvest time interaction at p <0.05 level.

Roomiani ve ark. [37] İran'da yürüttükleri çalışmada uçucu yağda borneol oranını %8.90 olarak tespit ederken, Hannour ve ark. [11] Fas'ta 2 farklı bölgeden aldıkları örneklerde yürüttükleri çalışmada borneol oranını %4.75 ve %6.84 olarak tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmada, Antalya-Döşemealtı lokasyonunda, kasım ayında elde edilen en yüksek borneol oranı Başkaya ve ark. [14]'nin belirlediği borneol oranı ile benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, yürütülen çalışmada olduğu gibi farklı lokasyonlarda yürütülen çalışmalarda borneol oranları farklılık gösterebilmektedir.

SONUÇ

Araştırma sonucunda; elde edilen analiz bulguları değerlendirildiğinde biberiyenin temin edildiği lokasyon ve hasat zamanının bitkinin uçucu yağ içeriği üzerine önemli etkisi olduğu görülmüştür. Biberiye yağının ana bileşeni olan 1,8-sineol Adana, Mersin ve Antalya lokasyonlarından birer aylık periyotlarla temin edilen örneklerde sırasıyla %52.56-58.26, %54.76-61.54, %15.00-16.95 aralıklarında dağılım göstermiştir. Nitekim literatür çalışmaları da buna benzer bulguları ortaya koymaktadır. Araştırma bulguları bitkinin kullanım amacını belirlemeden önce uçucu yağ bileşiminin belirlenmesinin faydalı olacağını göstermektedir. Bunun yanında bu alanda oluşturulacak bitkisel ürün standartların hazırlanmasında da bu verilerden faydalanılmasının yerinde olacağı düşünülmektedir. Ayrıca araştırma bulguları ülkemizde biberiyenin kültürel üretim çalışmalarına temel teşkil edecek genetik çeşitliliğin de doğada olabileceğini göstermektedir. Elde edilen veriler arasındaki varyasyon biberiye populasyonlarında genetik çeşitliliğin olup olmadığının çalışılmasının gerekliliğini de ortaya koymaktadır.

TEŞEKKÜR

Makale 213Z647 nolu TÜBİTAK projesinin bir kısmını oluşturmaktadır. Çalışmayı destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.



KAYNAKLAR

- [1] Genç, L. (2010). Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları Ve Etiği. Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2098, Eskişehir, 345 s.
- [2] Gülbaba, A.G., Özkurt, N., Kürkçüoğlu, M., Başer, K.H.C. (2002). Mersin ve Adana yöresindeki doğal biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) populasyonlarının tespiti ve uçucu yağ verim ve bileşenlerin belirlenmesi. Orman Bakanlığı Yayın No: 193, Tarsus.
- [3] Ribeiro-Santos, R., Carvalho-Costa, D., Cavaleiro, C., Costa, H. S., Albuquerque, T.G., Castilho, M.C., Ramos, F., Melo, N.R., Sanches-Silva, A. (2015). A novel insight on an ancient aromatic plant: The rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 355-368.
- [4] Aksu, P., Hışıl, Y. (2005). Baharatların antioksidatif etkileri. *Akademik Gıda*, 3(1), 20-25.
- [5] Ayoob, I., Rahman, M.U., Rehman, S.U. (2018). Essential oil composition of *Rosmarinus officinalis*

- L. from Kashmir (India). *EC Microbiology*, 14(2), 29-32.
- [6] Genena, A.K., Hense, H., Smania Junior, A., Souza, S.M.D. (2008). Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) – A study of the composition, antioxidant and antimicrobial activities of extracts obtained with supercritical carbon dioxide. *Food Science and Technology (Campinas)*, 28(2), 463-469.
- [7] Nieto, G. (2017). Biological activities of three essential oils of the Lamiaceae family. *Medicines*, 4(3), 63-72.
- [8] Hussain, A.I., Anwar, F., Chatha, S.A.S., Jabbar, A., Mahboob, S., Nigam, P.S. (2010). *Rosmarinus officinalis* essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41, 1070-1078.
- [9] Elamrani, A., Zrira, S., Benjilali, B., Berrada, M. (2000). A study of Moroccan rosemary oils. *Journal Of Essential Oil Research*, 12(4), 487-495.
- [10] Haida, S., Essadik, F.Z., Kribii, A., Habsaoui, A., Ounine, K., Benmoumen, A., Kribii, A. (2015). Study of chemical composition of rosemary essential oil from Western Morocco and evaluation of antioxidant and antibacterial activity of its extracts. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 4(7), 307-323.
- [11] Hannour, K., Boughdad, A., Maataoui, A., Bouchelta, A. (2017). Chemical composition and toxicity of Moroccan *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) essential oils against the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) Zeller (Lepidoptera, Gelechiidae). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8(2), 758-769.
- [12] Kırıcı, S., İnan, M. (2001). Effect of different harvesting time on the essential oil content of rosemary in the Çukurova conditions. *Proceedings of the Workshop on Agricultural and Quality. Aspects of Medicinal and Aromatic Plants*, 263-271.
- [13] Atak, M., Mavi, K., Uremis, I. (2016). Bio-herbicide effects of oregano and rosemary essential oils on germination and seedling growth of bread wheat cultivars and weeds. *Romanian Biotechnological Letters*, 21(1), 11149-11159.
- [14] Başkaya, Ş., Ayanoğlu, F., Bahadır, N.P. (2016). Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) Bitkisinin uçucu yağ oranı, uçucu yağ bileşenleri ve antioksidan içeriğinde morfojenetik ve ontogenetik varyabilite. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 12-20.
- [15] Harmankaya, S., Vatanserver, L. (2017). The effect of essential oils of rosemary and clove on shelf life chicken meat. *Van Veterinary Journal*, 28(1), 11-19.
- [16] Katar, N., Katar, D., Temel, R., Karakurt, S., Bolatkıran, İ., Yıldız, E., Soltanbeigi, A. (2019). The effect of different harvest dates on the yield and quality properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) plant. *Biological Diversity and Conservation*, 12(3), 7-13.
- [17] Brown, S.K., Garver, W.S., Orlando, R.A. (2017). 1,8-Cineole: An underappreciated anti-inflammatory therapeutic. *Journal of Biomolecular Research & Therapeutics*, 6(1), 1-6.
- [18] Zuccarini, P., Soldani, G. (2009). Camphor: Benefits and risks of a widely used natural product. *Acta Biologica Szegediensis*, 53(2), 77-82.

- [19] Chen, Z.X., Xu, Q.Q., Shan, C.S., Shi, Y.H., Wang, Y., Chang, R.C.C., Zheng, G.Q. (2019). Borneol for regulating the permeability of the blood-brain barrier in experimental ischemic stroke: preclinical evidence and possible mechanism. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1-15.
- [20] Salehi, B., Upadhyay, S., Erdogan Orhan, I., Jugran, A.K., Jayaweera, S.L.D., Dias, D.A., Sharopov, S., Taheri, Y., Martins, N., Baghalpour, N., Cho, W.C., Sharifi-Rad, J. (2019). Therapeutic potential of α - and β -pinene: A miracle gift of nature. *Biomolecules*, 9, 1-37.
- [21] Anonim. (2011). Baharatlar, çeşniler ve tıbbi bitkiler - Uçucu yağ muhtevasının tayini (hidrodistilasyon yöntemi), TS EN ISO 6571, Ankara.
- [22] Özek, G., Demirci, F., Özek, T., Tabanca, N., Wedge, D.E., Khan, S.I., Başer, K.H.C., Duran, A., Hamzaoglu, E. (2010). Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of volatiles obtained by four different techniques from *Salvia rosifolia* Sm., and evaluation for biological activity. *Journal of Chromatography A*, 1217, 741-748.
- [23] Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. (1987). Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 381s.
- [24] Babushok, V.I., Linstrom, P.J., Zenkevich, I.G. (2011). Retention indices for frequently reported compounds of plant essential oils. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 40(4), 1-47.
- [25] Alipour, M., Saharkhiz M.J. (2016). Phytotoxic activity and variation in essential oil content and composition of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) during different phenological growth stages. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 7, 271-278.
- [26] Dıraz Yıldırım, E. (2018). The effect of seasonal variation on *Rosmarinus officinalis* (L.) essential oil composition. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*, 4(1), 33-38.
- [27] Chalchat, J.C., Garry, R.P., Michet, A., Benjilali, B., Chabart, J.L. (1993). Essential oils of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) The chemical composition of oils of various origins (Morocco, Spain, France). *Journal of Essential Oil Research*, 5(6), 613-618.
- [28] Derwich, E., Benziane, Z., Chabir, R. (2011). Aromatic and medicinal plants of Morocco: chemical composition of essential oils of *Rosmarinus officinalis* and *Juniperus phoenicea*. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 2(1), 145-153.
- [29] Mendoza-Garcia, E.E., Ortega-Arenas, L.D., Serrato-Cruz, M.A., Villanueva-Jimenez, J.A., Lopez Arroyo, J.I., Perez-Pacheco, R. (2019). Chemical composition, toxicity, and repellence of plant essential oils against *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 79(4), 636-647.
- [30] Frescura, V.D.S., Boligon, A.A., Barbosa, F.M., De Souza, J.M., Lerner, M.A., Laughinghouse IV, H.D., Silva, C.D.B.D., Andriolo, J.L., Lopes, S.L., Tedesco, S.B. (2018). Nutrient solution concentration and collection time in phytomass production, content, yield and chemical composition of essential oil of rosemary. *Journal of Plant Nutrition*, 41(10), 1293-1302.
- [31] Diab, Y., Auezova, L., Chebib, H., Chalchat, J.C., Figueredo, G. (2002). Chemical composition of Lebanese rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil as a function of the geographical region and the harvest time. *Journal of Essential Oil Research*, 14(6), 449-452.
- [32] Boutekedjiret, C., Belabbes, R., Bentahar, F., Bessiere, J.M. (1999). Study of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil yield and composition as a function of the plant life cycle. *Journal of Essential Oil Research*, 11(2), 238-240.
- [33] Satyal, P., Jones, T.H., Lopez, E.M., McFeeters, R.L., Awadh Ali, N.A., Mansi, I., Al-Kaf, A.G., Setzer, W.N. (2017). Chemotypic characterization and biological activity of *Rosmarinus officinalis*. *Foods*, 6(20), 1-15.
- [34] Barakat, H., Ghazal, G.A. (2016). Antifungal and antioxidant activities of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 7(5), 273-282.
- [35] Hcini, K., Sotomayor, J.A., Jordan, M.J., Bouzid, S. (2013). Chemical composition of the essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) of Tunisian origin. *Asian Journal of Chemistry*, 25(5), 1-3.
- [36] Hay, Y.O., Sierra, M.A.A., Tellez, M., Sequeda, L.G., Tellez, A.N., Bonnafous, C., Raynaud, C. (2015). Phytochemical, antioxidant and antimicrobial parameters of essential oils and hydrosols of Colombian thyme and rosemary obtained using two different steam distillation methods. *International Journal of Phytocosmetics and Natural Ingredients*, 2(7), 1-10.
- [37] Roomiani, L., Ghaeni, M., Moarref, M., Fallahi, R., Lakzaie, F. (2019). The effects of *Rosmarinus officinalis* essential oil on the quality changes and fatty acids of *Ctenopharyngodon idella*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 18(1), 95-109.

Vitaminlerin Nanoenkapsülasyonu ve Nanoenkapsüle Vitaminlerin Sağlık Üzerine Etkileri

Filiz Saman , Merve Tomaş  ✉

İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Geliş Tarihi (Received): 13.04.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 25.04.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): mervetomas@gmail.com (M. Tomas)

☎ 0 212 692 9688 📠 0 212 693 8229

ÖZ

Vitaminler insan hayatı için önemli mikro besin öğeleridir ve eksikliklerinde çeşitli rahatsızlıklar ortaya çıkar. Bu nedenle besinler ile birlikte alınmasının yanı sıra takviye olarak veya fonksiyonel gıdalara ilave edilerek tüketime sunulurlar. Vitaminler genel olarak ısıya, ışığa, pH'a ve oksijene duyarlı yapılardır. Bu kimyasal reaktivitelerinden ötürü, vitaminlerin enkapsülasyonu gıda formlarında kullanımı uygunlaştırarak, biyoerişilebilirlik ve biyoyararlanımı olumlu yönde etkilemektedir. Vitaminlerin nanoenkapsülasyonu konusunda yapılan çalışmalar son yıllarda artmıştır. Nanoenkapsülasyon ile vitamin yapılarının termal stabiliteleri artırılabilir, çözünürlük parametreleri değiştirilebilir, ısıya ve ışığa olan duyarlılık azaltılarak biyoaktif maddelere olumlu özellikler kazandırılabilir. Bu olumlu özellikler ile maddelerin gıda, kozmetik vb. alanlarda kullanımı kolaylaştırılır. Nanoenkapsülasyon ile bu olumlu özellikleri sağlamak için birçok farklı metodoloji ve teknik mevcut olmasına karşın maliyet, zaman, kimyasal kompozisyon uyumluluğu ve istenilen etkilere karşı duyarlılık konuları incelenerek efektif çözümlenmelerin yapılması gereken bir alandır. Vitaminlerin nanoenkapsülasyonu uzun süre depolama ömrü, ısı dayanıklılık, ışığa karşı duyarlılığı azaltma, farklı pH koşullarında stabilitteyi sağlama, biyoerişimi ve biyoyararlılığı arttırmak gibi olumlu özellikler sağlamaktadır. Bu derlemede, son yıllarda giderek artan araştırma ve geliştirme çalışmalarının olduğu nanoenkapsülasyon konusunda vitaminlerin nanoenkapsülasyonu ile insan sağlığına etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak vitaminlerin farklı metodolojiler ile nanoenkapsülasyon işlemi uygulandığı ve farklı parametreler ile incelendiği, biyoyararlanım ve biyoerişilebilirlik konusunda olumlu etkilerini destekleyen çalışmaların olmasına karşın çalışmaların artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Vitamin, Biyoyararlılık, Biyoerişilebilirlik, Nanoenkapsülasyon, Sağlık etkisi

Nanoencapsulation of Vitamins and Health Effects of Nanoencapsulated Vitamins

ABSTRACT

Vitamins are important micronutrients for human life, and various diseases may occur in their deficiencies. For this reason, besides being taken with foods, they are offered for consumption as supplements or by adding them to functional foods. Vitamins are generally sensitive to heat, light, pH and oxygen. Because of this chemical reactivity, the encapsulation of vitamins can positively affect bioaccessibility and bioavailability, making them suitable for their use in food compositions. Studies on the nanoencapsulation of vitamins have increased in recent years. With nanoencapsulation, the thermal stability of their chemical structures can be increased, their solubility can be changed, their sensitivity to heat and light can be reduced or altered. Thus, bioactive compounds can be given positive properties. With these positive properties, substances can be used in food, cosmetics, etc. Although there are many different methods to provide these positive properties with nanoencapsulation, it is an area where effective analysis should be done by examining the issues of cost, time, chemical composition compatibility and sensitivity to the desired effects. Nanoencapsulation of vitamins provides long-term shelf life, thermal resistance, decreasing sensitivity

to light, stability under different pH conditions, providing positive effects by increasing bioaccessibility and bioavailability. The main purpose of this review is to present the effect of nanoencapsulation on vitamins and the health benefits of encapsulated vitamins. For this purpose, literature was reviewed, and finally it was concluded that vitamins are subjected to nanoencapsulation with different methods and examined with different parameters. Although there are studies supporting their positive effects on bioaccessibility and bioavailability, further conclusive research is needed.

Keywords: Vitamins, Bioavailability, Bioaccessibility, Nanoencapsulation, Health effects

GİRİŞ

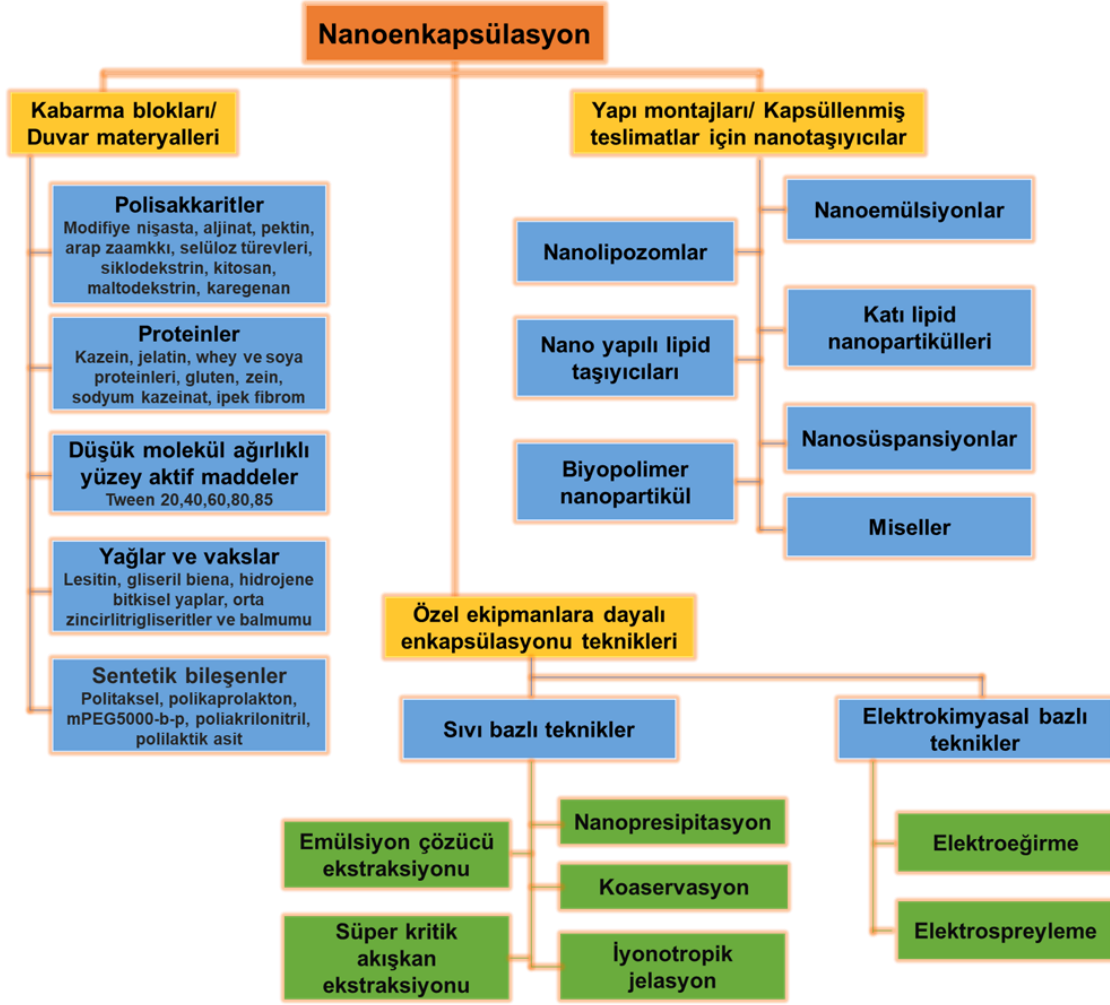
Fonksiyonel gıdalar bilimi, insan yaşamındaki iki ana olayın bir araya gelmesidir; beslenme ve sağlık. Gıda ve hastalık arasındaki ilişki, genel olarak koruyucu beslenmenin temeli olarak kabul edilmektedir [1]. Son yıllarda tüketicilerin, yüksek konsantrasyonlarda besin bileşenleri (protein, diyet lifi vb.) ve biyoaktif bileşik içeren gıdalara ve gıda ürünlerinin sürdürülebilirliğine olan ilgisi dünya çapında artmıştır [2, 3]. Fonksiyonel gıda pazarının büyümesinin temel nedenleri mevcut nüfusun yaşlanması ve tüketicilerin sağlığa verdiği önemin artmasıdır [4]. Tüketicilerin gıdanın sağlıklarına doğrudan katkıda bulunduğuna inanmasıyla birlikte yiyecekler artık sadece açlığı gidermeye ve gerekli besinleri sağlamaya değil, aynı zamanda beslenmeyle ilgili hastalıkları önlemeye ve fiziksel ve zihinsel refahı iyileştirmeye yöneliktir [5]. Günümüzde gıda endüstrisinde fonksiyonel gıdalara ve mikrobesein öğelerinin çeşitli şekillerde gıdaya eklenmesine artan bir ilgi söz konusudur. Gıda ve ilaç endüstrileri, gelişmiş ve güvenli farmasötik veya gıda takviyesi taşıyıcıları üretebilen ve aynı zamanda ekonomik ve teknik olarak verimli ve çevre dostu olan yeni tekniklerin geliştirilmesi ve uygulanması konularında zorluklarla karşı karşıyadır [6]. Buna karşın ürün geliştirme faaliyetleri hızla devam etmektedir ve bu ürün geliştirme faaliyetlerinin bir parçasında da vitaminler ile ilgili olan gıda zenginleştirme çalışmaları yer almaktadır [7].

Vitaminler insan beslenmesinde elzem olan mikro besin öğelerinden olup; yağda eriyenler ve suda çözünenler olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Vitamin eksikliği halinde vücuttaki çeşitli biyokimyasal faaliyetlerin gerçekleşmesinde olumsuz etkiler görülür ve bu da hastalıklara sebep olur [8]. Vitaminler bir nutrasötik katkı sınıfıdır ve son yıllarda özellikle insan sağlığı ile ilgili sektörlerde kullanımı artmıştır [9]. Bu büyüme, belirli gıda alımından bu tür bileşikler alan insan vücudu tarafından bu bileşiklerin az veya hiç üretilmemesinden kaynaklanmaktadır [10]. Vitaminler gıda teknolojisinde antioksidan, radikal temizleyici vb. özelliklerinden ötürü fonksiyonel gıda içeriklerine doğrudan veya ambalajlamada nano teslim sistemi destekli vitaminlerin yenilebilir ambalajlara dahil edilmesi ile kullanılmaktadır. Fonksiyonel gıdalarda kolloidal dağıtım sistemlerinin kullanımını, özellikle de gıda zenginleştirme süreçleri sırasındaki zorlukların üstesinden gelinmesini sağlayan mikro ve nano enkapsülasyon tekniklerini ilerletmiştir. Enkapsülasyon prosedürleri, organik veya inorganik bir malzemedan bir kabuk içinde hapsedildikleri için biyoaktif bileşiklerin harici ortam ile etkileşimini önler. Tasarlanmış kapsüller, içeriklerini nutrasötik veya farmasötik amaçlar için vücudun

belirlenen bölgesi içinde serbest bırakabilir [11]. Vitaminlerin enkapsülasyonunda oral uygulamalar için, vitaminlerin gastrointestinal sistemde kompleksleşmesini önlemeli veya salınımı kontrol etmelidir, bununla birlikte biyolojik erişilebilirlikleri ve biyoyararlanımları da enkapsülasyon ile artırılabilir [12]. Nutrasötik enkapsülasyonun ana yönlerinden biri, tercihen toksik çözücüler kullanmadan, enkapsülasyon ve prosedür için güvenli malzeme seçimidir. Nanopartikül üretimi için doğal malzemelerden gıda endüstrisinde kullanılması güvenli olan birkaç yeni yöntem ve malzeme geliştirilmiştir [13].

Nanoteknoloji 20. Yüzyıldan itibaren geliştirilen ve başta malzeme bilimi olmak üzere birçok alanda kullanılmakta olan bir bilim dalıdır. Nanoteknolojinin gıda işlemedeki önemi, gıda dokusu, görünümü, tadı, gıdanın besin değeri ve gıda raf ömrü açısından gıda ürün kalitesinin iyileştirilmesindeki rolü dikkate alınarak değerlendirilebilir [14]. Miseller, lipozomlar, siklodekstrinler, nanoemülsiyonlar ve katı nanopartiküller gibi kolloidal sistemler, aktif farmasötik bileşenler için dağıtım araçları olarak çok sayıda uygulama bulmuştur ve genel olarak kullanılan nanoenkapsülasyon teknikleri Şekil 1'de gösterilmiştir [15].

Fonksiyonel gıda bileşenleri için nanoaraçların kullanımları gıda endüstrisinde nispeten yenidir ve özellikle fonksiyonel lipidler yani karotenoidler, fitosteroller, çoklu doymamış yağ asitleri, yağda çözünen vitaminler gibi zayıf çözünür maddelerin biyoyararlanımını iyileştirme ümit verici bir yöntemdir [16]. Gıda endüstrisinde nanoteknoloji, aktif ve akıllı ambalajlamada sıklıkla kullanılmakta ve çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Vitaminler ışık, ısı ve oksijen gibi dış etkenlere maruz kalarak bozulmaktadır, bunu engellemek amacıyla nanoenkapsülasyondan yararlanmak önemli bir etkiye sahip olabilir. Nanoteknoloji ayrıca biyoaktif bileşiklerin ve hidrofobik vitaminlerin suda çözünürlüğünü, termal stabilitesini, gastrointestinal stabilitesini ve oral biyoyararlanımını artırabilir [17]. Genel olarak nanoenkapsülasyonda kullanılan yöntemlerden biri olan; lipozom, fosfolipid molekülleri tarafından oluşturulan yapay bir zardır. Fosfolipid molekülünün hidrofilik kısmı suya doğru yönelir ve lipozomun hidrofobik kısmı havaya uzanır, böylece 25-1000 nm boyutunda küresel bir parçacık oluşturur [18]. Lipozomal sistemlerin yapısal özellikleri, depolama stabilitesi ve işlevselliği, partikül boyutuna, zeta potansiyeline ve polidispersite indeksine bağlıdır [19]. Lipozomlar lipofilik ve hidrofilik bileşiklerin çözündürülmesinde ve dağıtımında kullanılmaktadır.



Şekil 1. Gıda endüstrisinde bulunan sıvı ve elektrokimyasal bazlı nanoenkapsülasyon sistemlerinin ana hatları [15]
 Figure 1. Outline of liquid and electrochemical based nanoencapsulation systems available in food industry [15]

Siklodekstrinler, nişastanın enzimatik yolla parçalanmasıyla oluşan nanoboyutlu, siklik oligosakkaritler olup yapısal olarak hidrofobik bir kaviteye sahip tepesi kesilmiş ve içi boş olan bir koni şeklindeki yapılardır [20-22]. Dışı hidrofilik olduğu için hidrofobik kaviteye yağda çözünen vitaminleri enkapsüle ederek suda çözünmesini ve termal stabilizasyonunu sağlayabilir. Nanopresipitasyon, hidrofobik moleküllerin organik fazda kendiliğinden dağılması, kalan çözücünün difüzyonuyla sonuçlandığı çözücü yer değiştirme veya ara yüzey çökeltme yöntemi olarak bilinip biyolojik olarak parçalanabilen polimerler ile gerçekleştirilir [23]. Elektrospinning, bir polimer çözeltisinin asılı damlacığını life dönüştürmek için yüksek voltajın kullanılmasıdır ve sıvı polimer, tüm çözücü buharlaşana kadar ince lifler şeklinde akmaya devam eder bu şekilde ambalaj materyalleri vs. üretilebilir [24, 25]. Biyoaktif bileşenler, vitaminler enkapsüle halde polimer çözeltilerine ilave edilerek veya eş zamanlı farklı çözeltiler halinde kullanılarak elektrospinning yönteminde kullanılabilir. Nano emülsiyonlar, kararlı dağılım, 100 nm düzeyinde damlacık boyutu, farklı lipidler ve emülgatörler kullanılarak hidrofobik bileşiklerin teslimi ve stabilizasyonu için kullanılırlar [26, 27]. Katı lipid nanopartiküller, emülgatör kaplama ile stabilize edilmiş, kristal veya yarı kristal lipidlerden yapılmış emülsifiye

sistemler olup hidrofobik malzemelerin teslimi ve stabilizasyonu sağlamak için kullanılırlar [28, 29]. Bu derleme makalesinde gıda endüstrisinde uygulanmaya yönelik besin bileşenlerinden vitaminlerin nanoenkapsülasyonu ve insan sağlığına etkisi incelenmiştir.

NANOENKAPSÜLE EDİLMİŞ VİTAMİNLERİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

A Vitamini

A Vitamini retinoller, retinaller ve retinoik asitler dahil olmak üzere birçok formda bulunan temel bir mikro besin ögesi olup görsel sistemin düzgün çalışması, epitel bütünlüğünün korunması, kırmızı hücre üretimi, büyüme ve gelişme, bağışıklık ve üreme işlevi ile ilişkilidir [30, 31]. A vitamini sakatat, yumurta, kaymak, ebegümeci, havuç ve ısırganda bulunur. A Vitamini, hücresel düzeyde aktiviteleri düzenler ve tiroid, insülin ve kortikosteroidler gibi hormonlarla olan ilişkisi nedeni ile vücut üzerinde yaygın metabolik etkilere sahip olmakla birlikte yara iyileşmesinde de önemli bir role sahiptir [32, 33]. A vitamini eksikliği enfeksiyon sırasında daha yaygındır ve takviye, bulaşıcı hastalıklardan kaynaklanan ciddi morbidite ve mortaliteyi azaltır [33]. A

vitamini yağda eriyen vitaminlerdendir ve suda çözünmesi zayıf olduğu için enkapsüle edilerek suda çözünür hale getirilebilir, oksijen ve ışığa duyarlılığı azaltılabilir ve biyoyararlanımı artırılabilir.

B Vitaminleri

B1 vitamini (tiamin), enerjinin karbonhidratlardan serbest bırakılmasında bir koenzim olarak çalışır ve tüm dokular için gereklidir [34]. Tiamin, sakatat, süt ve süt ürünlerine, yumurtada ve kurubaklagillerde bulunur. Tiamin eksikliği, yaygın olarak ıslak beriberi, kuru beriberi veya Wernicke-Korsakoff sendromunda görüldüğü gibi kardiyovasküler, sinir ve bağışıklık sistemini etkileyebilir [35]. B2 vitamini suda çözünebilir bir vitamin olup riboflavin olarak da bilinir ve ısıya dayanıklıdır [36]. Riboflavin, sakatat, badem, yoğurt ve peynir çeşitlerinde bulunur. Riboflavin eksikliği, demir emilimi, triptofan metabolizması, mitokondriyal disfonksiyon, gastrointestinal sistem, beyin disfonksiyonu ve diğer vitaminlerin metabolizması üzerinde derin bir etkiye sahiptir ve ayrıca cilt bozuklukları ile ilişkilidir [37, 38], bu nedenlerle eksiklikleri halinde takviyesi önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, nano-kapsülleme için pektin kullanımı, gastrointestinal koşullarda biyoaktif bileşiğin kontrollü hedefli dağıtımında ve artan biyoerişilebilirliğe yardımcı olabileceği düşünülebilir. B3 vitamini, nikotinik asit (NA) ve nikotinamid (NAM) olarak da bilinirler [39, 40]. Vitamin B3, insan metabolizmasında NADP ve NAP (H) sentezinde görev alan, solunum süreci için gerekli nükleotidlerde ve kardiyovasküler problemlere karşı koruma olarak son derece önemli işlevlere sahiptir [41]. B3 vitamini, yumurta, palamut, süt, buğday ve mısırdan bulunur. Akut B3 vitamini eksikliği pellegra adı verilen ölümcül bir hastalığa neden olur [42-44]. Bu kadar önemli bir vitamin olmasına karşın literatür taramasında B3 vitamini ile ilgili bir nanoenkapsülasyon çalışmasının yapılmadığı ve araştırmaya açık bir alan olduğu belirlenmiştir. B6 vitamini (piridoksin) koenzim olarak, karbonhidrat metabolizması, amino asit metabolizması, özellikle homosistein, glukoneojenez, glikojenoliz ve lipid metabolizması dahil olmak üzere 100'den fazla enzimatik reaksiyonda bir kofaktör olarak rol oynar [45]. Piridoksin, antep fıstığı, ayçiçek tohumu, sarımsak ve buğdayda bulunur. Piridoksin eksikliği, konvülsiyonlar ve epileptik ensefalopati gibi nörolojik bozukluklara neden olabilir ve bebeklerde anormalliklere yol açabilir [46]. Folat (doğal haliyle) ve B9 vitamini olarak da bilinen folik asit, suda çözünür bir vitamindir [47]. Bu vitamin insan vücudu tarafından sentezlenemediğinden ya diyet yoluyla ya da takviye yoluyla elde edilmelidir [48]. Folat, mercimek, buğday, pazı ve yer fıstığında bulunur. Folat takviyesi endikasyonları, yaşlılarda ülseratif kolit, nöral tüp defektleri ve bilişsel işlev bozukluğu gibi çeşitli hastalıkların önlenmesini içerir [49, 50]. Ayrıca folik asit gebelere fetal nöral tüp kusurlarına karşı koruma sağlamak için takviye olarak verilmektedir [51]. Takviye edici olarak tüketilen folatın nanoenkapsülasyonu stabilite ve çeşitli özellikler bakımından önem taşır. İki peynir altı suyu proteininin, Beta-Laktoglobulin ve Laktoferrin'in B9 vitamini verimli bir şekilde hapsetme yeteneği karmaşık koaservasyon tekniği ile laboratuvar ölçeğinde üretilebilmektedir [52]. Vitamin B12, tüm vitaminlerin kimyasal olarak en karmaşık ve en

büyüğüdür ve hücre metabolizmasında (DNA sentezi ve regülasyonu), beyin ve sinir sisteminin normal işleyişinde ve kan oluşumunda rol oynar [53, 54]. B12 vitamini, sakatat, tavşan eti, midye ve çeşitli deniz ürünlerinde bulunur. B12 vitamini eksikliği, zayıflık, megaloblastik anemi, yorgunluk, kabızlık, iştahsızlık ve kilo kaybı ile karakterizedir, bunların yanı sıra, ellerde ve ayaklarda uyuşma ve karıncalanma, dengeyi sağlamada güçlük, depresyon, konfüzyon, demans, zayıf hafıza ve ağız veya dilde ağrı gibi nörolojik değişiklikler meydana gelebilir [55]. Bu nedenle takviye olarak kullanımı önem taşır.

C Vitamini

C vitamininin dahil olduğu geniş biyolojik işlevler arasında, güçlü bir antioksidan ve radikal temizleyici olarak, hücre bileşenlerini reaktif oksijen türleri (ROS) ve serbest radikallerin aracılık ettiği oksidatif strese karşı korur [56- 58]. C vitamini, maydanız, biber, dereotu, roka, çilek ve portakalda bulunur. C vitamini periodontal hastalık riskinin azalmasına katkıda bulunur [59], sepsiste olumlu etkiler gösterir [60-62] ve soğuk algınlığı insidansını iyileştirmede etkili olduğu [63] bilinmektedir. C vitamini safra kesesinde safra oluşumunu uyarması ve steroid hormonlarının atılımını kolaylaştırır [64]. Bu özelliklerinden ötürü gıda endüstrisinde, farmasötik ve kozmetik alanlarda oldukça sık kullanılmaktadır [65]. Ancak gıdaların farklı pH durumları ve kompozisyonlarından ötürü C vitamininin stabilizasyonu her zaman sağlanamamaktadır; bu nedenle nanoenkapsülasyon ile yavaş salınım ve artan stabilite önem kazanmaktadır.

D Vitamini

Yağda eriyen vitaminlerden D vitamini, bağırsaktan kalsiyum emilimini uyardığı için kalsiyum fizyolojisinin düzenlenmesi ile bilinir [66]. Bununla birlikte D vitamini beyin gelişimi ve işlevi, hücre proliferasyonu ve apoptoz, kan basıncının düzenlenmesi, insülin sekresyonu ve immün hücrelerin farklılaşması ve immün yanıtların modülasyonu için kritiktir [67-69]. D vitamininin hormon aktif formu olan kalsitriol, immün hücreler, prostaglandin yolu ve nükleer faktör kappa-B (NF-κB) yolları aracılığıyla inflamatuvar sistemi düzenler [70]. D vitamini, çipura, istavrit, palamut ve hamside bulunur. Düşük D vitamini durumu, kolon, meme, prostat ve hematolojik hücreler gibi çeşitli kanserlerin artmış riskiyle ilişkilidir [71]. D vitamini yetersizliği/eksikliği hipotiroidizm, osteoporoz ve kronik böbrek hastalığı (KBH) olanlarda yaygın olarak bulunur [72, 73]. D vitamininin en önemli formları kolekalsiferol (D3 vitamini) ve ergokalsiferoldür (D2 vitamini). D vitamininin yapısında, oksidasyona duyarlı çift bağlar vardır. Söz konusu çift bağlar ışık, oksijen ve yüksek sıcaklık, vitamin izomerizasyonunu ve inaktif formlarına parçalanmayı indükler [74]. Bundan dolayı D vitamininin kapsülasyonu elzemdir. Özellikle suda çözünür hale gelmesi, stabilizasyonu ve biyoyararlanımı konularında çalışmalar yapılmaktadır.

E Vitamini

İyi bilinen bir antioksidan grubu olan lipofilik E vitamini, bağışıklık sistemini destekleme [75, 76], insan sağlığı için gen düzenleme molekülleri [77] gibi davranma, antikanser etkilere [78, 79] ve yaşa bağlı ve kronik hastalıkları önleme gibi çeşitli biyolojik işlevlere sahiptir [80]. Bu nedenle, E vitamininin fonksiyonel gıdalara, içeceklerle, kozmetik ürünlere ve farmasötik ürünlere dahil edilmesi için çok çalışma yapılmıştır. E vitamini, ayçiçek tohumu, ayçiçek yağı, fındık, fındık yağı ve badem de bulunur. E vitamini ailesi dört tokoferol (α , β , γ ve δ) ve bunlara karşılık gelen dört tokotrienol (α , β , γ ve δ) içerir; bunlardan α -tokoferol en yüksek biyolojik aktiviteyi gösterir, bununla birlikte, α -tokoferol fonksiyonel gıda ürünlerine dahil edilirken, dahil edilmeye ilgilili çeşitli zorluklar vardır: zayıf suda çözünürlük, kimyasal kararsızlık (oksijen, ışık ve ısıya) ve değişken oral biyoyararlanım [81]. E vitamininin etkinliğini sınırlayan lipofiliklik, kimyasal dengesizlik ve E vitamininin cilde zayıf nüfuz etmesinden ötürü E vitamini dağıtım sistemlerinde kullanılır [12, 82, 83]. Lipozomlar ile E vitamininin enkapsülasyonu yapılmıştır ve optimum koşulların belirtildiği çalışmalar mevcuttur [84]. Bununla birlikte lipozomlar ile enkapsüle E vitamininin %25 galaktoz diyeti ile beslenen genç yetişkin sıçanlarda kataraktogenezi geciktirebileceği belirtilmiştir [85].

K Vitamini

K1 vitamini (filokinon) ve K2 (menakinon 4) K vitaminlerini temsil eder. Hidrofilik bir naftokinon baş grubu ve bir hidrofobik karbon zinciri kuyruğundan oluşurlar [12]. Filokinon, nane, ebegümeci, rezene ve lahanada bulunurken menakinon 4 yumurta, koyun, dana ve piliç eti gibi hayvansal kaynaklarda bulunur. K vitamini birkaç kan pıhtılaşma faktörünün sentezinde anahtar rol oynar, ancak aynı zamanda kemik metabolizması ve vasküler kalsifikasyonlarla da güçlü bir şekilde bağlantılıdır [86- 88]. Günlük önerilen K vitamini gereksinimi kadınlar için 90 $\mu\text{g}/\text{gün}$, erkekler için 120 $\mu\text{g}/\text{gün}$ 'dür [88]. Topikal uygulama için katı lipidler kullanılarak yüksek basınçlı homojenizasyon yoluyla K vitamininin dahil edildiği lipofilik ilaçların katı lipid nanopartiküllerini elde etmişlerdir. Karakterizasyon ve kısa süreli stabilite çalışmaları, lipofilik ilaç ve K vitamininin topikal katı lipid nanopartikülleri formülasyonları için iyi adaylar olduğunu göstermiştir [89]. K vitamininin nanoenkapsülasyonu hakkında çalışmalar ilaç taşıma sistemleri için kullanılmaktadır [90, 91]. Ancak sadece K vitamininin nanoenkapsülasyonunun veya nanoenkapsüle K vitamininin biyoyararlanımının incelendiği çalışmalar son yıllarda yapılmamış olduğu için bu konuda araştırmaların yapılması gerekmektedir. Vitaminlerin nanoenkapsülasyonu ve nanoenkapsüle vitaminlerin insan sağlığı üzerine etkileri hakkında yapılmış araştırmalar Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Vitaminlerin nanoenkapsülasyonu ve nanoenkapsüle edilmiş vitaminlerin insan sağlığına etkisi üzerine yapılmış araştırmalar

Table 1. Studies on nanoencapsulation of vitamins and the effect of nanoencapsulated vitamins on human health

Vitamin	Kullanılan nanoenkapsülasyon çeşidi/tekniki ve araştırma yapılan konu	Sonuç	Kaynak
A vitamini	Ferritin nanokajları içinde kapsüllenmesini sağlamıştır.	β -Karotenin suda çözünürlüğünü ve termal stabilitesini büyük ölçüde arttırdıkların belirtmişlerdir	[92]
	Nanoemülsiyon bazlı uygulama sistemlerinde, sonikasyon destekli çözme yöntemi ile dondurarak kurutma ile karotenoidleri kapsüllemişlerdir.	β -Karoten ile zenginleştirilmiş fonksiyonel gıdalar ve diyet takviyeleri hazırlamak için etkili bir yöntem olabileceğini belirtmişlerdir.	[93]
	Lipit nanopartiküllerinde %90 verimlilikle kapsüllemişlerdir.	Nanopartiküllerin süspansiyon halinde bir ay boyunca stabil kaldığını, mide sindirimine dirençli olduğu belirterek gıda takviyesi olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.	[94]
	Dikenli Armut tohumu yağı kullanarak nano yapıları lipit taşıyıcıları geliştirmişlerdir ve katı lipit partiküller ile kıyaslamıştır.	Üretilen taşıyıcıların katı lipit partiküllerden üstün özelliklere sahip olduğu belirtmişlerdir	[95]
	Vitamin-A asetatın siklodekstrin inklüzyon kompleks nanofiberlerinin, elektrospinning tekniği kullanılarak polimer içermeyen sulu sistemlerden üretilmesi.	Bir tükürük simülasyonunda ve sulu ortamda Vitamin-A asetat / siklodekstrin nanofibröz ağlarının hızlı parçalanmasını, hızlı çözünmesini ve salınmasını sağladığı aynı zamanda Vitamin-A asetat bileşiği için geliştirilmiş bir antioksidan özelliği sağladığı belirtilmiştir.	[96]
	β -siklodekstrin inklüzyon komplekslerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi	Vitamin A en düşük termal stabilitedeyken inklüzyon kompleksi ardından en yüksek termal stabiliteye sahip olmuştur, bununla birlikte vitamin A palmitat, β -siklodekstrine gömüldükten sonra suda çözünürlüğünde en yüksek artış oranını elde etmiştir.	[97]

Tablo 1. Vitaminlerin nanoenkapsülasyonu ve nanoenkapsüle edilmiş vitaminlerin insan sağlığına etkisi üzerine yapılmış araştırmalar (devam)

Table 1. Studies on nanoencapsulation of vitamins and the effect of nanoencapsulated vitamins on human health (continue)

Vitamin	Kullanılan nanoenkapsülasyon çeşidi/teknikliği ve araştırma yapılan konu	Sonuç	Kaynak
B1 vitamini	Beta-siklodekstrin konak-konuk katı inklüzyon komplekslerini mikrodalga ışınlamasıyla hazırlamışlardır ve salım davranışlarını incelemişlerdir.	İnküzyon komplekslerin mikrodalgayla indüklenen sentezinin verimli, zaman kazandıran ve çevre dostu olduğunu ve inklüzyon komplekslerin B1 vitamininin kontrollü salımı için yararlı olduğunu açıklayarak B1 vitamini eksikliği tedavisinde uygulanabileceğini belirtmişlerdir.	[98]
	Tiamin içeren nanolipozomlar hazırlamak için yenilebilir bir enkapsülen olarak fosfatidilkolinin kullanılması.	%97 enkapsülasyon verimliliğine sahip stabil nanolipozomlar oluşturulabilmiş ve nanolipozomların farklı sıcaklıklarda 3 aya kadar oldukça stabil olduğunu göstermişlerdir.	[99]
B2 vitamini	Aljinat / kitosan nanopartikülleri ile B2 vitamininin enkapsülasyonu ve kontrollü salımını incelemişlerdir.	Başarılı bir enkapsülasyonun gerçekleştiğini, salım profillerinde ise, aljinat / kitosan nanopartiküllerinin vitamin B2'nin tutulmasında kullanılabileceğini ve bu sistemin en az beş ay stabil olduğunu göstermişlerdir.	[100]
	Riboflavini verimli bir şekilde dağıtmak için modifiye soya proteini ve dekstranın kendi kendine toparlanması yoluyla yeni bir nanojel üretilmesi.	Nanojellerin, simüle edilmiş mide sıvısına (SGF) kıyasla simüle edilmiş bağırsak sıvısında (SIF) daha hızlı bir salım sergileyerek umut verici bir taşıyıcı yöntem olduğu bildirilmiştir.	[101]
	Fenilalanin etil ester-aljinat konjugatı (PEA) üretilip, B2 vitaminini sonikasyon yoluyla enkapsülasyonu.	Yapılan enkapsülasyon pH'a bağlı salım eğilimi göstermiş ve Caco-2 hücrelerine karşı sitotoksitesini araştırarak geniş bir konsantrasyon aralığında hücre hattına karşı önemli bir sitotoksitesi olmadığı belirtilmiştir.	[102]
B6 vitamini	Montmorillonit nanol tabakaları, ara katman boşluklarında B6 vitaminini enkapsüllemesi.	Montmorillonit nanol tabakaları üzerine B6 vitamininin nano enkapsülasyonunun esas olarak adsorpsiyon pH'ı tarafından modifiye edilen elektrostatik çekim kuvvetleri tarafından kontrol edildiğini ve nano enkapsüle B6 vitamininin, pH'a duyarlı dağıtım özellikler gösterdiğini belirtmişlerdir.	[6]
B9 vitamini	Püskürtme ile kurutma ve elektrospreyleme yoluyla enkapsülasyonu.	Materyaller ve enkapsülasyon tekniklerinin folik asit stabilitesinin iyileştirilmesini sağladığı belirtilmiştir.	[103]
	Elektrohidrodinamik (EHD) teknolojisi kullanılarak sodyum aljinat (Na aljinat) içinde enkapsülennmiş nano boyutlu folik asit partikülleri oluşturulması.	Yüksek enkapsülasyon verimi (%70) ve yükleme kapasitesi (%96) olan matrisler üretildiği belirtilmiştir.	[104]
B12 vitamini	Soya proteini izolatları (SPI) nanopartiküllerini kullanmanın B12 vitamininin bağırsak taşınmasını ve emilimindeki fizibilitesinin incelenmesi.	B12 vitamininin bağırsağa taşınmasının, 30 nm soya proteinleri izolatları nanopartiküllerine enkapsülasyonundan sonra 4 kata kadar geliştirildiğini belirtmişlerdir.	[105]
	B12 vitamininin nanokil üzerine adsorpsiyonu özelliklerinin araştırılmasında montmorillonit üzerindeki etkileşimin incelenmesi.	Adsorpsiyon süresini artırılmasıyla, B12 vitamini molekülleri, montmorillonit katmanlarının arasında kademeli olarak yayıldığı belirtilmiştir.	[106]
C vitamini	Kendi kendine montaj tekniği ile narenciye kabuğu pektini ve siğir serum albümini içeren yeni bir C vitamini yüklü nano-hidrojel formülasyonu.	C vitamininin enkapsülasyon etkinliğinin yaklaşık %65,31 olduğunu ve hazırlanan nanohidrojel sistemlerinin stabilitesinin 10 hafta depolamadan sonra %73,95 olduğu belirtilmiştir.	[107]
	Pektin kaplama ile geliştirilmiş C vitamini lipozomlarının saklama stabilitesi ve cilde nüfuz etmesini incelenmesi.	Pektin kaplı lipozomların, özellikle düşük metoksil pektin kaplı C vitaminlerinin, daha iyi depolama stabilitesi ve deri geçirgenliği ile ümit verici bir transdermal ilaç verme sistemi olabileceğini öne sürmüşlerdir.	[108]
	Askorbik asitin sıcak homojenizasyon tekniği ile katı lipid nanopartiküller oluşturarak kanser hücrelerine verimli bir şekilde verilmesinin incelenmesi.	İndüklenmiş apoptoz ve serbest askorbik asite nazaran daha verimli hücresel alımdan dolayı potansiyel bir nano taşıyıcı sistem olarak C vitamini yüklü katı lipid nanopartiküllerin kullanılabileceği belirtilmiştir.	[109]
	C vitamininin antikanser bir ilaç olan epirubisin ile lipozomal enkapsülasyonu ile tümör bölgesinde ilaç salımının incelenmesi.	Tümör bölgesinde lipozom stabilizasyonu yoluyla daha hızlı ilaç salımına izin verdiği ve sinerjistik etki gösterdiği belirtilmiştir.	[110]

Tablo 1. Vitaminlerin nanoenkapsülasyonu ve nanoenkapsüle edilmiş vitaminlerin insan sağlığına etkisi üzerine yapılmış araştırmalar (devam)

Table 1. Studies on nanoencapsulation of vitamins and the effect of nanoencapsulated vitamins on human health (continue)

Vitamin	Kullanılan nanoenkapsülasyon çeşidi/teknik ve araştırma yapılan konu	Sonuç	Kaynak
D vitamini	D3 vitamini kazein miselleri ile nanoenkapsüle edilmesi.	Nanoenkapsüle D3 vitamininin normale oranla daha stabil olmakla birlikte biyoyararlanımında yüksek olduğu belirtilmiştir.	[111]
	Karboksimetil kitosan (CMCS) ile kaplı zein nanopartikülleri ile D3 vitamininin enkapsülasyonunun simüle edilmiş gastrointestinal sistemde incelenmesi.	D3 vitamininin enkapsülasyonu simüle edilmiş gastrointestinal sistemde daha iyi kontrollü salım sağlamanın yanı sıra UV ışığına karşı fotostabilite, enkapsülasyondan sonra önemli ölçüde geliştirilmiştir.	[12]
	Balık yağı bazlı bir nano enkapsülasyonun ultrasonikasyon tekniği ile gerçekleştirilmesi ve oral biyoyararlılığın incelenmesi.	Nanoenkapsülasyonun başarılı bir şekilde gerçekleştiği ve biyoyararlanımın enkapsüle D vitamininde arttığı sonucuna varmışlardır.	[113]
	D3 vitamini ve kurkuminin eş-nanoenkapsüle ederek artrit indüklenen sıçan modelinde incelenmesi.	D3 vitamini ve kurkuminin ko-nanoenkapsülasyonunun, pürin metabolizmasındaki değişiklikleri geri döndürdüğü ve artrit ile ilişkili inflamasyonu azaltması nedeniyle romatoid artrit için etkili bir alternatif adjuvan tedavi olduğunu belirtmişlerdir.	[114]
	Nanoenkapsülenmiş D3 vitamini ile zenginleştirilmiş az yağlı süt ve yoğurdun uykusuzluk semptomlarında ve yaşam kalitesinde iyileşme üzerindeki etkinliğinin incelenmesi.	Nanoenkapsülenmiş 1500 IU D3 vitamini içeren zenginleştirilmiş az yağlı süt, uykusuzluk semptomlarını ve ardından yaşam kalitesini iyileştirebileceği belirtilmiştir.	[115]
	D3 vitaminini enkapsüllemek için nanoyapılı lipid taşıyıcılar, sıcak yüksek basınçlı homojenizasyonla eldesi ve <i>in vitro</i> sindiriminin incelenmesi.	D3 vitamininin nanoenkapsülasyonu başarılı bir şekilde sağlanmıştır ve simüle edilmiş gastrointestinal sıvılarda kontrollü salım kabiliyetlerini göstermiştir. Mide sıvısında D3 vitaminini koruyabilmiştir, ancak simüle edilmiş bağırsak sıvısında D3 vitamininin %90'ından fazlasını salarak oral biyoyararlanımı arttırmıştır.	[116]
	İçeceklerin zenginleştirilmesinde D3 vitamini yüklü nanolipozomu ince film hidrasyon sonikasyon tekniğini kullanarak formüle edilmesi.	Oluşan lipozomal nanopartiküllerin, içeceklerin D3 vitamini ile takviye edilmesi için uygun bir taşıyıcı olarak sunulabileceği sonucuna varmışlardır	[117]
E vitamini	Spontan emülsifikasyon ile D vitamini nanoemülsiyon bazlı dağıtım sistemlerinin oluşumunun incelenmesi.	Sürfaktan türünün, parçacık boyutu üzerinde kayda değer bir etkiye sahip olduğu, nanoemülsiyonların termal stabilitesi, bir ortak yüzey aktif madde eklenerek iyileştirileceği ve kendiliğinden emülsifikasyon yönteminin ucuz olmasından ötürü gıda, kişisel bakım ve farmasötik uygulamalarında kullanılabileceği belirtilmiştir.	[118]
	Spontan emülsifikasyon yoluyla E vitamini içeren nanoemülsiyonlar üretilmesi.	En yüksek şeffaflık ve en küçük damlacık çapının (d <50nm), sırasıyla %30 propilen glikol veya %20 etanol kullanılarak elde edildiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, yüksek sıcaklıklarda Ostwald olgunlaşmasının, hazırlanan nanoemülsiyonların fizikokimyasal özelliklerini değiştirdiği sonucuna varılmıştır.	[119]
	Sodyum oleat (NaOl) ve rebaudioside A (RebA) harmanlanarak α -tokoferolün nanoenkapsülasyonunu, hafif koşullar altında kendi kendine birleştirme yöntemiyle üretilmesi.	Nanoenkapsülasyonun başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği ve nanoenkapsüllemenin, dağılılırlığı iyileştirdiği ve α -tokoferolün antioksidan aktivitesinin büyük ölçüde arttığını belirtmişlerdir.	[80]
	E vitamininin antitümör kemoterapötikler ile kendi kendine montajlama metoduna dayanan nano-formülasyonun oluşturularak etkisinin incelenmesi	Nano-formülasyonun başarılı bir şekilde oluşturulduğu ve sonuç olarak sinerjistik etki gösterdiği belirtilmiştir.	[120]

Tablo 1. Vitaminlerin nanoenkapsülasyonu ve nanoenkapsüle edilmiş vitaminlerin insan sağlığına etkisi üzerine yapılmış araştırmalar (devam)

Table 1. Studies on nanoencapsulation of vitamins and the effect of nanoencapsulated vitamins on human health (continue)

Vitamin	Kullanılan nanoenkapsülasyon çeşidi/teknik ve araştırma yapılan konu	Sonuç	Kaynak
	Emülgatör olarak Oktenil Süksinik Anhidrit (OSA) ile modifiye edilmiş nişastalar CAPSUL® (MS-A), CAPSUL TA® (MS-B) ve HICAP100® (MS-C) duvar malzemeleri olarak kullanılıp vitamin E yüklü nanoenkapsülleri imal etmek için püskürtmeli kurutma tekniğinin kullanılması.	MS-A ve MS-B'den elde edilen nanoenkapsüllerin, 4 – 35°C'de 60 günlük bir süre sonunda Vitamin E'nin yaklaşık %50'sini tuttuğu; ancak 35°C'de MS-C kullanılarak imal edilen nanoenkapsüllerde azaltılmış tutma ve kısa yarılanma ömrü (35 gün), zayıf film oluşturma kapasitesi nedeniyle meydana gelen oksidasyon reaksiyonuna bağlanmış olduğu belirtilmiştir.	[121]
E vitamini	Çift kanallı bir mikro akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilmiş suda yağ nanoemülsiyonlarında enkapsülasyonunun biyoerişilebilirliğe etkisi.	Optimize edilmiş nanoemülsiyon bazlı uygulama sistemi, nispeten yüksek bir vitamin biyolojik erişilebilirliğine (%53.9) yol açtığı belirtilmiştir.	[122]
	Alzheimer hastaları için polietilen glikol (PEG) esaslı nanoküreler içine E vitamininin enkapsülasyonu hücre kültürlerine verilmesinin incelenmesi.	Amiloid betaya maruz kalmadan kaynaklanan oksidatif strese karşı etkinliğinin arttığı belirtilmiştir.	[123]
	E vitamininin kontrollü dağıtımını amacıyla β -siklodekstrin çözünür soya polisakkarit bazlı çekirdek-kabuk biyanokompozitler ile hidrojellerin oluşturulması.	Oluşturulan biyanokompozitler ile hidrojellerin <i>in vitro</i> ve <i>in vivo</i> olarak hidrojelin serbest vitamin E süspansiyonuna oranla 7.5 kat olumlu absorpsiyon alanına (ince bağırsak) vitamin E'yi iletmek için kullanılacağı sonucuna varmışlardır.	[124]
E ve B2 vitamini	Nano enkapsülasyonda, çift emülsiyon (W / O / W) yöntemi kullanılmış ve peynir altı suyu proteini izolatu-polisakkarit (düşük metoksil pektin ve k-karagenan) komplekslerinin bu vitaminlerin kontrollü salımı üzerindeki etkisi incelenmesi.	Vitamin E'nin (%66) enkapsülleme etkinliğinin B2 vitamininden (%64) daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu yöntem ile simüle edilmiş mide koşullarında vitamin salımını geciktirip, simüle edilmiş bağırsak koşullarında enterik vitamin serbestleşmesine uğrama yeteneğine sahip olmuştur.	[125]
E ve C vitamini	Lipozomlar kullanılarak portakal suyunu güçlendirmek ve ısı işleminden sonra C vitamininin korunmasının incelenmesi.	Lipozomal formülasyonlar ve vitaminlerin portakal suyu ile kombinasyonunun organoleptik özelliklerini değiştirmediğini, pastörizasyon ve 37 gün 4°C'de depolamadan sonra mikrobiyolojik stabilite gösterdiğini belirtmişlerdir.	[126]
K vitamini	Sinerjik bir pıhtılaştırıcı olarak amfifilik çok yüklü siklodekstrinler ile K vitamininin inkluzyon kompleksinin incelenmesi.	Heparin nötralizasyonu ve K vitamini takviyesinin sinerjistik etki göstererek klinik bir anti-heparin pıhtılaştırıcı olarak olumlu etkilerde bulunacağı belirtilmiştir.	[127]

SONUÇ

Sonuç olarak, nanoenkapsülasyon çok çeşitli yöntemler ile yapılabilmekte ve bunlar kullanım amaçlarına uygun şekilde hazırlanabilmektedir. Vitaminlerin nanoenkapsülasyonu ile termal dayanıklılık artırılabilir ve beraber ışığa karşı duyarlılık azaltılabilir. Ayrıca biyoerişilebilirliğin artması için mide ortamına dayanıklı ve bağırsakta çözünerek emilime hazır vitamin enkapsülasyonu biyoyararlanımının artmasını sağlayacağı için nanoenkapsüle vitaminler, vitamin eksikliği tedavisinde takviye edici olarak kullanılabilir. Gıda kompozisyonlarındaki farklı içerikler, pH ve ısı işlemlerden ötürü vitamin enkapsülasyonu ile vitaminin depolama stabilitesi artabileceği için fonksiyonel gıda üretiminde vitaminlerin nanoenkapsüle halde kullanımı tüketici sağlığına olumlu etkilerde bulunabilir. Konu ile ilgili araştırmalar incelendiğinde, vitaminlerin nanoenkapsülasyonunun birçok olumlu etkisinin

olabileceği ve konu ile ilgili olarak araştırılması gereken çok fazla öğenin var olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle konu ile ilgili olarak daha fazla araştırmanın yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Henry, C.J. (2010). Functional foods. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(7), 657-659.
- [2] Götze, F., Brunner, T.A. (2019). Sustainability and country-of-origin: How much do they matter to consumers in Switzerland? *British Food Journal*, 122(1), 291-308.
- [3] Lucas, B.F., Costa, J.A.V., Brunner, T.A. (2021). Superfoods: Drivers for Consumption. *Journal of Food Products Marketing*, 27(1), 1-9.
- [4] Wildman, R.E.C. (2016). *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods*. CRC Press, 1-23p.

- [5] Bigliardi, B. Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 118-129.
- [6] Akbari Alavijeh, M., Sarvi, M.N., Ramazani Afarani, Z. (2019). Modified montmorillonite nanolayers for nano-encapsulation of biomolecules. *Heliyon*, 5(3), e01379.
- [7] Shahidi, F. (2009). Nutraceuticals and functional foods: Whole versus processed foods. *Trends in Food Science & Technology*, 20(9), 376-387.
- [8] Walia, N., Dasgupta, N., Ranjan, S., Ramalingam, C., Gandhi, M. (2019). Food-grade nanoencapsulation of vitamins. *Environmental Chemistry Letters*, 17(2), 991-1002.
- [9] Cursino, A.C.T., Zanotelli, N. C., Giona, R.M., de Oliveira Basso, R.L., Mezalira, D.Z. (2021). Multifunctional food supplements based on layered zinc hydroxide salts intercalated with vitamin anions and adsorbed with vanillin. *Journal of Food Science and Technology*, 58(10), 3963-3971.
- [10] Mougin, K., Bruntz, A., Severin, D., Teleki, A. (2016). Morphological stability of microencapsulated vitamin formulations by AFM imaging. *Food Structure*, 9, 1-12.
- [11] Katouzian, I. Jafari, S.M. (2017). *Nanoencapsulation of Vitamins* (ss. 145-181). Academic Press.
- [12] Gonnet, M., Lethuaut, L., Boury, F. (2010). New trends in encapsulation of liposoluble vitamins. *Journal of Controlled Release*, 146(3), 276-290.
- [13] Abbasi, A., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, M.A.E., Davoodi, D. (2014). Stability of vitamin D (3) encapsulated in nanoparticles of whey protein isolate. *Food Chemistry*, 143, 379-383.
- [14] Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V.K. (2017). Application of nanotechnology in food science: perception and overview. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1501.
- [15] Panigrahi, S.S., Syed, I., Sivabalan, S., Sarkar, P. (2019). Nanoencapsulation strategies for lipid-soluble vitamins. *Chemical Papers*, 73(1), 1-16.
- [16] Glowka, E., Stasiak, J., Lulek, J. (2019). Drug delivery systems for vitamin D supplementation and therapy. *Pharmaceutics*, 11(7), 347.
- [17] Ezhilarasi, P.N., Karthik, P., Chhanwal, N., Anandharamakrishnan, C. (2013). Nanoencapsulation techniques for food bioactive components: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3), 628-647.
- [18] Zhu, Y., Li, C., Cui, H., Lin, L. (2020). Encapsulation strategies to enhance the antibacterial properties of essential oils in food system. *Food Control*, 107856.
- [19] Khorasani, S., Danaei, M., Mozafari, M.R. (2018). Nanoliposome technology for the food and nutraceutical industries. *Trends in Food Science & Technology*, 79, 106-115.
- [20] Bender, M.L. Komiyama, M. (2012). *Cyclodextrin Chemistry* (Vol. 6). Springer Science & Business Media.
- [21] Seidi, F., Shamsabadi, A.A., Amini, M., Shabanian, M., Crespy, D. (2019). Functional materials generated by allying cyclodextrin-based supramolecular chemistry with living polymerization. *Polymer Chemistry*, 10(27), 3674-3711.
- [22] Tian, B., Liu, Y., Jiayue, L. (2020). Smart stimuli-responsive drug delivery systems based on cyclodextrin: A review. *Carbohydrate Polymers*, 251, 116871.
- [23] Martínez Rivas, C.J., Tarhini, M., Badri, W., Miladi, K., Greige-Gerges, H., Nazari, Q.A., Galindo Rodríguez, S.A., Román, R.Á., Fessi, H., Elaissari, A. (2017). Nanoprecipitation process: From encapsulation to drug delivery. *International Journal of Pharmaceutics*, 532(1), 66-81.
- [24] Ghorani, B. Tucker, N. (2015). Fundamentals of electrospinning as a novel delivery vehicle for bioactive compounds in food nanotechnology. *Food Hydrocolloids*, 51, 227-240.
- [25] Katouzian, I. Jafari, S.M. (2016). Nano-encapsulation as a promising approach for targeted delivery and controlled release of vitamins. *Trends in Food Science & Technology*, 53, 34-48.
- [26] Garti, N. McClements, D.J. (2012). *Encapsulation Technologies and Delivery Systems for Food Ingredients and Nutraceuticals*. Elsevier.
- [27] Tadros, T., Izquierdo, P., Esquena, J., Solans, C. (2004). Formation and stability of nano-emulsions. *Advances in Colloid and Interface Science*, 108-109, 303-318.
- [28] Singh, H. (2016). Nanotechnology applications in functional foods; opportunities and challenges. *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(1), 1-8.
- [29] Wang, S., Su, R., Nie, S., Sun, M., Zhang, J., Wu, D., Moustaid-Moussa, N. (2014). Application of nanotechnology in improving bioavailability and bioactivity of diet-derived phytochemicals. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 25(4), 363-376.
- [30] Polcz, M.E. Barbul, A. (2019). The Role of Vitamin A in Wound Healing. *Nutrition in Clinical Practice: Official Publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 34(5), 695-700.
- [31] Soares, M.M., Silva, M.A., Garcia, P.P.C., Silva, L.S. da Costa, G.D. da, Araújo, R.M.A., Cotta, R.M.M. (2019). Effect of vitamin A supplementation: A systematic review. *Ciencia & Saude Coletiva*, 24(3), 827-838.
- [32] Blamer, W.S. (2019). Vitamin A Signaling and Homeostasis in obesity, diabetes, and metabolic disorders. *Pharmacology & therapeutics*, 197, 153-178.
- [33] Zinder, R., Cooley, R., Vlad, L.G., Molnar, J.A. (2019). Vitamin A and wound healing. *Nutrition in Clinical Practice: Official Publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 34(6), 839-849.
- [34] Saleem, S., Kazmi, I., Ahmad, A., Abuzinadah, M.F., Samkari, A., Alkrathy, H.M., Khan, R. (2020). Thiamin Regresses the Anticancer Efficacy of Methotrexate in the Amelioration of Diethyl Nitrosamine-Induced Hepatocellular Carcinoma in Wistar Strain Rats. *Nutrition and Cancer*, 72(1), 170-181.
- [35] Wiley, K.D. Gupta, M. (2020). Vitamin B1 Thiamine Deficiency. In StatPearls. StatPearls Publishing.




- [36] Suwannasom, N., Kao, I., Pruß, A., Georgieva, R., Bäuml, H. (2020). Riboflavin: The Health Benefits of a Forgotten Natural Vitamin. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 950.
- [37] Peechakara, B.V. Gupta, M. (2020). Vitamin B2 (Riboflavin). In StatPearls. StatPearls Publishing.
- [38] Thakur, K., Tomar, S.K., Singh, A.K., Mandal, S., Arora, S. (2017). Riboflavin and health: A review of recent human research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(17), 3650-3660.
- [39] Fricker, R.A., Green, E.L., Jenkins, S.I., Griffin, S.M. (2018). The Influence of Nicotinamide on Health and Disease in the Central Nervous System. *International Journal of Tryptophan Research: IJTR*, 11, 1178646918776658.
- [40] Wolak, N., Zawrotniak, M., Gogol, M., Kozik, A., Rapala-Kozik, M. (2017). Vitamins B1, B2, B3 and B9-occurrence, biosynthesis pathways and functions in human nutrition. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 17(12), 1075-1111.
- [41] Kondjoyan, A., Portanguen, S., Duchène, C., Mirade, P.S., Gandemer, G. (2018). Predicting the loss of vitamins B3 (niacin) and B6 (pyridoxamine) in beef during cooking. *Journal of Food Engineering*, 238, 44-53.
- [42] Hill, L.J., Williams, A.C. (2017). Meat intake and the dose of vitamin B3 - nicotinamide: Cause of the causes of disease transitions, health divides, and health futures? *International Journal of Tryptophan Research: IJTR*, 10, 1178646917704662.
- [43] Makarov, M.V., Trammell, S.A.J., Migaud, M.E. (2019). The chemistry of the vitamin B3 metabolome. *Biochemical Society transactions*, 47(1), 131-147.
- [44] Savvidou, S. (2014). Pellagra: A non-eradicated old disease. *Clinics and Practice*, 4(1), 637.
- [45] Brown, M.J., Ameer, M.A., Beier, K. (2020). Vitamin B6 Deficiency. In StatPearls. StatPearls Publishing.
- [46] Ahmad, I., Mirza, T., Qadeer, K., Nazim, U., Vaid, F.H. (2013). Vitamin B6: Deficiency diseases and methods of analysis. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 26(5), 1057-1069.
- [47] Sijlmasi, O. (2019). Folic acid deficiency and vision: A review. *Graefes' Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 257(8), 1573-1580.
- [48] Greenberg, J.A., Bell, S.J., Guan, Y., Yu, Y.-H. (2011). Folic Acid supplementation and pregnancy: More than just neural tube defect prevention. *Reviews in Obstetrics & Gynecology*, 4(2), 52-59.
- [49] Gristan, Y.D. Moosavi, L. (2020). Folic Acid. In StatPearls. StatPearls Publishing.
- [50] Scaglione, F. Panzavolta, G. (2014). Folate, folic acid and 5-methyltetrahydrofolate are not the same thing. *Xenobiotica; the Fate of Foreign Compounds in Biological Systems*, 44(5), 480-488.
- [51] Ferrazzi, E., Tiso, G., Di Martino, D. (2020). Folic acid versus 5-methyl tetrahydrofolate supplementation in pregnancy. *European Journal of Obstetrics, Gynecology, and Reproductive Biology*, 253, 312-319.
- [52] Chapeau, A.L., Hamon, P., Rousseau, F., Croguennec, T., Poncelet, D., Bouhallab, S. (2017). Scale-up production of vitamin loaded heteroprotein coacervates and their protective property. *Journal of Food Engineering*, 206, 67-76.
- [53] Watanabe, F., Yabuta, Y., Tanioka, Y., Bito, T. (2013). Biologically active vitamin B12 compounds in foods for preventing deficiency among vegetarians and elderly subjects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(28), 6769-6775.
- [54] Watanabe, F., Yabuta, Y., Bito, T., Teng, F. (2014). Vitamin B₁₂-containing plant food sources for vegetarians. *Nutrients*, 6(5), 1861-1873.
- [55] Estevinho. (2020). Nanocarriers loaded with nutraceuticals and bioactive ingredients (vitamins and minerals). *Nanotechnology in the Beverage Industry*, 373-412.
- [56] Frei, B., England, L., Ames, B.N. (1989). Ascorbate is an outstanding antioxidant in human blood plasma. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 86(16), 6377-6381.
- [57] Morelli, M.B., Gambardella, J., Castellanos, V., Trimarco, V., Santulli, G. (2020). Vitamin C and cardiovascular disease: An update. *Antioxidants*, 9(12), 1227.
- [58] Wyckelsma, V.L., Venckunas, T., Brazaitis, M., Gastaldello, S., Snieckus, A., Eimantas, N., Baranauskiene, N., Subocius, A., Skurvydas, A., Pääsuke, M., Gapeyeva, H., Kaasik, P., Pääsuke, R., Jürimäe, J., Graf, B.A., Kayser, B., Place, N., Andersson, D.C., Kamandulis, S., Westerblad, H. (2020). Vitamin C and E treatment blunts sprint interval training-induced changes in inflammatory mediator-, calcium-, and mitochondria-related signaling in recreationally active elderly humans. *Antioxidants (Basel)*, 9(9), 879.
- [59] Tada, A. Miura, H. (2019). The relationship between vitamin C and periodontal diseases: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(14), 2472.
- [60] Kashiouris, M.G., L'Heureux, M., Cable, C.A., Fisher, B.J., Leichtle, S.W., Fowler, A.A. (2020). The emerging role of vitamin C as a treatment for sepsis. *Nutrients*, 12(2), 292.
- [61] Kuhn, S.O., Meissner, K., Mayes, L.M., Bartels, K. (2018). Vitamin C in sepsis. *Current Opinion in Anaesthesiology*, 31(1), 55-60.
- [62] Marik, P.E. (2018). Vitamin C for the treatment of sepsis: The scientific rationale. *Pharmacology & Therapeutics*, 189, 63-70.
- [63] Hemilä, H. Chalker, E. (2013). Vitamin C for preventing and treating the common cold. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1, CD000980.
- [64] Sheraz, M.A., Khan, M.F., Ahmed, S., Kazi, S.H., Ahmad, I. (2015). Stability and stabilization of ascorbic acid. *Household and Personal Care Today*, 10, 22-25.
- [65] Comunian, T., Babazadeh, A., Rehman, A., Shaddel, R., Akbari-Alavijeh, S., Boostani, S., Jafari, S.M. (2020). Protection and controlled release of vitamin C by different micro/nanocarriers. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(12), 3301-3322.

- [66] Goltzman, D., Mannstadt, M., Marcocci, C. (2018). Physiology of the calcium-parathyroid hormone-vitamin D axis. *Frontiers of Hormone Research*, 50, 1-13.
- [67] Feige, J., Moser, T., Bieler, L., Schwenker, K., Hauer, L., Sellner, J. (2020). Vitamin D supplementation in multiple sclerosis: A critical analysis of potentials and threats. *Nutrients*, 12(3), 783.
- [68] Sassi, F., Tamone, C., D'Amelio, P. (2018). Vitamin D: Nutrient, hormone, and immunomodulator. *Nutrients*, 10(11), 1656.
- [69] Theodoratou, E., Tzoulaki, I., Zgaga, L., Ioannidis, J.P.A. (2014). Vitamin D and multiple health outcomes: Umbrella review of systematic reviews and meta-analyses of observational studies and randomised trials. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 348, g2035.
- [70] Lin, Z. Li, W. (2016). The roles of vitamin D and its analogs in inflammatory diseases. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 16(11), 1242-1261.
- [71] Carlberg, C., Muñoz, A. (2020). An update on vitamin D signaling and cancer. In *Seminars in Cancer Biology*. Academic Press.
- [72] Al-Hashimi, N. Abraham, S. (2020). Cholecalciferol. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- [73] Brandi, M.L. (2010). Indications on the use of vitamin D and vitamin D metabolites in clinical phenotypes. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*, 7(3), 243-250.
- [74] Grossmann, R.E. Tangpricha, V. (2010). Evaluation of vehicle substances on vitamin D bioavailability: A systematic review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 54(8), 1055-1061.
- [75] Lee, G.Y. Han, S.N. (2018). The role of vitamin E in immunity. *Nutrients*, 10(11), 1614.
- [76] Lewis, E.D., Meydani, S.N., Wu, D. (2019). Regulatory role of vitamin E in the immune system and inflammation. *IUBMB Life*, 71(4), 487-494.
- [77] Kim, H.K. Han, S.N. (2019). Vitamin E: Regulatory role on gene and protein expression and metabolomics profiles. *IUBMB Life*, 71(4), 442-455.
- [78] Abraham, A., Kattoor, A.J., Saldeen, T., Mehta, J.L. (2019). Vitamin E and its anticancer effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(17), 2831-2838.
- [79] Yang, C.S., Luo, P., Zeng, Z., Wang, H., Malafa, M., Suh, N. (2020). Vitamin E and cancer prevention: Studies with different forms of tocopherols and tocotrienols. *Molecular Carcinogenesis*, 59(4), 365-389.
- [80] He, J., Shi, H., Huang, S., Han, L., Zhang, W., Zhong, Q. (2018). Core-shell nanoencapsulation of α -tocopherol by blending sodium oleate and rebaudioside A: Preparation, characterization, and antioxidant activity. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(12).
- [81] Ozturk, B., Argin, S., Ozilgen, M., McClements, D.J. (2015). Formation and stabilization of nanoemulsion-based vitamin E delivery systems using natural biopolymers: Whey protein isolate and gum arabic. *Food Chemistry*, 188, 256-263.
- [82] Montenegro, L. (2014). Nanocarriers for skin delivery of cosmetic antioxidants. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 2(4), 73-92.
- [83] Teleki, A., Hitzfeld, A., Eggersdorfer, M. (2013). 100 Years of Vitamins: The Science of Formulation is the Key to Functionality. *KONA Powder and Particle Journal*, 30, 144-163.
- [84] Zhang, W.G., Liang, J.H., & Cai, Y.J. (2011). Preparation of vitamin E liposomes by the thin film method and study on its leakage rate. In *Advanced Materials Research* (Vol. 236, pp. 2207-2210). Trans Tech Publications Ltd.
- [85] Ohta, Y., Torii, H., Yamasaki, T., Niwa, T., Majima, Y., Ishiguro, I. (1997). Preventive action of vitamin E-containing liposomes on cataractogenesis in young adult rats fed a 25% galactose diet. *Journal of Ocular Pharmacology and Therapeutics: The Official Journal of the Association for Ocular Pharmacology and Therapeutics*, 13(6), 537-550.
- [86] Booth, S.L. (2009). Roles for vitamin K beyond coagulation. *Annual Review of Nutrition*, 29, 89-110.
- [87] Fusaro, M., Gallieni, M., Rizzo, M.A., Stucchi, A., Delanaye, P., Cavalier, E., Moysés, R.M.A., Jorgetti, V., Iervasi, G., Giannini, S., Fabris, F., Aghi, A., Sella, S., Galli, F., Viola, V., Plebani, M. (2017). Vitamin K plasma levels determination in human health. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 55(6), 789-799.
- [88] Schwalfenberg, G.K. (2017). Vitamins K1 and K2: The emerging group of vitamins required for human health. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2017, 6254836.
- [89] Işcan, Y., Wissing, S.A., Hekimoğlu, S., Müller, R.H. (2005). Solid lipid nanoparticles (SLN) for topical drug delivery: Incorporation of the lipophilic drugs N,N-diethyl-m-toluamide and vitamin K. *Die Pharmazie*, 60(12), 905-909.
- [90] Otsuka, M. Hirano, R. (2011). Bone cell activity responsive drug release from biodegradable apatite/collagen nano-composite cements—In vitro dissolution medium responsive vitamin K2 release. *Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces*, 85(2), 338-342.
- [91] Yang, G.G., Zhang, H., Zhang, D.Y., Cao, Q., Yang, J., Ji, L.N., Mao, Z.W. (2018). Cancer-specific chemotherapeutic strategy based on the vitamin K3 mediated ROS regenerative feedback and visualized drug release in vivo. *Biomaterials*, 185, 73-85.
- [92] Chen, L., Bai, G., Yang, R., Zang, J., Zhou, T., Zhao, G. (2014). Encapsulation of β -carotene within ferritin nanocages greatly increases its water-solubility and thermal stability. *Food Chemistry*, 149, 307-312.
- [93] Chen, J., Li, F., Li, Z., McClements, D.J., Xiao, H. (2017). Encapsulation of carotenoids in emulsion-based delivery systems: Enhancement of β -carotene water-dispersibility and chemical stability. *Food Hydrocolloids*, 69, 49-55.
- [94] Resende, D., Costa Lima, S.A., Reis, S. (2020). Nanoencapsulation approaches for oral delivery of vitamin A. *Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces*, 193, 111121.

- [95] AlZahabi, S., Sakr, O.S., Ramadan, A.A. (2019). Nanostructured lipid carriers incorporating prickly pear seed oil for the encapsulation of vitamin A. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 18(6), 1875-1884.
- [96] Celebioglu, A. Uyar, T. (2020). Design of polymer-free Vitamin-A acetate/cyclodextrin nanofibrous webs: Antioxidant and fast-dissolving properties. *Food & Function*, 11(9), 7626-7637.
- [97] Xu, X., Peng, S., Bao, G., Zhang, H., Yin, C. (2021). β -cyclodextrin inclusion complexes with vitamin A and its esters: A comparative experimental and molecular modeling study. *Journal of Molecular Structure*, 1223, 129001.
- [98] Kaur, K., Jindal, R., Jindal, D. (2020). Controlled release of vitamin B1 and evaluation of biodegradation studies of chitosan and gelatin based hydrogels. *International Journal of Biological Macromolecules*, 146, 987-999.
- [99] Juveriya Fathima, S., Fathima, I., Abhishek, V., Khanum, F. (2016). Phosphatidylcholine, an edible carrier for nanoencapsulation of unstable thiamine. *Food Chemistry*, 197, 562-570.
- [100] Azevedo, M.A., Bourbon, A.I., Vicente, A.A., Cerqueira, M.A. (2014). Alginate/chitosan nanoparticles for encapsulation and controlled release of vitamin B2. *International Journal of Biological Macromolecules*, 71, 141-146.
- [101] Jin, B., Zhou, X., Li, X., Lin, W., Chen, G., Qiu, R. (2016). Self-assembled modified soy protein/dextran nanogel induced by ultrasonication as a delivery vehicle for riboflavin. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 21(3), 282.
- [102] Zhang, P., Zhao, S.R., Li, J.X., Hong, L., Raja, M.A., Yu, L.J., Liu, C.G. (2016). Nanoparticles based on phenylalanine ethyl ester-alginate conjugate as vitamin B2 delivery system. *Journal of Biomaterials Applications*, 31(1), 13-22.
- [103] Pérez-Masiá, R., López-Nicolás, R., Periago, M.J., Ros, G., Lagaron, J.M., López-Rubio, A. (2015). Encapsulation of folic acid in food hydrocolloids through nanospray drying and electrospraying for nutraceutical applications. *Food Chemistry*, 168, 124-133.
- [104] Bakhshi, P.K., Nangrejo, M.R., Stride, E., Edirisinghe, M. (2013). Application of electrohydrodynamic technology for folic acid encapsulation. *Food and Bioprocess Technology*, 6(7), 1837-1846.
- [105] Zhang, J., Field, C.J., Vine, D., & Chen, L. (2015). Intestinal uptake and transport of vitamin B12-loaded soy protein nanoparticles. *Pharmaceutical Research*, 32(4), 1288-1303.
- [106] Akbari Alavijeh, M., Sarvi, M.N., Ramazani Afarani, Z. (2017). Properties of adsorption of vitamin B12 on nanoclay as a versatile carrier. *Food Chemistry*, 219, 207-214.
- [107] Peng, H., Chen, S., Luo, M., Ning, F., Zhu, X., Xiong, H. (2016). Preparation and self-assembly mechanism of bovine serum albumin-citrus peel pectin conjugated hydrogel: A potential delivery system for vitamin C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(39), 7377-7384.
- [108] Zhou, W., Liu, W., Zou, L., Liu, W., Liu, C., Liang, R., Chen, J. (2014). Storage stability and skin permeation of vitamin C liposomes improved by pectin coating. *Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces*, 117, 330-337.
- [109] Güney, G., Kutlu, H.M., Genç, L. (2014). Preparation and characterization of ascorbic acid loaded solid lipid nanoparticles and investigation of their apoptotic effects. *Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces*, 121, 270-280.
- [110] Lipka, D., Gubernator, J., Filipczak, N., Barnert, S., Süß, R., Legut, M., Kozubek, A. (2013). Vitamin C-driven epirubicin loading into liposomes. *International Journal of Nanomedicine*, 8, 3573-3585.
- [111] Haham, M., Ish-Shalom, S., Nodelman, M., Duek, I., Segal, E., Kustanovich, M., Livney, Y.D. (2012). Stability and bioavailability of vitamin D nanoencapsulated in casein micelles. *Food & Function*, 3(7), 737-744.
- [112] Luo, Y., Teng, Z., Wang, Q. (2012). Development of zein nanoparticles coated with carboxymethyl chitosan for encapsulation and controlled release of vitamin D3. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(3), 836-843.
- [113] Walia, N., Dasgupta, N., Ranjan, S., Chen, L., Ramalingam, C. (2017). Fish oil based vitamin D nanoencapsulation by ultrasonication and bioaccessibility analysis in simulated gastrointestinal tract. *Ultrasonics Sonochemistry*, 39, 623-635.
- [114] da Silva, J.L.G., Passos, D.F., Bernardes, V.M., Cabral, F.L., Schimites, P.G., Manzoni, A.G., de Oliveira, E.G., de Bona da Silva, C., Beck, R.C.R., Jantsch, M.H., Maciel, R.M., Leal, D.B.R. (2019). Co-nanoencapsulation of vitamin D3 and curcumin regulates inflammation and purine metabolism in a model of arthritis. *Inflammation*, 42(5), 1595-1610.
- [115] Sharifan, P., Khoshakhlagh, M., Khorasanchi, Z., Darroudi, S., Rezaie, M., Safarian, M., Vatanparast, H., Afshari, A., Ferns, G., Ghazizadeh, H., Ghayour Mobarhan, M. (2020). Efficacy of low-fat milk and yogurt fortified with encapsulated vitamin D3 on improvement in symptoms of insomnia and quality of life: Evidence from the SUVINA trial. *Food Science & Nutrition*, 8(8), 4484-4490.
- [116] Park, S.J., Garcia, C.V., Shin, G.H., Kim, J.T. (2017). Development of nanostructured lipid carriers for the encapsulation and controlled release of vitamin D3. *Food Chemistry*, 225, 213-219.
- [117] Mohammadi, M., Ghanbarzadeh, B., Hamishehkar, H. (2014). Formulation of nanoliposomal vitamin d3 for potential application in beverage fortification. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 4(Suppl 2), 569-575.
- [118] Guttoff, M., Saberi, A.H., McClements, D.J. (2015). Formation of vitamin D nanoemulsion-based delivery systems by spontaneous emulsification: Factors affecting particle size and stability. *Food Chemistry*, 171, 117-122.
- [119] Saberi, A.H., Fang, Y., McClements, D.J. (2013). Fabrication of vitamin E-enriched nanoemulsions

- by spontaneous emulsification: Effect of propylene glycol and ethanol on formation, stability, and properties. *Food Research International*, 54(1), 812-820.
- [120]Ling, L., Ismail, M., Shang, Z., Hu, Y., Li, B. (2020). Vitamin E-based prodrug self-delivery for nanoformulated irinotecan with synergistic antitumor therapeutics. *International Journal of Pharmaceutics*, 577, 119049.
- [121]Hategekimana, J., Masamba, K.G., Ma, J., Zhong, F. (2015). Encapsulation of vitamin E: Effect of physicochemical properties of wall material on retention and stability. *Carbohydrate Polymers*, 124, 172-179.
- [122]Lv, S., Gu, J., Zhang, R., Zhang, Y., Tan, H., & McClements, D. J. (2018). Vitamin E encapsulation in plant-based nanoemulsions fabricated using dual-channel microfluidization: formation, stability, and bioaccessibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(40), 10532-10542.
- [123]Shea, T.B., Ortiz, D., Nicolosi, R.J., Kumar, R., Watterson, A.C. (2005). Nanosphere-mediated delivery of vitamin E increases its efficacy against oxidative stress resulting from exposure to amyloid beta. *Journal of Alzheimer's Disease*, 7(4), 297-301.
- [124]Eid, M., Sobhy, R., Zhou, P., Wei, X., Wu, D., Li, B. (2020). β -cyclodextrin- soy soluble polysaccharide based core-shell bionanocomposites hydrogel for vitamin E swelling controlled delivery. *Food Hydrocolloids*, 104, 105751.
- [125]Li, B., Jiang, Y., Liu, F., Chai, Z., Li, Y., Li, Y., Leng, X. (2012). Synergistic effects of whey protein-polysaccharide complexes on the controlled release of lipid-soluble and water-soluble vitamins in W1/O/W2 double emulsion systems. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(2), 248-254.
- [126]Marsanasco, M., Márquez, A.L., Wagner, J.R., del V. Alonso, S., Chiaramoni, N.S. (2011). Liposomes as vehicles for vitamins E and C: An alternative to fortify orange juice and offer vitamin C protection after heat treatment. *Food Research International*, 44(9), 3039-3046.
- [127]Li, P., Chen, Y., Chen, C., Liu, Y. (2019). Amphiphilic multi-charged cyclodextrins and vitamin K co-assembly as a synergistic coagulant. *Chemical Communications*, 55(78), 11790-11793.
-

Spirulina Mikroalginin Besinsel Özellikleri ve Sağlık Üzerine Potansiyel Etkileri

Tuğçe Özlü¹ , Banu Bayram²  

¹Bahçeşehir Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul

²Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul

Geliş Tarihi (Received): 05.02.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 14.05.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): banu.bayram@sbu.edu.tr (B. Bayram)

📞 0 216 418 9616 📠 0 216 418 9620

ÖZ

Dünya nüfusunun hızlı artışına paralel olarak besin takviyelerine olan ilgi de artarak devam etmektedir. İnsan beslenmesindeki ilk kullanımı çok eski dönemlere dayanan alglerin besin takviyesi olarak kullanımı son yıllarda artış göstermiştir. Özellikle *Spirulina* en çok tüketilen mikroalg cinslerinden biridir. *Spirulina* hap, tablet, kapsül, toz ve jel formlarında besin takviyesi olarak kullanılmasının yanı sıra besin değerini arttırmak ve sağlık etkilerinden yararlanmak için çeşitli gıda ürünlerine eklenmektedir. Literatürdeki güncel veriler *Spirulina*'nın obezite, tip 2 diyabet gibi hastalıklar üzerinde olumlu etkileri olabileceğini göstermektedir. *Spirulina*'nın bu olumlu etkileri besin ögesi içeriği ve antioksidan ve anti-inflamatuvar aktivitelere sahip biyoaktif bileşen içeriği ile ilişkilidir. Olumlu sağlık etkilerinin yanı sıra *Spirulina*'yı besin takviyesi olarak kullanmanın bazı potansiyel riskleri bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda *Spirulina* takviyelerinde ağır metal, siyanotoksin ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar tespit edilmiştir. Bu derlemenin amacı, *Spirulina*'nın sağlık üzerine olumlu etkileri ve potansiyel risklerine ilişkin özelliklerini irdelemektir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, Besin takviyesi, Mikroalg, Sağlık, *Spirulina*

Nutritional Properties of Spirulina Microalgae and Its Potential Effects on Human Health

ABSTRACT

In parallel with the rapid increase in the world population, the interest on the use of dietary supplements continues to increase. Although the use of algae in human nutrition dates back to ancient times, their use as a dietary supplement has increased in recent years. Especially *Spirulina* is one of the most widely consumed microalgae. In addition to its use as a dietary supplement in pills, tablets, capsules, powder, and gels, *Spirulina* has been integrated into various food products to increase its nutritional value and to benefit from its effects on human health. Current data in the literature show that *Spirulina* may have positive effects on diseases like obesity and type 2 diabetes. These positive effects of *Spirulina* are related to its nutrient content and bioactive compounds showing antioxidant and anti-inflammatory activities. Apart from the positive health effects, there are some potential risks in using *Spirulina* as a dietary supplements. In some studies, heavy metals, cyanotoxins, polycyclic aromatic hydrocarbons has been detected in *Spirulina* supplements. The purpose of this review is to evaluate the positive effects and potential risks of Spirulina on human health.

Keywords: Antioxidant, Dietary supplement, Health, Microalgae, *Spirulina*

GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 7.6 milyardan 9 milyara çıkması beklenmektedir. Artan nüfusla birlikte, besin değeri yüksek gıdalara ve sağlıklı ürünlere olan talep artış göstermektedir [1]. Mikroalg bazlı olanlar dâhil olmak üzere besin takviyeleri dünya çapında giderek daha popüler hale gelmektedir. Mikroalgler, *in vitro*, *in vivo* ve insan çalışmalarında gösterilen biyolojik etkileri ve yüksek besin değeri nedeniyle umut verici besin takviyeleri olarak görülmektedir [2-3]. Alglerin ilk keşfi 3.5 milyar yıl öncesine dayanmakta olup dünyanın en eski bitkilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu fotosentetik türler, uzunluğu 60 metreye kadar olan çok hücreli yapıdan (makroalg) ve 0.2 mikrometre (μm) kadar küçük boyutlu tek hücreli organizmalardan (mikroalg) oluşmaktadır. Mikroalglerin tahmini tür sayısı 200.000 ile 800.000 arasında değişmektedir [3]. Bu türler arasında, *Spirulina (Arthrospira)* en iyi bilinen ve tüketimi en yaygın olan mikroalg cinsidir [4]. *Spirulina*, ipliksi, spiral şekilli mavi-yeşil bir mikroalg cinsidir. Bilimsel literatürde araştırılan ve tüketim için güvenli olan *Spirulina* türleri arasında *Spirulina platensis*, *Spirulina maxima* ve *Spirulina fusiformis* yer almaktadır [5].

Spirulina besin içeriği, toksisite eksikliği ve terapötik etkileri nedeniyle 21. yüzyılda beslenmenin profilaktik bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir [5]. *Spirulina* takviyesinin besin ögesi içeriği ile (kaliteli protein, dengeli yağ asitleri profili, antioksidan vitaminler ve mineraller) obezite, diyabet, kanser gibi birçok hastalığın tedavisine yardımcı olacağı düşünülmektedir [6]. Bununla birlikte, *Spirulina* ürünlerinde toksin kontaminasyonlarına, ağır metaller veya polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) varlığına da işaret etmektedir [7]. Yapılan çalışmalar *Spirulina platensis*'in eser metalleri *Chlorella vulgaris* türünden daha fazla biriktirdiğini göstermektedir. Bu durum, insan sağlığı için gerekli olan eser elementler açısından bir avantaj olarak görülse de toksik metal içeriği sebebiyle önemli bir sorun oluşturmaktadır [6,8]. Bu bilgiler ışığında derlemenin amacı, besin takviyesi olarak *Spirulina*'yı tüm yönleriyle ele alarak sağlık üzerine olumlu etkileri ve potansiyel risklerine ilişkin özelliklerini değerlendirmektir.

BESİN DESTEĞİ FORMLARI ve ÜRETİM UYGULAMALARI

Dünya genelinde her yıl besin kaynağı olarak 1000 metrik tonu aşan miktarlarda *Spirulina* üretilmektedir. Dünya genelinde tablet ve toz formları gibi *Spirulina* bazlı ürünler üreten 20 ülke bulunmaktadır. Bu ülkeler arasında, başta hap ve püskürtülerek kurutulmuş toz formu olmak üzere *Spirulina* üretiminde Amerika birinci sırada yer almaktadır. Amerika'yı Çin, İsrail, Japonya, Meksika, Tayvan ve Tayland izlemektedir [9]. *Spirulina* piyasada besin takviyesi olarak hap, tablet, kapsül, toz ve jel formlarında bulunmaktadır [10-11]. Ayrıca, *Spirulina* bir gıda katkı maddesi olarak erişte, ekmek, bisküvi, dondurma, soya peyniri, içecekler ve tatlıların içine dâhil edilmekte, bu yolla gıda ürünlerinin besin

değerleri arttırılmakta ve tüketici sağlığı açısından olumlu etkiler göstermesi hedeflenmektedir [11-12].

Ticari olarak temin edilebilen *Spirulina*'nın en yaygın formları toz ve tablet formlarıdır [13]. Alg yetiştiriciliği göletler, göller veya lagünler gibi açık sistemlerde veya kapalı bir sistemde yapılabilir. Günümüzde, *Spirulina*'nın yetiştirilmesi için kapalı fotobiyoreaktörler ve açık göletler olmak üzere iki ana teknoloji kullanılmaktadır. İklimsel faktörler, ışık yoğunluğu ve havalandırma *Spirulina* büyüme sistemi için önemli faktörlerdendir [14]. Protein yüzdelerinin daha yüksek oranlarda olması sebebiyle *Spirulina* hasatı için en uygun zaman sabahın erken saatleridir. Filtrasyon, santrifüjleme, yüzdürme gibi yöntemler kullanılarak hasat edilen *Spirulina*, doğrudan ince toz haline getirilmektedir. Sonrasında kurutulmuş *Spirulina*, yüksek etkili ultra ince öğütme değirmeni kullanılarak ezilmektedir. Öğütme, ortalama toz boyutu 200-800 nano metreye (nm) ulaşana kadar yaklaşık 6-10 saat boyunca sürdürülmektedir. *Spirulina* tozu, daha etkili performans için tablet şeklinde preslenmektedir. *Spirulina* tabletlerinin kolay tüketilebilirlik, ekstra koruyuculuk ve daha uzun raf ömrü gibi avantajları bulunmaktadır [13].

Spirulina'nın kendine has kokusu fonksiyonel bir gıda olarak kullanımını sınırlandırmaktadır [15]. Karakteristik kokusu, amino asitler ve diğer bileşiklerin bakteriyel parçalanması yoluyla besin depolama sırasında üretilen birkaç bileşiğin bir karışımı olarak rapor edilmektedir. Balık tadı ve kokusu, esas olarak lipoksigenazlar tarafından katalize edilen doymamış yağ asitlerinin oksidasyonundan türetilen 6, 8 ve 9 karbonlu aldehitler, ketonlar ve alkoller gibi uçucu bileşiklerle de ilişkilidir [16]. *Spirulina* üretimi sırasında oluşabilecek kötü kokunun giderilmesi için enzimatik hidroliz [16], diğer besinlerin eşzamanlı kullanımıyla maskeleyme [17] veya fermantasyon [18] gibi yöntemler uygulanmaktadır.

BESİN ÖGESİ İÇERİĞİ

Spirulina, protein, esansiyel amino asit ve yağ asitleri, vitamin (E vitamini, karotenoidler) ve mineral içeriği ile yüksek besin değerine sahiptir [19]. Genel bileşimini (kuru ağırlık yüzdesi) %50-70 protein, %15-25 karbonhidrat, %6-13 lipit, %4.2-6 nükleik asit ve %2.2-4.8 mineraller oluşturmaktadır [20]. *Spirulina* türlerinin enerji ve makro besin ögesi dağılımları Tablo 1'de özetlenmiştir [7].

Aouir ve ark. [21] farklı şekilde yetiştirilmiş *Spirulina* türlerinin protein içeriğinin %59.2-62.8 arasında değiştiğini bildirmiştir [21]. Muys ve ark. [22] ise *Spirulina* tozlarının ortalama protein içeriğini Markwell yöntemiyle %48.0; Kjeldahl yöntemiyle %67.0 olarak belirlemiştir. Bu sonuçlar protein tayin yöntemleri arasındaki farklılıkların ölçüm sonuçlarını etkileyebileceğini göstermiştir [22]. Kuru ağırlığının çoğunluğunu proteinlerin oluşturduğu *Spirulina*, özellikle yüksek konsantrasyonda esansiyel amino asitlerden lösin, valin ve izolösini içermekte olup bu değerler et, süt, yumurta, tahıl ve soya fasulyesi gibi besinlerle

karşılaştırılabilir düzeydedir [20]. Esansiyel amino asit içeriği ile ilgili olarak, kükürt içeren amino asitlerde bazı eksikliklerle birlikte 1.01 ile 1.45 arasında değiştiği bildirilmiştir [7]. *Spirulina* proteini, referans olarak saf

kazeine kıyasla %90'a varan sindirilebilirlik oranları ile daha da değer kazanmaktadır [20].

Tablo 1. Farklı *Spirulina* ürünlerinin enerji ve makro besin ögesi dağılımları [7]

Table 1. Energy and macronutrient distributions of different *Spirulina* products [7]

Örnekler	Enerji (kcal/100g)	Protein (%)	Karbonhidrat (%)	Yağ (%)	Yağ Asidi Kompozisyonu (% Toplam Yağ)				
					SFA	MUFA	PUFA	Omega 3	Omega 6
A. <i>platensis</i> tozu (Amerika)	382.8	62.7	15.6	8.1	62.9	12.6	24.5	0.01	24.5
A. <i>platensis</i> tozu (Cezayir)	317.6	59.2	15.8	2.4	65.7	10.6	23.8		23.8
A. <i>platensis</i> tozu (Çad)	122.2	23.8	3.6	1.5	80.3	9.1	10.6		10.6
Kurutulmuş A. <i>platensis</i> (Cezayir)	316.9	59.8	13.7	3	66.2	10.7	23.1		23.1
Kurutulmuş A. <i>platensis</i> (Cezayir)	337.4	59.4	15.2	4.8	64.5	10.9	24.5	0.2	24.3
<i>Spirulina</i> sp. (Nijerya)		48.2	14.2	5.3					
S. <i>platensis</i> (Küba)		67.8	7.1	1.6					

*MUFA: tekli doymamış yağ asidi; PUFA: çoklu doymamış yağ asidi, SFA: doymuş yağ asidi; Tabloda boş bırakılan bölümlere dair veriler belirtilmemiştir.

*MUFA: monounsaturated fatty acid; PUFA: polyunsaturated fatty acid, SFA: saturated fatty acid; Data on the blanks in the table are not specified.

Muys ve ark. [22] *Spirulina* tozlarının ortalama lipit içeriğini %10.0 olarak belirlemiştir [22]. Chad, Cezayir ve Haiti menşeli *Spirulina* tozlarıyla yapılan bir çalışmada ise, %1.5-8.1 arasında değişen düşük yağ içeriği saptanmıştır. *Spirulina* suşlarında yapılan yağ asidi analizlerinde ise önemli miktarda omega-6 yağ asidi özellikle linoleik asit ve γ -linoleik asit varlığı belirlenmiştir [20]. *Spirulina* içeriğinde toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin %30-35'ini oluşturan miktarda γ -linoleik asit vardır. Ancak, *Spirulina* tozlarında tespit edilebilir miktarda omega-3 yağ asidi rapor edilmemiştir. Bu nedenle, omega-6 yağ asitleri ile ilgili olarak *Spirulina*, değerli bir besin kaynağı olarak kabul edilmektedir [21]. Kolesterol içeriği çok düşük [0.1 miligram (mg)/100 gram (g)] olan *Spirulina* hayvansal kaynaklı besinlere alternatif bir protein kaynağı olarak öne çıkmaktadır [20].

Tek doz 20 g *Spirulina* günlük tiamin (B1), riboflavin (B2) ve niasin (B3) gereksinimlerini karşılamaktadır. Aynı zamanda, B₁₂ vitamini formu olan metilkobalamin kaynaklarından biridir [19]. Kimyasal analizler *Spirulina*'nın 127-244 mikrogram (mcg)/100 g kuru ağırlık arasında değişen B₁₂ vitamini seviyelerine sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu değer, kobalamin için Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA-“European Food Safety Association”) tarafından önerilen 4 mcg/gün alım miktarına ulaşmak için 1.6-3.2 g/gün *Spirulina* tüketimini göstermektedir. Bu özelliği ile *Spirulina*, veganlar ve vejeteryanlar için B₁₂ vitamin kaynağı olarak da kabul edilmektedir. Bununla birlikte, dikkate alınması gereken bir konu mevcut B₁₂ vitamininin %83'ü biyoyararlanımı düşük olan psödo B₁₂ halinde bulunmasıdır [7]. *Spirulina*, kalsiyum, magnezyum, potasyum, fosfor, demir ve magnezyum gibi temel minerallerin yanı sıra B vitaminleri ile birçok antioksidan içermektedir. E vitamini ve beta-karotenin en zengin doğal kaynağıdır [20, 23]. Mikro besin ögesi içeriği Tablo 2'de özetlenmiştir.

Spirulina, tokoferoller, fenolik fitokimyasallar, fikobiliprotein ve C-fikosiyanin gibi antioksidan ve anti-inflamatuvar aktivitelere sahip birçok fonksiyonel biyoaktif bileşen içermektedir [11,24]. *Spirulina*'nın mavimsi yeşil rengi, klorofil, karotenoidler, fikosiyanin ve fikoeitrin gibi çeşitli fotosentetik pigmentlerin varlığından kaynaklanmaktadır [23]. Mikroalgler tarafından üretilen fenolik bileşikler arasında kafeik asit, ferulik asit, p-kumarik asit bulunmaktadır [4].

SPIRULİNA'NIN POTANSİYEL SAĞLIK ETKİLERİ

Spirulina, Meksika, Çad ve Myanmar ülkelerinde yüzyıllardır besin olarak tüketilmektedir. Ticari olarak üretilen ilk siyanobakteri olan *Spirulina*'nın obezite, diyabet ve hipertansiyon tedavisine yardımcı olma, anti-viral aktivite ve anti-kanser özellikleri ile insan sağlığına faydaları bulunmaktadır [1]. *Spirulina* takviyesinin çeşitli sağlık sonuçları üzerindeki etkilerini araştıran 25 randomize kontrollü çalışmanın bulunduğu sistematik derlemede, *Spirulina*'nın dislipidemi, diyabet, inflamasyon ve prekanseröz lezyonlar, malnütrisyon gibi pek çok durum üzerine etkisi olduğu belirtilmektedir. Buna ilaveten *in vivo* çalışmalarda *Spirulina*'nın özellikle kardiyovasküler hastalıklar, bağışıklık sistemi fonksiyon bozukluğu, diyabet ve kanser gibi hastalıkların prevalansını arttıran oksidatif stres üzerine olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir [25]. *Spirulina* içeriği fikosiyanin ve β -karoten gibi biyoaktif bileşenlerin sahip olduğu antioksidan ve anti-inflamatuvar özelliklerle oksidatif stres üzerinde olumlu etkiler göstermektedir. Fikosiyanin serbest radikallerin temizlenmesi, indüklenebilir nitrik oksit sentaz ekspresyonu, nitrit üretiminin baskılanması ve lipit peroksidasyonunun inhibe edilmesi, reaktif oksijen türlerinin hücre içi birikiminin önlenmesi ve inflamatuvar genlerin ekspresyonunun inhibe edilmesinde rol almaktadır. Ayrıca, *Spirulina* ERK1/2, JNK, p38 ve I κ B sinyal

yollarını düzenleyerek antioksidan ve anti-inflamatuvar etkilere katkıda bulunmaktadır [26].

Tablo 2. 100 g *Spirulina*'nın ortalama mikro besin ögesi içeriği ve mikro besin ögeleri için diyet referans alım (DRI-Dietary Reference Intake) düzeyleri [7, 19, 52]

Table 2. Average micronutrient content of 100 g *Spirulina* and dietary reference intake (DRI-Dietary Reference Intake) levels for micronutrients [7, 19, 52]

Besin Ögesi (birim)	<i>Spirulina</i> (100 g) [7,19]	DRI (Yetişkin Kadın) [52]	DRI (Yetişkin Erkek) [52]
A vitamini (mg)	33.5-231.6	0.7	0.9
E vitamini (mg)	2.8-75	15	15
B2 vitamini (mg)	3.0-4.6	1.1	1.3
B3 vitamini (mg)	13-15	14	16
B6 vitamini (mg)	0.5-0.8	1.3	13
Folik asit (mg)	0.05-9.92	0.4	0.4
B ₁₂ vitamini (mcg)	5.7-38.5	2.4	2.4
Potasyum (g)	2.0-2.6	4.7	4.7
Sodyum (g)	1.5-2.2	1.5	1.5
Fosfor (g)	1.3-2.2	0.7	0.7
Demir (mg)	273.2-787	18	8
Magnezyum (mg)	330	320	420
Kalsiyum (mg)	120-900	1000	1000

Spirulina takviyelerinin ağırlık yönetimindeki etkinliği için yapılan araştırmaların sayısı artış göstermektedir [27-29]. *Spirulina platensis*'in obez veya aşırı kilolu bireylerde antropometrik ölçümler, iştah ve metabolik parametreler üzerindeki olası etkilerini araştıran çalışmada, obez ve fazla kilolu bireyler 12 hafta boyunca enerji kısıtlı diyet ek olarak takviye (4x500 mg tablet/gün) veya plasebo almıştır. Takviye grubunda iştah skoru, vücut ağırlığı, bel çevresi, vücut yağ kütlesi ve beden kütle indeksi (BKİ) plasebo grubuna göre anlamlı olarak azalma göstermiştir [28]. *Spirulina*'nın obezite üzerindeki etkilerini inceleyen sistematik derleme ve meta-analiz müdahale süreleri 6-12 hafta arasında değişen 5 çalışma dâhil edilmiştir. *Spirulina* takviyesinden sonra vücut ağırlığında anlamlı bir azalma olduğunu belirlenmiştir. Alt grup analizleri, takviye ile obez bireylerdeki ağırlık değişiminin aşırı kilolu katılımcılardan daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Ağırlık değişimine ek olarak, vücut yağ yüzdesinde ve bel çevresinde anlamlı azalmalar sağladığı fakat BKİ ve bel-kalça oranındaki değişimlerin anlamlı olmadığı saptanmıştır [29]. Konu ile ilgili yapılan diğer bir güncel sistematik derleme ve meta-analiz sonuçlarına göre (n=12 çalışma), en az 12 hafta süren çalışmalarda *Spirulina* takviyesinin ağırlık ve bel çevresinde anlamlı azalmalar sağladığı gösterilmiştir [30]. Bu sonuçlar, tamamlayıcı bir terapi olarak *Spirulina*'nın enerji kısıtlayıcı diyetlere uyum ve ağırlık kaybı yönetiminde faydalı etkileri olabileceğini desteklemektedir [28]. *Spirulina* takviyelerinin anti-obezite etki mekanizmaları aminoasit içeriğiyle kısa süreli besin alımını kısıtlayan enteroendokrin hücreler tarafından kolesistokinin (CCK) salınımı ve uzun süreli besin alımını kısıtlayan peptid YY salınımıdır. Ek olarak, *Spirulina* başka bir iştah azaltıcı ajan olan ve ince bağırsak tarafından salgılanan glukagon benzeri peptid-1 (GLP-1) salınımını uyarmaktadır. Ayrıca, kaşektik bir ajan olarak makrofaj inhibe edici sitokin-1'in (MIC-1) serum seviyesi *Spirulina* takviyesi ile arttırılmaktadır [30]. Güncel bir *in vivo* çalışmada, *Spirulina* proteininin anti-obezite etkileri, Acadm, Retn, Fabbp4, Ppard ve Slc27a1 gibi lipid

metabolizması ve birikimi ile ilişkili beyin-karaciğer eksenindeki bazı anahtar gen ekspresyonlarının düzenlenmesiyle ilişkilendirilmiştir [30]. Ayrıca, *Spirulina* içeriğinde bulunan polifenoller gibi anti-inflamatuvar bileşenler nedeniyle obeziteye bağlı inflamasyonu azaltmaktadır [31].

Spirulina'nın metabolik sendrom (MetS) tanımlı hastalarda glisemik kontrol ve serum lipoproteinleri üzerindeki etkilerini değerlendiren 14 randomize kontrollü çalışmanın dahil edildiği sistematik derleme ve meta-analizde, *Spirulina* uygulamasının açlık plazma glukozu ve insülin konsantrasyonlarını azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca, *Spirulina* tedavisini takiben total kolesterol (TK), düşük yoğunluklu lipoprotein içeren kolesterol (LDL-K) ve çok düşük yoğunluklu lipoprotein içeren kolesterol (VLDL-K) konsantrasyonlarında anlamlı bir azalma ve yüksek yoğunluklu lipoprotein içeren kolesterol (HDL-K) düzeylerinde anlamlı bir artış olduğu gösterilmiştir [32]. *Spirulina* takviyesinin (*Arthrospira platensis*) alkolik olmayan yağlı karaciğer hastalığı (NAFLD-"non alcoholic fatty liver disease") üzerindeki etkilerini inceleyen prospektif bir çalışmada, hastalar (n=15) 6 ay boyunca günlük 6 g *Spirulina* takviyesi almıştır. Müdahale sonunda aspartat aminotransferaz (AST), alanin aminotransferaz (ALT), gama-glutamilttransferaz (GGT), trigliserit (TG), LDL-K ve TK seviyelerinde anlamlı olarak azalma saptanırken HDL-K seviyelerinin anlamlı olarak arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, vücut ağırlığı ve insülin direncinde anlamlı azalmalar saptanmıştır [33]. *Spirulina* takviyesinin plazma lipid konsantrasyonları üzerindeki etkisini değerlendiren bir başka sistematik derleme ve meta-analiz sonuçlarına göre (n=7 çalışma), *Spirulina* ile takviyesinin dozdan bağımsız olarak, serum TK, LDL-K ve TG konsantrasyonlarında azaltmaya ve HDL düzeylerini yükseltmede anlamlı bir etkisi olduğunu gösterilmiştir [5]. *Spirulina*'nın hipoglisemik etkileri için farklı hipotezler belirtilmiştir. Bunlar; lif içeriği ile glukoz emilimindeki azalma, öğün sonrası insülin salgılanmasını uyaran yüksek kaliteli protein ve aminoasit içeriğidir [32]. *Spirulina*'nın hipolipidemik

etkilerinin, içeriğinde yer alan biyoaktif bileşenlerden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. İçeriğinde yer alan ana bileşen C-fikosiyanin, serbest radikalleri temizleyerek, lipid peroksidasyonunu inhibe ederek, nikotinamid adenin dinükleotid fosfat (NADPH) oksidaz ekspresyonunu inhibe ederek ve glutasyon peroksidaz ile süperoksit dismutaz aktivitesini artırarak lipid konsantrasyonlarını azaltabilmektedir. *Spirulina*'dan izole edilen başka bir bileşen olan glikolipit H-b2, doza bağlı bir şekilde pankreatik lipaz aktivitesini inhibe edebilmektedir. *Spirulina* takviyesinin diğer bir önemli bileşeni ise, prostaglandin ve kolesterol sentezinin düzenlenmesinde etkili omega-6 yağ asidi ailesinden gama-linolenik asittir. Ayrıca, nükleer faktör kappa B (NF-kB) aktivitesinin baskılanması ve pro-inflamatuvar sitokinlerin üretimini azaltması yoluyla inflamatuvar süreci azaltabilmektedir. Tüm bu süreçler, *Spirulina*'nın hipolipidemik etkilerinin altında yatan mekanizmaları açıklayabilir [5].

Spirulina maxima'nın vücut ağırlığı, kan basıncı ve endotel fonksiyonu üzerindeki etkisini inceleyen randomize kontrollü bir çalışmada, hipertansiyon tanılı hastalara (n=40) 3 ay boyunca günde 2 g *Spirulina* veya plasebo verilmiştir. Müdahale sonunda *Spirulina* grubunda BKİ, vücut ağırlığı, sistolik kan basıncı ve sertlik indeksinde anlamlı düşüşler görülmüştür. Test edilen parametreler plasebo grubunda değişiklik göstermemiştir [34]. *Spirulina* tüketiminin zayıf farelerde aort halkalarının vazomotor reaktivitesi üzerindeki etkisini belirlemek için çalışmalar yapılmıştır. *Spirulina*, deneysel grupta vazodilatasyonu iyileştirmiştir. Bu etki fruktozla beslenen obez farelerde daha da belirgindir ve *Spirulina* tüketiminin fruktoz kaynaklı obezite ve vazokonstriksiyonun etkilerini önleyebileceğini düşündürmektedir [23]. *Spirulina* içeriğinde yer alan ve antioksidan özelliklere sahip bir mavi pigment olan fikosiyaninin, aorta endotelial nitrik oksit sentaz ekspresyonunu artırarak sistemik kan basıncını iyileştirdiği bildirilmiştir [34].

Deniz yosunu bileşenleri üzerinde yapılan *in vivo* ve *in vitro* çalışmalar, kolon ve meme kanserlerine karşı potansiyel antikarsinojenik etkileri göstermektedir. *Spirulina*, bağışıklık sistemi, DNA onarımı, antioksidan özelliklere etki ederek farklı kanser türlerine karşı koruma sağlayabilir [35]. Czerwonka ve ark. [36] ticari *Spirulina* ürünü su ekstraktının insan küçük hücreli olmayan akciğer karsinomu A549 hücre hattına karşı anti-kanser potansiyelini değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlar, ticari *Spirulina* ürününün akciğer kanseri hücrelerine karşı anti-kanser aktivitesi göstermekte ve *Spirulina*'nın kemopreventif özelliklerini güçlü bir şekilde desteklemektedir. Anti-kanser etkisi, Akt/Rb fosforilasyonunun, siklin D1/CDK4 ekspresyonunun azaltılması ve Akt aktivasyonunu azaltılması ile Bax protein seviyesini artırılması yoluyla apoptoz indüksiyonuna bağlanmıştır [36]. Fareler üzerinde yapılan bir çalışma, *Chlorella vulgaris* ve *Spirulina plantesis*'in 1,2-dimetilhidrazin ile indüklenen kolon karsinogenezine karşı kemopreventif etkilerini araştırmıştır. Çalışmanın sonuçları, farelerde 1,2-

dimetilhidrazinin neden olduğu kolon kanserinde *Chlorella vulgaris* ve *Spirulina plantesis*'in anti-inflamatuvar, antiproliferasyon, apoptoz ve antioksidan aktivite ile kemopreventif etkilere sahip olduğunu göstermiştir [37]. Diğer bir fare çalışması, *Spirulina*'nın ilerlemiş dietilnitrozamin ve karbon tetraklorür ile indüklenen hepatoselüler karsinomaya karşı terapötik antikarsinojenik etkisini değerlendirmek için gerçekleştirilmiştir. *Spirulina*, tümör baskılayıcı protein p53 ve apoptozun aktivasyonu ile oksidatif stres ve anjiyogenezin baskılanması yoluyla ilerlemiş hepatoselüler karsinomaya karşı antikanserojenik etkilere sahip olduğu belirlenmiştir [38]. *Spirulina* takviyesinin anti-kanser etkilerine ilişkin çalışmalar *in vivo* ve *in vitro* çalışmalarla sınırlı kalmıştır. Bununla birlikte, ekstraktın neden olduğu hücre ölümünün belirlenmesi veya apoptozun görsel tespiti ve doğrulanması gibi anti-kanser özelliklerinden tam olarak yararlanmak için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir [35].

Bunlara ilaveten, *Spirulina* ekstraktında bulunan birçok biyoaktif bileşimin olası sinerjik etkisinden dolayı viral hastalıklara karşı potansiyel bir alternatif tedavi olabileceği belirtilmiştir [39]. Birçok *Spirulina* türü, virüslerin çoğalmasına, özellikle influenza A (H1N1), Hepatit C virüsü (HCV) ve İnsan İmmün Yetmezlik Virüsü (HIV) viral enfeksiyonlarına karşı inhibisyon aktivitesi olan sülfatlanmış polisakaritler, fenoller, fibobiliproteinler ve kalsiyum spirulan gibi önemli aktif bileşikler içermektedir. *Spirulina* özütü dünyayı etkisi altına alan COVID-19 salgınına karşı umut verici terapötik bir ajan olarak görülse de konu ile ilgili kapsamlı klinik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır [40].

SPİRULİNA TAKVİYESİ İÇİN ETKİ DOZU

İhtiyaç duyulan *Spirulina* miktarı, metabolizma durumu, yaşam tarzı gibi sebeplerden dolayı bireyler arası farklılık göstermektedir. Düzenli olarak günde yaklaşık 2 g tüketimiyle *Spirulina*'nın olumlu sağlık etkilerini göstereceği düşünülmektedir. *Spirulina* takviyesinin etkisinin saptanabilmesi için en az 6-8 hafta boyunca alınması gerekmektedir [23]. Yousefi ve ark. [27] *Spirulina* takviyesi üzerine yapılan tüm çalışmaların, 15 gün-6 ay süreyle 1-10 g/gün *Spirulina* takviyesinin, TC, TG, LDL, VLDL dâhil olmak üzere en az bir kan lipid parametresinde azalmaya neden olduğunu göstermiştir [27]. Muys ve ark. [22] ise *Spirulina* takviyesi için önerilen dozun günde 2-9 g arasında değiştiğini belirtmiştir [22]. *Spirulina plantesis*, 2012 yılında Gıda ve İlaç İdaresi (FDA-"Food and Drug Administration") tarafından Genel Olarak Güvenli Kabul Edilir (GRAS-"generally recognised as safe") bir takviye olarak önerilmiştir. İnsan sağlığı için günlük tüketiminin 3-10 g olması gerektiği de FDA tarafından önerilmiştir. EFSA'ya göre ise *Spirulina plantesis*, kan glukozu seviyelerinin kontrol edilmesine de yardımcı olmaktadır [41].

SPİRULİNA'NIN SAĞLIK ÜZERİNE OLUMSUZ ETKİLERİ

Mikroalg takviyelerine olan ilgi artış gösterirken, Avrupa Birliği, besin takviyeleri ve zenginleştirilmiş besinlerin vitamin ve mineral içeriğini doğrulama gerekliliğini bildirmiştir. Bununla birlikte, bu karar, mikroalglerin içeriğinde mevcut olabilecek kontaminant maddeleri hedeflememiştir [1]. Mikroalgler esas olarak su kalitesiyle ilgili mevzuatların çok zayıf olduğu ve kontaminant maddelerin besin zincirine girebileceği ülkelerde üretilmektedir. Ayrıca, biyokütle fiyatı yüksek olduğundan, üreticiler atık su kullanımı gibi uygulamalarla işlemin girdilerini en aza indirmeyi amaçlamaktadır [42]. Dünya'da atık sularda farmasötik bileşikler, hormonlar, kişisel bakım ürünleri, biyositler gibi ortaya çıkan çeşitli kontaminantlar tespit edilmiş olup bu kontaminantlar besin zincirine dahil olabilmektedir [1]. Günümüze kadar, siyanotoksinler, ağır metal, PAH veya pestisitler ile kontaminasyona ilişkin bilgiler az sayıda olsa da bazı çalışmalar *Spirulina* ürünlerinde yüksek kontaminant seviyeleri bildirmiştir [7,44].

Dünya çapında ticarileştirilen 25 *Spirulina* ürünündeki yedi ağır metalin konsantrasyonlarının analiz edildiği çalışmada, tespit edilen ağır metallerin önerilen günlük alım seviyelerinden anlamlı olarak daha düşük olduğu belirlenmiştir [6]. Ryzmski ve ark. [43] Avrupa Birliği'ne kayıtlı *Chlorella* (n=10) ve *Spirulina* (n=13) besin takviyelerindeki toksik element ve mineral içeriklerini araştırmıştır. Ürünlerin çoğunluğunda mineral içeriği ile etikette belirtilen değerler arasında uyum olduğu belirlense de *Chlorella* ürünlerindeki bakır içeriğinin etikete kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur (>%130). Ayrıca, 13 *Spirulina* ürününden 5'inde kurşun için önerilen seviyeleri (3 mg/kg) aşan miktarlar bildirilmiştir. Kurşuna ek olarak 6 *Spirulina* ürününde, tespit sınırının (0.1 mg/kg) altında arsenik konsantrasyonları tespit edilmiş olup 1.7-2.2 mcg/kg olarak belirtilmiştir. Analiz edilen *Spirulina* takviyeleri için günlük önerilen doz 3 g olduğu düşünüldüğünde; EFSA tarafından önerilen arsenik alımının %31,9'una kadar katkıda bulunacaktır [43]. Arseniğin yalnızca alglerde değil, pirinç bazlı ürünler gibi diğer besinlerde de mevcut olabileceği unutulmamalıdır [7]. Çin Devlet Gıda ve İlaç İdaresi, su kirliliği nedeniyle Çin'de pazarlanan *Spirulina* takviyelerinde kurşun, cıva ve arsenik kontaminasyonunun yaygın olduğunu bildirmiştir [44]. Bu bulgular ışığında, mikroalg takviyelerinin, güvenliği sağlamak için uygun önlemler alındığında tüketiciler için güvenli olabileceğini vurgulamakla birlikte, düşük kaliteli ürünleri tamamen ortadan kaldırmak için bu ürünleri sürekli olarak izleme ihtiyacının altını çizmektedir [43].

Spirulina, bazı türlerinin mikrokistin, beta-metilamino-L-alanin (BMAA) gibi toksinler içerdiği bilinen bir siyanobakteri formudur. Oregon Sağlık Departmanı tarafından belirlenen sınırın altında seviyelerde de olsa, bazı *Spirulina* takviyelerinin mikrokistinlerle kontamine olduğu bulunmuştur. Bu toksik bileşikler, *Spirulina* tarafından üretilmemekle birlikte *Spirulina* türlerinin diğer

toksik üreten mavi-yeşil alglerle kontaminasyonunun bir sonucu olarak ortaya çıkabilmektedir [44]. *Microcystis flos-aquae* gibi mikrokistin üreten alglerle kontaminasyon, 34 *Spirulina* takviyesinde tespit edilmiştir [45]. Kantitatif analiz, 2-163 nanogram (ng)/g arasında mikrokistin konsantrasyonları ve 14 ticari *Spirulina* takviyesiyle yapılan başka bir çalışmada 0.25-0.84 mcg/g arasında değişmekte olan daha yüksek mikrokistin seviyeleri belirlenmiştir [45-46]. Roy-Lachapelle ve ark. [46] *Spirulina* içeren 14 takviyenin toplam mikrokistin, yedi ayrı mikrokistin, anatoksin-a, dihidroanatoksin-a, epoksianatoksin-a, silindirindrospermopsin, saksitoksin ve BMAA içeriğini araştırmıştır. Analiz edilen 14 markadan 8'inin, bazı siyanotoksinler içerdiği belirlenmiştir. Bu markalardan 4'ünde, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Oregon Sağlık Departmanı tarafından belirlenen tolere edilebilir günlük alım seviyelerini aşan mikrokistin içerdiği saptanmıştır [46]. Mikrokistinleri içeren siyanobakteriyel toksinler diyet takviyelerini kontamine ederek hepatotoksisiteye, tümör oluşumuna ve diğer bozukluklara neden olabilir. Besin takviyelerinin güvenli kullanımı, *Spirulina* başta olmak üzere algal besin takviyelerinde bu tür toksinlerin değerlendirilmesi ihtiyacını gerektirmektedir [47].

Takviye ürünlerde genellikle çevresel birikim veya uygun olmayan ısıl işlem nedeniyle artan PAH seviyeleri görülmektedir [7]. Toplamda 94 ürün içeren geniş bir çalışmada, ürünlerin PAH analizi gerçekleştirilmiştir. Ortalama 275.2 mcg/g düzeyinde *Spirulina* tozunda benz[a] antrasen, benzo(a)piren, benzo(b)floranten ve krizen toplamını temsil eden PAH içeriği belirlenmiştir. Genel olarak günlük 9 g tüketimi önerilen *Spirulina* tozunda toplam 2477 ng PAH ve 608 ng benzo(a)piren maruziyetine yol açmaktadır. Bu miktarlar, EFSA tarafından önerilen günlük ortalama 1168 ng PAH ve 235 ng benzo(a)piren maruziyetini aşmaktadır [48]. İnsanlarda PAH maruziyetinin yaklaşık %88-98 oranında diyet bileşenlerinden kaynaklandığı belirlenmiştir [49]. Bazı PAH'lar kanserojen, mutajen ve teratojen olarak bilinmekte ve bu nedenle insanların sağlığı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı benzo(a) pirenin de dâhil olduğu bazı PAH'ları kanserojen olarak sınıflandırmaktadır [50].

Spirulina ile ilgili karşılaşılabilecek bir diğer sorun ise alerjilerdir. *Spirulina* tabletinin tüketilmesine ilişkin bir vaka raporu bildirilmiştir. *Spirulina* tabletinin tüketimini takiben anafilaksi gelişen 17 yaşında bir erkek hasta sunulmuştur. Seyreltilmiş *Spirulina* tablet ile yapılan deri prick testi pozitif çıkmıştır. Ayrıca, ayrılmış bileşenlerle (*Spirulina platensis*, silikon dioksit, inulin ve magnezyum stearat) yapılan deri prick testlerinde, sonuçlar sadece *Spirulina* için pozitif çıkmıştır. Bu bulgular da alerjinin *Spirulina*'dan kaynaklandığını ve katkı maddelerinden kaynaklanmadığını doğrulamıştır. *Spirulina* daha geniş ölçekte tüketilmeden önce, inhalan alerjenler ve gıdalar ile potansiyel çapraz reaksiyonun araştırılması dahil olmak üzere alerjenite risk değerlendirmesi yapılmalıdır [51].

SONUÇ

Literatürde yer alan son çalışmalar *Spirulina*'yı potansiyel bir besin takviyesi ve alternatif bir tıp kaynağı olarak göstermektedir. Antioksidan, anti-inflamatuvar, anti-viral etkileri olan *Spirulina*'nın obezite, tip 2 diyabet, kalp damar hastalıkları başta olmak üzere çeşitli hastalıklar üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Bununla birlikte, *Spirulina* hasadı, insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek birçok zararlı element ve toksik maddelerle kontamine olabilir. Ayrıca *Spirulina*, karaciğerde biriken, kanser ve karaciğer hastalıklarına neden olan mikrosistin gibi siyanotoksinler içerebilir. Bu gibi halk sağlığı endişeleri sebebiyle *Spirulina* ürünlerinin etkinliği ve güvenilirliği daha kapsamlı araştırmalarla aydınlatılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Martin-Girela, I., Albero, B., Tiwari, B.K., Miguel, E., Aznar, R. (2020). Screening of Contaminants of Emerging Concern in Microalgae Food Supplements. *Separations*, 7(2), 28.
- [2] Rzymiski, P., Jaskiewicz, M. (2017). Microalgal food supplements from the perspective of Polish consumers: patterns of use, adverse events, and beneficial effects. *Journal of Applied Phycology*, 29(4), 1841-1850.
- [3] Koyande, A.K., Chew, K.W., Rambabu, K., Tao, Y., Chu, D.T., Show, P.L. (2019). Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*, 8(1), 16-24.
- [4] Andrade, L.M., Andrade, C.J., Dias, M., Nascimento, C.A.O., Mendes, M.A. (2018). *Chlorella* and *Spirulina* Microalgae as Sources of Functional Foods. *Nutraceuticals, and Food Supplements*, 6(1), 45-58.
- [5] Serban, M.C., Sahebkar, A., Dragan, S., Stoichescu-Hogea, G., Ursoniu, S., Andrica, F., Maciej Banach, M. (2016). A systematic review and meta-analysis of the impact of *Spirulina* supplementation on plasma lipid concentrations. *Clinical Nutrition*, 35(4), 9842-9851.
- [6] Al-Harbi, N.A. (2016). Heavy metals concentration in commercially available *Spirulina* products. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 9(1), 43-51.
- [7] Grosshagauer, S., Kraemer, K., Somoza, V. (2020). The True Value of *Spirulina*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(14), 4109-4115.
- [8] Gribovskay, I.V., Yan, N.A., Trubachev, I.N., Zinenko, G.K. (1980). Resistance of certain species of green and blue-green algae to an increased concentration of trace elements in the medium. *Sid'ko, f. Ya, Belyanin, VN (Eds.).. In: Belyanin Parametricheskoe Upr. Biosint. Mikrovodoroslej*, 49, 57.
- [9] Sathasivam, R., Radhakrishnan, R., Hashem, A., Abd_Allah, E.F. (2019). Microalgal metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4), 709-722.
- [10] Muslu, M.M., Gökçay, G.F. (2020). Sağlığın desteklenmesi ve sürdürülebilir beslenme için alternatif bir kaynak: Alg (yosunlar). *Bandırma Onyeddi Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 221-237.
- [11] da Silva Vaz, B., Moreira, J.B., de Moraes, M.G., Costa, J.A.V. (2016). Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Current Opinion in Food Science*, 7, 73-77.
- [12] Mobin, S., Alam, F. (2017). Some promising microalgal species for commercial applications: A review. *Energy Procedia*, 110, 510-517.
- [13] Soni, R.A., Sudhakar, K., Rana, R.S. (2017). *Spirulina*—From growth to nutritional product: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 157-171.
- [14] Sudhakar, K., Premalatha, M., Rajesh, M. (2014). Large-scale open pond algae biomass yield analysis in India: A case study. *International Journal of Sustainable Energy*, 33(2), 304e315.
- [15] Yu, J., Ma, D., Qu, S., Liu, Y., Xia, H., Bian, F., Zhang, Y., Huang, C., Wu, R., Wu, J., You, S., Bi, Y. (2020). Effects of different probiotic combinations on the components and bioactivity of *Spirulina*. *Journal of Basic Microbiology*, 60(6), 543-557.
- [16] Cuellar-Bermúdez, S.P., Barba-Davila, B., Serna-Saldivar, S.O., Parra-Saldivar, R., Rodriguez-Rodriguez, J., Morales-Davila, S., Goiris, K., Muylaert, K., Chuck-Hernández, C. (2017). Deodorization of *Arthrospira platensis* biomass for further scale- up food applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 5123-5130.
- [17] Dewia, E.N., Amalia, U., Mel, M. (2016). The effect of different treatments to the amino acid contents of micro algae *Spirulina* sp. *Aquatic Procedia*, 7, 59-65.
- [18] Bao, J., Zhang, X., Zheng, J.H., Ren, D.F., Lu, J. (2018). Mixed fermentation of *Spirulina platensis* with *Lactobacillus plantarum* and *Bacillus subtilis* by random-centroid optimization. *Food Chemistry*, 264, 64-72.
- [19] Finamore, A., Palmery, M., Bensehaila, S., Peluso, I. (2017). Antioxidant, immunomodulating, and microbial-modulating activities of the sustainable and ecofriendly *Spirulina*. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 3247528.
- [20] Reboleira, J., Freitas, R., Pinteus, S., Silva, J., Alves, C., Pedrosa, R., Bernardino, S. (2019). *Spirulina*. In *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements* (pp. 409-413). Academic Press.
- [21] Aouir, A., Amiali, M., Bitam, A., Benchabane, A., Raghavan, V.G. (2017). Comparison of the biochemical composition of different *Arthrospira platensis* strains from Algeria, Chad and the USA. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 913-923.
- [22] Muys, M., Sui, Y., Schwaiger, B., Lesueur, C., Vandenheuvel, D., Vermeir, P., Vlaeminck, S.E. (2019). High variability in nutritional value and

- safety of commercially available *Chlorella* and *Spirulina* biomass indicates the need for smart production strategies. *Bioresource Technology*, 275, 247-257.
- [23] Sharoba, A.M. (2017). *Spirulina*: Functional Compounds And Health Benefits. In *Plant Secondary Metabolites*, Edited by M.W. Siddiqui & K.Prasad, Apple Academic Press, USA, 243p.
- [24] Yüçetepe, A., Özçelik, B. (2016). Bioactive peptides isolated from microalgae *Spirulina platensis* and their biofunctional activities. *Akademik Gıda*, 14(4), 412-417.
- [25] de la Jara, A., Ruano-Rodriguez, C., Polifrone, M., Assunção, P., Brito-Casillas, Y., Wägner, A.M., Majem, L.S. (2018). Impact of dietary *Arthrospira* (*Spirulina*) biomass consumption on human health: main health targets and systematic review. *Journal of Applied Phycology*, 30(4), 2403-2423.
- [26] Wu, Q., Liu, L., Miron, A., Klímová, B., Wan, D., Kuča, K. (2016). The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of *Spirulina*: an overview. *Archives of toxicology*, 90(8), 1817-1840.
- [27] Yousefi, R., Saidpour, A., Mottaghi, A. (2019). The effects of *Spirulina* supplementation on metabolic syndrome components, its liver manifestation and related inflammatory markers: A systematic review. *Complementary therapies in medicine*, 42, 137-144.
- [28] Yousefi, R., Mottaghi, A., Saidpour, A. (2018). *Spirulina platensis* effectively ameliorates anthropometric measurements and obesity-related metabolic disorders in obese or overweight healthy individuals: A randomized controlled trial. *Complementary therapies in medicine*, 40, 106-112.
- [29] Moradi, S., Ziaei, R., Foshati, S., Mohammadi, H., Nachvak, S.M., Rouhani, M.H. (2019). Effects of *Spirulina* supplementation on obesity: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Complementary therapies in medicine*, 47, 102211.
- [30] Zarezadeh, M., Faghfour, A.H., Radkhah, N., Foroumandi, E., Khorshidi, M., Rasouli, A., Zarei, M., Honarvar, M.N., Karzar, N.H., Mamaghani, M.E. (2020). *Spirulina* supplementation and anthropometric indices: A systematic review and meta-analysis of controlled clinical trials. *Phytotherapy Research*. 2020, 1-10.
- [31] Zhao, B., Cui, Y., Fan, X., Qi, P., Liu, C., Zhou, X., Zhang, X. (2019). Antiobesity effects of *Spirulina platensis* protein hydrolysate by modulating brain-liver axis in high-fat diet fed mice. *PLoS One*, 14(6), e0218543.
- [32] Hamedifard, Z., Milajerdi, A., Reiner, Ž., Taghizadeh, M., Kolahdooz, F., Asemi, Z. (2019). The effects of *Spirulina* on glycemic control and serum lipoproteins in patients with metabolic syndrome and related disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytotherapy Research*, 33(10), 2609-2621.
- [33] Mazokopakis, E.E., Papadomanolaki, M.G., Foustieris, A.A., Kotsiris, D.A., Lampadakis, I.M., Ganotakis, E.S. (2014). The hepatoprotective and hypolipidemic effects of *Spirulina (Arthrospira platensis)* supplementation in a Cretan population with non-alcoholic fatty liver disease: a prospective pilot study. *Annals of gastroenterology: quarterly publication of the Hellenic Society of Gastroenterology*, 27(4), 387-394.
- [34] Miczke, A., Szulinska, M., Hansdorfer-Korzon, R., Kregielska-Narozna, M., Suliburska, J., Walkowiak, J., Bogdański, P. (2016). Effects of *Spirulina* consumption on body weight, blood pressure, and endothelial function in overweight hypertensive Caucasians: a double-blind, placebo-controlled, randomized trial. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 20(1), 150-156.
- [35] Sharif, N., Munir, N., Saleem, F., Aslam, F., Naz, S. (2014). Proliferic anticancer bioactivity of algal extracts. *Cell*, 3(4), 8-21.
- [36] Czerwonka, A., Kaławaj, K., Sławińska-Brych, A., Lemieszek, M.K., Bartnik, M., Wojtanowski, K.K., Zdzisińska, B., Rzeski, W. (2018). Anticancer effect of the water extract of a commercial *Spirulina (Arthrospira platensis)* product on the human lung cancer A549 cell line. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 106, 292-302.
- [37] Abd, M.E.A.E.F., EL-Atty, M.M.A.D., Mohammed, B.S.E. (2019). Chemoprotective effects of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* on colon cancer induced by 1, 2 dimethylhydrazine. *International Journal of Current Research in Life Sciences*, 8(1), 3043-3049.
- [38] Mahmoud, Y.I., Shehata, A.M., Fares, N.H., Mahmoud, A.A. (2020). *Spirulina* inhibits hepatocellular carcinoma through activating p53 and apoptosis and suppressing oxidative stress and angiogenesis. *Life Sciences*, 265, 118827.
- [39] Zhou, P., Yang, X-L., Wang, X-G., Hu, B., Zhang L., Zhang, W., Si, H., Zhu, Y., Li B., Huang, C., Chen, H., Luo, Y., Gou, H., Jiang, R., Liu, M., Chen, Y., Shen, X., Wang, X., Zheng, X., Zhao, K., Chen, Q., Deng, F., Liu, L., Yan, B., Zhan, F., Wang, Y., Xiao, G., Shi, Z. (2020) A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*, 579, 270-273
- [40] El-Sheekh, M., Abomohra, A.E.F. (2020). The Therapeutic Potential of *Spirulina* to Combat COVID-19 Infection. *Egyptian Journal of Botany*, 60(3), 605-609.
- [41] Seyidoglu, N., Inan, S., Aydin, C. (2017). A prominent superfood: *Spirulina platensis*. *Superfood and Functional Food The Development of Superfoods and Their Roles as Medicine*, 1-27.
- [42] Gao, F., Yang, Z.H., Li, C., Zeng, G.M., Ma, D.H., Zhou, L.A (2015). A novel algal biofilm membrane photobioreactor for attached microalgae growth and nutrients removal from secondary effluent. *Bioresource Technology*, 179, 8-12.
- [43] Rzymiski, P., Budzulak, J., Niedzielski, P., Klimaszyk, P., Proch, J., Kozak, L., Poniedziałek, P. (2019). Essential and toxic elements in

- commercial microalgal food supplements. *Journal of Applied Phycology*, 31(6), 3567-3579.
- [44] Jung, F., Krüger-Genge, A., Waldeck, P., Küpper, J.H. (2019). *Spirulina platensis*, a super food? *Journal of Cellular Biotechnology*, 5(1), 43-54.
- [45] Jiang, Y., Xie, P., Chen, J., Liang, G. (2008). Detection of the hepatotoxic microcystins in 36 kinds of cyanobacteria *Spirulina* food products in China. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 25(7), 885-894.
- [46] Roy-Lachapelle, A., Sollicec, M., Bouchard, M.F., Sauve, S. (2017). Detection of Cyanotoxins in Algae Dietary Supplements. *Toxins*, 9, 76.
- [47] Manali, K.M., Arunraj, R., Kumar, T., Ramya, M. (2017). Detection of microcystin producing cyanobacteria in *Spirulina* dietary supplements using multiplex HRM quantitative PCR. *Journal of Applied Phycology*, 29(3), 1279-1286.
- [48] Zelinkova, Z., Wenzl, T. (2015). EU marker polycyclic aromatic hydrocarbons in food supplements: analytical approach and occurrence. *Food Addit. Contam. Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 32(11), 1914-1926.
- [49] Rey-Salgueiro, L., Martínez-Carballo, E., García-Falcón, M.S., Simal-Gándara, J. (2008). Effects of a chemical company fire on the occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons in plant foods. *Food Chemistry*, 108(1), 347-353.
- [50] Abdel-Shafy, H.I., Mansour, M.S. (2016). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25(1), 107-123.
- [51] Le, T.M., Knulst, A.C., Röckmann, H. (2014). Anaphylaxis to *Spirulina* confirmed by skin prick test with ingredients of *Spirulina* tablets. *Food and Chemical Toxicology*, 74, 309-310.
- [52] National Institutes of Health. Office of Dietary Supplements. Nutrient Recommendations: Dietary Reference Intakes (DRI). https://ods.od.nih.gov/HealthInformation/Dietary_Reference_Intakes.aspx. Erişim Tarihi [12.05.2022]
-

D-Alluloz Üretim Yöntemleri

Erva Parıldı , Osman Kola  Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü, 01250, Adana

Geliş Tarihi (Received): 28.05.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 18.06.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): : eparildi@atu.edu.tr (E. Parıldı)

☎ 0 322 455 0000 📠 0 322 455 0002

ÖZ

Nadir şekerler, alternatif tatlandırıcılar olarak sağlık açısından oldukça faydalı olmaları ve endüstriyel açıdan ekonomik değerlerinin yüksek olmaları sebebiyle büyük ilgi görmektedir. Nadir şekerlerin doğada çok sınırlı miktarlarda bulunması, bitkilerden elde edilen yaygın şekerlerin enzimatik, kimyasal veya diğer yollarla nadir şekerlere dönüştürülmesine yönelik çalışmaları teşvik etmiştir. Nadir şekerler arasında çok önemli bir yere sahip olan D-alluloz, sakkarozaya çok yakın bir tatlılığa sahip olması ve düşük kalorisi ile dikkat çeken bir şekerdir. Kandaki glikoz seviyesini düşürme, insülin direncini iyileştirme, vücuttaki yağ birikimini azaltma ve ateş düşürme gibi birçok biyolojik fonksiyonu düzenleme özelliğine sahip olması, bunun yanı sıra, yüksek çözünürlüğe ve gıda dokusu üzerinde olumlu etkilere sahip olması, bu şekerin gıda işlemede kullanımını daha cazip hale getirmektedir. D-alluloz "sindirilemeyen karbonhidrat" olarak bilinmektedir. Birçok meyve ve içecek ve bazı tahıl ürünlerinde doğal olarak bulunmaktadır. Günümüzde D-alluloz, bitkiden ekstraksiyon, kimyasal sentez, enzimatik dönüşüm gibi birçok yöntemle üretilebilmekte ve bazı gıda maddelerinin üretiminde güvenle kullanılabilir. Bu derlemede, günümüze kadar geliştirilmiş ve uygulanmış olan D-alluloz üretim yöntemleri açıklanmış, bu yöntemler arasındaki farklar ve birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: D-alluloz, Nadir şeker, Üretim yöntemleri, Enzimatik dönüşüm

Production Methods of D-Allulose

ABSTRACT

Rare sugars are of great interest as alternative sweeteners because they are beneficial for human health and have a high industrial value. The existence of rare sugars in nature in very limited quantities has encouraged studies to convert common sugars obtained from plants into rare sugars by enzymatic, chemical or other methods. D-allulose, which has a very important place among rare sugars, is a sugar that stands out with its low calorie and sweetness very close to sucrose. It has the ability to regulate many biological functions such as lowering blood glucose level, improving insulin resistance, reducing fat accumulation in the body and reducing fever, as well as having high solubility and positive effects on food tissue, making the use of this sugar more efficient in food processing. D-allulose is known as "indigestible carbohydrate". It occurs naturally in many fruits and beverages and some cereal products. Today, D-allulose can be produced in many ways such as plant extraction, chemical synthesis, enzymatic conversion and can be safely used in the production of some foodstuffs. In this review, D-allulose production methods are presented, differences in these methods and their advantages and disadvantages are compared to each other.

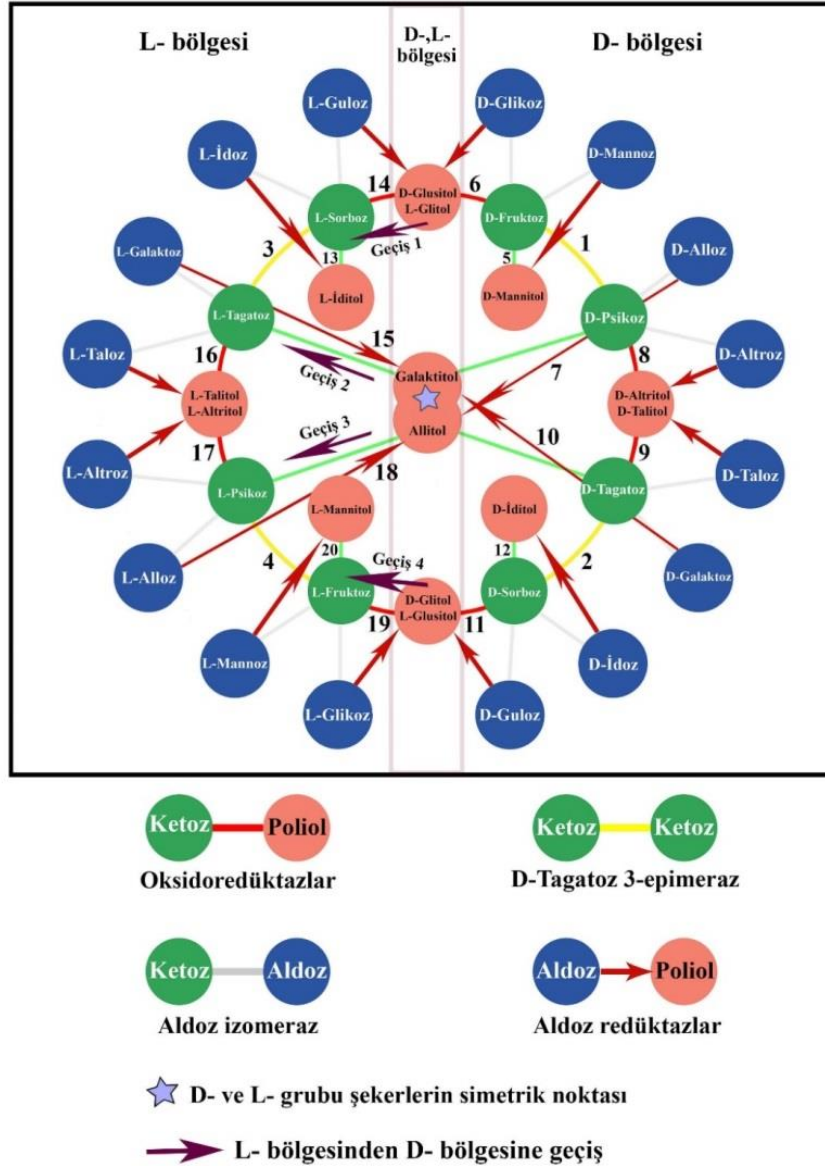
Keywords: D-alluloz, Rare sugar, Production methods, Enzymatic conversion

GİRİŞ

Nadir şekerler Uluslararası Nadir Şekerler Derneği (ISRS) tarafından "doğada çok nadir bulunan monosakkaritler ve bunların türevleridir" şeklinde tanımlanmıştır [1]. Nadir şekerler doğada çok az miktarlarda bulunmalarına rağmen, ilaç, farmakoloji, kozmetik, gıda endüstrisi, aroma endüstrisi ve diğer birçok endüstriyel alanda çok fazla biyolojik fonksiyona ve büyük kullanım potansiyeline sahiptir [2]. Nadir şekerler, güçlü bir antiviral ve antikanser ilaç ikamesidir ve anti-tümör, anti-enflamatuar, anti-hipertansif etkiler, obezite ve diyabeti önleme gibi çeşitli faydalı fizyolojik fonksiyonlara sahip olması sebebiyle tıpta gün geçtikçe daha fazla ilgi görmektedir [3]. Bilim adamları, nadir şekerleri farmasötik hammadde olarak kullanmaktadırlar. Şimdiye kadar doğada bulunan 50'ye yakın nadir şeker çeşidi vardır [4]. Nadir şekerler doğal ve zararsız, insan ve çevre için güvenli tarım kimyasalı

olarak kullanım imkanı bakımından büyük potansiyele sahiptir [5].

Nadir şekerler ve D-allulozun üretiminde Ken Izumori tarafından geliştirilmiş olan "Izumoring stratejisi" (Şekil 1) denilen ve birçok nadir monosakkaritin geniş çapta üretimini mümkün kılan bir yöntem kullanılmaktadır. Bu stratejiye göre, mikrobiyal ve enzimatik dönüşümlerle üretilmesi istenen nadir şekerin sentezi kolayca kurgulanabilmektedir [6]. Izumoring stratejisine göre mikrobiyal dönüşümler daha ucuz gerçekleştirilebilirken, enzimatik dönüşümler ise hem ölçeklendirilebilir hem de daha kolay kontrol edilebilir bir yöntemdir. İmmobilize enzim kullanımı ise serbest ve çözünebilir enzime göre birçok üstünlüğe sahiptir. Bunlar; immobilize enzimlerin tekrar tekrar kullanılabilmesi, son ürünün kolayca elde edilip saflaştırılabilmesi ve immobilizasyon işlemiyle enzimin bazı özelliklerinin (aktivite, stabilite, vb.) geliştirilebilmesi gibi özelliklerdir [7].

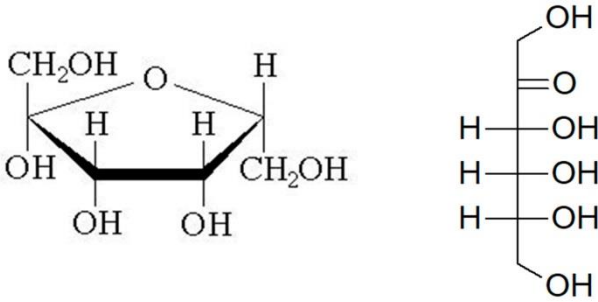


Şekil 1. İzumori stratejisine göre heksozların üretimi [8]

Figure 1. Production of hexoses according to the Izumori strategy [8]

D-ALLULOZ

D-alluloz (Şekil 2), doğada nadiren bulunan bir C-3 D-fruktoz epimeridir. Nadir bulunmasına rağmen, ultra düşük kalorili fonksiyonel bir tatlandırıcı olarak kullanmaya oldukça elverişli olması sebebiyle her geçen gün daha çok ilgi çekmektedir. D-alluloz, sakkarozun tatlılığının yaklaşık % 70'ine sahiptir. Yaklaşık 0.2 kcal/g'lik önemli ölçüde düşük kalori içeriği nedeniyle gıda üretimi için çekici bir sakkaroz ikamesidir. Gıdanın jelleşme özelliklerini geliştirir, gıda işlemede Maillard reaksiyonu yoluyla oksidasyonu azaltır ve gıda aromasını daha iyi korur [9].



Şekil 2. D-Alluloz'un Haworth ve Fischer formülleri [8]
Figure 2. Haworth and Fischer formulas of D-Allulose [8]

Neredeyse sıfır kalorili olarak kabul edilen bu şeker vücutta çok düşük seviyede metabolize olur ve buna bağlı olarak sakkarozla kıyasla çok daha az enerji sağlar. Glisemik indeksi oldukça düşük olduğundan diyabet hastalarının bile allulozu güvenle kullanabileceği öngörülmektedir. Alluloz üretim sürecinde enzim kullanımından dolayı molekülün yapısı değişir ve bu durum allulozun büyük bir kısmının sindirim sisteminde emilmesine rağmen, vücut tarafından kalori olarak kullanılmadan atılmasına sebep olur. Başka bir ifadeyle, kullanılan enzim allulozun içerdiği kaloriyi bir bakıma kapsüllemiş olur ve vücut tarafından kullanılmasını engeller [10]. Allulozun insanda tokluk kan şekerinin yükselmesinin önlenmesi gibi sağlığa olan pek çok olumlu etkileri önceki yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Alluloz, insan vücudunda antidiyabetik olması, obezite ve damar sertleşmesini engellemesi ve diğer birçok özelliğiyle yaygın şekerlerden ayrılmaktadır [11]. Dünyada birçok ülkede, şekerli ürünlere şeker yerine alluloz ilave edilerek özellikle diyabet ve daha birçok şeker kaynaklı hastalık riskinin önemli oranda azaltılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bu şeker sindirim sisteminde çok az emilime uğradığından ve yaklaşık %70'i enerjiye çevrilmeden ince bağırsak tarafından absorbe edilip 24 saat içerisinde vücuttan atıldığından dolayı kilo vermeye de yardımcı bir şekerdir [12]. D-alluloz, 2014 yılında GRAS listesine alınmış, çeşitli gıdalara katılmasına ve gıda takviyesi olarak kullanılmasına izin verilmiştir [13]. Allulozun, gıdanın tekstürü ve ağızda bıraktığı his gibi kalite kriterlerini ve gıda maddesinin depolanma stabilitesini iyileştirdiği tespit edilmiştir [14].

Çeşitli gıdalar her 100 gramda 0.5-130.6 miligram kadar alluloz bulundurabilir. Meyve suları 21.5 mg, kola

38.3 mg alluloz içerir. İnsan vücudunun günlük alluloz alım miktarı yaklaşık 0.2 gramdır [15].

D-ALLULOZ ÜRETİM YÖNTEMLERİ

D-allulozun ilk seri üretimi, Ken Izumori adlı bir profesör ve ekibi tarafından Kagawa Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiştir [16]. D-alluloz üretimi genellikle özel enzimler üreten bazı mikroorganizmalar tarafından, fruktozun biyodönüşümü uğratılmasıyla gerçekleştirilir [16, 17]. Bu amaçla kullanılacak herhangi bir ticari enzim preparatı günümüzde mevcut olmadığından, D-alluloz üretimi hala çok sınırlıdır. Mevcut yapıda ABD'de alluloz üretimi için GRAS onayı almış 3 firma bulunmaktadır. Bunlar; Matsutani, SamYang ve CJ CheilJedang firmalarıdır [19].

Geçmiş yıllarda D-alluloz, farklı yöntemler ve farklı hammaddeler kullanılarak üretilmeye çalışılmıştır. Her yöntemin verimliliği analiz edilmiştir. Bu yöntemlerden birinde kimyasal sentez yöntemi olan D-alluloz, sulu ve asidik bir çözelti içinde molibdat iyonlarının katalitik etkisi ile D-fruktozun biyo-dönüşümü ile üretilmiştir [20]. Başka bir çalışmada ise, D-fruktoz, etanol ve trietilamin içinde kaynatılarak D-alluloza dönüştürülmüştür [21]. Bu kimyasal yöntemler elverişsiz ve pahalıdır. Ayrıca sürecin bir sonucu olarak bazı atık ürünler ortaya çıkmaktadır. Bu yöntemlerde koruyucuların kullanılmasını nedeniyle bu koruyucuların üretim sonrası uzaklaştırılması, karmaşık ve uzun arıtma aşamaları gerektiren kimyasal yöntemler tercih edilmemektedir [21, 22, 23]. Alluloz doğrudan bakteri hücreleri ilavesiyle de üretilmektedir. Hücreler, enzimlere göre daha stabil ve çevresel şartlara daha dirençli olacağı ve hücre kullanımı ile saflaştırma, hücre parçalama, çöktürme, ayırıştırma gibi birçok proses aşaması elimine edilebileceği için, üretimin ticari olarak daha uygun bir hale geleceği düşünülmüştür. Bu işlem için rekombinant *Escherichia coli* hücrelerinin, diğerlerine kıyasla alluloz üretimi için çok uygun ve verimli olduğu, fakat GRAS bir mikroorganizma olmadığı için *E. coli* tarafından üretilen allulozun gıdalarda katkı maddesi olarak kullanımının sakıncalı olacağı bildirilmiştir [25].

Bütün bu yöntemler dışında, son yıllarda nişastadan tek aşamalı fermantasyon ile alluloz üretim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle son ürün verimi artırılırken, üretim ve saflaştırma maliyeti önemli oranda azaltılmıştır [26].

Geçmişten günümüze, alluloz üretimi için kullanılan ve hala kullanılmakta olan farklı üretim yöntemleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

ALLULOZUN BİTKİDEN EKSTRAKSİYONU

Itea adı verilen bir süs bitkisinde de belirli bir miktarda alluloz bulunmaktadır. *Itea* bitkisinin gövde ve yapraklarında yapılan araştırmalarda baskın şekerin her zaman alluloz olduğu ve gövdede yaz kış maksimum seviyede bulunduğu tespit edilmiştir [17].

Itea yapraklarından alluloz ekstraksiyonu yapılan bir çalışmada, *Itea virginica* bitki yaprakları kaynayan

metanol içinde ekstrakte edilmiş, elde edilen ekstrakt buharlaştırılmış ve bir şurup elde edilmiştir. Bu şurup 10 ml su ile seyreltilmiş ve eter kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Son çözelti iyon değiştirme reçinesinden geçirilerek konsantré doğal şurup elde edilmiştir. Daha sonra yapılan kağıt kromatografisi ile bu şurupta sakkaroz, allitol, glikoz, fruktoz, alluloz bulunduğu tespit edilmiştir. Çözeltideki alluloz, aseton-bakır ve sülfat-sülfürik asit kullanılarak izole edilmiştir [27].

ALLULOZUN KİMYASAL YOLLA ÜRETİMİ

Alluloz, önceki yıllarda farklı metodlar ve farklı ham maddeler kullanılarak üretilmeye çalışılmış ve her bir yöntemin verimliliği analiz edilmiştir. Bunlardan biri olan kimyasal sentez yönteminde (Şekil 3), sulu ve asidik bir çözeltide molibdat iyonlarının katalitik etkisiyle D-fruktozdan alluloz üretilmiştir [20]. Yine D-fruktoz, etanol ve trietilamin içerisinde kaynatılarak alluloza dönüştürülmüştür [21]. Bunun gibi diğer birçok kimyasal sentez çalışmasında üretimin çok zahmetli olduğu ve geniş çaplı üretim yapılmak istendiği durumlarda bu metodların yetersiz kaldığı tespit edilmiştir [28]. Ayrıca, kimyasal sentez çalışmalarının zahmetli ve pahalı olması, uzun ve karmaşık saflaştırma prosesleri gerektirmesi, koruyucu kullanımı ve bu koruyucuların üretimden sonra uzaklaştırılması ihtiyacı ve kullanılan kimyasalların yan ürün oluşturması gibi bazı dezavantajlarının olduğu görülmüştür. Bunlara ek olarak sonuçta çok az miktarda ürün elde edilmesi sebebiyle pek tercih edilmemektedir [22, 23, 27]. Bu sebeple çoğu zaman enzim kullanılarak fruktozdan biyodönüşüm yoluyla sentezlenmesi tercih edilmiştir [29].



Şekil 3. Kimyasal yöntemle fruktozdan alluloz üretimi akış şeması [21]

Figure 3. Flow chart of allulose production from fructose by chemical method [21]

ALLULOZUN ENZİMATİK YOLLA ÜRETİMİ

Monosakkaritlerin birbirine dönüşümü için temel olarak 3 enzim grubu kullanılmaktadır. Bunlardan ikisi izomerazlar grubuna dahil olan keto-aldol izomerazlar (EC 5.3.1) ve karbonhidrat epimerazlar (EC 5.1.3)'dür. Üçüncü grup ise oksidoredüktazlardır. Bu üç gruptaki enzimlerin tamamı nadir şeker üretiminde kullanılmaktadır, fakat her birinin kendine has avantajları ve dezavantajları vardır. Bu üç grup arasında epimerazlar, nadir şekerlerin üretimi için potansiyel olarak en kullanışlı biyokatalizörlerdir [30]. Sadece bir karbon atomundaki konfigürasyonları farklı olan monosakkaritlerin birbirine dönüşmesi olayına epimerizasyon denir. Tanımı basit olmakla birlikte, böyle bir dönüşüm kimyasal açıdan oldukça karmaşıktır. Karbonhidratlar son derece kararlı olduğundan epimerizasyon olayı kendiliğinden kolayca gerçekleşmez. Bununla birlikte, bir karbonhidratın hemen hemen her stereojenik merkezi bir enzim tarafından epimerizasyona uğratılabilir [30].

Epimerazlar C1 ve C2 pozisyonlarının modifikasyonları ile sınırlı diğer iki enzim sınıfının aksine geniş bir yapı yelpazesine erişebilirler. Fakat, ne yazık ki epimerazların çoğu, bir fosfat veya nükleotit grubuna sahip şekerler üzerinde aktiftir ve bu özellikleri üretim maliyetlerini büyük ölçüde artırır. Bununla birlikte son zamanlarda ortaya çıkan D-tagatoz 3-epimeraz, ucuz bir substrat olan fruktozdan alluloz üretimini mümkün kılarak bu durumun dışında kalmış ve dikkat çeken bir istisna olmuştur. D-tagatoz 3-epimerazın (D-TE), birçok ketozun C-3 pozisyonunda epimerizasyonunu katalize ettiği ve nadir şeker üretimi için çok kullanışlı bir enzim olduğu tespit edilmiştir. Bu enzim hem tekli hem de çoklu enzim reaksiyonlarında, çeşitli karbonhidratların sentezi için kullanılmakla birlikte, laboratuvar ölçeğinde tüm olası ketoheksozları üretmek için de kullanılmıştır [30].

Fruktozun C-3 pozisyonunda epimerizasyonu ile alluloza dönüştürülmesi şimdiye kadar sadece iki enzimle gerçekleştirilmiştir. Bunlar; *Pseudomonas cichorii*'den elde edilen D-tagatoz 3-epimeraz ve *Agrobacterium tumefaciens*'den izole edilen D-psikoz 3-epimeraz (ketoz 3-epimeraz)'dır. Her iki enzim de ketoz 3-epimeraz grubundan olmasına rağmen, *Pseudomonas cichorii*'den elde edilen D-tagatoz 3-epimeraz enzimi substrat olarak tagatoz üzerinde, *Agrobacterium tumefaciens*'den izole edilen D-psikoz 3-epimeraz enzimi ise fruktoz üzerinde daha yüksek aktivite göstermektedir [31].

Izumori ve ekibi D-tagatoz 3-epimeraz enzimini ilk olarak *Pseudomonas* sp. ST-24'ten izole etmişler ve bu enzimi alluloz üretiminde kullanmışlardır. Bu mikroorganizmayı kullanarak 500 g D-fruktozdan 10 gün içerisinde 90 g alluloz üretmişlerdir [32]. Bununla birlikte, Takeshita ve ark. [28] tarafından immobilize D-tagatoz 3-epimeraz kullanılarak, D-fruktozun sürekli epimerizasyonu ile allulozun seri üretimini sağlayan yeni bir metod geliştirilmiş ve bu metod sayesinde nadir şeker çalışmaları ilerleme kaydetmeye başlamıştır. Parıldı yaptığı çalışmada, rekombinant DNA teknolojisi ile D-Tagatoz 3-Epimeraz (D-TE) enzim üretimini

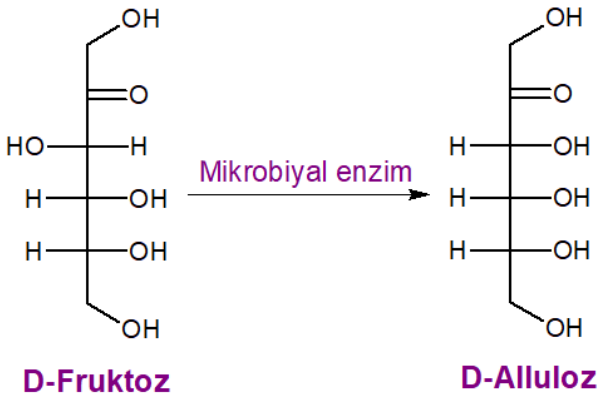
gerçekleştirmiş ve bu enzimi kullanarak fruktozu nadir bir şeker olan alluloz (psikoz)'a dönüştürmüştür. Çalışmada D-TE enzim aktivitesi için en uygun sıcaklığın 60 °C olduğu ve bu sıcaklık derecesinde bekletilen %50'lik fruktoz çözeltisine ait örneklerde 2., 4., 6., 8. ve 24. saatlerde yapılan HPLC analizleri sonucu fruktozun alluloza dönüşüm oranının sırasıyla %10.32, 12.66, 15.32, 15.78 ve 20.76 olduğu belirlenmiştir [8].

Ketoz 3-epimerase enzimi, tüm nadir şekerlerin biyolojik üretiminin şematize edildiği Izumoring stratejisinde çok önemli bir pozisyonda bulunmaktadır ve allulozun biyolojik üretiminde yeri doldurulamaz bir enzimdir. Alluloz ve D-fruktoz arasındaki C-3 pozisyonunda geri dönüşümlü epimerizasyonu katalize eder [24].

Ketose-3-epimerase ham halde, kısmen ve tamamen saflaştırılmış olarak, rekombinant veya immobilize formda çeşitli mikroorganizmalardan izole edilmiştir. Bu enzimin şimdiye kadar sadece 12 cins mikroorganizmadan üretilip tanımlandığı bilinmektedir [24].

Üretimde immobilize enzim kullanımı, serbest ve çözünür enzim kullanımına göre birçok açıdan üstündür. Immobilize enzim tekrar tekrar kullanılabilir ve enzimatik proses sürekli ve kolayca kontrol edilebilir. Ayrıca proses sonunda elde edilen ürünler kolayca ayrıştırılıp saflaştırılabilir. Immobilizasyon ile enzim aktivitesi ve stabilitesi gibi bazı özellikler imkanlar dahilinde iyileştirilebilmektedir [32].

Alluloz sentezi yaygın olarak, D-tagatoz 3-epimeraz enzim grubu (D-TEase, EC 5.1.3.-) tarafından katalizlenen D-fruktozun C-3 pozisyonunda epimerizasyonu ile gerçekleştirilir (Şekil 4). Ayrıca, D-xylose isomerase ve D-psikoz 3-epimeraz enzimlerinin beraber kullanılmasıyla D-glikozdan da alluloz üretimi gerçekleştirilebilmektedir [33]. D-fruktoz ve D-glikoz gibi doğal ve ucuz şekerlerin başlangıç materyali olarak kullanılması, hem nadir şekerlerin seri üretimi hem de uygulanan biyokimyasal metodun yüksek verimli olması bakımından avantajlıdır [16].

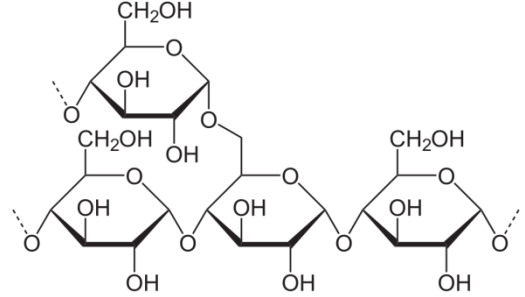


Şekil 4. Fruktozun enzimatik yolla alluloza dönüşümü [8]
Figure 4. Enzymatic conversion of fructose to allulose [8]

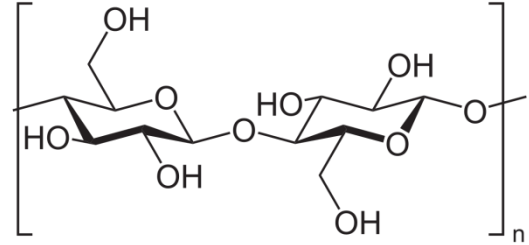
NİŞASTADAN ALLULOZ ÜRETİMİ

Önceki yıllarda alluloz üretimi enzimatik yolla, fruktoz kullanılarak gerçekleştirilmekteydi, fakat, alluloz-fruktoz ayrımının yüksek maliyetli olması ve düşük miktarda son ürün oluşumu gibi problemler nedeniyle daha düşük maliyetli ve daha verimli proses uygulamalarına ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Ayrıca, prosesin tek bir reaktör içinde başlayıp bitecek şekilde uygulanması da önemlidir. Fosfatın geri dönüştürülebildiği ve/veya proste fosfat kaynağı olarak ATP kullanılmasının gerekmediği, nispeten düşük fosfat konsantrasyonunda gerçekleştirilebilen bir alluloz üretim işlemine ihtiyaç vardır. Ayrıca, herhangi bir aşamada maliyeti yüksek olan NADH koenzimi kullanımını da gerektirmeyecek bir proses uygulanmalıdır [26].

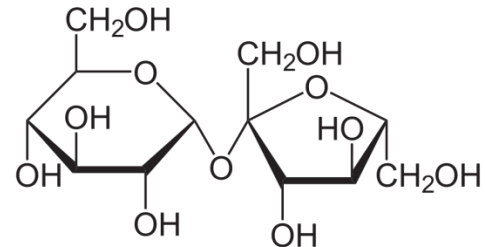
Üretim için nişasta (Şekil 5) veya nişasta türevleri (amiloz, amilopektin, çözünebilir nişasta, amilodekstrin, maltodekstrin, maltoz, glikoz), selüloz (Şekil 6) veya türevleri ve sakkaroz (Şekil 7) tercih edilebilir.



Şekil 5. Nişastanın kimyasal yapısı [34]
Figure 5. Chemical structure of starch [34]



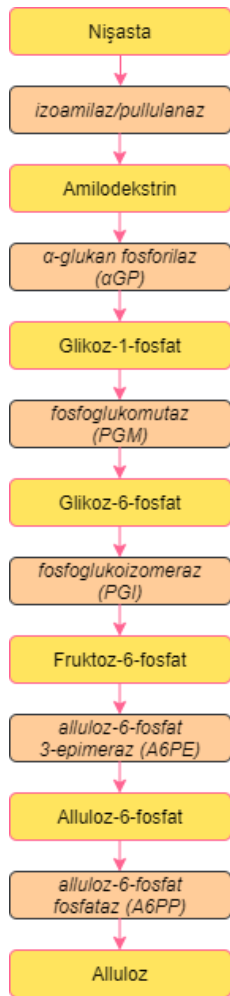
Şekil 6. Selülozun kimyasal yapısı [35]
Figure 6. Chemical structure of cellulose [35]



Şekil 7. Sakkarozun kimyasal yapısı [36]
Figure 7. Chemical structure of sucrose [36]

Nişasta kullanılarak gerçekleştirilen üretimde, nişasta önce enzimatik hidrolizle veya asit hidroliziyle nişasta türevlerine parçalanır. Enzimatik hidroliz için izoamilaz, pullulanaz, alfa amilaz veya bu enzimlerin karışımı kullanılır. Bazı durumlarda 4-glukan transferaz da ilave

edilebilir. Alluloz üretiminde ATP-free, NAD(H)-free, düşük fosfat konsantrasyonu içeren ve fosfatın geri dönüştürülebildiği ve en az bir aşamasının enerjik olarak uygun kimyasal reaksiyon içerdiği bir proses tercih edilmelidir. Bu proseste son ürün verimi artırılırken, ürün üretim ve saflaştırma maliyetinin düşürülmesi hedeflenmiştir. Şekil 8'de nişastadan alluloz üretimi basamaklarında da görüldüğü gibi, nişasta veya nişasta türevi sakkaritler 1 veya daha fazla enzim kullanılarak glikoz-1 fosfata dönüştürülmüş, sonra fosfoglikomutaz (EC 5.4.2.2) kullanılarak glikoz-1 fosfat glikoz-6 fosfata dönüştürülmüş, daha sonra fosfoglikoizomeraz (EC 5.3.1.9) kullanılarak glikoz-6 fosfat fruktoz-6 fosfata dönüştürülmüş, alluloz-6-fosfat 3-epimeraz kullanılarak fruktoz-6-fosfat alluloz-6-fosfata dönüştürülmüştür. Son olarak, alluloz-6-fosfat alluloz-6-fosfat fosfataz ile alluloza dönüştürülmüştür [26].



Şekil 8. Nişastadan enzimatik yolla alluloz üretimi akış şeması [26]

Figure 8. Flow chart of allulose production from starch enzymatically [26]

Bu proseste kullanılan enzimlerin oranı 1:1:1:1:1 (α GP: PGM: PGI: A6PE: A6PP) olacak şekilde ayarlanacaktır. Ürün verimini optimize etmek için bu oran değiştirilebilir. Mesela, 3:1:1:1:1 oranı, fosforlanmış ara ürünlerin konsantrasyonunu maksimize etmek için kullanılabilir. Bunun tam tersi olan 1:1:1:1:3 oranı α GP için güçlü bir

fosfat kaynağı sağlamak için kullanılabilir, bu da α -1,4-glikozidik bağların daha verimli fosforolitik kırılmasına neden olur. Enzimler 3:1:1:1:3 oranında kullanıldığında ise reaksiyon hızı artar. Bu yolla üretimin önemli bir avantajı, tüm aşamaların tek bir biyoreaktör içinde gerçekleştirilebilmesidir.

Bir sakkaritin (disakkarit, oligosakkarit veya polisakkarit) glikoz-1-fosfata dönüşümü için α -glukan fosforilaz (EC 2.4.1.1), maltoz fosforilaz (EC 2.4.1.8), sellodekstrin fosforilaz (EC 2.4.1.49), sellobiyoz fosforilaz (EC 2.4.1.20), selüloz fosforilaz, sükroz fosforilaz (EC 2.4.1.7) ve bunların kombinasyonları kullanılabilir. Doğru enzimin seçimi, reaksiyonda kullanılacak sakkarite göre yapılmalıdır. Bu sakkaritler nişasta, nişasta türevleri, selüloz, selüloz türevleri, sakkaroz, sakkaroz türevleri ve bunların kombinasyonları olabilir.

Nişasta türevleri nişastanın enzimatik hidroliziyle veya asit hidroliziyle elde edilebilir. Nişastanın enzimatik hidrolizi α -1,6-glikozidik bağları hidrolize eden izoamilaz (EC 3.2.1.68) veya pullulanaz (EC 3.2.1.41), kısa maltooligosakkaritlerin transglikolizasyonunu katalizleyen ve daha uzun maltooligosakkarit oluşumunu sağlayan 4- α -glukanotransferaz (EC 2.4.1.25) veya α -1,4-glikozidik bağları kıran α -amilaz (EC 3.2.1.1) ile gerçekleştirilir.

SONUÇ

D-alluloz doğrudan bitkisel yapılardan ekstraksiyonla, kimyasal yolla ya da enzimatik yolla üretilmektedir. Kimyasal sentez ve bitkilerden ekstraksiyon yöntemlerinin pahalı olması, işlem sonucunda ortaya çıkan atık problemi ve verimli olmamaları nedeniyle, günümüzde alluloz üretimi için farklı yöntemler tercih edilmektedir. Bu yöntemlerden en yaygın ve ekonomik olan yöntem enzimatik yöntemdir. Bu yöntemle, fruktoz ya da nişasta ve türevlerinden, rekombinant DNA teknolojisi ile elde edilen enzimler kullanılarak alluloz üretilmektedir. Enzimatik yöntem hem allulozun seri üretimini mümkün kılması hem de üretim veriminin yüksek olması bakımından avantajlıdır. Son yıllarda, alluloz üretimi için daha az maliyetli ve tek bir reaktör içinde başlayıp bitecek bir yöntem arayışına girilmiş ve yapılan çalışmalar sonucunda nişastadan tek aşamada alluloz üretimi gerçekleştirilmiştir. Hammadde olarak nişasta veya nişasta türevleri (amiloz, amilopektin, çözünebilir nişasta, amilodekstrin, maltodekstrin, maltoz, glikoz), selüloz veya türevleri ve sakkaroz tercih edilmiştir. Nişastadan alluloz üretiminde son ürün veriminin diğer yöntemlere göre oldukça yüksek olacağı, ürün üretim ve saflaştırma maliyetinin de ciddi oranda azalacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Namli, S., Sumnu, S.G., Oztop, M.H. (2021). Microwave glycation of soy protein isolate with rare sugar (D-allulose), fructose and glucose. *Food Bioscience*, 40, 100897.
- [2] de Sousa, M., Silva Gurgel, B., Pessela, B.C., Gonçalves, L.R.B. (2020). Preparation of CLEAs and magnetic CLEAs of a recombinant L-arabinose

- isomerase for D-tagatose synthesis. *Enzyme and Microbial Technology*, 138, 109566.
- [3] Onishi, Y., Furushiro, Y., Hirayama, Y., Adachi, S., Kobayashi, T. (2020). Production of tagatose and talose through isomerization of galactose in a buffer solution under subcritical water conditions. *Carbohydrate Research*, 493, 108031.
- [4] 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.
- [5] Hashii, K., Hasegawa, T., Idegami, N., Kadota, M., Taniguchi, M., Toyama, T., Toyonaga, D. (2015). Discover Kagawa through English and Science, Kagawa University Student Development Project Press: Japonya.
- [6] Yang, J., Zhang, T., Tian, C., Zhu, Y., Zeng, Y., Men, Y., Chen, P., Sun, Y., Ma, Y. (2019). Multi-enzyme systems and recombinant cells for synthesis of valuable saccharides: Advances and perspectives. *Biotechnology Advances*, 37(7), 107406.
- [7] Yamamura, Y., Iwagaki, S., Hishida, M., Nagatomo, S., Fukada, K., Saito, K. (2019). Heat capacity and standard thermodynamic functions of three ketohexoses in monosaccharides including rare sugars: D-fructose, D-psicose, and D-tagatose. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 131, 420-430.
- [8] Parıldı, E. (2019). D-tagatoz 3-epimeraz enzimi üretimi ve fruktozdan alluloz (psikoz) eldesi. Yüksek Lisans Tezi. Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [9] Li, C., Li, L., Feng, Z., Guan, L., Lu, F., Qin, H. (2021). Two-step biosynthesis of D-allulose via a multienzyme cascade for the bioconversion of fruit juices. *Food Chemistry*, 359, 1-9, 129746.
- [10] Metabolic Balance (2019). Alüloz. Available online: <https://www.metabolic-balance.com.tr/blog/alueloz>.
- [11] Zhu, P., Zeng, Y., Chen, P., Men, Y., Yang, J., Yue, X., Zhang, J., Zhu, Y., Sun, Y. (2020). A one-pot two-enzyme system on the production of high value-added D-allulose from Jerusalem artichoke tubers. *Process Biochemistry*, 88, 90-96.
- [12] Kanasaki, A., Jiang, Z., Mizokami, T., Shirouchi, B., Iida, T., Nagata, Y., Sato, M. (2019). Dietary D-allulose alters cholesterol metabolism in Golden Syrian hamsters partly by reducing serum PCSK9 levels. *Journal of Functional Foods*, 60, 103429.
- [13] Braunstein, C.R., Noronha, J.C., Khan, T.A., Mejia, S.B., Wolever, T.M., Josse, R.G., Kendall, C.W., Sievenpiper, J.L. (2020). Effect of fructose and its epimers on postprandial carbohydrate metabolism: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition*, 39, 3308-3318.
- [14] Wang, R., Hartel, R.W. (2020). Effects of moisture content and saccharide distribution on the stickiness of syrups. *Journal of Food Engineering*, 284, 1-13.
- [15] Kimura, T., Kanasaki, A., Hayashi, N., Yamada, T., Iida, T., Nagata, Y., Okuma, K. (2017). D-allulose enhances postprandial fat oxidation in healthy humans. *Nutrition*, 43-44, 16-20.
- [16] Izumori, K. (2002). Bioproduction strategies for rare hexose sugars. *Naturwissenschaften*, 89, 120-124.
- [17] Li, W., Zhu, Y., Jiang, X., Zhang, W., Guang, C., Mu, W. (2020). One-pot production of D-allulose from inulin by a novel identified thermostable exoinulinase from *Aspergillus piperis* and *Dorea* sp. D-allulose 3-epimerase. *Process Biochemistry*, 99, 87-95.
- [18] Zhang, J., Xu, C., Chen, X., Ruan, X., Zhang, Y., Xu, H., Guo, Y., Xu, J., Lv, P., Wang, Z. (2020). Engineered *Bacillus subtilis* harbouring gene of d-tagatose 3-epimerase for the bioconversion of D-fructose into D-psicose through fermentation. *Enzyme and Microbial Technology*, 136, 109531.
- [19] FDA (2016). *GRAS Notice (GRN) No. 647*.
- [20] Bilik, V., Tihlárík, K. (1973). Reactions of saccharides catalyzed by molybdate ions. IX.* Epimerization of ketohexoses. *Chemické Zvesti*, 28, 106-109.
- [21] Doner, L.W. (1979). Isomerization of d-fructose by base: Liquid-chromatographic evaluation and the isolation of d-psicose. *Carbohydrate Research*, 70(2), 209-216.
- [22] Takeshita, K., Suga, A., Takada, G., Izumori, K. (2000). Mass production of D-psicose from D-fructose by a continuous bioreactor system using immobilized D-tagatose 3-epimerase. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 90(4), 453-455.
- [23] Wen, L., Huang, K., Zheng, Y., Fang, J., Kondengaden, S.M., Wang, P.G. (2016). Two-step enzymatic synthesis of 6-deoxy-L-psicose. *Tetrahedron Letters*, 57(34), 3819-3822.
- [24] Zhang, W., Yu, S., Zhang, T., Jiang, B., Mu, W. (2016). Recent advances in d-allulose: Physiological functionalities, applications, and biological production. *Trends in Food Science & Technology*, 54, 127-137.
- [25] Park, C.S., Kim, T., Hong, S.H., Shin, K.C., Kim, K.R., Oh, D.K. (2016). D-allulose production from D-fructose by permeabilized recombinant cells of *Corynebacterium glutamicum* cells expressing D-allulose 3-epimerase *Flavonifactor plautii*. *PLoS One*, 11(7), 1-22.
- [26] Wichelecki, D.J., Rogers, E.O. (2020). Enzymatic Production of D-Allulose. *United States Patent Application Publication*, 1-7.
- [27] Hough, L., Stacey, B.E. (1963). The occurrence of D-ribohexulose in *Itea ilicifolia* *Itea virginica*, and *Itea yunnanensis*. *Phytochemistry*, 2, 315-320.
- [28] Takeshita, K., Suga, A., Takada, G., Izumori, K. (2000). Mass production of D-psicose from D-fructose by a continuous bioreactor system using immobilized D-tagatose 3-epimerase. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 90, 453-455.
- [29] Yoshihara, K., Shinohara, Y., Hirotsu, T., Izumori, K. (2006). Bioconversion of D-psicose to D-tagatose and D-talitol by *Mucoraceae* fungi. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(3), 219-222.
- [30] Beerens, K., Desmet, T., Soetaert, W. (2012). Enzymes for the biocatalytic production of rare sugars. *Journal of Industrial Microbiology and*

- Biotechnology*, 39, 823-834.
- [31] Lim, B.-C., Kim, H.-J., Oh, D.-K. (2009). A stable immobilized d-psicose 3-epimerase for the production of d-psicose in the presence of borate. *Process Biochemistry*, 44, 822-828.
- [32] Li, Z., Gao, Y., Nakanishi, H., Gao, X., Cai, L. (2013). Biosynthesis of rare hexoses using microorganisms and related enzymes. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 9, 2434-2445.
- [33] Li, Z., Li, Y., Duan, S., Liu, J., Yuan, P., Nakanishi, H., Gao, X.D. (2015). Bioconversion of d-glucose to d-psicose with immobilized d-xylose isomerase and d-psicose 3-epimerase on *Saccharomyces cerevisiae* spores. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 42(8), 1117-1128.
- [34] Comunale, J. (2021). Starch structure. Available online: <https://study.com/learn/lesson/starch-structure-function-chemical-formula.html>.
- [35] Helmenstine, A.M. (2019). Cellulose chemical structure. Available online: <https://www.thoughtco.com/what-is-cellulose-definition-4777807>.
- [36] Wikipedia (2022). Sucrose structure. Available online: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sucrose>.
-
-


Dondurma Üretiminde Kullanılan Alternatif Stabilizerler



Fatma Zehra Kiper¹ , Tuğba Karabekmez Erdem² , Yekta Gezginç¹  

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Kahramanmaraş

Geliş Tarihi (Received): 30.05.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 30.04.2022

 *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): yektagezginc@hotmail.com (Y. Gezginç)*

 0 344 300 2089  0 344 300 1602

ÖZ

Stabilizerler, dondurma üretiminde arzu edilen viskozitenin ve hacim artışının sağlanması, dondurma tekstürü ve erime niteliklerinin iyileştirilmesi ve depolama esnasında rekristalizasyonun engellenerek raf ömrünün uzatılması amacıyla kullanılan ticari maddelerdir. Günümüzde farklı kaynaklardan elde edilen stabilizer maddelerin endüstriyel kazandırılmasına yönelik yapılan çalışmalara gün geçtikçe yenisi eklenmektedir. Bu çalışmada dondurma teknolojisinde kullanılmakta olan stabilizerlerin yanı sıra stabilizer olma potansiyeli bulunan; fesleğen tohumu sakızı, ayva çekirdeği ekstraktı tozu, chia tohum jeli, mikrobiyal ekzopolisakkaritler, farklı kaynaklardan elde edilen selüloz türevleri gibi alternatiflerin dondurma üretimindeki kullanım olanakları derlenmiştir. Potansiyel stabilizer madde olarak görülen bu bileşenlerin, dondurma nitelikleri üzerine etkileri ve diğer stabilizerler ile olan sinerjik etkilerinden bahsedilerek endüstriyel kullanım olanakları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dondurma, Stabilizer, Tohum, Selüloz

Alternative Stabilizers Used in Ice Cream Production

ABSTRACT

Stabilizers are commercial substances that are used to increase the desired viscosity and volume in ice cream production to improve texture, melting qualities, prolong shelf life by preventing recrystallization during storage. Nowadays, new studies are being gained for bringing stabilizer materials obtained from different sources to the industry day by day. In this study, besides the stabilizers used in ice cream technology, stabilizer sources which have a potential in ice cream production, such as basil seed gum, quince seed extract powder, chia seed gel, microbial exopolysaccharides and cellulose derivatives gained from different sources were reviewed. Industrial potentials were evaluated by mentioning the effects of these components, which are regarded as new stabilizers, on ice cream properties and their synergistic effects with other stabilizers.

Keywords: Ice-cream, Stabilizer, Seed, Cellulose

GİRİŞ

Dondurma; yağ, yağsız süt kurumadesi, şeker, stabilizer, emülgatör ve bazen de tat ve renk veren çeşitli maddelerden oluşan karışımın dondurma makinasında işlenmesiyle elde edilen ve oldukça karışık fizikokimyasal yapıya sahip besleyici bir süt ürünüdür

[1]. Genel bir ifadeyle tanımlandığında ise dondurma; sulu bir matriste dağılmış hava hücrelerinden oluşan donmuş bir köpüktür [2] ve üç ana yapısal bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; dondurma ortamında sürekli fazı oluşturan hava hücreleri ile buz kristalleri ve yağ globülleridir. Dondurmanın fizikokimyasal yapısında destabilize halde bulunan yağ globüllerinin kısmen bir

araya gelerek hava hücrelerinin etrafını sarması ile dondurmanın erime oranı ve sertliğinin etkilendiği bilinmektedir [3].

Dondurma matriksinin yapısı ve arzu edilen nitelikte dondurma eldesi; dondurma formülasyonu ve dondurma üretim prosesi ile doğrudan ilişkilidir. Dondurma formülasyonlarında yer alan bileşenlerden stabilizerler düşük oranlarda kullanılmalarına rağmen önemli işlevlere sahiptirler. Stabilizerler, suda dağıldıkları zaman çok sayıdaki su molekülünü hidrojen bağlarıyla bağlayan ve hidratlaşan polimer maddelerdir. Su varlığında kendilerine gerekli olan suyu tutar ve ardından molekül içi ve moleküller arası boşluklarda üç boyutlu bir ağ oluşturarak ortamda kalan serbest suyu stabil hale getirirler. Dondurma üretiminde stabilizer kullanımının temel amacı; pürüzsüz bir yüzey ve tekstür elde etmek ve depolama süresince buz ve laktoz kristallerinin oluşumunu azaltmaktır. Özellikle sıcak şoku olarak bilinen ısı değişim periyotları süresince ürünün stabil bir yapıda kalmasını sağlamak ve erimeye karşı dayanıklılık kazandırmak amacıyla stabilizer kullanımı oldukça önemlidir [4-9]. Dondurma üretiminde kullanılan stabilizerlerin temiz, nötr bir aromaya sahip olmaları, dondurmanın kabul edilebilir erimesine katkıda bulunmaları ve tüketim üzerine arzu edilen bir doku sağlamaları gerekmektedir [10]. Ayrıca toksik olmamalı, karışımda kolayca dağılmalı, köpük üretmemeli, üretimde kullanılan ekipmanları (süzgeçleri ve filtreleri) tıkamamalı, ekonomik olmalıdır [11]. Stabilizerin çeşit ve miktarının belirlenmesinde dondurma karışımının bileşimi, işlem koşulları, kullanılan katkı maddeleri ve depolama sıcaklığı gibi faktörler de dikkate alınmalıdır [12]. Dondurma üretiminde ticari stabilizer olarak agar (E406), aljinatlar (E400-404), arap sakızı (E414), guar sakızı (E412), jelatin (E441), karragenan (E407), keçiyoynuzu sakızı (E410), konjak sakızı (E425), ksantan sakızı (E415), sodyum karboksimetil selüloz (CMC) (E466), taragakant sakızı (E413) kullanılabilir. Bu stabilizerler doğal kaynaklı maddeler olmalarına rağmen, Avrupa yasalarına göre gıda katkı maddesi olarak kabul edilirler ve bu nedenle E numaralarına sahiptirler [13, 14]. Bunlara ilaveten Türkiye'nin birçok yöresinde kendiliğinden yetişmekte olan salep orkideleri (*Orchis*)'nden elde edilen salep de dondurma üretiminde kullanılmaktadır. Salep, elde edildiği orkidenin cinsine göre değişmekle birlikte ortalama %7-61 oranında glukomannan içermektedir. Glukomannan hidrokolloid yapısındadır ve bu sayede dondurmada stabilizer işlevi görmektedir. Bununla birlikte Maraş dondurmasına ait lezzet, geç erime ve bıçakla kesilebilme gibi karakteristik niteliklerden de sorumlu başlıca bileşendir [15-20].

Süt ve süt ürünleri endüstrisinin en hızlı yol alan ve günden güne önemi artan dallarından biri olan dondurma sektörü, tüm dünyada hızla gelişen kazançlı bir endüstri alanı konumundadır [1]. Dondurma sektöründe ürün devamlılığını sağlamak, tüketici taleplerini karşılamak, yeni ürün formülasyonları geliştirmek ve tüketilen ürünlerin kalitesini artırmak büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda dondurma formülasyonlarında çeşitli bitkisel, hayvansal ve mikrobiyolojik kaynaklı hidrokolloidlerin tespitine ve gıda

endüstrisinde değerlendirilmelerine yönelik çalışmalar artış göstermektedir. Bu derlemede dondurma üretiminde ticari stabilizerlere alternatif olma potansiyeli bulunan bazı hidrokolloid yapıdaki bileşenlerin dondurma formülasyonlarında yer alarak sağladıkları teknolojik ve endüstriyel faydalar tartışılmıştır.

BİTKİ TOHMLARININ STABİLİZER OLARAK KULLANILMASI

Fesleğen Tohumu

Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Labiatae familyasına ait tek yıllık bir bitkidir. Tohumlarının diyet lifi içeriği yüksektir, dolayısıyla fonksiyonel bir bileşen olarak büyük potansiyele sahiptir. Aynı zamanda antidiyabetik, antimikrobiyal, antioksidan ve antikanser aktiviteleri gibi önemli sağlık yararları bulunmaktadır [21]. Fesleğen tohumları suya batırıldığında dış perikarları şişerek jelatinimsi yapı alırlar. Suda şişmiş tohumların müsilajlı tabakası yüksek hidrasyon kapasitesine sahip, önemli miktarlarda esterleşmemiş galakturonik asit içeren pektinli bir matrinden oluşmaktadır. Fesleğen tohumu sakızı esas olarak glukomannan, ksilan ve az miktarda protein (13.2 g kg⁻¹) ile küçük glukan fraksiyonları içeren yeni bir hetero-polisakkarittir. Bu özelliği ile fesleğen tohumları yeni doğal bir hidrokolloid kaynağı olarak görülmektedirler [22]. Fesleğen tohumlarından elde edilen müsilajın emülsifiye edici, köpürtücü, koyulaştırıcı, stabilize edici, viskozite ve jelleştirici özelliklere sahip olduğu literatürde yer almaktadır [23-26].

Bahram Parvar ve ark. [27] fesleğen tohumu sakızını dondurmanın buz kristali boyutu üzerindeki etkisini araştırmak üzere dondurma üretiminde kullanmışlardır. Ticari stabilizatörlere kıyasla fesleğen tohumu sakızı ilaveli dondurmalarda buz kristali büyüme oranının % 30-40 düzeylerinde azaldığını, ayrıca erime hızının yavaşladığını belirlemişlerdir.

Bir başka çalışmada [28] fesleğen tohumu sakızının farklı oranlarda (%0.15 ve % 0.35) , karboksi metil selüloz ve guar sakızı ile olan karışımının dondurmanın bazı özelliklerine etkisi incelenmiş; karışımlardaki artan fesleğen tohumu sakızı oranı ile dondurmanın görünür viskozitesinin geliştiği ve erime oranının düştüğü bildirilmiştir.

Fesleğen tohumu sakızının dondurmada yağ ikame maddesi olarak kullanımına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. Javidi ve ark. [29] fesleğen tohumu sakızı ve guar sakızı ile her ikisinin karışımından oluşan stabilizerlerin düşük yağlı dondurmanın (%2.5 yağlı) duysal özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada her iki sakızın karışımının düşük yağlı dondurma için çok uygun yağ ikame maddeleri/stabilizerleri olduğunu bildirmişlerdir.

Ayva Çekirdeği

Ayva (*Cydonia oblonga*), Rosaceae familyasına ait bir meyvedir. Çekirdekleri iyi ve ucuz bir fenolik asit, antioksidan, flavonoid ve diyet lifi kaynağı olarak

bilinmektedir. Ayva çekirdekleri suya bırakıldığında Ayva çekirdeği ekstraktı da denilen yüksek molekül ağırlıklı ve suda çözünür polisakaritleri konsantre halde müsülaj açığa çıkmaktadır. Bu nedenle, ayva çekirdeği ekstresi, suda çözünür polisakarit veya müsülaj içerikleri nedeniyle iyi depolama stabilitesine sahip yeni bir potansiyel viskozlaştırıcı, jelleştirici, tekstür düzenleyici stabilizatör ajan olarak kabul edilmiştir [30, 31]. Bununla birlikte %2.78 protein içeriğine sahip ayva çekirdeği ekstraktının protein içerikleri sırasıyla %2.13, %5.2-7.4, %8.19 olan ksantan sakızı, keçiyoynuzu sakızı ve guar sakızı gibi ticari stabilizelere alternatif kabul edildiği ve gıda endüstrisinde katma değerli bir yan ürün olma potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir [30]. Ayva çekirdeği ekstraktı tozu, salep ve guar gam ilavesi ile depolama süresinin dondurma örnekleri özellikleri üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, ayva çekirdeği ekstraktı tozu ilaveli dondurma örneklerinin depolama süresi arttıkça sertlik, iç yapışkanlık ve sakızimsılık gibi tekstürel özelliklerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ayva çekirdeği ekstraktı tozunun salep ile kombinasyon şeklinde dondurma üretiminde kullanılabilir alternatif bir doğal stabilizatör çeşidi olduğu da rapor edilmiştir [32]. Ayva çekirdeği ekstraktı tozunun dondurmanın reolojik, erime, dokusal ve duysal özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada %0.75 salep ile birlikte farklı oranlarda (%0, %0.25, %0.50 ve %0.75) ayva çekirdeği ekstraktı tozu kullanılarak dondurma üretimleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada %0.50 ve %0.75 ayva çekirdeği ekstraktı tozu eklenmiş dondurma örneklerinin kontrol ve %0.25 ayva çekirdeği tozu ilaveli diğer deneme örneklerine kıyasla erime direncinin daha yüksek, daha az buzlu yapısı nedeniyle pürüzsüz, kremli nitelikte olduğu ve genel kabul edilebilirliğinin yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu özelliklerin ayva çekirdeğinin yapısındaki protein, polisakaritler ve özellikle de lifin su tutma kapasitesinden ileri geldiği rapor edilmiştir [31].

Nar Çekirdeği

Nar (*Punica granatum* L.) Punicaceae familyasına ait antik ve mistik bir meyvedir. Nar çekirdeği, tüm meyvenin %20' sini oluşturan ve nar işleme prosesi esnasında açığa çıkan bir yan üründür. Bileşiminde bulunan polifenoller, çoklu doymamış yağ asitleri, gibi biyoaktif bileşenlerce zengin bir kaynaktır [33].

Ali ve ark. [34] dondurma üretiminde farklı oranlarda (%0, %1, %2, %3 ve %4) nar çekirdeği tozu kullanmışlar ve fonksiyonel, antioksidan ve duysal özelliklerini incelemişlerdir. %2 nar çekirdeği tozu ilaveli dondurmalarda duysal nitelikler, antioksidan aktivite gibi özelliklerin iyileştiğini bunun yanı sıra yapı, tekstür ve kıvamda gelişme olduğunu ve dondurma üretiminde kullanılabilirliğini rapor etmişlerdir.

Chia Tohumu

Chia (*Salvia hispanica* L.) binlerce yıldır tıbbi amaçlı kullanılan tek yıllık otsu bir bitkidir ve yüksek besin değeri; özellikle yüksek lif (30-34 g) ve α -linolenik asit ile karakterize yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi, protein, vitamin ve antioksidan içeriğine sahiptir [35, 36].

Gıda uygulamalarında stabilize edici, kıvam artırıcı ve emülsifiye edici ajan olarak da kullanım potansiyeli bulunan chia tohumu; chia yağı olarak, suda bekletilerek elde edilen müsülaj haliyle, kuru ve bütün tohum olarak ya da öğütülerek chia unu şeklinde kullanılabilir. Chia tohumunun süt ve süt ürünlerinde de kullanımı giderek artmaktadır [36, 37]. Suda bekletilmesiyle gerçekleşen müsülaj ekstraksiyonu ile elde edilen sıvının dondurma üretiminde kıvam artırıcı olarak başarılı bir şekilde kullanıldığı bildirilmektedir. Campos ve ark. [38], stabilizer madde olarak kullanım potansiyelinin belirlenmesi amacıyla chia tohum jelini %0.1, %0.2, %0.3 ve %0.4 oranlarında dondurma üretiminde kullanmışlardır. Chia tohum jelinin dondurmada artan besin değeri ile fonksiyonel özellik kazandırdığını, teknolojik olarak ise tek başına stabilize edici ajan olarak etkili bir şekilde kullanıldığını rapor etmişlerdir. Bunun yanında Chia tohum müsülajlarının optimum ekstraksiyon koşullarında elde edilmesiyle (80°C sıcaklık, 4 saat ekstraksiyon süresi ve su: tohum oranı 30:1) dondurma formülasyonunda emülgatörlerin ve stabilizerlerin yerine başarılı bir şekilde kullanılabilirliği bildirilmiştir.

Achi ve Ofor Tohumları

Fabaceae familyasına ait *Brachystegia eurycoma* (Achi) Nijerya'nın batısında oldukça popüler olan ancak doğal hidrokoloid kaynağı olarak az bilinen bir bitkidir. Aynı familyadan olan *Detarium microcarpum* (Ofor) ise Afrika ve Asya'nın bazı bölgelerinde yaygın baklagil ağacı olup yüksek tıbbi değere sahiptir. Archi ve Ofor tohumlarının un haline getirilmesi ile çorbalarda kalınlaştırıcı olarak kullanıldığı bilinmektedir [39]. Tohumların ekstraksiyonu ile elde edilen hidrokoloidlerin dondurma üretiminde stabilizer olarak kullanım olanakları Aremu ve ark. [39] tarafından araştırılmıştır. Archi ve Ofor tohumlarından elde edilen hidrokoloidlerin kullanımı ile dondurmalarda fizikokimyasal, duysal ve mikrobiyal kalitenin iyileştiği bildirilmiştir. Ofor tohumlarından elde edilen hidrokoloid ekstraktlarının yüksek erime direnci, pseudo-plastik davranış ve etkili hacim artışı sağladığı dolayısıyla bu hidrokoloidlerin dondurma üretiminde CMC yerine kullanılabilirliği belirtilmiştir.

Jak Meyvesi Tohumu

Jak meyvesi ağacı olarak bilinen *Artocarpus heterophyllus* Lam, Moraceae familyasına ait egzotik bir ağaç türüdür. Toplam meyve ağırlığının %10-15' ini tohum kısmı oluşturmaktadır. Tohumları protein, nişasta ve lif açısından zengindir. Tohumunda bulunan lektin glikoproteini antibakteriyel, antifungal ve antikanserojenik özelliklere sahiptir. Shinde ve ark. [40] jak meyvesine ait tohumları un haline getirmiş ve %1, %2, %3, %4 ve %5 oranında olmak üzere dondurma formülasyonuna dahil etmişlerdir. %5 jak meyvesi tohumunu ilaveli dondurma örneğinin kontrol ve diğer deneme örneklerine göre beş haftalık depolama sırasında kimyasal, tekstürel, duysal ve mikrobiyal açıdan en iyi sonuçları gösterdiği rapor edilmiştir.

SELÜLOZ TÜREVLERİNİN STABİLİZER OLARAK KULLANILMASI

Günümüzde küresel obezite salgını, tüketicilerin düşük kalori alım isteği, artan kardiyovasküler hastalık riski ve artan beslenme bilgisi gibi nedenlerle yağı azaltılmış dondurma formülasyonlarının oluşturulması artan popüleriteye sahiptir [41]. Dondurma üretiminde yağ oranı azaltılırken organoleptik ve fiziksel özelliklerin de korunması gereklidir. Bu amaçla, oligosakkaritler ve ligninden oluşan diyetetik lifler, gıdalarda yağ ikame edici olarak potansiyel uygulamalara sahiptirler. Bir başka yağ ikame edici madde olarak modifiye edilmiş nişastaların dondurma üretiminde kullanılmaları da mümkün olmaktadır. Kale ve ark. [42] enzimle modifiye edilmiş tatlı patates nişastasının düşük yağlı dondurma üretiminde kullanım olanağını araştırmışlardır. Çalışmada yağ oranı azaltılarak, %20 enzimle modifiye edilmiş nişasta ve %20 tatlı patates içeren dondurma numunesinin organoleptik olarak kabul edilebilir olduğu ve dondurma formülasyonunda kullanılabilmesi ortaya konmuştur. Sitrik asit ile hidrolize edilmiş tatlı patates nişastasının ise yağı azaltılmış (%6) ve düşük yağlı (%1) dondurmalarda yağ ikame edici olarak kullanım olanakları Babu ve ark. [41] tarafından araştırılmış ve dondurma üretiminde bir yağ ikame maddesi olarak iyi bir alternatif olduğu ifade edilmiştir.

Gıda endüstrisinde bir diğer kıvam artırıcı ve stabilize edici madde olarak kullanılan Sagu (*Meteroxylyon sagu*) çoğunlukla Malezya ve Endonezya adalarında yetişmektedir. Sagu üretiminin neredeyse %70' ine katkıda bulunan Sagu hurması, karbonhidrat bakımından zengin, yağ oranı düşük, diyet lifi, demir ve kalsiyum gibi mineralleri yüksek bir yağ ikame maddesidir [43]. Sameen ve ark. [44] dondurma üretiminde stabilizer olarak yerel *Ipomoea Batatas* nişastası ve *Meteroxylyon Sagu* kullanmışlardır. %0.75 oranında tatlı patates nişastasının viskozite, erime süresi, hacim artışı ve duyuşal nitelikler bakımından en iyi sonucu verdiği ve ticari stabilizer ile karşılaştırılabilir nitelikte olduğu belirtilmiştir. *Ipomoea Batatas* nişastasının mevcut stabilizer karışımlarında kullanılarak üretim maliyetini azaltabileceği, helal ve doğal stabilizer kaynağı olarak iyi bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır.

Dondurma üretiminde farklı bitkilerin öğütülmüş yumru tozlarının kullanımına da rastlanılmaktadır. Lozano ve ark. [45] dondurmada stabilizer olarak yam (*Dioscorea rotundata*) dan ekstrakte edilen mülilajı, CMC ile farklı oranlarda kombinasyonlar halinde kullanmışlar ve mülilaj oranı arttıkça dondurma örneklerinin % protein miktarında artış ve hacim artışı oranında yükselme, erime süresinde ise uzama olduğunu bildirmişlerdir. Susilavati [46] dondurma yapımında stabilizer olarak farklı oranlarda Suweg (*Amorphophallus campanalatus* B.) yumru unu kullandığı çalışmasında %2 Suweg yumru unu ile üretilen dondurmaların genel kabul edilebilirlik bakımından en yüksek puanı aldığını bildirmiştir.

Sebayang ve Sembring [47] çalışmalarında palm bitkisinin midrib olarak adlandırılan orta kısmından,

CMC izole etmiş ve dondurma üretiminde stabilizer olarak kullanmışlardır. İzole edilen CMC ilaveli dondurmaların kontrol örneklerine göre erime süresi, hacim artışı, tatlımsı lezzet, koku ve aroma bakımından en iyi sonuç aldığı rapor edilmiştir.

Tarımsal Atıklardan Elde Edilen Selüloz Türevleri

Çeşitli tarımsal atıklardan elde edilen selüloz türevleri yağ oranı azaltılmış dondurmalarda kaloriyi düşürmek ve dondurmanın teknolojik ve duyuşal kalitesini artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu yağ ikame edici bileşenler dondurma stabilizasyonunda yeni sürdürülebilir perspektifler sunmaktadır [48]. Pulp işleme atığı olan Pitaya kabuğu dragon meyvesi olarak da bilinen *Cactaceae* familyasına ait bir meyvedir. *Hylocereus polyrhizus* gibi bazı türlerinden Amerika' da tarımı yapılmaktadır. Polifenoller, antioksidanlar bakımından zengin olan Pitaya kabuğu yüksek oranda diyetetik lif içermektedir. Utpott ve ark. [49] pitaya kabuğu artıklarını kurutarak un haline getirmiş ve çilekli dondurma üretiminde kullanmışlardır. Çalışmada fiber ilavesinin %73.5 oranında yağı azaltılmış çilekli dondurmada hacim artışı sağladığı, reolojik davranışı geliştirdiği ve genel kabul edilebilirliğinin yüksek olduğu, gıda endüstrisinde yağı azaltılmış ürünlerde alternatif olarak kullanılabilmesi bildirilmiştir [41]. Benzer şekilde Yu ve ark. [48] greylift kabuklarından nano fibrile selüloz (GNFC) elde etmiş ve dondurma üretiminde yağ ikame edici olarak kullanım potansiyelini araştırmışlardır. İçerdikleri selüloz ve hemiselüloz ile mükemmel su/yağ tutma kapasitesine sahip greylift kabuklarının kullanımı ile, dondurma örneklerinde yüksek sertlik ve çignenebilirlik ve gelişmiş tekstürel özellikler sağlandığı tespit edilmiştir.

Mikrobiyel Selülozlar

Selülozun nano yapıları türevi olan nano selüloz, mikrofibril selüloz (MFC) olarak da adlandırılır ve selüloz nano fiber (CNF), selüloz nano kristal (CNC) ve bakteriyel nano selüloz (BNC) gibi farklı nano selüloz türleri bulunmaktadır. Bu nano ölçekli selülozların, düşük kalorili stabilizer ikameleri olarak kullanılabilmesi bildirilmektedir [39]. Yaklaşık 30 nm çapında dolayısıyla nano selüloz olarak da tanımlanabilen bakteriyel selüloz (BC) patojen olmayan bakteriler tarafından fermentasyon esnasında üretilen doğal bir nanomateryaldir. BC üretebilme yeteneğine sahip bazı aerobik ve non-patojen bakteri cinsleri; *Agrobacterium*, *Sarcina*, *Rhizobium* ve *Acetobacter*'dir. Bunlardan *Gluconacetobacter xylinus* araştırmalarda ve gıda uygulamalarında sıklıkla kullanılan bakteri türüdür [50, 51]. BC'lar, bitkisel selülozlarla aynı moleküler formüle (C₆H₁₀O₅)_n sahiptirler. Farklı olarak bitkisel selülozların aksine lignin, hemiselüloz ve pektin içermemektedir. Ayrıca saflaştırması kolay, düşük enerji gerektiren BC, bitkisel selüloza göre daha yüksek özgül alana, daha yüksek su tutma kapasitesine (suda ağırlığının yüzlerce katına kadar tutma) ve daha uzun kuruma süresine sahip olma gibi üstünlüklere sahiptir [52]. Aynı zamanda bir diyetetik lif olan BC çokça sağlığa yararlı etkilere de sahiptir. Diyabet, obezite, kardiyovasküler hastalık ve divertikülit gibi kronik hastalık riskini azaltmaya yardımcı

olabilmektedir [53,49]. Düşük kalorili dondurmalarda yağ ikame maddesi olarak BC kullanımının tekstürün iyileştirilmesine, erime direnci ve viskozitenin artırılmasına, sıcaklık değişimleri esnasında şeklin korunmasına katkı sağladığı bildirilmektedir. *Gluconacetobacter xylinus*' dan elde edilen selüloz ile inulinin dondurmada erime oranı, hacim artışı ve duyu nitelikler üzerine etkisi araştırılmış ve pozitif etkiye sahip olduğu belirlenmiştir [54]. Guo ve ark. [50] yaptıkları çalışmada BNC ve soya protein izolatu ve farklı oranlardaki karışımını dondurma üretiminde kullanmışlardır. BNC ve soya protein izolatu birlikte kullanıldığı örneklerde tek başına soya protein izolatu kullanıldığı örneklere göre termal stabilite, tekstürel, reolojik ve emülsifiye edici özelliklerinin geliştiği belirtilmiştir.

EKZOPOLİSAKKARİTLERİN OLARAK KULLANILMASI

Dondurmanın, süt proteinleri, yağ, laktoz ve suşlar için koruma sağlayabilecek diğer besin maddelerini içeren bileşimi açısından, depolama sırasında Laktik asit bakteri (LAB) suşlarının hayatta kalması için iyi bir taşıyıcı olduğu öne sürülmüştür. Ekzopolisakkarit (EPS)' ler, mikrobiyal hücreleri olumsuz çevresel koşullara karşı korumak için bir kalkan görevi görmektedir [55, 56].

LAB' lar tarafından üretilen EPS'ler, fermente gıda ürünlerinin reolojisini ve dokusunu geliştirmek için doğal biyo-kalınlaştırıcılar olarak da işlev görmektedir [57]. Son yıllarda mikrobiyal kaynaklı EPS'lerin de dondurma üretiminde stabilize edici madde olarak kullanılabilmesine dair araştırmalara rastlanmaktadır. Nitekim Altun ve Tunçtürk [58], peyniraltı suyu varlığında üretimini gerçekleştirdikleri EPS'lerin tek başlarına dondurma üretiminde kullanılmalarıyla kabul edilen viskozite artışının sağlandığı, EPS ile birlikte ksantan sakızı ve CMC kombinasyonlarının kullanıldığı mikselde viskozite değerlerinin daha da yükseldiğini saptamışlardır [58]. Goh ve ark. [59] yaptıkları çalışmada EPS üreten *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* suşlarını kullanarak ürettikleri dondurmaların, ticari stabilizatörler kullanılarak üretilen dondurmalar ile karşılaştırılabilir olduğunu tespit etmişlerdir. Zang ve ark. [60] ekzopolisakkarit üreten *Lactobacillus plantarum* YW11 suşu ile ürettikleri dondurmaların fizikokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Dondurma karışımında EPS'nin varlığının viskoziteyi artırdığı, dondurmanın mikro yapısını iyileştirdiği sonucuna varılmıştır.

Belirtilen stabilizer kaynaklarının yanında böcekler de, son derece sürdürülebilir, uygun fiyatlı ve besleyici gıda kaynağı ve diğer hayvansal proteinlere uygulanabilir alternatifler olarak çok dikkat çekmektedir. İpek böceği pupalarının çeşitli vitamin ve minerallerin yanı sıra %48'den fazla yüksek kaliteli protein, %30-35 yağ (%30'dan fazlası çoklu doymamış yağ asitleri) içerdiği belirlenmiştir [61].

David-Birman ve ark. [61] kurutulmuş ve toz haline getirilmiş ipek böceği kozası kullanılan dondurmalarının reolojik, tekstürel ve duyu

özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında; deneme örneklerinde viskozitede artış, köpük ayrılmasında azalma, raf ömründe iyileşme olduğu belirlenmiş ve, dondurmanın tekno fonksiyonel özelliklerini iyileştirdiği sonucuna varmışlardır. İpek böceği kozalarının böcek görünümü nedeniyle düşük tüketici kabulüne neden olduğunu bu nedenle un benzeri ürünlere ögütüldüğünde böcek görünümünün ortadan kaldırılması ile bir gıda bileşeni olarak kabul edilebileceğini ve ticari ürünlere kullanılabileceğini rapor etmişlerdir.

SONUÇ

Stabilizer maddeler, dondurma formülasyonlarında iri buz kristallerinin oluşumlarını kontrol altına almada ve diğer bileşenler ile interaksyonu sayesinde yapı, tekstür ve lezzet üzerinde önemli etkiye sahiptirler. Stabilizer pazarının giderek daha rekabetçi hale gelmesi ve tüketicilerin daha talepkar olması, dondurma üretiminde daha verimli alternatif stabilizer kaynaklarının araştırılarak ortaya konmasını önemli kılmaktadır. Doğada çeşitli kaynaklardan elde edilen stabilizer maddelere gün geçtikçe yenisi eklenmekte, gerek bitkisel ve gerekse mikrobiyal kaynaklı hidrokolloidler gibi birçok jelleştiricinin dondurma üretiminde kullanım potansiyelleri araştırılmakta ve optimizasyon çalışmaları yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar doğrultusunda farklı yörelerde yetişen bitkilerin dondurmalarda stabilizer madde olarak kullanım olanaklarının belirlenmesi ile daha ulaşılabilir nitelikte ve ülke ekonomisine katkı sağlayabilecek stabilizerlerin tespit edilmesi ve endüstriye kazandırılmasının gerekli olduğu görülmektedir. Bununla birlikte stabilizer olarak kullanılacak alternatif doğal kaynakların üründe reolojik özellikler, jelleşme, emülsiyon ve köpük stabilizasyonu, buz kristallerinin kontrolünde iyileşmelerin yanı sıra yağ ikamesi olarak dondurma üretimlerinde yer alabileceği, sahip oldukları sağlığa yararlı bileşenler ile de fonksiyonel ürün eldesinde kullanılabilecekleri görülmektedir.

Dolayısıyla farklı kaynaklardan elde edilen ve potansiyel stabilizer madde olarak değerlendirilebilecek bileşenlerin dondurma üretiminde sinerjik etkilerinin, fiyat-performans çıktılarının ve kalitelerinin bu alanda yapılacak daha fazla Ar-Ge çalışması ile belirlenerek dondurma endüstrisine olumlu katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Akalın, A.S., Gönç, S. (1995). Dondurma teknolojisinde kullanılan katkı maddelerinin özellikleri, işlevleri ve yasal durumları (II), asitler, tuzlar, tatlılaştırıcı maddeler, emülsifiye ve stabilize ediciler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(32), 201-207.
- [2] Marshall, R.T., Goff, H.D., Hartel, R.W. (2003). *Ice Cream*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- [3] Muse, M.R., Hartel, R.W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, 87, 1-10.

- [4] Cottrell, J.I.L., Pass, G., Phillips, G.O. (1980). The effect of stabilizers on the viscosity of an ice cream mix. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31, 1066-1070.
- [5] Muhr, A.H., Blanshard, L.M.V. (1983). The effect of polysaccharide stabilizers on ice crystal formation. In gums and stabilizers for the food industry. In G.O. Phillips, D.J. Wedlock, and P.A. Williams (Eds.). 2.Applications of hydrocolloids. Pergamon press, Newyork, pp. 231-331.
- [6] Muhr, A.H., Blanshard, L.M.V. (1986). Effect of polysaccharide stabilizers on the rate of growth of ice. *International Journal of Food Science & Technology*, 21, 683-710.
- [7] BahramParvar, M., Tehrani, M.M. (2011). Application and functions of stabilizers in ice cream. *Food Reviews International*, 27(4), 389–407.
- [8] Deosarkar, S.S., Khedkar, C.D., Kalyankar, S.D., Sarode, A.R. (2016). Ice Cream: Uses and Method of Manufacture. In B. Caballero (Ed.). *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier: Oxford/UK, pp. 391-397.
- [9] Kaya, E., Erdem, K.T., Tekin, F.B. (2017). Maraş Dondurması üretimi ve üretilen dondurmanın fizikokimyasal niteliklerinin belirlenmesi. *Caucasian Journal of Science*, 4(1), 45-56.
- [10] Goff, H.D., Sahagian, M.E. (1996). Freezing of dairy products. In L. E. Jeremiah. (Ed.). *Freezing Effects on Food Quality*. Marcel Dekker Inc. New York, pp. 299-335.
- [11] Kilara, A., Chandan, R.C. (2008). Ice Cream And Frozen Desserts. In R.C. Chandan. (Ed.). *Dairy Processing & Quality Assurance*, pp. 364-365.
- [12] Yetişemiyen, A. (2018). Süt Teknolojisi. 4. Baskı. Ankara Üniversitesi Yayınları. No:249.
- [13] Clarke, C. (2012). *The Science of Ice Cream*. Royal Society of Chemistry Publishing.
- [14] Syed, Q.A., Shah, M.S.U. (2016). Impact of stabilizers on ice cream quality characteristics. *MOJ Food Processing & Technology*, 3(1), 246-252.
- [15] Tekinşen, O.C., Tekinşen, K.K. (2008). Dondurma: Temel Bilgiler, Teknoloji, Kalite Kontrolü. Selçuk Üniversitesi Basımevi. Konya.
- [16] Turgay, Ö., Çınar, İ. (2017). Salep: the common name of the plant, powder, hot beverage, food ingredient. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 68-71.
- [17] Ayar, A., Sert, D., Akbulut, M. (2009). Effect of salep as a hydrocolloid on storage stability of “İncir Uyutması” dessert. *Food Hydrocolloids*, 23, 62-71.
- [18] Or, F. (2009). Kahramanmaraş'ta Üretilen Maraş Usulü Dondurmaların Mikrobiyolojik Kalitelerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [19] Dayısoylu, K.S., Yörükoğlu, T., Ançel, T. (2016). Kahramanmaraş'ın coğrafi işaretli ürünleri ve ilin potansiyel durumu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(1), 80-88.
- [20] Çalışkan, Ö., Kurt, D. (2019). Tarihi kayıtlar ile geçmişten günümüze salep orkideleri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(3), 349-355.
- [21] Calderón Bravo, H., Vera Céspedes, N., Zura-Bravo, L., Muñoz, L. A. (2021). Basil seeds as a novel food, source of nutrients and functional ingredients with beneficial properties: A Review. *Foods*, 10(7), 1467.
- [22] Naji-Tabasi, S., Razavi, S.M.A. (2017). Functional properties and applications of basil seed gum: An overview. *Food Hydrocolloids*, 73, 313-325.
- [23] Biglarian, N., Rafe, A., Shahidi, S.A. (2021). Effect of basil seed gum and κ-carrageenan on the rheological, textural, and structural properties of whipped cream. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(14), 5851-5860.
- [24] Osano, J.P., Hosseini-Parvar, S.H., Matia-Merino, L., Golding, M. (2014). Emulsifying properties of a novel polysaccharide extracted from basil seed (*Ocimum basilicum* L.): Effect of polysaccharide and protein content. *Food Hydrocolloids*, 37, 40-48.
- [25] Naji-Tabasi, S., Razavi, S.M.A. (2016). New studies on basil (*Ocimum basilicum* L.) seed gum: Part II-Emulsifying and foaming characterization. *Carbohydrate Polymer*, 149, 140-150.
- [26] James, J. (2020). Characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) seed flour and its functionality in ice cream. PhD Thesis in Food Technology. Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- [27] Bahram Parvar, M., Goff, H.D. (2013). Basil seed gum as a novel stabilizer for structure formation and reduction of ice recrystallization in ice cream. *Dairy Science and Technology*, 93, 273-285.
- [28] BahramParvar, M., Tehrani, M.M., Razavi, S.M.A., Koocheki, A. (2015). Application of simplex-centroid mixture design to optimize stabilizer combinations for ice cream manufacture. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1480-1488.
- [29] Javidi, F., Razavi, S.M.A., Behrouzian, F., Alghooneh, A. (2016). The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream. *Food Hydrocolloids*, 52, 625-633.
- [30] Rezaghali, F., Hashemi, S.M.B., Gholamhosseinpour, A., Sherahi, M.H., Hesarinejad, M.A., Ale, M.T. (2019). Characterizations and rheological study of the purified polysaccharide extracted from quince seeds. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 99(1), 143-151.
- [31] Kurt, A., Atalar, I. (2018). Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. *Food Hydrocolloids*, 82, 186-195.
- [32] Demir, Ş. (2019). Ayva Çekirdeği Ekstraktının Dondurma Üretiminde Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- [33] Jing, P.U., Ye, T., Shi, H., Sheng, Y., Slavin, M., Gao, B., Yu, L.L. (2012). Antioxidant properties and phytochemical composition of China-grown

- pomegranate seeds. *Food Chemistry*, 132(3), 1457-1464.
- [34] Ali, M.N., Prasad, S.G., Singh, M. (2016). Functional, antioxidant and sensory qualities of ice-cream from pomegranate seed powder. *Asian Journal of Chemistry*, 28(9), 2013.
- [35] Chavan, V.R., Gadhe, K.S., Dipak, S., Hingade, S. (2017). Studies on extraction and utilization of chia seed gel in ice cream as a stabilizer. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(5), 1367-1370.
- [36] Kulczyński, B., Kobus-Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D., Gramza-Michałowska, A. (2019). The chemical composition and nutritional value of chia seeds-Current state of knowledge. *Nutrients*, 11(6), 1242.
- [37] Zettel, V., Hitzmann, B. (2018). Applications of chia (*Salvia hispanica* L.) in food products. *Trends in Food Science and Technology*, 80, 43-50.
- [38] Campos, B.E., Ruivo, T.D., da Silva Scapim, M.R., Madrona, G.S., Bergamasco, R.D.C. (2016). Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 874-883.
- [39] Aremu, K.O., Okonkwo, T.M., Eze, C.M., Agwu, C.H., Agbaka, J.I., Ibrahim, A.N. (2020). Physicochemical, sensory and microbial qualities of ice cream stabilized with hydrocolloids from Achi (*Brachystegia eurycoma*) and Ofor (*Detarium microcarpum*). *Asian Food Science Journal*, 14-27.
- [40] Shinde, V.L., Pawar, C.D., Warang, O.S., Dandekar, V.S., Kulkarni, M.M., Joshiya, J., Joshi, M.S. (2021). Studies on preparation of ice-cream from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed powder. *International Journal of Chemical Studies*, 9(1), 2710-2712.
- [41] Babu, A.S., Parimalavalli, R., Mohan, R.J. (2018). Effect of modified starch from sweet potato as a fat replacer on the quality of reduced fat ice creams. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4), 2426-2434.
- [42] Kale, R.V., Sontakke, M.D., Raut G.S., Chavan, V.R. (2020). Use of enzyme modified sweet potato starch in formulation of ice cream. *International Journal of Chemical Studies*, 8(4), 3002-3008.
- [43] Walter, A.E., Sam, C. (2002). Fruits of Oceania. ACIAR Monograph 85; Paris, Canberra/IRD
- [44] Sameen A., Manzoor, M.F., Huma, N., Sahar, A., Sattar, U. (2017). Quality evaluation of ice cream prepared with Sagudana (*Meteroxylyon Sagu*) and Sweet Potato (*Ipomoea Batatas*) starch as stabilizing agent. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 27(1), 1-6.
- [45] Lozano, E.J., Padilla, K.P., Salcedo, J.G., Arrieta, A.A., Andrade, R.D. (2020). Effects of yam (*Dioscorea rotundata*) mucilage on the physical, rheological and stability characteristics of ice cream. *Journal of Xi'an University of Architecture & Technology*, 7(5), 3436.
- [46] Susilavati, D.S. (2018). Optimization of the use of suweg (*Amorphophallus campanalatus* B) flour as stabilizer on organoleptic properties, overrun and melting time of goat milk ice cream. *The 2nd International Conference on Green Agro-Industry and Bioeconomy*, September 18-20, Universitas Brawijaya, Malang.
- [47] Sebayang, F., Sembiring, H. (2017). Synthesis of CMC from palm midrib cellulose as stabilizer and thickening agent in food. *Oriental Journal of Chemistry*, 33(1), 519-530.
- [48] Yu, B., Zeng, X., Wang, L., Regenstien, J.M. (2021). Preparation of nanofibrillated cellulose from grapefruit peel and its application as fat substitute in ice cream. *Carbohydrate Polymers*, 254, 117415.
- [49] Utpott, M., Ramos de Araujo, R., Galarza Vargas, C., Nunes Paiva, A.R., Tischer, B., de Oliveira Rios, A., Hickmann Flôres, S. (2020). Characterization and application of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel powder as a fat replacer in ice cream. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(5), 14420.
- [50] Guo, Y., Zhang, X., Hao, W., Xie, Y., Chen, L., Li, Z., Zhu, B., Feng, X. (2018). Nano-bacterial cellulose/soy protein isolate complex gel as fat substitutes in ice cream model. *Carbohydrate Polymers*, 198, 620-630.
- [51] Ullah, H., Santos, H.A., Khan, T. (2016). Applications of bacterial cellulose in food, cosmetics and drug delivery. *Cellulose*, 23(4), 2291-2314.
- [52] Azeredo, H., Barud, H., Farinas, C.S., Vasconcellos, V.M., Claro, A.M. (2019). Bacterial cellulose as a raw material for food and food packaging applications. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3,7.
- [53] Fontana, J.D., Koop, H.S., Tiboni, M., Grzybowski, A., Pereira, A., Kruger, C.D., Wielewski, L.P. (2017). New Insights on Bacterial Cellulose. Food Biosynthesis. In Handbook of Food Bioengineering, edited by, A.M. Grumezescu, A.M. Holban. *Food Biosynthesis*, Academic Press, pp. 213-249.
- [54] Xavier, J.R., Ramana, K.V. (2021). Development of slow melting dietary fiber-enriched ice cream formulation using bacterial cellulose and inulin. *Journal of Food Processing and Preservation*, e-15394.
- [55] Di Criscio, T., Fratianni, A., Mignogna, R., Cinquanta, L., Coppola, R., Sorrentino, E., Panfili, G. (2010). Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. *Journal of Dairy Science*, 93, 4555-4564.
- [56] Hong, S.H., Marshall, R.T. (2001). Natural exopolysaccharides enhance survival of lactic acid bacteria in frozen dairy desserts. *Journal of Dairy Science*, 84, 1367-1374.
- [57] Zannini, E., Waters, D.M., Coffey, A., Arendt, E.K. (2016). Production, properties, and industrial food application of lactic acid bacteriaderived exopolysaccharides. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100, 1121-1135.
- [58] Altun, İ., Tunçtürk, Y. (2012). Peynir altı suyunda üretilen ekzopolisakaritlerin stabilizatör olarak kullanımının dondurmanın bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(1), 166-179.

- [59] Goh, K.K., Nair, R.S., Matia-Merino, L. (2008). Exploiting the functionality of lactic acid bacteria in ice cream. *Food Biophysics*, 3(3), 295-304.
- [60] Zhang, J., Zhao, W., Guo, X., Guo, T., Zheng, Y., Wang, Y., Yang, Z. (2017). Survival and effect of exopolysaccharide-producing *Lactobacillus plantarum* YW11 on the physicochemical properties of ice cream. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(3), 191-200.
- [61] David-Birman, T., Romano, A., Aga, A., Pascoviche, D., Davidovich-Pinhas, M., Lesmes, U. (2022). Impact of silkworm pupae (*Bombyx mori*) powder on cream foaming, ice cream properties and palatability. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75, 102874.
-

Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları

Akademik Gıda dergisi gıda bilimi ve teknolojisi alanında hazırlanmış özgün araştırma ve derleme makalelerin yayınlandığı **hakemli** bir dergidir. Araştırma notu, mini derleme, görüş ve editöre mektup gibi yazılar da yayın için değerlendirilir. Dergi 3 ayda bir basılmakta olup 4 sayıda bir cilt tamamlanır. Dergide Türkçe ve İngilizce makaleler yayınlanır.

Akademik Gıda dergisinde yayınlanması istenen çalışmalar derginin www.academicfoodjournal.com web sayfasında bulunan elektronik makale gönderim sistemi üzerinden gönderilmelidir. E-posta ile gönderilen makaleler değerlendirilmeyecektir. Elektronik makale gönderim sistemi ile ilgili sorularınız için ogursoy@yahoo.com e-posta adresinden editörlere irtibata geçebilirsiniz.

- Gönderilecek çalışmanın dergide hangi tür makale olarak (Araştırma Makalesi, Derleme Makale, Araştırma Notu, Mini Derleme, Görüş ve Editöre Mektup) yayınlanması istendiği yazar(lar) tarafından mutlaka belirtilmelidir.
- Yazar(lar) tarafından çalışmayı değerlendirebileceği düşünülen ve yazar(lar)la çıkar çatışması/çakışması olmayan en az 3 potansiyel hakem iletişim bilgileri de (yazışma adresi, e-posta ve telefon numarası) verilerek önerilmelidir. Önerilecek hakemler yazarın kendi kurumu dışından olmalıdır.
- Gönderilecek çalışmalar yazım ve imla hataları içermemelidir. İngilizceden Türkçeye tercüme edilen teknik terimler "Gıda Mühendisliği Teknik Terimler Rehberi"nde [Gıda Mühendisleri Odası, Kitaplar Serisi No: 17, Filiz Matbaacılık, Ankara, 232s, ISBN: 978-9944-89-407-4] tavsiye edilen şekliyle kullanılmalıdır.
- Gönderilen çalışmaların daha önce hiç bir yerde yayınlanmadığı yazar(lar) tarafından garanti edilmelidir.
- Yayın Kurulu yayına kabul edilmiş çalışmalarda gerekli değişiklikleri yapmaya yetkilidir.

Makalelerin Değerlendirilmesi

Yayımlanmak üzere Akademik Gıda dergisine gönderilen çalışmalar öncelikle Editörlerin ön incelemesinden geçmektedir. İlk incelemeyi geçen çalışmalar, değerlendirilmek üzere en az iki bağımsız hakeme gönderilmektedir. Çalışmaların değerlendirilmesinde hakemlerin makale yazar(lar)ını, makale yazar(lar)ının hakemleri görmediği çift-kör (double-blind) değerlendirme sistemi kullanılmaktadır. Editörler (i) dergi kapsamı dışında olan, (ii) teknik açıdan yetersiz, (iii) kendi içerisinde bütünlük ve

tutarlılık arz etmeyen sonuçlar içeren veya (iv) kötü yazılmış çalışmaları doğrudan reddetme hakkına sahiptir.

Yazım Ücreti

Akademik Gıda dergisinde makale yayınlanması için herhangi bir ücret talep edilmemektedir.

Etik Beyanı

Dergi yayın politikası, makalelerin değerlendirilmesi ve etik hususlar ile ilgili detaylı bilgilere Etik Beyanı kısmından ulaşılabilir.

Çalışmaların Hazırlanması

1. Çalışmalar A4 boyutunda hazırlanmalı, üstten 2.45 cm, alttan 2.45 cm, sağ ve soldan 1.75 cm boşluk bırakılmalı ve tek kolon olarak hazırlanmalıdır. Metin çift satır aralıklı yazılmalı, paragraflar arasında tek satır boşluk bırakılmalıdır. Metinde bütün satırlar (sürekli) numaralandırılmalıdır.

2. Çalışma başlığı 14 punto Arial, koyu, küçük harflerle ve ortalanmış olarak yazılmalıdır. Başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılmalı (11 punto); yazar isimleri (yalnızca ilk harfler büyük) 10 punto Arial ve ortalanmış olarak verilmelidir. Yazarların adresleri, telefon ve faks bilgileri ile yazışmalardan sorumlu yazarın e-posta adresi hemen alt satırda 9 punto Arial, ilk harfler büyük olacak şekilde ve ortalanmış olarak yazılmalıdır. Yazarların çalıştıkları kuruluşlar (ve/veya adresler) farklı ise her bir yazar isminin sonuna rakamlarla üst indis konulmalıdır.

3. Metin içindeki kısımların başlıkları (ÖZ, ABSTRACT, GİRİŞ vb.) 10 punto Arial ve koyu olarak büyük harflerle yazılmalı, başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılarak metine geçilmelidir. Alt başlıklarda ilk harfler büyük, 10 punto Arial ve koyu yazı karakteri kullanılmalıdır. ÖZ'ün altına bir satır boşluk bırakıldıktan sonra en fazla 5 adet Anahtar Kelime konmalıdır. Anahtar Kelimelerden sonra bir satır boşluk bırakılarak İngilizce başlık ve altına ABSTRACT ve Keywords yazılmalıdır. Bir satır boşluk bırakılarak ana metine geçilmelidir.

4. Ana metin 9.5 punto Arial olarak hazırlanmalıdır.

5. Çalışma başlıca şu kısımlardan oluşmalıdır: Başlık, Yazar İsimleri, Adresleri, İletişim Bilgileri, Yazışmalardan Sorumlu Yazarın E-posta adresi, Öz,

Abstract, Ana Metin (Giriş, Materyal ve Metot, Bulgular ve Tartışma, Sonuç), Teşekkür (gerekliyse), Kısaltmalar (gerekliyse), Kaynaklar.

6. Öz ve Abstract 250 kelimeyi geçmemeli, çalışmanın amacını, metodunu ve önemli sonuçlarını içermelidir. Öz tek paragraf olarak yazılmalı ve öz içinde kaynaklara atıf yapılmamalıdır.

7. Çalışma içerisinde geçen mikroorganizma isimleri ile Latince ifade ve isimler italik olarak yazılmalı ve kısaltmalarda uluslararası yazım kuralları göz önünde bulundurulmalıdır.

8. Tablo başlıkları tablonun üstüne, şekil başlıkları ise şeklin altına yazılmalı ve numaralandırılmalıdır. Kullanılan tablo ve şekillere metin içinde mutlaka atıf yapılmalıdır. Metin içinde geçen veriler tablo ve şekillerin tekrarı olmamalıdır. Tablo ve şekillerin başlıkları içerikleriyle uyumlu ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller ve resimlerin yüksek çözünürlükte olmasına dikkat edilmelidir. Resimler (ve gerekiyorsa Şekiller) *.jpg formatında metin içerisinde yer almalıdır.

9. Metin içerisinde atıflar köşeli parantez içerisinde rakamlarla yapılmalı [1] ve Kaynaklar bölümünde bu numara sırasıyla detayları yazılmalıdır. Kaynakların numaralandırılması MS Word Numaralandırma Kitaplığı kullanılarak yapılmalıdır.

10. Kullanılan matematiksel denklemler numaralandırılmalı ve metin içerisinde bu denklemlere atıf yapılmalıdır.

11. Kaynaklar kısmı APA yazım stili kullanılarak hazırlanmalıdır. Kaynakların yazımında aşağıdaki örnek yazım biçimleri kullanılmalı ve makalelerin yayınlandığı dergi isimleri kısaltma kullanılmadan ve italik olarak yazılmalıdır. Web adreslerine atıf yapılacağına (mümkün olduğunca Resmi web sayfalarına atıf yapılmalıdır) mutlaka ilgili web adresine erişim tarihi verilmelidir.

Makale

- [1] Bozkurt, H., İçier, F. (2009). İnegöl köfte üretiminde ohmik pişirmenin uygulanabilirliğinin incelenmesi. *Akademik Gıda*, 9(1), 6-12.

Kitap

- [2] Kılıç, S. (2001). Süt Endüstrisinde Laktik Asit Bakterileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, İzmir.

Kitap Bölümü

- [3] Gibson, G.R., Saavedra, J.M., MacFarlane, S., MacFarlane, G.T. (1997). Probiotics and Intestinal Infections. In Probiotics 2: Applications and Practical Aspects, Edited by R. Fuller, Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, England, 212p.

Kongre-Sempozyum Bildirisi

- [4] Gürsoy, O., Akdemir, O., 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. Manuscripts sent by e-mail are not considered for evaluation. For questions related to the electronic article submission system, contact the editor via e-mail at ogursoy@yahoo.com.

- Authors must specify the type of the manuscript (research articles, review articles, research briefs, mini-review articles, comments and letters to the editor).
- Authors should provide at least 3 potential referees and their contact information (mailing address, e-mail address and phone number).
- Manuscripts to be submitted should be free from any spelling or grammatical error.
- Authors must guarantee that the submitted manuscript is not published anywhere previously and will not be submitted to anywhere before the editorial board makes a final decision on the manuscript.
- The editorial board is authorized to make necessary changes in manuscripts accepted for publication.

Peer review policy

Manuscripts pass through initial screening in the editorial office followed by internal review by Editors. After the first evaluation, manuscripts are double-blind-reviewed by a peer review system involving at least two independent reviewers to ensure high quality of manuscripts accepted for publication. The Editors have the right to decline formal review of a manuscript if it is (i) on a topic outside the scope of the Journal, (ii) lacking technical merit, (iii) fragmentary and providing marginally incremental results or (iv) poorly written.

Publication fee

Akademik Gıda® (Academic Food Journal) welcomes article submissions and does not charge a publication fee.

Ethics Statement

Detailed information about journal publication policy, evaluation of manuscripts and ethical issues can be found in the Ethics Statement section.

Preparation of a manuscript

1. Manuscripts should be prepared in A4 size, and the text must be prepared in a single column format. The text must be double-spaced, and a single space should be left between paragraphs. All lines and pages must be continuously numbered.

2. The title must be 14pt Arial, bold, small letters and centered. A blank line should be left after the title, and the names of authors should be given in 10pt Arial and centered. In addition to each author's contact address, the phone and fax numbers and e-mail address of the corresponding author should be provided. If the institutions of the authors are different, superscript numbers should be used to indicate their addresses.

3. The headings (e.g. Abstract, Introduction, Materials and Methods etc.) must be 10pt Arial, and should be typed in bold capital letters. Each heading should appear on its own separate line. A blank line should be left after each heading. A list of keywords, a maximum of 5, should be provided below the abstract section of the manuscript.

4. The main text should be prepared in 9.5pt Arial.

5. Typical articles mainly consist of the following divisions: Title, Author Names, Addresses, Contact Information, Corresponding author's e-mail address, Abstract, Main text (Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions), Acknowledgements (if necessary), Abbreviations (if necessary) and References.

6. The abstract should not exceed 250 words, and the main purpose and method and the most significant result and conclusion should be presented in the abstract. The abstract should be prepared as a single paragraph, and should not include any citation.

7. Latin names in the text should be in italics, and names and abbreviations should follow international rules. If abbreviations that are not standard are unavoidable, they must be defined at their first mention in the text. Consistency of abbreviations throughout the article must be ensured. Internationally accepted rules and conventions must be followed, and the international

system of units (SI) must be used. If other units are mentioned, their equivalents in SI must be provided.

8. Table headings should be on the top of each table and figure captions below each figure. Each table or figure must be numbered consecutively in accordance with their appearance in the text. All figures and tables should be cited in the text. The data presented in the tables and figures should not be repeated in the text. Table headings and figure captions should be self-explanatory. Figures and pictures must be provided in high resolution, and pictures (and, if necessary figures) should be included in the text as *.jpg format.

9. References in the text should be cited in numbers in square brackets [1] and details of the citations must be provided in the Literature or References section with their respective numbers.

10. Mathematical equations should be numbered and cited in the text.

11. References should be given according to the APA manual of style. The following formats should be used for the details of cited references, and the journal names must be typed in italics. References to the Web addresses (if necessary, the official web pages should be preferred) must include full web address and the date of access.

Article

[1] Güzeler, N., Kaçar, A., Say, D. (2011). Effect of milk powder, maltodextrin and polydextrose use on

physical and sensory properties of low calorie ice cream during storage. *Akademik Gıda*, 9(2), 6-12.

Book

[2] Kilic, S. (2001). Lactic Acid Bacteria in Dairy Industry. Ege University Faculty of Agriculture Publications, Ege University Press, Bornova, Izmir, Turkey.

Book Chapter

[3] Gibson, G.R., Saavedra, J.M., MacFarlane, S., MacFarlane, G.T. (1997). Probiotics and Intestinal Infections. In Probiotics 2: Applications and Practical Aspects, Edited by R. Fuller, Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London, England, 212p.

Proceedings of the Congress-Symposium

[4] Gursoy, O., Akdemir, O., Hepbasli, A., Kinik, O. (2004). Recent situation of energy consumption in dairy industry in Turkey. *International Dairy Symposium: Recent Developments in Dairy Science and Technology*, May 24-28, 2004, Isparta, Turkey, Book of Proceedings, 10-16p.

12. A list of the corrections requested by the referees must be provided by the authors, and it must be sent to the editorial office.

13. Studies that are not prepared in accordance with the rules above will not be considered for evaluation.

Etik Beyanı

Akademik GIDA®, gıda bilimi ve teknolojisi alanında orijinal araştırma ve derleme makalelerinin yayınlandığı hakemli bir dergidir. Dergi üç ayda bir Sidas Medya Ltd. Şti. (Çankaya, İzmir, Türkiye) tarafından yayınlanmaktadır. Derginin genel bilimsel kalitesini iyileştirmek için yayıncı tarafından aşağıdaki yönergeler belirlenmiştir.

Yayın Politikası

Akademik Gıda dergisine gönderilen tüm makaleler Dergi Editörleri için Davranış Kuralları ve En İyi Uygulama Kılavuzları ve Dergi Yayıncıları için Davranış Kurallarında ([Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#)) belirtilen Genel Kılavuzlara uygun olarak değerlendirilmektedir. Bilimsel yazılar dergiye gönderilmeden önce derginin Yazım Kurallarının okunmasını önemle tavsiye ederiz. Yazarlar aynı zamanda Avrupa Bilim Editörleri Birliği'nin (EASE) ([European Association of Science Editors](#)) İngilizce olarak basılacak makaleler için "Bilimsel Makalelerin Yazarları ve Çevirmenleri İçin Rehber"e uymalıdır. Yazarlar, insan veya hayvan verilerini içeren araştırmaları için Uluslararası Tıp Dergisi Editörleri Komitesinin ([International Committee of Medical Journal Editors](#)) önerilerini takip etmelidir.

Makalelerin Değerlendirilmesi

Dergiye gönderilen tüm makaleler, bilimsel içeriklerinin özgünlüğü ve kalitesi ölçütlerine göre değerlendirilir.

- Dergiye gönderilen tüm yazılar, ilk olarak yayın ofisindeki (teknik ve genel kalite değerlendirilmesi açısından) eleme işleminden geçer ve ardından teknik ve bilimsel editörler tarafından değerlendirilir.
- İlk değerlendirmeden sonra, editörler (i) dergi kapsamı dışında kalan bir konu hakkında hazırlanmış makaleleri (ii) teknik olarak eksik/yetersiz makaleleri, (iii) kısmi ve marjinal artan sonuçları içeren makaleleri veya (iv) kötü yazılmış makaleleri reddetme hakkına sahiptir.
- İlk inceleme sonucunda makalenin ileri değerlendirme için uygun olduğuna karar verilirse, dergide yayımlanmak üzere kaliteli makalelerin seçimini yapmak amacıyla, makaleler çift-körlü (hakemin ve yazar/yazarların birbirlerini görmedikleri) değerlendirme sistemi ile en az iki bağımsız hakemden oluşan bir değerlendirme sürecinde bilimsel incelemeye alınır.
- Hakemler tarafından talep edilirse, makalenin hakem görüşleri doğrultusunda yazarlar tarafından revize edilmiş versiyonu orijinal hakemler tarafından tekrar değerlendirilir. Değerlendirmelerin ardından

editörler hakem önerileri doğrultusunda makale hakkındaki nihai kararlarını verirler. Gerekirse editörler, hakemlerin istedikleri tüm şartların yerine getirilmesi için yazarlardan ilave revizyon isteyebilir.

- Kabul edilen makalelerin son versiyonu, yayın öncesi taslağın (galley proof) hazırlanması için teknik editörlere gönderilir. Yazarlardan, makalelerinin dizgisi hazırlanmış taslaklarını son kontrol için yayın öncesinde incelemeleri istenir.
- Tüm makaleler, nihai formlarında DOI numarası almış ve çevrimiçi olarak pdf dosyaları halinde yayımlanır. İlgili veritabanlarında bu şekilde indekslenir.

Yayın Ücreti

Akademik Gıda dergisinde makalelerin yayınlanması için herhangi bir yayın ücreti talep edilmemektedir.

Gizlilik

Editörler, Akademik Gıda'ya gönderilen tüm makaleleri tam bir gizlilikle ele alır. Editörler, hakemler haricinde, COPE tavsiyelerine uyulmadığı takdirde, üçüncü şahıslara makale ile ilgili hiçbir bilgi vermezler. Yayımlanmak üzere dergiye gönderilen makaleler hakemler için de gizlidir ve bilimsel değerlendirme için aldıkları makalelerin herhangi bir bölümünü üçüncü şahıslarla paylaşmalarına veya dağıtmalarına izin verilmez. Suiistimal şüphesi olduğunda, hakemlerin derhal gizli bir şekilde yayın ofisine başvurmaları önerilir. Hakemler ayrıca, Dergi Editörleri için Davranış Kuralları ve En İyi Uygulama Kuralları ile Dergi Yayıncıları için Davranış Kuralları'nı ([Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#)) takip ederek editöre gizli yorumlarında belirli bir eylem önerebilirler.

Akademik Gıda, çift-kör bir hakem inceleme süreci yürütür, yani çalışmanın eleştirel değerlendirmesini sağlamak için hakemlerin isimleri gizlidir. Hakemlerden, raporlarında adlarını veya irtibat bilgilerini açıklamamaları istenir. Hakem raporları yazarlara gönderilemeden önce bu açıdan kontrol edilir.

Yazarlık

Bir yazar, bir araştırmanın fikrine veya tasarımına, verilerin elde edilmesine, verilerin analizine veya yorumlanmasına büyük ölçüde katkıda bulunan, makalenin hazırlanmasında, yazılmasında veya gözden geçirilmesinde entelektüel içeriğe eleştirel katkı yapan bireydir. Katkıda bulunanlar diğer kişiler makalenin Teşekkür bölümünde belirtilmelidir ve çalışmanın yazarı olarak kabul edilemez. Tüm yazarların doğru ve tam isimleri ile ORCID kimlikleri dergiye gönderilen

makalenin başlık sayfasında yer almalıdır. Yazarların isimlerinin yanında çalıştıkları kurumlar ve yazışmalardan sorumlu yazarın geçerli bir adresi verilmelidir. Yazışmalardan sorumlu yazarın telefon ve faks numaraları ile e-posta adresi makalenin ilk sayfasında belirtilmelidir. Tüm yazarlar, gönderilen makalenin daha önce herhangi bir yerde yayınlanmadığını ve makale hakkında Akademik Gıda dergisi nihai bir karar vermeden önce makaleyi başka bir dergiye göndermeyeceklerini garanti etmelidir.

Destekleyen/Finans Sağlayan Kuruluşlar

Araştırmanın tüm finans kaynaklarına ilişkin detaylar, Teşekkür bölümünde belirtilmelidir. Yazarlar, resmi finansman kurum/larının tam isimlerini ve proje/hibe numaralarını belirtmelidir.

Yazarlarda Değişiklik

Makalenin Akademik Gıda'ya sunulmasından sonra yazar isimlerinde değişiklik ancak revizyon sırasında gerekli olan ek çalışmalar durumunda olabilir. Makalenin yayına kabul edilmesinden sonra herhangi bir değişikliğe izin verilmez. Yazarlıktaki değişiklik, hakem görüşlerine verilen cevaplar sırasında yazışmalarda belirtilmeli ve tüm yazarlar tarafından kabul edilmelidir. Yazışmalardan sorumlu yazar, yazarların sırası da dahil olmak üzere makalenin revize edilmiş versiyonundaki değişikliklerden sorumludur.

Çalışma Verilerinde Düzeltme

Yayınlanan verilerin doğruluğundan tüm yazarlar sorumlu olmalıdır. Verilerin düzeltilmesi için, yazışmalardan sorumlu yazardan yayın öncesi taslağı (galley proof) incelemesi ve makalenin yayınlanmasından 4 gün önce dikkatlice düzeltilmesi istenir.

Makalenin Geri Çekilmesi

Bir makalenin geri çekilmesi, gönderim veya yayın hatalarını düzeltmek için kullanılır. Yazarlar makaleyi geri çekebilir ve bu durumda Yayın Etiği Komitesi (COPE) Geri Çekme Kurallarına [(COPE) retraction guidelines] uymalıdır. Tekrarlanan veya benzerlik oranı yüksek bir yayın, verilerin hileli kullanımı, intihal veya etik dışı araştırma yapılması durumunda, makale editör tarafından geri çekilecek ve geri çekilen makale linklerine bağlantı korunacak ancak elektronik veri tabanına (makale sayfasına) bir geri çekme bildirimi eklenecektir.

Etik Hususlar

Çıkar çatışması:

- Yazar/lar başvuru sırasında herhangi bir çıkar çatışması varsa beyan etmelidir. Yazar/ların başvuru sırasında bilimsel değerlendirme için en az üç potansiyel hakem önermeleri istenir. Önerilen hakemler çalışma arkadaşları, ortak çalıştıkları kişiler veya çalıştıkları kurumların üyeleri olamazlar.
- Hakemler makaleyi değerlendirmelerini önleyen herhangi bir çıkar çatışması olması durumunda

Editörleri bilgilendirmesi ve bu konuda COPE kurallarına uyması tavsiye edilmektedir.

- Editörler Kurulu üyeleri veya kurul üyelerinin ortak çalıştıkları kişiler tarafından dergiye gönderilen makaleler için, değerlendirme sırasındaki önyargıları en aza indirmek amacıyla, değerlendirme süreci ilgili kurul üyelerini dışarıda tutacak şekilde değiştirilerek uygulanır.
- Düzeltmeler (revizyonlar) sırasında, editörler Dergi Editörleri İçin Davranış Kuralları ile En İyi Uygulama Kılavuzu ve Dergi Yayıncıları İçin Davranış Kurallarını (Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers) takip ederler.

İnsan denekleri, hayvan veya bitki içeren araştırmalar

- Araştırmanın insan denekleri veya hayvanları içermesi durumunda, yazarların Uluslararası Tıp Dergisi Editörleri Komitesinin (the International Committee of Medical Journal Editors) yönergelerini izlemeleri önerilir.
- İnsan denekleri içeren çalışmalarda, deneklerin çalışmaya katılmak için imzaladıkları onamlar yazarlar tarafından sağlanmalıdır. 18 yaşın altındaki deneklerin çalışmaya katılmaları için ebeveyn veya velileri tarafından izin verilmelidir.
- Test edilen tüm denekler için, makalenin, ilgili kurallara ve/veya uygun izinlere veya lisanslara uyumunu gösteren belgelerin sunulması gerekir.
- Hayvanlar üzerinde yapılacak her türlü araştırma kurumsal, ulusal veya uluslararası kurallara uygun olmalı ve etik kurul tarafından onaylanmalıdır.
- Bitki materyallerinin toplanması dahil, bitkiler üzerinde yapılan deneysel araştırmalar, kurumsal, ulusal veya uluslararası kurallara uygun olmalıdır.
- Saha çalışmalarını yerel mevzuata uygun olarak yapılmalı ve uygun izinleri ve/veya lisansları belirten bir açıklama makalede yer almalıdır.

Yayın suistimali

- Akademik Gıda dergisi, Dergi Editörleri İçin Davranış Kuralları ile En İyi Uygulama Kılavuzları ve Dergi Yayıncıları İçin Davranış Kurallarını (Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers) takip eder.
- Makalenin aynı anda birden fazla dergiye gönderilmesi, intihal, yayınlanmış makalenin yeniden yayınlanması, etik kuralların ihlali vb. şüpheli bir suistimal durumunda, araştırmacılar, hakemler veya okuyucular Yayın Ofisi (ogursoy@yahoo.com) ile iletişime geçmeye teşvik edilir.
- Makaledeki benzerlik oranı tek bir kaynaktan %10'dan fazla olmamak üzere en fazla %25 ile sınırlandırılmıştır. Bu koşula uymayan makaleler reddedilir. Bu şartların ihlal edilmesi durumunda, COPE (COPE recommendations) tavsiyeleri izlenecek ve ilgili tüm taraflara bildirilecektir.

Telif Hakkı

Akademik Gıda, yayınlanan bütün makalelere orijinal eserin uygun şekilde belirtilmesi ve ticari amaçlarla kullanılmaması şartıyla, herhangi bir ortamda kullanılmasına, dağıtılmasına ve çoğaltılmasına izin veren "Creative Commons Attribution 4.0 CC BY-NC" lisansını ([Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)) tüm yayınlanmış makalelere uygular. Yayınlanmadan önce, Telif Hakkı Devir Formu yazışmalardan sorumlu yazar tarafından imzalanmalı ve derginin yayın ofisine gönderilmelidir. Yayınlanan yazıların telif hakkı Sidas Medya Limited Şirketi'ne (Çankaya, İzmir) aittir. Yazarlar, yayınladıkları makaleleri serbestçe ve ticari olmayan amaçlarla, bütünlüğü korunduğu ve yazarları, alıntı detaylarını ve yayıncıları açıkça belirtildiği sürece kullanma hakkına

sahiptir. Bireysel kullanıcılar, yazarların fikri ve ahlaki haklarının, saygınlığının ve bütünlüğünün tehlikeye atılmaması şartıyla, Akademik Gıda'da yayınlanan yazılara erişebilir, indirebilir, kopyalayabilir, görüntüleyebilir ve uyarlayabilir. Kullanıcılar herhangi bir yeniden kullanım, sahiplerin telif hakkı politikalarına uygun olmasını sağlamalıdır. Yayınlanan yazıların içeriği, ticari olmayan araştırma ve eğitim amaçlı kopyalanır, indirilir veya başka bir şekilde yeniden kullanılırsa, uygun şekilde bir atfı yapılmalı ve ilgili makaleye bir link [yazarlar, dergi unvanı, el yazması adı, cilt, yıl ve sayfa numaraları ve yayınlanan link] Derginin web sitesinde sürüm] sağlanmalıdır. Telif hakkı bildirimleri ve feragatnameler silinmemelidir.

Ethics and Publication Malpractice Statement

Akademik GIDA® is a peer-reviewed journal where original research and review articles are published quarterly by Sidas Media Agency Advertisement Consultation Ltd. (Cankaya, Izmir, Turkey) in the field of food science and technology. In order to improve the overall scientific quality of the journal, following guidelines have been established by the publisher.

Editorial Policy

General Guidelines stated in the [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#) are followed by all papers submitted to Academic GIDA. Prior to submission, authors are highly recommended to read the [Journal's Instructions to Authors](#). Authors should also follow the [European Association of Science Editors \(EASE\) Guidelines for Authors and Translators of Scientific Articles to be Published in English](#). For any research involving human or animal data, the recommendations of the [International Committee of Medical Journal Editors](#) should be followed by the authors of the manuscripts.

Peer Review

All contributions are evaluated according to the criteria of originality and quality of their scientific content.

- All manuscripts pass through an initial screening process (technical and overall quality evaluation) in the editorial office followed by an internal review by the technical and scientific editors.
- After the first evaluation, editors have the right to decline formal review of a manuscript if it is (i) on a topic outside the scope of the Journal, (ii) lacking technical merit, (iii) fragmentary and providing marginally incremental results or (iv) poorly written.
- If the manuscript is considered suitable for further evaluation, manuscripts are double-blind-reviewed by a peer review system involving at least two independent reviewers to ensure high quality of manuscripts accepted for publication.
- If requested, the revised version is evaluated by the reviewers, and editors make a decision about final acceptance based on their suggestions. If necessary, further revision can be asked for to fulfil all the requirements of the reviewers.
- The final version is then sent to the technical editor in order to produce a galley proof, and the authors receive this proof for final check before publishing.
- All manuscripts are posted online as pdf files in their final form, indexed in databases with the assigned DOI numbers.

Publication Fee

Akademik GIDA welcomes article submissions and does not charge any publication fee.

Confidentiality

Editors handle all papers submitted to Akademik GIDA in strict confidence. With the exception of reviewers, they do not disclose any information regarding submissions to third parties, unless in case of a suspected misconduct, where COPE recommendations are followed. Submissions are also confidential for reviewers and they are not allowed to share or distribute any part of the manuscripts which they receive for evaluation to third parties. For a case of suspected misconduct, reviewers are encouraged to contact the editorial office immediately in a confidential manner. Reviewers can also recommend a particular course of action in their confidential comments to the editor, following [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#).

Akademik GIDA conducts a double-blind peer review process, i.e. the names of the reviewers are confidential to ensure the critical evaluation of the work. Reviewers are asked not to disclose their names or contact details in their comments for authors.

Authorship

An author is an individual who substantially contributed to the idea or design of a research, acquisition of data, analysis or interpretation of data, was involved in drafting, writing or revising the manuscript critically for important intellectual content. Other contributors should be mentioned in the Acknowledgements section of the manuscript and cannot be considered as authors of the study. Correct and full names of all authors and their [ORCID](#) IDs should be on the title page of the manuscript. Names of authors must be supplemented with their affiliations and a valid address of the corresponding author. The phone and fax numbers and e-mail address of the corresponding author should be stated in the first page of the manuscript. All authors must guarantee that the submitted manuscript is not published anywhere previously and will not be submitted to anywhere before the editorial board makes a final decision on the manuscript.

Funding Sources

Details for all funding sources of the research should be stated in the Acknowledgements. Authors should provide

the full official funding agency name(s) and grant number(s).

Alteration in Authorship

Alteration in authorship after the submission of the manuscript to Akademik GIDA can be justified only by the additional work required during the revision. Any change is not allowed after the acceptance of the manuscript for publication. Alteration in authorship should be indicated in the responses to reviewers, and should be accepted by all authors. The corresponding author is primarily responsible for any alteration in the revised version of the manuscript, including the order of authors.

Correction of Data

All authors should be responsible for the accuracy of the published data. For the correction of data, the corresponding author receives the galley proof of the paper and is asked to correct it carefully within 4 days before publication.

Retraction of an Article

A retraction of an article is used to correct errors in submission or publication. Authors can retract the paper and should follow the Committee on Publication Ethics (COPE) [retraction guidelines](#). In case of a duplicate or overlapping publication, fraudulent use of data, plagiarism or unethical research, the paper will be retracted by the editor, and a retraction notice will be included into the electronic database while all links to the retracted article will be maintained.

Ethical Considerations

Conflict of interest:

- Authors should declare any conflict of interest in their submission form. Authors are requested to suggest at least three potential reviewers before submission, and these reviewers cannot be their colleagues, collaborators or members of their institutions.
- Reviewers should notify the editors on any conflict of interest which prevents them from reviewing the paper, and they are recommended to follow the [COPE guidelines](#).
- For the manuscripts submitted by the members of the Editorial Board or their collaborators, peer reviewing is modified to exclude them from the entire evaluation process in order to minimize any bias during the evaluation.
- During revision, the editors follow the [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#).

Research involving human subjects, animals or plants:

- If the research involves humans or animals, the authors are recommended to follow the guidelines of the [International Committee of Medical Journal Editors](#).

- In studies involving human subjects, their informed consent to participate in the study should be supplied by the authors. For subjects under the age of 18, their parents or guardians should give the permission for their participation in the study. For all tested subjects, the manuscript must accompany with a statement detailing compliance with relevant guidelines and/or appropriate permissions or licenses.
- Any research on animals must comply with institutional, national or international guidelines and, where possible, should be approved by an ethics committee.
- Any experimental research on plants, including collection of plant materials, must comply with institutional, national, or international guidelines.
- Field studies should be conducted in compliance with local legislation, and a statement specifying the appropriate permissions and/or licences should be included in the manuscript.

Publication misconduct:

- The Journal follows the [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#).
- In a case of a suspected misconduct such as redundant or duplicate submission, plagiarism, text recycling, violation of ethical norms, etc., researchers, reviewers or readers are encouraged to contact the Editorial Office (ogursoy@yahoo.com).
- The overlapping in the manuscript is highly restricted to the maximum of 25% with no more than 10% from a single source; otherwise, the manuscript will be rejected. If these terms are violated, COPE recommendations will be followed and all parties involved will be notified.

Copyright

Akademik GIDA applies the [Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 CC BY-NC license](#) to all published papers, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes. Before publication, the [Copyright Transfer Form](#) must be signed by the corresponding author and returned to the editorial office of the journal. Copyright of published papers is retained by the Sidas Media Agency Advertisement Consultation Ltd. (Cankaya, Izmir, Turkey). Authors have the right to use their published article freely and in noncommercial purposes, as long as its integrity is maintained and its original authors, citation details and publisher are clearly stated. Individual users may access, download, copy, display, and adapt the manuscripts published in Akademik GIDA, provided that the authors' intellectual and moral rights, reputation and integrity are not compromised. Users must ensure that any reuse complies with the copyright policies of the owners. If the content of the published manuscripts is copied, downloaded or otherwise reused for noncommercial research and educational purposes, a link to the appropriate bibliographic citation (authors, journal title, manuscript title, volume, year and page

numbers, and the link to the published version on the [Journal's website](#) should be provided. Copyright notices and disclaimers must not be deleted.

Fevzipaşa Blv. Çelik İş Merkezi No:162 K:3 D:302 Çankaya / İZMİR
Tel: +90 232 441 60 01 Fax: +90 232 441 61 06 E-mail: sidasmedya@gmail.com

SIDAS MEDYA