

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:1 Ocak - Mart 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*)



ozer.kinik@ege.edu.tr

[Ramazan Gökçe](#)

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



rgokce@pau.edu.tr

[Yusuf Yılmaz](#)

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



yusuf.yilmaz@mehmetakif.edu.tr

Teknik Editör / Technical Editor

[Hande Özge Güler Dal](#)

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



handeguler@mehmetakif.edu.tr

Uluslararası Yayın Kurulu / International Editorial Board

Gıda Mühendisliği / Food Engineering

Name and Surname	Affiliation	City	Country
Cynthia Ditchfield	University of Sao 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
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 Braçotto	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. Journal Index Net
42. Maize Abstracts
43. MIAR (Information Matrix for the Analysis of Journals)
44. Nutrition Abstracts and Reviews Series A: Human and Experimental
45. Nutrition Abstracts and Reviews Series B: Livestock Feeds and Feeding
46. Nutrition and Food Sciences Database
47. Ornamental Horticulture
48. Parasitology Database
49. Plant Breeding Abstracts
50. Plant Genetic Resources Abstracts
51. Plant Genetics and Breeding Database
52. Plant Protection Database
53. Postharvest Abstracts
54. Potato Abstracts
55. Poultry Abstracts
56. Protozoological Abstracts
57. Review of Agricultural Entomology
58. Review of Aromatic and Medicinal Plants (RAMP)
59. Review of Medical and Veterinary Entomology
60. Review of Medical and Veterinary Mycology
61. Review of Plant Pathology
62. Rice Abstracts
63. Rural Development Abstracts
64. Science Library Index
65. Scientific Indexing Services (SIS)
66. SCOPUS
67. Seed Abstracts
68. Sicilit
69. Soil Science Database
70. Soils and Fertilizers Abstracts
71. Soybean Abstracts
72. Sugar Industry Abstracts
73. Systematic Impact Factor (SIF)
74. The Belt and Road Initiative Reference Source
75. The Turkish Academic Network and Information Centre Life Sciences Database (TÜBİTAK-ULAKBİM Yaşam Bilimleri Veritabanı, TR-DİZİN)
76. Tropical Diseases Bulletin
77. Veterinary Science Database
78. VetMed Resource
79. Weed Abstracts
80. Wheat, Barley and Triticale Abstracts
81. World Agricultural Economics and Rural Sociology Abstracts (WAERSA)

Akademik Gıda 20 (1) (2022)
İÇİNDEKİLER / CONTENTS

■ Editörden / Editorial

IV-V

■ MAKALELER / PAPERS

■ Araştırma Makaleleri / Research Papers

Optimization of Spray Drying Encapsulation of Bioactive Compounds from Organic Blueberry Extract / Organik Yaban Mersini Ekstraktından Elde Edilen Biyoaktif Bileşiklerin Püskürtmeli Kurutmayla Enkapsülasyonu / Sultan Can, Fahrettin Göğüş, Hüseyin Bozkurt

1-11

Production and Physicochemical Properties of Casein-Based Adhesives / Kazein Bazlı Yapıştırıcıların Üretimi ve Fizikokimyasal Özellikleri / Zeynep Atamer

12-19

Effect of Production Method and Temperature on Quality Characteristics of Shalgam Beverages during Storage / Şalgam Suyunun Depolanması Sırasındaki Kalite Özellikleri Üzerine Üretim Yöntemi ve Sıcaklığının Etkisi / Hasan Tangüler, Selin Özge Dinç, Gülbahar Ekenel, Dilay Asena Aytekin, Cansu Şimşek, Hatice Ataklı

20-29

Aktinobakteri İzolatlarının Transglutaminaz, Levansukraz ve Beta Galaktozidaz Üretim Yetenekleri / Production Capabilities of Transglutaminase, Levansucrase and Beta Galactosidase of Actinobacteria Isolates / Elif Gülşen Karabacak, Ali Osman Adıgüzel, Hayrettin Saygın, Ahmet Hilmi Çon

30-39

Güneş ve Mikrodalga ile Kurutmanın Mürdüm Eriğinin (Prunus domestica subsp. Insititia) Fiziksel Kalitesi Üzerine Etkisi / Effect of Sun and Microwave Drying on Physical Quality of Mürdüm Plums (Prunus domestica subsp. Insititia) / Dilay Yıldız, Özlem Çağındı

40-53

Kardinal Üzümü, Napolyon Kirazı, Mürdüm Eriği, Kivi ve Şeftali Meyvelerinden Doğal Fermantasyonla Sirke Üretim Potansiyeli: Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikler / Vinegar Production Potential of Cardinal Grape, Napoleon Cherry, Damson Plum, Kiwi, and Peach Fruits by Natural Fermentation: Physicochemical and Sensorial Properties / Hale İnci Öztürk

54-62

Kastamonu'da Üretilen Siyez Buğdayının (Triticum monococcum) Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri / Some Chemical and Physical Properties of Einkorn Wheat (Triticum monococcum) Cultivated in Kastamonu (Turkey) / Şaban Han, Müge Hendek Ertop

63-70

Gıda Mühendisliği ve Kimya Bölümü Öğrencilerinin Probiyotik Gıda Konusunda Bilinç Düzeylerinin Değerlendirilmesi / Evaluation of Awareness Levels of Food Engineering and Chemistry Department Students on Probiotic Foods / Eda Kılıç Kanak, Suzan Öztürk Yılmaz, Zeynep Ziyade Özacar, Başak Uflaş, Meryem Bilek, Begüm Yılmaz

71-79

■ Derleme Makaleler / Review Papers

Avokado: İşlenmesi ve Kullanım Alanları / Avocado: Its Processing and Uses / Bahar Demircan, Yakup Sedat Veliöğlu

80-93

Enzim Modifiye Peynir ve Üretim Teknikleri / Enzyme-Modified Cheese and Production Techniques / Enise Betül Bolat, Zafer Erbay

94-102

■ Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları / Guidelines to Authors

VI-IX

■ Etik Beyanı / Ethics and Publication Malpractice Statement

X-XV

**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: 95

Ocak - Şubat - Mart 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 ilk sayısında yine sizlerle birlikteyiz. Bu sayımızda 8 araştırma ve 2 derleme çalışması olmak üzere toplam 10 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/ext_list_February_2022.xlsx). 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 atif 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

1. Gıda Kimyası Kongresi

Birinci Gıda Kimyası Kongresi, Kimyagerler Derneği, Gebze Teknik Üniversitesi ve Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi'nin ortak organizasyonu ile 3-6 Mart 2022 tarihleri arasında Antalya'da Mirage Park Resort'ta gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://gidakimyasikongresi.org/> adresinden ulaşılabilir.

VI. International Joint Science Congress of Materials and Polymers

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

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.

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.gidaguvenglikongresi.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 Sempozyumu

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 Sempozyumu, 24-26 Kasım 2022 tarihleri arasında Bursa Uludağ Üniversitesi ev sahipliğinde hibrit olarak gerçekleştirilecektir. Sempozyum ile ilgili bilgilere <https://gelenekselgidalar.org/tr/> adresinden ulaşılabilir.

Optimization of Spray Drying Encapsulation of Bioactive Compounds from Organic Blueberry Extract

Sultan Can , Fahrettin Göğüş , Hüseyin Bozkurt 

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

Received (Geliş Tarihi): 12.10.2020, Accepted (Kabul Tarihi): 17.03.2022

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): sultancan95@gmail.com (S. Can)

☎ +90 342 317 23 03 📠 +90 342 317 23 62

ABSTRACT

In this study, the effects of spray drying parameters on organic blueberry extract were investigated. High amounts of bioactive compounds were extracted from blueberry by solvent extraction. Response surface methodology was applied for the optimization of spray drying conditions. Extract mass percentage of feed mixture (m/m in dry basis 15-50%), air inlet temperature (120-150°C) and solid content of feed (20-40°Brix) were independent variables. Operational efficiency (yield) and phenolic retention were responses. Maltodextrin was used as an encapsulating agent. The optimum extract mass percentage, temperature and solid feed content were estimated as 19.51% (m/m) extract, 120°C and 20.03°Brix, respectively. The maximum levels of responses under optimum conditions were obtained as operational efficiency of 91.20% and phenolic retention of 87.12%. It was found that the most important variable for bioactive compound retention was the extract mass percentage. Encapsulated powder had 3.19% moisture content, and contained 5.54 mg gallic acid equivalents (GAE), 1.52 mg cyanidin-3-glucoside (C3G), and 46.41 µmol Trolox equivalents (TE) per gram dry powder. DPPH free radical scavenging activity value (EC₅₀) of powder was 8.14 mg soluble solids/mL. Bioactive powder obtained could be considered as a possible functional food ingredient. In conclusion, blueberry extract powder could be efficiently produced by spray drying.

Keywords: Spray drying, Encapsulation, Blueberry, Response surface methodology

Organik Yaban Mersini Ekstraktından Elde Edilen Biyoaktif Bileşiklerin Püskürtmeli Kurutmayla Enkapsülasyonu

ÖZ

Bu çalışmada, püskürtmeli kurutma parametrelerinin organik yaban mersini ekstraktına etkileri incelenmiştir. Solvent ekstraksiyonu ile yaban mersininden yüksek miktarda biyoaktif bileşik ekstrakte edildi. Püskürtmeli kurutma koşullarının optimizasyonu için yanıt yüzey metodolojisi uygulandı. Besleme karışımının ekstrakt kütle yüzdesi (kuru bazda, 15-50%), hava giriş sıcaklığı (120-150°C) ve besleme karışımının katı madde miktarı (20-40 Brix) bağımsız işlem değişkenleridir. Operasyon verimliliği ve fenolik tutunum modelin yanıt değişkenleridir. Kaplama ajanı olarak maltodekstrin kullanıldı. Optimum ekstrakt kütle yüzdesi, sıcaklık ve besleme karışımının katı madde miktarı sırasıyla 19.51%, 120°C ve 20.03 Briks olarak belirlendi. Optimum şartlar altında yanıt değişkenlerinin maksimum seviyeleri %91.20 operasyon verimliliği ve %87.12 fenolik tutunum olarak bulundu. Biyoaktif bileşiklerin tutunumunda en önemli değişken ekstrakt kütle yüzdesi olarak bulundu. Enkapsüle edilmiş toz %3.19 nem içeriğine sahipti ve kuru tozun gramı başına 5.54 mg gallik asit eşdeğeri (GAE), 1.52 mg siyanidin-3-glukozit (C3G) ve 46.41 µmol Troloks eşdeğeri (TE) içeriyordu. Tozun DPPH serbest radikal yakalama aktivitesi değeri (EC₅₀) 8.14 mg çözünür katı/mL olarak bulundu. Elde edilen biyoaktif toz muhtemel fonksiyonel gıda bileşenidir. Sonuç olarak, yaban mersini ekstraktı tozu püskürtmeli kurutmayla verimli şekilde üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Püskürtmeli kurutma, Enkapsülasyon, Yaban mersini, Tepki yüzey metodolojisi

INTRODUCTION

The best sources of bioactive compounds are members of *Ericaceae* (cranberry, blueberry) and *Rosaceae* (raspberry, blackberry, strawberry) berry families [1, 2]. Blueberry has a high level of phenolic compounds such as flavonols and anthocyanidins [3]. Bioactive compounds like phenolics have antimicrobial, antioxidant, antitumor activities and neuro protective, antidiabetic, anti-inflammatory, antiallergic and cardioprotective properties [4]. The first five countries producing blueberry are as follows USA, Canada, Mexico, Poland and Germany [5].

The extraction of bioactive compounds from their sources has a critical effect on the final product properties. The analyses made for bioactive compounds largely depend on the selection of suitable extraction procedure [6]. In literature, there are various studies on the encapsulation of bioactive compounds extracted from blueberry by spray drying. For instance, blueberry concentrate was encapsulated by Atacan and Yanık [7]; blueberry by-products by Ma and Dolan [8]; blueberry extract by Jiménez-Aguilar et al. [1]; blueberry juice and extract by Turan et al. [9]; and blueberry pomace extract by Flores et al. [10].

Despite their extensive health benefits, bioactive compounds can be easily degraded with exposure to light, heat, oxygen, moisture, and pH change. They might be unstable during processing, distribution, storage, and also in the gastrointestinal system (pH, enzymes and presence of other nutrients). Activity and positive health effects of bioactive components are limited because of mentioned factors. Encapsulation is an efficient way to overcome these limitations. Most of the encapsulation methods provide better stability, protection and retention, mask unpleasant flavors and tastes, enhance bioavailability and solubility and promote controlled release [11-13]. Encapsulation by spray drying is one of the most widespread encapsulation techniques in the food industry for the protection of functional compounds. Spray drying is a favorable process due to being flexible, economical, producing high-quality products with high operational efficiency and stability [14, 15]. In this study, encapsulation was applied to protect the bioactive compounds of blueberry by spray drying.

The objectives of this study were to investigate the effects of spray drying parameters (extract mass

percentage, solid content of feed and air inlet temperature) on phenolic retention and operational efficiency; and to optimize spray drying conditions for phenolic retention and operational efficiency by using of response surface methodology.

MATERIALS and METHODS

Materials

Organic blueberries (*Vaccinium corymbosum*, Bluecrop variety) harvested in 2015 were purchased from an organic farm in Trabzon, Turkey. Blueberries were stored in a freezer at -45°C until use. Ethanol, gallic acid, Folin-Ciocalteu reagent, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), sodium carbonate (Na₂CO₃), citric acid, sodium sulfate (Na₂SO₄), sodium acetate trihydrate (C₂H₃NaO₂•3H₂O), potassium chloride (KCl), Iron(III) chloride hexahydrate (FeCl₃•6H₂O), concentrated HCl and Trolox® were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, Missouri, USA). 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ) was obtained from Fluka (St. Louis, Missouri, USA). All of the other solvents and reagents were of analytical or chromatographic grade. Maltodextrin (MD) dextrose equivalence (DE) 8 was purchased from Cargill (Wayzata, Minnesota, USA).

Extraction

Extraction was applied according to literature with some modifications [16, 10]. Ethanol:distilled water ratios (v/v) between 100:0 and 62.5:37.5 were examined about total extraction efficacy, and 65:35 (v/v) gave the highest total phenolic content (TPC) and used for further extraction. Citric acid was added as 0.5% in mass:volume ratio. Fruit:solvent ratio was 1:15. Berries were crushed approximately with 300 mL solvent in a blender (8011ES Model HGB2WTS3, Waring Commercial, Torrington, USA) for 2 minutes. After crushing, the extraction was performed with solvent by magnetic stirrer at 50°C and 600 rpm for 45 minutes. Beaker was wrapped with stretch film and aluminum foil. After filtration, the solvent was evaporated by a rotary evaporator (Heidolph Instrument GmbH & Co.KG, Schwabach, Germany) at 45°C and 40 rpm. The blueberry extract was concentrated to 50.86°Brix and stored in the freezer at -45°C until use. Extraction efficiency was evaluated according to the retention of phenolic compounds after extraction (Equation 1).

$$\text{Extraction efficiency (\%)} = \frac{\text{Total phenolic content of extract}}{\text{Total phenolic content of fresh fruit}} \times 100 \quad (1)$$

Spray Drying of Blueberry Extract

The central composite rotatable design (CCRD) for three independent variables was applied for spray drying of extracts. The independent variables were the extract mass percentage of feed (m/m in dry basis 15-50%), drying air inlet temperature (120-150°C) and solid content of the feed (20-40°Brix) (Table 1). The complete design had 20 runs, including six replications of the

center points. Dependent variables were phenolic retention and operational efficiency as responses.

Spray drying was performed by using of a Büchi B-290 Mini Spray Dryer (Flawil, Switzerland). The encapsulating agent was maltodextrin DE 8 and it had 5% moisture. For the feed mixture preparation, a homogenizer (IKA T 18 digital ultra-turrax, Germany) was used. For every experiment, 50 g of feed solution

was prepared. The feed flow rate was adjusted as 3 mL/min (10% pump rate), nozzle cleaner was 2, Qflow was 4 cm (600 L/h) and aspiration was 90%. Powders were collected and immediately sealed to prevent

subsequent moisture uptake. Powders were stored in amber glass bottles at 4°C.

Table 1. Process variables and experimental responses in the central composite rotatable design for three independent variables

Independent variables	Code	Independent variable levels					Responses
		-1.68	-1	0	1	1.68	
Air inlet temperature (°C)	A	109.77	120	135	150	160.23	Operational efficiency (%)
Extract mass percentage of feed (%)	B	3.07	15	32.5	50	61.93	
Solid content of the feed (°Brix)	C	13.18	20	30	40	46.82	Phenolic retention (%)

Extraction of Bioactive Materials from Powders

Ethanol:distilled water 60:40 (v/v) solution which was containing 0.5% citric acid (m/v) heated to 50°C. This solvent was then added to the powders at 1:15 (m/v) ratio and mixed for 5 minutes at 22000 rpm. After that, the solution was filtered with traditional pillow cloth. Clarified extracts were used for total anthocyanin content (TAC), total phenolic content (TPC) and antioxidant activity determinations.

Analyses

Characterization of fresh blueberry, extract and powder

Total soluble solids (°Brix) of samples were determined by a refractometer (PTR 46, Optical Activity Limited, Cambridgeshire, UK). Blueberry extracts were diluted with distilled water at 1:10 (m/v) ratio before measurement, and total soluble solids of fresh blueberries were measured after crushing with a commercial blender at room temperature. The oven method, according to AOAC [17] was used for moisture content determination. For fresh fruits, 2 g, for extracts, 1.5 g, for powders, 1 g of samples were weighed and

dried at 105°C in the oven until constant weight attain for 4 hours.

For the hygroscopicity experiment, 2 g of powders were weighed and placed into an airtight plastic container containing a beaker filled with a saturated Na₂SO₄ solution (81% RH). After one week, hygroscopic moisture was denoted as g of moisture per 100 g dry solids [18]. The method proposed by Fazaeli et al. [19] was used to determine the solubility of powders. Determination of densities was made according to the procedure reported by Goula et al. [20] with some modifications. Two g of powder was transferred into the 50 mL graduated cylinder. The bulk density was evaluated by dividing the weight of the powder by the volume occupied in the cylinder. Packed bulk density was evaluated from the mass of powder contained in the cylinder after being tapped on a bench 50 times from a 10 cm height. The glass transition temperature (T_g) of the powders was determined using a differential scanning calorimeter (DSC-6, Perkin Elmer, Waltham, USA) [21]. All measurements were made in triplicate.

The ratio of the mass of the powder to the mass of feed mixture on dry basis was used to calculate the operational efficiency (yield) of spray drying and denoted as % operational efficiency (Equation 2).

$$\text{Operational efficiency (\%)} = \frac{\text{Dry solid mass of product (powder)}}{\text{Dry solid mass of feed}} \times 100 \quad (2)$$

Color measurements of the fresh blueberry, extract and powder were performed using a HunterLab Colorflex (A60-1010-615 Model Colorimeter, HunterLab, Reston, VA) according to CIELAB system. The color values were denoted as L* (lightness/darkness), a* (redness/greenness) and b* (yellowness/blueness), respectively. Measurements were obtained at Daylight Color (D65/10*).

Determination of Bioactive Properties

Total Phenolic Content

Total phenolic content assay was carried out using the Folin-Ciocalteu reagent, according to the method of Singleton et al. [22]. TPC values were expressed as mg gallic acid equivalents (GAE) per g of dry matter.

$$\% \text{ DPPH} \cdot \text{scavenging activity} = \left(1 - \left[\frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{blank}}} \right] \right) \times 100$$

Total Anthocyanin Content

The pH-differential method proposed by Lee et al. [23] was applied to determine the anthocyanin content of fresh berries, extracts and powders. Total anthocyanin contents of samples were expressed as g of cyanidin-3-glucoside equivalents (C3G) per kg dry matter.

DPPH Radical Scavenging Activity

The DPPH radical scavenging activity of samples was determined according to the method of Brand-Williams et al. [24]. The DPPH radical scavenging activity of samples was calculated according to the equation below:

where A_{sample} is the absorbance of sample containing DPPH solution, A_{blank} is the absorbance of DPPH solution without sample solution at 517 nm. Different sample concentrations were used in order to obtain antiradical curves for calculating the EC_{50} values. The results were expressed as DPPH free radical scavenging activity EC_{50} value, the concentration of the sample required to scavenge 50% of the radical.

Ferric Reducing Antioxidant Power

The method adapted from Benzie and Strain [25] was used to determine the ferric reducing antioxidant power of samples. Ferric reducing antioxidant power results

$$\text{Phenolic retention (\%)} = \frac{\text{TPC of obtained powder}}{\text{TPC of used extract (TPC of feed solution)}} \times 100 \quad (3)$$

RESULTS and DISCUSSION

Characterization of Fresh Fruit and Its Extract

The properties of fresh blueberries and blueberry extracts are presented in Table 2. The total phenolic content of fresh blueberries was reported between 46.24-585 mg GAE/100 g fresh weight (FW) [26, 27, 28]. TPC of fresh blueberries in this study was in this range. The content of phenolic compounds in plants are dependent on some intrinsic (species, genus, cultivars) and extrinsic (environmental, agronomic, handling and storage) factors and also on the method of extraction [29, 30].

were expressed as μ moles Trolox equivalents (TE) per g of dry matter. All measurements were made in triplicate.

Statistical Analyses

Obtained data were statistically analyzed by use of RSM (Stat-Ease, Design-Expert software, version 7). Determination of the regression coefficients, the analysis of variance, modelling and optimization, and three-dimensional graphs were obtained using RSM. Optimization of spray drying parameters was performed by using the desirability function of RSM to obtain blueberry extract powders with maximum phenolic retention (Equation 3) and operational efficiency.

TAC result of fresh blueberry is given in Table 2. TAC of fresh blueberries was reported as 120 mg/100 g FW for bluecrop variety [31]. TAC result was compatible with the range in the literature. Total anthocyanin content varies depending on plant species and cultivars, extrinsic factors such as temperature, light and altitude, chemical structure, temperature, pH, light intensity, oxygen, solvents, presence of enzymes and metallic ions [32, 33].

EC_{50} value of fresh blueberries was found as 0.66 mg soluble solids/mL in this study. Content and chemical structure of the antioxidants, pre- and post-harvest conditions, and processing factors affect the antioxidant capacity of fruits and fruit products [34].

Table 2. Properties of fresh blueberry and blueberry extract

Parameter	Fresh blueberry	Blueberry extract
Soluble solids (Brix)	9.90±0.06	50.86±0.04
L*	8.44±0.17	0.93±0.08
a*	16.83±0.56	3.00±0.38
b*	2.04±0.32	0.36±0.36
Total anthocyanin content (mg C3G/100 g FW,	118.37±5.48	93.20±2.80
g C3G/kg soluble solids,	11.96±0.55	7.25±0.22
g C3G/kg dry matter)	8.81±0.41	7.33±0.22
Total phenolic content (mg GAE/100 g FW,	467.31±46.23	375.13±7.89
mg GAE/g soluble solids,	47.20±4.67	29.16±0.61
mg GAE/g dry matter)	34.77±3.44	28.83±0.60
Ferric reducing antioxidant power (μ mol TE/g soluble solids,	301.29±12.42	185.54±2.58
μ mol TE/g dry matter)	409.02±16.86	187.66±2.61

Extraction efficiency was calculated as 80.3% for the blueberry extract. In literature, Tatar Turan et al. [12] found TPC of extract as 11.041 mg GAE/g dry matter. It is lower than the TPC value of this study, which was 28.83 mg GAE/g dry matter. The total anthocyanin content of blueberry extracts was reported as 65.1 mg C3G/kg dry matter by Tatar Turan et al. [12]. FRAP value was reported as 318.24 μ mol TE/kg dry matter [12]. The values of TPC, TAC and FRAP found by Tatar Turan et al. [12] were lower than the results of this study. This difference can mainly be caused by their encapsulating agent percentage was lower than this study. EC_{50} value of blueberry extract was found as 0.88 mg soluble solids/mL in this study.

Influences of Independent Variables on Responses of Blueberry Extract Powders

Operational Efficiency (Yield)

The operational efficiency is one of the main process parameters in spray drying. The operational efficiency of blueberry extract powders was determined between 70.86 and 94.24% (Table 3). The minimum operational efficiency was obtained at the maximum extract mass percentage (61.93%).

The statistical analyses showed that the quadratic model was significant and was well used to describe the

operational efficiency of blueberry extract powder ($p < 0.05$). On operational efficiency, linear effect of extract mass percentage (B), the interaction effect between extract mass percentage and solid content of feed (BxC) and quadratic effect of extract mass percentage (B^2) were significant and negative ($p < 0.05$) (Equation 4). The increase in extract mass percentage caused a decrease in operational efficiency (Figures 1a and 1b).

$$\text{Operational efficiency (\%)} = 92.87 - 4.57xB - 1.51xBxC - 5.58xB^2$$

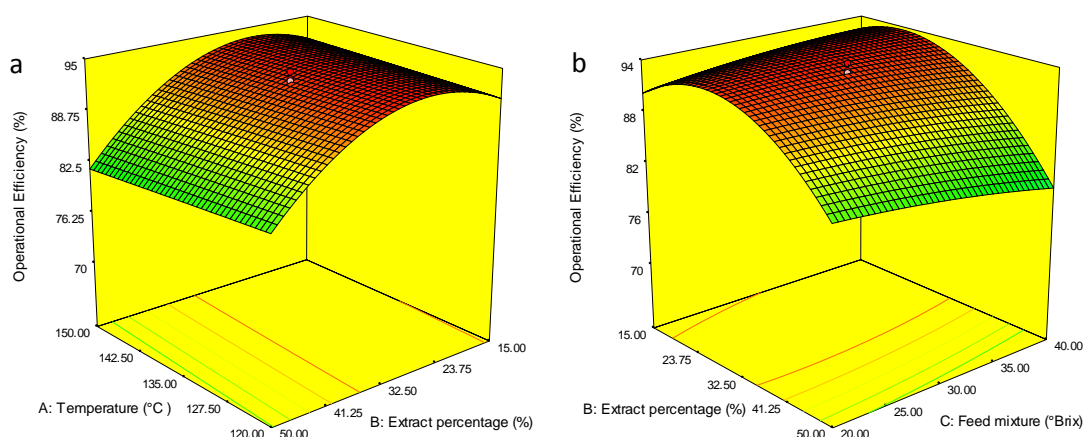


Figure 1. Influence of extract mass percentage and air inlet temperature at 30° Brix (a); solid content of feed and extract mass percentage at 135°C (b) on the operational efficiency of blueberry extract powders

There were comparable studies in literature such as spray drying of blueberry concentrate [7] and blueberry by-products [8]. Atacan and Yanık [7] reported operational efficiency between 8.45-79.76%, and a decrease in concentrate content (increase in MD content) caused to increase in operational efficiency in agreement with this blueberry extract study. Four different levels of extract containing feed solutions (5-50%) were spray dried and operational efficiencies were reported between 62.08 and 90.32% by Ma and Dolan [8].

In conclusion, the amount and type of encapsulating agent [37, 38], inlet air temperature [35, 39], DE of MD [38-40] and where you collect powders from (if other parts were used in addition to the product collection vessel or not) and operating conditions like aspiration rate could affect operational efficiency [41].

Phenolic Retention

Retention of bioactive compounds is a good indicator of encapsulation efficiency. Phenolic retention of blueberry extract powders varied between 56.62 and 94.18% (Table 3). Maximum phenolic retention was obtained at the lowest extract mass percentage (3.07%) and minimum phenolic retention was obtained at the highest extract mass percentage (61.93%).

where B is extract mass percentage (%) and C is solid content of feed (Brix).

Other factors were not significant ($p > 0.05$). It was stated that at low feed solid levels, the effects of inlet and outlet temperatures on operational efficiency were not important [31-35]. As shown in Figure 1a, the increase or decrease of air inlet temperature did not affect operational efficiency. Similarly, Horuz et al. [36] reported that drying temperature did not significantly affect operational efficiency. From Figure 1b it can be observed that any change in solid content of feed did not affect operational efficiency.

A linear model was found to be significant and was well to describe phenolic retention of blueberry extract powder ($p < 0.05$). Extract mass percentage had a significant linear and negative effect on phenolic retention of powder ($p < 0.05$). An increase in extract mass percentage decreased phenolic retention (Equation 5, Figure 2a and 2b).

$$\text{Phenolic retention (\%)} = 72.54 - 7.46xB \quad (5)$$

where B is extract mass percentage (%).

Influences of other independent variables such as air inlet temperature and solid content of feed were found to be insignificant ($p > 0.05$). As can be seen in Figure 2a, temperature change did not affect the phenolic retention. Figure 2b shows that increase or decrease of feed brix did not influence phenolic retention. In the study made by Ma and Dolan [8], phenolic retention for blueberry changed between 76-89%, and the highest phenolic retention was determined at the lowest extract mass percentage like in this study. Moreover, the highest retention in antioxidant activity and anthocyanidin content was observed at the lowest extract level (5%). There was significantly greater retention of bioactive compounds with increased maltodextrin levels showing a protective effect of MD on

the bioactive compounds within spray drying. Atacan and Yanık [7] stated the range of phenolic retention as 8-89%, and inverse relation between blueberry concentrate percentage and phenolic retention in agreement with this study. Phenolic retentions reported between 73.2 and 95.1% by Jiménez-Aguilar et al. [1] for spray drying of blueberry extract. Turan et al. [9] encapsulated bioactive compounds of blueberry juice and extract, and retentions of phenolic contents were reported as 54% and 65% for juice and extract powders,

respectively. Anthocyanin retention changed between 25-85% for blueberry juice and extract powders in the study of Tatar Turan et al. [12]. In literature, there were comparable results with this study. In conclusion, possible differences could be from the type of encapsulating agents and their amount, inlet and outlet air temperatures, dextrose equivalence of maltodextrin, microstructure, and total soluble solids in feed.

Table 3. Experimental design of spray drying of blueberry extract and results for the three variables studied

Run	Air inlet temperature (°C)	Extract mass percentage (%)	Solid content of feed (°Brix)	Operational efficiency (%)	Phenolic retention (%)
1	120.00	15.00	20.00	91.09	77.94
2	150.00	15.00	20.00	90.15	71.87
3	120.00	50.00	20.00	86.79	69.10
4	150.00	50.00	20.00	80.47	63.38
5	120.00	15.00	40.00	92.47	73.57
6	150.00	15.00	40.00	92.11	70.46
7	120.00	50.00	40.00	79.17	58.41
8	150.00	50.00	40.00	79.37	64.27
9	109.77	32.50	30.00	92.21	77.13
10	160.23	32.50	30.00	94.24	74.67
11	135.00	3.07	30.00	84.16	94.18
12	135.00	61.93	30.00	70.86	56.62
13	135.00	32.50	13.18	91.87	79.23
14	135.00	32.50	46.82	91.90	76.12
15	135.00	32.50	30.00	92.82	71.05
16	135.00	32.50	30.00	92.46	79.63
17	135.00	32.50	30.00	91.95	69.11
18	135.00	32.50	30.00	93.92	72.05
19	135.00	32.50	30.00	93.07	76.16
20	135.00	32.50	30.00	92.85	75.93

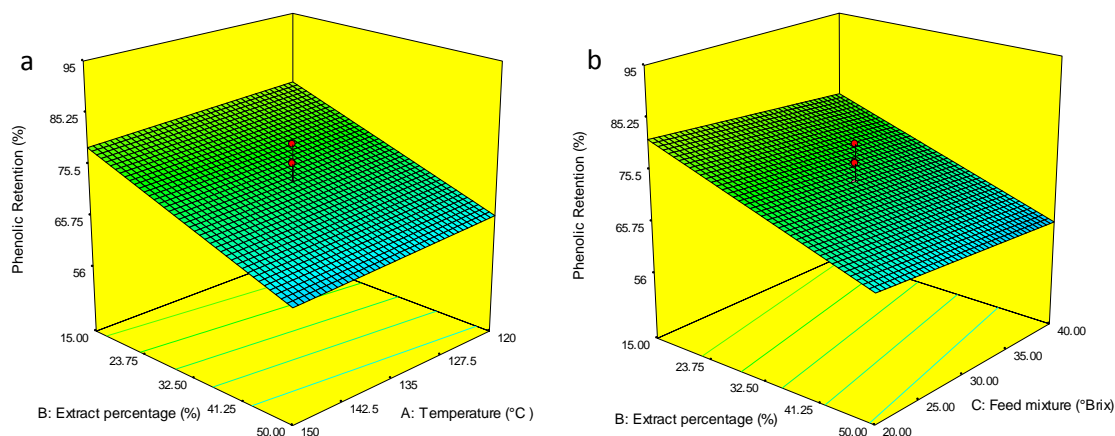


Figure 2. Influence of air inlet temperature and extract mass percentage at 30 Brix (a); solid content of feed and extract mass percentage at 135°C (b) on phenolic retention of blueberry extract powders.

Optimization

Optimization of spray drying conditions was carried out based on achieving the highest phenolic retention and operational efficiency. The desirability function of the response surface is demonstrated in Figure 3. Desirability was high for low air inlet temperature and the extract mass percentage values. Effect of extract

mass percentage on desirability had higher than that of the air inlet temperature. Desirability was 0.771 for blueberry powders. The optimum conditions were 19.51% extract, 120.00°C air inlet temperature and 20.03°Brix.

Predicted and experimental values were 92.66 and 91.20%, respectively, for operational efficiency and

80.56 and 87.12%, respectively for phenolic retention. The experimental and predicted values were close to

each other. It can be concluded that the response surface methodology model was satisfactory.

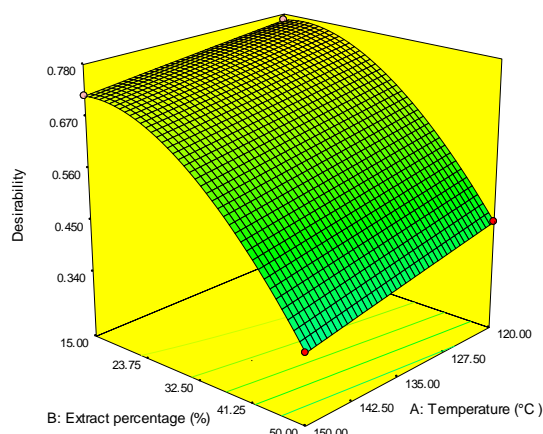


Figure 3. Desirability function response surface plot as a function of air inlet temperature and extract mass percentage for blueberry extract powders at 20.03 Brix

Characterization of Blueberry Extract Powder Obtained at Optimum Conditions

The moisture content of blueberry extract powder was evaluated as $3.19 \pm 0.19\%$. Similar results were obtained by Atacan and Yanik [7], that found the moisture content of blueberry concentrate powder as 3.51%. Ma and Dolan [8] found moisture contents of blueberry extract powders in the range of 6.84-8.08%. Flores et al. [10] reported the moisture content of blueberry pomace extract powders as 5%. Moisture content could be influenced by several factors like inlet and outlet temperatures, feed flow rate [1, 21], type of the encapsulating agent and its percentage [42, 43] and DE of MD [44].

Hygroscopicity is the ability of a material to absorb moisture from the environment and it is important due to its influence on stability [38]. Hygroscopicity of powder was found as 41.99 g moisture/100 g dry solids. In literature, hygroscopicity was determined as 10.4 g moisture/100 g powder by Correia et al. [45] for blueberry pomace extract by using soy protein isolate as encapsulating agent. Difference between hygroscopicity values could be caused by the difference in encapsulating agents.

The solubility of blueberry extract powder was $96.27 \pm 2.75\%$. Atacan and Yanik [7] found the solubility of blueberry concentrate powder as 97.2%. This was close to the solubility result of this study. It could be concluded that the bioactive blueberry powder produced in this study was highly water-soluble. High solubility implies that these powders could easily and efficiently be reconstituted in water to utilize the bioactive compounds in aqueous systems [37-39]. MD percentage and temperature could affect the solubility [43].

The bulk density of blueberry extract powder was 0.268 g/mL. The packed density of blueberry extract powders was 0.502 g/mL. Atacan and Yanik [7] reported bulk density as 0.4 g/mL and packed density 0.74 g/mL for blueberry concentrate powder; Turan et al. [9] reported bulk densities of blueberry extract powder as 0.197 g/mL. Several factors and operational conditions like drying temperature, applying vibration, moisture content and particle size and size range could influence the bulk density of powders [19, 36, 40].

Glass transition temperature (T_g) was determined as $88.92 \pm 1.99^\circ\text{C}$. Atacan and Yanik [7] calculated the glass transition temperature of blueberry concentrate powder as 85.6°C . It is observed that T_g values increased with increasing MD percentages by Fang and Bhandari [37] for bayberry juice and Can Karaca et al. [46] for sour cherry juice concentrate.

L^* , a^* and b^* values were 60.64 ± 0.08 , 38.31 ± 0.03 and -4.87 ± 0.03 for powder. Jiménez-Aguilar et al. [1] found L^* , a^* , b^* values of spray dried blueberry extract powders between 35.80-39.48, 32.88-34.46 and 3.06-5.89 by dissolving powders in water, respectively. The difference between the literature and values of this study could be that the powder was dissolved in water in that study. This caused a dilution and gave different color values. Percentage of the encapsulating agent, moisture content and inlet air temperature could affect the color of powders [21, 40].

Bioactive Properties of Blueberry Extract Powder

Total Phenolic Content

TPC result of this study is 5.54 ± 0.20 mg GAE/g dry powder (in extract basis 25.39 ± 0.93 mg GAE/g extract soluble solids, in fresh fruit basis 32.99 ± 1.21 mg GAE/g fresh fruit soluble solids), and in literature, similar results were reported. Ma and Dolan [8] calculated the total

phenolic content of powders between 24.61 and 33.53 mg GAE/g blueberry solids. Jiménez-Aguilar et al. [1] calculated TPC of powders between 18.24 and 23.69 mg GAE/g soluble solids of blueberry extract by using mesquite gum as encapsulating agent and 96% ethanol as extraction solvent. TPC result obtained in this study was higher than those values. This difference could be the result of difference in extraction procedures and used encapsulating agent. Mentioned factors also influence TAC and antioxidant activity.

Turan et al. [9] reported TPC of blueberry extract powder as 1089.7 mg GAE/100 g dry powder. In the same study, TPC was reported as 1517.63 mg GAE/100 g dry powder for extract powder using an ultrasonic nozzle. These TPC values were more significant than that obtained in this study. The amount of encapsulating agent was the possible reason of this difference when the conventional nozzle was used. They used 10% (w/w) encapsulating agent in the feed solution. This directly increased the extract amount; therefore, TPC increased in the feed solution. In this study amount of encapsulating agent was 80.49%. In addition, this difference could be the result of the difference in the TPC of fresh berries. It could also be due to the effects of extraction methods for fresh fruit and bioactive powder compounds. Furthermore, the type of encapsulating agent could cause differences in TPC results; they used a mixture of MD and arabic gum for powders obtained from the extract. Mentioned factors (type and amount of encapsulating agent, TPC of fresh berries, and extraction methods) also affect TAC and the antioxidant activity of powders. Flores et al. [10] reported TPC of blueberry pomace extract powder as 2.83 mg GAE/g powder which was lower than the TPC value of this study. This could be due to the extraction of bioactive compounds from the pomace obtained after juice processing. Some phenolics and other bioactive compounds could be transferred to the juice part. Encapsulating agent was whey protein isolate, extraction solvent was 80% ethanol and air inlet temperature was 160°C in that study. Type of encapsulating agent directly affects the phenolic retention, and solvent determines the extracted amount of phenolic compounds. High temperature could cause degradation of bioactive compounds and reduction in phenolic content. Flores et al. [47] found TPC of blueberry anthocyanin extract powder between 0.57-0.87 mg GAE/g product which was lower than the TPC result of this study. Encapsulating agents were gum Arabic and whey protein isolate, and fresh fruits were extracted with acetone, ethanol and methanol while powders were extracted with deionized water in that study. Differences in encapsulating agents and extraction conditions could cause difference in phenolic content values. Flores et al. [46-48] found TPC of blueberry extract powders as 34.7 mg GAE/g sample with the encapsulating agent ethanol:water:whey protein isolate miscible fluid, and air inlet temperature was 160°C. Tatar Turan et al. [12] studied with ultrasonic nozzle and found TPC as 5.152 mg GAE/g dry powder for extract. The ultrasonic nozzle may provide better protection to bioactive compounds; hence, they might obtain a higher TPC value than this study. In addition,

they used encapsulating agent as about 10% (m/m). This could cause to have high bioactive content in the feed solution. The mentioned factors influencing TPC also affect TAC and antioxidant activity because these factors and operational conditions affect the bioactive contents of samples.

Total Anthocyanin Content

TAC result of this study was 1.52±0.09 g C3G/kg dry powder (in extract basis 6.98±0.42 g C3G/kg extract soluble solids, in fresh fruit basis 9.10±0.54 g C3G/kg fresh fruit soluble solids). Jiménez-Aguilar et al. [1] reported total anthocyanin contents of powders between 11.98-15.7 mg C3G/g soluble solids of blueberry extract. This value was higher than the TAC result of this study. Differences in extraction procedures, type of encapsulating agent, initial TAC value of fresh berry could be possible reasons for this difference.

Flores et al. [10] reported TAC of blueberry pomace extract powder as 1.32 mg C3G/g powder which was near the result of this study. Flores et al. [47] calculated TAC of blueberry anthocyanin extract powder between 0.11-0.34 mg C3G/g powder which is lower than the TAC result of this study. This difference could be caused by used encapsulating agents which were Arabic gum and whey protein isolate; used extraction solvents which were ethanol, methanol and acetone and 160°C air inlet temperature. Type of encapsulating agent directly affects the anthocyanin retention and solvent determines the extracted amount of anthocyanins. High temperature could cause degradation of bioactive compounds and reduction in anthocyanin content. Tatar Turan et al. [12] found TAC as 15.176 mg C3G/g dry powder for extract by use of ultrasonic nozzle. The value of that study was higher than the TAC result of this study, and this can be caused by also amount of encapsulating agent (as about 10% (m/m)). This could cause to have high bioactive content in the feed solution.

DPPH Radical Scavenging Activity

DPPH free radical scavenging activity value (EC₅₀) of powder was evaluated as 8.14 mg soluble solids/mL for blueberry extract powder. Atacan and Yanik [7] found the EC₅₀ value of blueberry concentrate powder as 38.6 mg/mL. This result indicated that blueberry extract powder has better DPPH radical scavenging activity than concentrate powder. The possible reason of this activity difference could be that the extract had higher antioxidant content than that of the concentrate.

Ferric Reducing Antioxidant Power

Ferric reducing antioxidant power result of this study is 46.41±3.16 µmoles TE/g dry powder (in extract basis 212.87±14.49 µmoles TE/g extract soluble solids, in fresh fruit basis 276.59±18.82 µmoles TE/g fresh fruit soluble solids).

Tatar Turan et al. [12] found ferric reducing powers as 214.468 µmoles TE/g dry powder for extract by use of

ultrasonic nozzle. This value more significant than the FRAP value of this study. The main reason may be the percentage of the encapsulating agent (as about 10% (m/m)). The feed solution contained about 90% (m/m) blueberry extract in that study; therefore, it had a high amount of bioactive compounds with antioxidant activity.

CONCLUSION

In spray drying of blueberry extract, the only significant independent variable was the extract mass percentage on all responses. It was the most influential independent variable on all responses ($p < 0.05$). An increase in extract mass percentage (it means that a decrease of encapsulating agent percentage) affected all responses inversely. The optimum conditions obtained from spray drying were 120°C inlet air temperature, 19.51% extract, 20.03 Brix for blueberry. Maximum levels of responses at optimal conditions obtained as phenolic retention of 87.12% and operational efficiency of 91.20%. These extract powders can be utilized as functional food ingredients and food supplements, and they can be added to different types of food products. They could provide nutrients, taste, and color to the foods. Therefore, it can be concluded that spray drying encapsulation of phenolic compounds by using maltodextrin could be an effective way to produce and preserve blueberry extract powders by reason of high phenolic retention and operational efficiency values.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are very grateful for the financial support of "The Scientific and Technological Research Council of Turkey" (TUBITAK) during the research of this subject (2211/2210-C). We are grateful for the financial support provided by funding bodies within the FP7 ERA-Net CORE Organic Plus, and with co-funds from the European Commission for this project. We would also like to thank Bursa Central Research Institute of Food and Feed Control for financial support.

REFERENCES

- [1] Jiménez-Aguilar, D.M., Ortega-Regules, A.E., Lozada-Ramírez, J.D., Pérez-Pérez, M.C.I., Vernon-Carter, E.J., Welti-Chanes, J. (2011). Color and chemical stability of spray-dried blueberry extract using mesquite gum as wall material. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(6), 889-894.
- [2] Araujo-Díaz, S.B., Leyva-Porras, C., Aguirre-Bañuelos, P., Álvarez-Salas, C., Saavedra-Leos, Z. (2017). Evaluation of the physical properties and conservation of the antioxidants content, employing inulin and maltodextrin in the spray drying of blueberry juice. *Carbohydrate Polymers*, 167, 317-325.
- [3] Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., Sochor, J. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(10), 24673-24706.
- [4] Han, X., Shen, T., Lou, H. (2007). Dietary polyphenols and their biological significance. *International Journal of Molecular Sciences*, 8(9), 950-988.
- [5] FAO, (2018). Statistical data of FAO. Retrieved from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/> (Accessed 5 August 2018).
- [6] Azmir, J., Zaidul, I.S.M., Rahman, M.M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F., Omar, A.K.M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426-436.
- [7] Atacan, K., Yanik, D.K. (2017). Yaban mersini (*Vaccinium corymbosum* L.) suyu konsantresinin püskürtmeli kurutucuda kurutulması: Tepki yüzey yöntemiyle optimizasyon. *Akademik Gıda*, 15(2), 139-148.
- [8] Ma, M., Dolan, K.D. (2011). Effects of spray drying on antioxidant capacity and anthocyanidin content of blueberry by-products. *Journal of Food Science*, 76(7), 156-164.
- [9] Turan, F.T., Cengiz, A., Kahyaoglu, T. (2015). Evaluation of ultrasonic nozzle with spray-drying as a novel method for the microencapsulation of blueberry's bioactive compounds. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 32, 136-145.
- [10] Flores, F.P., Singh, R.K., Kong, F. (2014). Physical and storage properties of spray-dried blueberry pomace extract with whey protein isolate as wall material. *Journal of Food Engineering*, 137, 1-6.
- [11] Fang, Z., Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols—a review. *Trends in Food Science and Technology*, 21(10), 510-523.
- [12] Tatar Turan, F., Cengiz, A., Sandıkçı, D., Dervisoglu, M., Kahyaoglu, T. (2016). Influence of an ultrasonic nozzle in spray-drying and storage on the properties of blueberry powder and microcapsules. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(12), 4062-4076.
- [13] da Rosa, J.R., Nunes, G.L., Motta, M.H., Fortes, J.P., Weis, G.C.C., Hecktheuer, L.H.R., da Rosa, C.S. (2019). Microencapsulation of anthocyanin compounds extracted from blueberry (*Vaccinium* spp.) by spray drying: Characterization, stability and simulated gastrointestinal conditions. *Food Hydrocolloids*, 89, 742-748.
- [14] Mahdavi, S.A., Jafari, S.M., Ghorbani, M., Assadpoor, E. (2014). Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: a review. *Drying Technology*, 32(5), 509-518.
- [15] Farias-Cervantes, V.S., Chávez-Rodríguez, A., García-Salcedo, P.A., García-López, P.M., Casas-Solís, J., Andrade-González, I. (2018). Antimicrobial effect and in vitro release of anthocyanins from berries and Roselle obtained via microencapsulation by spray drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(10), e13713.
- [16] Ersus, S., Yurdagel, U. (2007). Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 805-812.

- [17] AOAC (1995). Official methods of analysis (16th. ed.). Arlington, VA: *Association of Official Analytical Chemists*.
- [18] Cai, Y.Z., Corke, H. (2000). Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. *Journal of Food Science*, 65(7), 1248-1252.
- [19] Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Ashtari, A.K., Omid, M. (2012). Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioprocess Processing*, 90(4), 667-675.
- [20] Goula, A.M., Adamopoulos, K.G., Kazakis, N.A. (2004). Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. *Drying Technology*, 22(5), 1129-1151.
- [21] Santhalakshmy, S., Bosco, S.J.D., Francis, S., Sabeena, M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, 274, 37-43.
- [22] Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- [23] Lee, J., Durst, R.W., Wrolstad, R.E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 88(5), 1269-1278.
- [24] Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C.L.W.T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- [25] Benzie, I.F., Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
- [26] Howard, L.R., Hager, T.J. (2007). Berry fruit phytochemicals. *Food Science and Technology-New York-Marcel Dekker*, 168, 73.
- [27] Szajdek, A., Borowska, E.J. (2008). Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63(4), 147-156.
- [28] Fu, L., Xu, B.T., Xu, X.R., Gan, R.Y., Zhang, Y., Xia, E.Q., Li, H.B. (2011). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, 129(2), 345-350.
- [29] Balasundram, N., Sundram, K., Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191-203.
- [30] Bakowska-Barczak, A.M., Kolodziejczyk, P.P. (2011). Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. *Industrial Crops and Products*, 34(2), 1301-1309.
- [31] Stevenson, D., Scalzo, J. (2012). Anthocyanin composition and content of blueberries from around the world. *Journal of Berry Research*, 2(4), 179-189.
- [32] He, J., Giusti, M.M. (2010). Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1, 163-187.
- [33] Castañeda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernández, M., Páez-Hernández, M.E., Rodríguez, J.A., Galán-Vidal, C.A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4), 859-871.
- [34] Zou, Z., Xi, W., Hu, Y., Nie, C., Zhou, Z. (2016). Antioxidant activity of citrus fruits. *Food Chemistry*, 196, 885-896.
- [35] Kha, T.C., Nguyen, M.H., Roach, P.D. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the *Gac (Momordica cochinchinensis)* fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, 98(3), 385-392.
- [36] Horuz, E., Altan, A., Maskan, M. (2012). Spray drying and process optimization of unclarified pomegranate (*Punica granatum*) juice. *Drying Technology*, 30(7), 787-798.
- [37] Fang, Z., Bhandari, B. (2012). Comparing the efficiency of protein and maltodextrin on spray drying of bayberry juice. *Food Research International*, 48(2), 478-483.
- [38] Daza, L.D., Fujita, A., Fávaro-Trindade, C.S., Rodrigues-Ract, J.N., Granato, D., Genovese, M.I. (2016). Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. *Food and Bioprocess Processing*, 97, 20-29.
- [39] Tan, S.P., Tuyen, C.K., Parks, S.E., Stathopoulos, C.E., Roach, P.D. (2015). Effects of the spray-drying temperatures on the physicochemical properties of an encapsulated bitter melon aqueous extract powder. *Powder Technology*, 281, 65-75.
- [40] Vardin, H., Yasar, M. (2012). Optimisation of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice spray-drying as affected by temperature and maltodextrin content. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 167-176.
- [41] Fang, Z., Bhandari, B. (2011). Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. *Food Chemistry*, 129(3), 1139-1147.
- [42] Saikia, S., Mahnot, N.K., Mahanta, C.L. (2015). Optimisation of phenolic extraction from Averrhoa carambola pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying. *Food Chemistry*, 171, 144-152.
- [43] Nunes, G.L., Boaventura, B.C.B., Pinto, S.S., Verruck, S., Murakami, F.S., Prudêncio, E.S., Amboni, R.D.D.M.C. (2015). Microencapsulation of freeze concentrated *Ilex paraguariensis* extract by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 151, 60-68.
- [44] Goula, A.M., Adamopoulos, K.G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(2), 342-351.
- [45] Correia, R., Grace, M. H., Esposito, D., Lila, M. A. (2017). Wild blueberry polyphenol-protein food ingredients produced by three drying methods: Comparative physico-chemical properties,

phytochemical content, and stability during storage.
Food Chemistry, 235, 76-85.

- [46] Can Karaca, A., Guzel, O., Ak, M.M. (2016). Effects of processing conditions and formulation on spray drying of sour cherry juice concentrate. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 96(2), 449-455.
- [47] Flores, F.P., Singh, R.K., Kerr, W.L., Pegg, R.B., Kong, F. (2014). Total phenolics content and

antioxidant capacities of microencapsulated blueberry anthocyanins during in vitro digestion. *Food Chemistry*, 153, 272-278.

- [48] Flores, F.P., Singh, R.K., Kerr, W.L., Phillips, D.R., Kong, F. (2015). In vitro release properties of encapsulated blueberry (*Vaccinium ashei*) extracts. *Food Chemistry*, 168, 225-232.
-

Production and Physicochemical Properties of Casein-Based Adhesives

Zeynep Atamer  

University of Hohenheim, Institute of Food Science and Biotechnology, Department of Soft Matter Science and Dairy Technology, Garbenstraße 21, D-70599 Stuttgart, Germany

Received (Geliş Tarihi): 20.01.2022, Accepted (Kabul Tarihi): 12.03.2022

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): zeynep.atamer@uni-hohenheim.de (Z. Atamer)

☎ +49 711 45923646 📠 +49 711 45923617

ABSTRACT

In this study, different adhesives manufactured by using various casein powders (micellar casein, α_s -, β - and κ -casein fractions, sodium caseinate and calcium caseinate) were investigated for their properties and potential application in the food industry. Casein-based adhesives using different sources of caseins were produced and the differences in their adhesive strength were determined. For the isolation of casein fractions, the methods of selective solubility, precipitation and a decanter centrifuge (for separation of precipitated casein and supernatant) were used. Achieved purities of α_s -, β - and κ -casein fractions were higher than 25, 91 and 54%, respectively. Results showed that the type of casein raw material used in the production of adhesives had an influence on the adhesive properties and the highest adhesive strength was achieved with the enriched α_s -casein fraction and micellar casein.

Keywords: Casein, Adhesive, Food industry, Separation process

Kazein Bazlı Yapıştırıcıların Üretimi ve Fizikokimyasal Özellikleri

ÖZ

Bu çalışmada, çeşitli kazein tozları (misel kazein, α_s -, β - ve κ -kazein fraksiyonları, sodyum kazeinat ve kalsiyum kazeinat) kullanılarak üretilen farklı yapıştırıcıların özellikleri ve gıda endüstrisinde kullanım olanağı araştırılmıştır. Farklı kazein kaynakları kullanılarak kazein bazlı yapıştırıcılar üretilmiş ve yapışkan mukavemetlerindeki farklılıkları belirlenmiştir. Kazein fraksiyonlarının izolasyonu için seçici çözünürlük, çökeltme ve dekanter santrifüj (çöktürülmüş kazeinin ve süpernatantın ayrılması için) yöntemleri kullanılmıştır. α_s -, β - ve κ -kazein fraksiyonları için elde edilen saflıklar sırasıyla %25, 91 ve 54'ten büyük bulunmuştur. Sonuçlar, yapıştırıcıların üretiminde kullanılan kazein hammaddesinin türünün yapıştırıcı özellikleri üzerinde etkili olduğunu ve en yüksek yapışkan gücünün zenginleştirilmiş α_s -kazein fraksiyonu ve misel kazein ile elde edildiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Kazein, Yapışkanlık, Gıda endüstrisi, Ayırma işlemi

INTRODUCTION

Caseins are the major proteins in milk and they consist of different polypeptide chains. They are negatively charged aggregates, also known as casein micelle, which are suspended in milk. Bovine milk contains about 2.8% (w/w) casein [1]. The natural structure of casein micelle is composed of individual casein fractions, which

are α_{s1} -, α_{s2} -, β -, and κ -casein. These fractions differ in their amino acid sequence and number, and they have different features. Casein adhesives are environmentally friendly adhesives [2] based on natural protein [3]. They are made from the cow's milk protein casein [3]. For the isolation of casein fractions, the raw material of casein is required to be isolated from milk as the very first step, which is most commonly done by microfiltration of skim

milk [4, 5] (Figure 1). Caseinates are made by adding a salt such as sodium hydroxide (NaOH) or calcium hydroxide (Ca(OH)₂) to acid casein, which obtained after precipitation of skim milk.

The use of casein glues dates back to ancient Egypt [6]. But casein glues were also used by Greek, Roman and Chinese craftsmen [7]. There is a recipe from the 11th or 12th century by the monk Theophilus for the production of a waterproof glue from cheese [7] or the casein contained in it. Casein glues have been used for thousands of years, although their detection is difficult because they are degraded by microorganisms [3]. Their large-scale production began in the 19th century in Germany and Switzerland [8].

The areas of application of casein adhesives are diverse. They are mainly used in the wood industry and as labelling adhesives in the beverage industry [2]. In addition, casein adhesives were used as an adhesive for aircraft propellers during the First World War [9], as well as for the production of water-resistant plywood for aircraft [7].

For the technical use of casein adhesives, their productions are said to be inexpensive as well as having a long service life [8]. When used as a labelling adhesive in the beverage industry, casein adhesives [8] are also said to have high ice water resistance [2] as well as a fast label removal time [10]. Casein adhesives produced in the industry typically consist of the ingredients water, casein, calcium hydroxide [11], borax [12], urea [13] and alkalis such as sodium hydroxide [7]. The addition of the chemical components leads to a solubility of the casein, a water resistance of the casein adhesive [11], the adjustment of the pH value or the flowability [13].

The purpose of this study was to isolate micellar casein and casein fractions using raw milk and to produce casein based adhesive using different sources of casein as well as to determine the structure or type of casein that is responsible for the adhesive strength of the casein-based adhesive. In addition, it was aimed that a literature survey for the analytical methods for the characterization of the adhesives was conducted and the area of application of the casein adhesives was discussed.

MATERIALS and METHODS

Production of Micellar Casein Powder and Individual Casein Fractions (α_s -, β - and κ -casein)

The manufacture of the model substrate, micellar casein, was performed using raw milk. Raw bovine milk was supplied from the research station Meiereihof

(University of Hohenheim, Stuttgart, Germany). After pasteurisation (74°C, 30 s) and separation of fat at 55°C (SA 10; Frautech S.r.l., Schio, Italy), the pasteurised skim milk was standardised to a protein content of 3.4%, as described by Koerzendoerfer, Noebel, and Hinrichs [14]. Micellar casein was separated from the pasteurised skim milk using a cross-flow membrane filtration unit (Model TFF; Pall GmbH, Dreieich, Germany) equipped with multichannel gradient of permeability (GP) ceramic membranes (7P19-40 GP Membralox Module, 99.7% α -alumina; Pall Exekia, Bazet, France) with 4-mm-diameter channels, a cut-off of 0.1 mm and an effective filtration area of 1.69 m² as described in detail in one of our previous studies [5]. In order to reduce content of whey protein, the skim milk retentate was subjected to a microfiltration (MF) in the diafiltration (DF) mode using demineralised water (20 kg) as described by Schaefer, Schubert, and Atamer [15]. From the obtained micellar casein, α_s -, β - and κ -casein fractions were isolated (Figure 1) according to the method described by Schubert et al. [16]. For the isolation of the fractions, specific properties of individual casein fractions such as isoelectric pH, calcium and temperature sensitivities were used to adjust different features of casein such as dissociation, solubility and precipitation behaviours. Since α_s -, and β -casein are sensitive to calcium ions, unlike κ -casein [17], the method of calcium chloride (CaCl₂) induced particle formation was applied. Precipitation of α_s -, and β -casein allowed the mechanical separation of these two fractions from κ -casein. The separation process (S1 to S4, Figure 1) were conducted using a decanter centrifuge (model MD 80-S, Lemitec GmbH, Berlin, Germany). The operational parameters of decanter (F_z : centrifugal force, Δn : differential speed in decanter) for each separation are given in Figure 1. The micellar casein and the fractions were spray-dried and the gained powders (Figure 2) as well as the liquid concentrates were used for the production of casein glue samples.

Chemical Composition of the Samples

The measurements of major constituents of casein powders (total protein, calcium, dry matter, lactose and fat contents) were carried out according to the corresponding methods reported by Post et al. [18]. The isolated casein fractions were analysed by reversed phase high-performance liquid chromatography (RP-HPLC) according to Post, Ebert, and Hinrichs [19]. The purity of the casein fraction (P_{n-CN} ; %) was defined as the ratio of casein fraction content (C_{n-CN} , fraction) to the total casein content in the isolated fraction ($C_{total-casein}$, fraction) as determined by RP-HPLC (Eq. 1).

$$P_{n-CN} = \frac{C_{n-CN, fraction}}{C_{total-CN, fraction}} \cdot 100\% \quad (1)$$

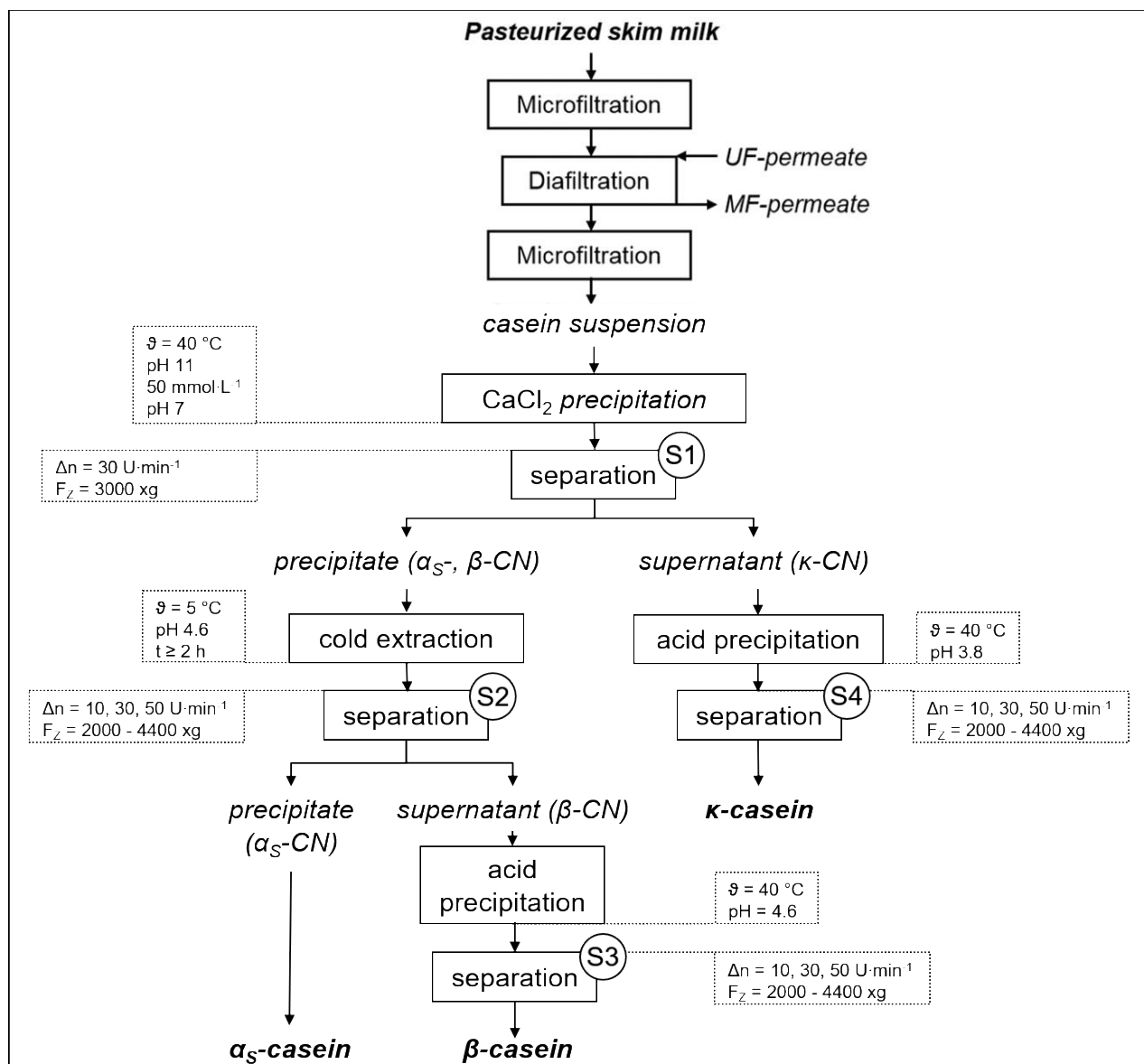


Figure 1. Process for the production of α_S -, β - and κ -casein fractions using pasteurized skim milk. CN: casein, t: time, ϑ : temperature, F_z : centrifugal force, Δn : differential speed in decanter, UF: Ultrafiltration, MF: Microfiltration, S1 - S4: Separation 1 - Separation 4.

Casein Adhesive Preparation

The casein adhesives were produced using the obtained casein powders. Besides micellar casein and casein fractions, calcium caseinate and sodium caseinate (Meggler Group GmbH, Wasserburg am Inn, Germany) were also included as raw material of casein based glue samples for the measurements. For the preparation of the casein adhesive, mainly casein, water, borax and urea were used. The mixing ratio of the ingredients was based on the recipe of a casein adhesive from the Deutschen Kunststoff-Institut (DKI) in Darmstadt (casein powder: 24.4 g, water: 78.0 g, borax: 6.2 g, urea: 12.0 g). Distilled water was placed in a beaker, the casein powder, borax and urea were added and mixed by hand using a hand scraper. Mixing was continued until a homogeneous mass was formed. The time taken to reach a homogeneous consistency was determined using a stopwatch. The required mixing time for each

sample was around 5 min. This was followed by a 4-hour swelling and hydration period of the casein adhesive at room temperature. During this time, the samples were occasionally mixed. The finished casein adhesives were stored in the refrigerator at 2 °C until use. After 8 days at the latest, new casein adhesives were prepared.

Physical Analysis

Casein adhesive samples were compressed with a plunger speed of 0.5 mm/s using an Instron texture analyser (Instron 5944, Instron Deutschland GmbH, Pfungstadt, Germany) equipped with a cylinder ($d=5$ mm). The penetration depth was 10 mm and measurement temperature was 20°C. The maximum force was recorded as adhesive strength together with adhesiveness and cohesiveness.

RESULTS and DISCUSSION

There has been a growing interest in micellar casein and casein fractions (α_s -, β - and κ -casein fractions) because of its valuable properties, such as emulsifying and foam-stabilising properties [20], bio-functional properties [21], non-food applications (e.g., coating agents and glues [6, 22]. Therefore, isolation of casein and casein fractions have been intensively studied. In a review article [4], different methods applied for the isolation of β -casein fraction and functional properties of β -casein was discussed in detail. In order to improve the purity and yield of the casein fractions different separation technologies such as nozzle centrifuges [19] and decanter centrifuges [23] have been investigated for an efficient separation of precipitated α_s - and β -caseins from the κ -casein enriched liquid phase.

In one of our recent studies, a method for the isolation of casein fractions at pilot scale was presented in detail [16]. In the method, different sources of casein such as commercial micellar casein powder, micellar casein concentrate (in house produced) and β -casein reduced micellar casein concentrate were used for the isolation of the fractions. In this current study, the same method was applied to isolate the α_s -, β - and κ -casein fractions.

As seen in Figure 1, the raw material for the isolation of casein fractions was pasteurized skim milk. The obtained powders were spray-dried and example images of manufactured micellar casein and casein fractions are given in Figure 2. Using the illustrated method, the achieved purities were > 25%, > 91% and > 54% for α_s -, β - and κ -casein fractions, respectively (see also Table 1).

The produced casein micellar powder as well as the casein fractions were used for the production of casein based adhesives. Besides these casein samples, two different caseinate samples (sodium caseinate and calcium caseinate) were also studied as casein source, which are the most common commercially found form of casein. In Table 1 compositional analysis of all the casein samples used for the preparation of the adhesives are given. Micellar casein is the native form of casein because in the production process pure physical processes (e.g., separation, membrane filtration) are applied [4]. In the production of caseinate (sodium or calcium caseinate), unlike micellar casein manufacture, the production process is a combination of physical and biochemical processes. Caseinates are produced by adding an alkali to the derived casein, which can be rennet-casein or lactic acid-casein.

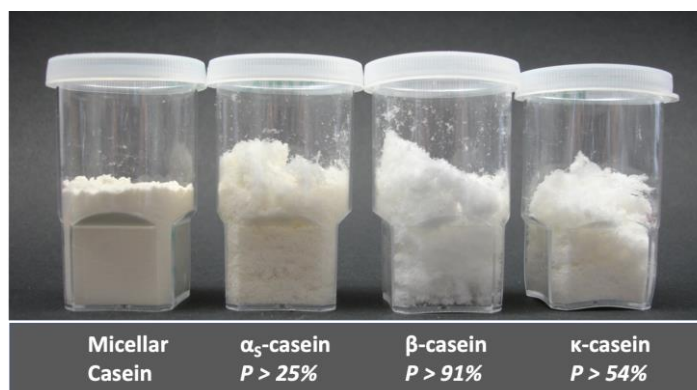


Figure 2. Example images from the manufactured casein samples (micellar casein and α_s -, β - and κ -casein fractions) after spray drying (P: purity)

In previous studies [19, 24], the focus was on the isolation of casein fractions and the functional peptides obtained using these fractions. Hence, it was not investigated, which casein fraction is responsible for the specific adhesive property of casein. Our experiments, which were conducted with six different adhesive samples produced from α_s -casein, β -casein, κ -casein, calcium caseinate, micellar casein and sodium caseinate (Figure 3), revealed that micellar casein and α_s -casein showed the highest adhesive strength in comparison to the other adhesives produced using other casein sources (β -casein, κ -casein, calcium caseinate and sodium caseinate). The results of this study arose the following three main questions: i) Why does α_s -casein fraction show such a good adhesion property? ii) How are the adhesion properties influenced by fractionation process (salts, modification of casein

structure)? iii) Which molecular structures are important for the adhesion?

The usage of casein as an adhesive can be derived by the amount of patent applications per year. After a break of more than 15 years, when no further patents for casein as an adhesive were applied, casein started to be used again in the beginning of the 1990s. Then, further research was done and casein adhesives were developed, for example to allow a fast fixation on wet and cold glass bottles, without having problems of diluting the glue or slipping labels. This was interesting, as the filling and labelling speed of bottles in the food industry had increased significantly [25]. Furthermore, a more recent patent from 2013 describes a mixture of casein, water, acrylate, starch, urea, polyethylene oxide, paraffin oil, and ester which can be used for adhesion of electrical devices and laminated boards [26].

Table 1. Chemical composition of the micellar casein powder

Casein sample	Producer	Protein content [%, w/w]			Purity [%, w/w]*
		Casein	Whey protein	Total protein	
Micellar casein	In house production	80.10±0.70	0.20±0.10	82.10±0.08	n.d.
Sodium caseinate	Meggle	87.10±0.30	n.d.	91.70±0.94	n.d.
Calcium caseinate	Meggle	90.40±0.30	n.d.	92.60±0.56	n.d.
α_s -casein	In house production	78.60±4.50	n.d.	n.d.	25.6±3.8
β -casein	In house production	102.50±3.60**	n.d.	n.d.	91.7±2.8
κ -casein	In house production	76.50±7.60	n.d.	n.d.	54.9±2.7

n.d.: not determined, *: The purity of the casein fraction (P_{n-CN} , %) was defined as the ratio of casein fraction content (C_{n-CN} , fraction) to the total casein content in the isolated fraction ($C_{total-casein}$, fraction) as determined by RP-HPLC. **: indicates that impurities in analytical standards can cause a difference between actual and real casein content, leading to calculated values above 100%.

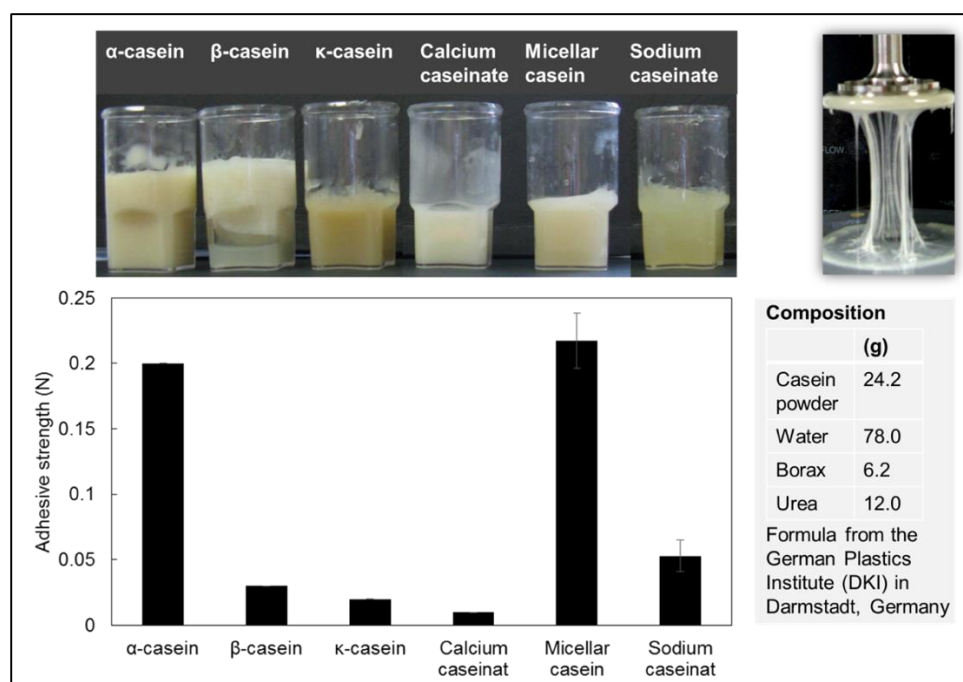


Figure 3. Adhesive strength of the samples produced from α_s -casein, β -casein, κ -casein, calcium caseinate, micellar casein and sodium caseinate. Sodium or calcium caseinate are prepared by mixing casein by either a sodium or calcium compound

The production of adhesives from proteins has a long tradition. Adhesives from casein protein has been applied for labelling of bottles in the beverage industry [3]. Besides bottle labelling, there are further areas of application for casein adhesives such as for paper coatings, paper glue and wood. Plant proteins from soy, wheat, potatoes, sugar beets and rapeseed are other possible environmentally friendly bio-based adhesives from renewable sources [27-29]. Although diverse applications for casein glue are feasible, currently, casein adhesives are mainly used to glue bottle labels, especially in the beverage industry. Its properties like the ability to glue on cold and wet materials, to be recycled and to be processed at a high production speed are favourable.

An in-depth understanding of the molecular basis of functional properties of casein fractions plays an important role as the demand for manufacturing of adhesives from naturally-produced polymers is considered. This study also evaluated the methods

available for the characterization of the adhesives. The analysis methods, which are commonly applied for characterization of adhesives in the literature, can be classified into four groups: Chemical analysis, microbiological analysis, physical analysis and visual observation. Table 2 gives an overview of the corresponding methods, which were used in the studies conducted on investigation and classification of bio-based adhesives. By applying these selected methods, future work is needed to be conducted is to achieve an in-depth understanding of the molecular basis of functional properties of casein fractions. Based on the current knowledge on the structural properties of casein fractions, the working hypothesis should be that α_s -casein fraction allows easily the attachment on the hydrophilic and also hydrophobic surfaces due to its triblock-copolymer character (as illustrated in Figure 4). With a profound knowledge, the targeted proteins, protein domains and peptides having an optimized adhesive features could be produced.

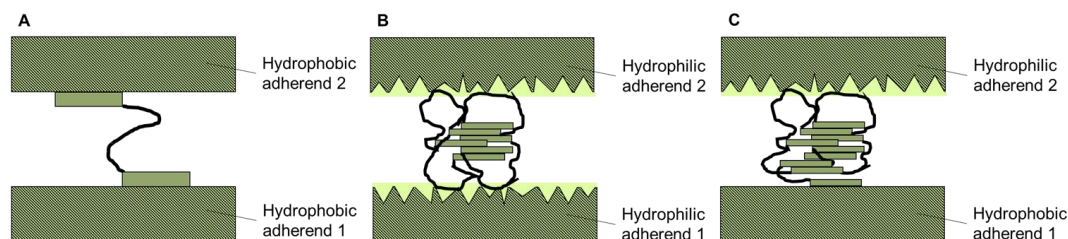


Figure 4. Hypothetical adhesion of adherends through α_s -casein. A) hydrophob-hydrophob binding due to triblock copolymer character of α_s -casein, B) hydrophil-hydrophil binding through self-assembled micelle and steric effect, C) hydrophil-hydrophob binding [30, 31].

Table 2. Applied methods for the characterization of adhesives

#	Classification	Method	Scope	Reference
1	Chemical analysis	Fourier transform infrared spectroscopy	Chemical structure	[32-34]
2		X-ray photoelectron spectroscopy	Chemical composition of adhesion surface	[32]
3		Strength temperature dependence	Storage /Keeping quality	[35]
4		Nuclear magnetic resonance	Chemical structure	[28, 36]
5	Microbiological analysis	Mold resistance test	Storage /Keeping quality	[37]
6	Physical analysis	Atomic force microscopy	Adhesion forces in interface	[38]
7		Contact angle	Wettability on surface	[22, 34]
8		Depth sensing indentation	Hardness	[39]
9		Differential scanning calorimetry	Phase transition / Thermal properties	[34, 40]
10		Peeling test	Dry strength	[41]
11		Scanning probe microscopy	Frictional force of adhesive	[40]
12		Shear impact strength	Dry strength	[42]
13		Shear strength by tensile loading	Dry strength	[27]
14		Tensile lap-shear strength	Dry strength	[43]
15		Viscosity	Flow resistance	[34]
16		Water immersion test	Water resistance	[28, 34, 44]
17		X-ray diffraction	Structure of nano composites	[27]
18		Zeta (ζ) potential	Charge stability in disperse system	[32]
19	Visual observation	Scanning electron microscope	Adhesion surface observation	[27, 32, 34]
20		Transmission electron microscopy	Adhesion surface observation	[34]

CONCLUSION

In this study, using a recently published method [16], micellar casein and casein fractions (α_s -casein, β -casein, κ -casein) were produced from pasteurized skim milk at a large scale. Selective solubility and precipitation by adding calcium chloride as well as a temperature-controlled decanter centrifuge for the separation process were applied to isolate the casein fractions. Although the method needs some improvements via optimization of the process parameters, a very highly purified β -casein fraction and enriched α_s -casein, κ -casein fractions could be achieved with the applied method. Casein adhesives were produced from various casein sources (micellar casein, α_s -casein, β -casein, κ -casein, sodium caseinate and calcium caseinate) and with the aid of physical measurements the adhesive strength of the casein-based adhesive samples was determined. It was found that the source of casein has an effect on the adhesive properties. Casein-derived adhesives are important bio-based products which have preferable characteristics, such as water resistance and simple usage, especially in the application of bottle labelling in the food industry. Although, synthetic adhesives are predominantly produced from petroleum-based polymers, from a sustainability point of view, there is still a need and demand for manufacturing of adhesives from naturally-produced polymers such as starch, tree gums, clays or milk proteins. Therefore, further research towards an in-depth understanding of the adhesion

properties of the individual casein fractions, its independency from milk prices and a possible transfer of the adhesion mechanism to plant-based glues is necessary to fully satisfy technical, ecological, and economic requirements for a comprehensive use in the industry and households.

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to thank Prof. Dr. Ahmet Kucukcetin (Akdeniz University, Turkey) and Prof. Dr. Joerg Hinrichs (University of Hohenheim, Germany).







REFERENCES

- [1] Walstra, P., Wouters, J.T.M., Geurts, T.J. (2006). Dairy Science and Technology. Second Edition. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- [2] Guo, M. Wang, G. (2016). Milk protein polymer and its application in environmentally safe adhesives. *Polymers*, 8(9), 324.
- [3] Habenicht, G. (2009). Kleben - Grundlagen, Technologien, Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin.
- [4] Atamer, Z., Post, A.E., Schubert, T., Holder, A., Boom, R.M., Hinrichs, J. (2017). Bovine β -casein: Isolation, properties and functionality. A review. *International Dairy Journal*, 66, 115-125.
- [5] Thienel, K.J.F., Holder, A., Schubert, T., Boom, R.M., Hinrichs, J., Atamer, Z. (2018). Fractionation

- of milk proteins on pilot scale with particular focus on β -casein. *International Dairy Journal*, 79, 73-77.
- [6] Audic, J.L., Chaufer, B., Daufi, G. (2003). Non-food applications of milk components and dairy co-products: A review. *Lait*, 417-438.
- [7] Sutermeister, E., Brühl, E. (1932). Das Kasein: Chemie und technische Verwertung, Aichstetten, Kremer Reprint.
- [8] U.S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory & University of Wisconsin, M. (1967). Casein glues: their manufacture, preparation, and application, U.S. Department of Agriculture, U.S. Forest Service Research Note FPL-0158.
- [9] United States Tariff Commission (1926). Casein: Report of the United States Tariff Commission to the President of the United States.
- [10] VLB Berlin, Forschungsinstitut für Maschinen- und Verpackungstechnik & Wenk, G. (2010). Abloeseverhalten von Getraenkeflaschen-Etiketten aus Papier, Berlin.
- [11] Lüttgen, C. (1953) Die Technologie der Klebstoffe, Berlin-Wilmersdorf, Wilhelm Pansegrau Verlag.
- [12] Broich, L., Herlfterkamp, B., Onusseit, H. (1992a) Wasserhaltiger Klebstoff auf Basis von Casein EP 0 597 920 B1.
- [13] Corwin, J.F. White, R.C. (1941) Bottle Labeling Adhesive US2351109.
- [14] Koerzendoerfer, A., Noebel, S., Hinrichs, J. (2017). Particle formation induced by sonication during yogurt fermentation e impact of exopolysaccharide-producing starter cultures on physical properties. *Food Research International*, 97, 170-177.
- [15] Schaefer, J., Schubert, T., Atamer, Z. (2019). Pilot-scale b-casein depletion from micellar casein via cold microfiltration in diafiltration mode. *International Dairy Journal*, 97, 222-229.
- [16] Schubert, T., Ergin, I., Panetta, F., Hinrichs, J., Atamer, Z. (2021). Application of a temperature-controlled decanter centrifuge for the fractionation of α_s -, b- and k-casein on pilot scale. *International Dairy Journal*, 122, 105148.
- [17] Law, A.J.R., Leaver, J. (2007). Methods of extracting casein fractions from milk and caseinates and production of novel products. WO patent 2003003847.
- [18] Post, A.E., Hinrichs, J. (2011). Large-scale isolation of food-grade β -casein. *Milchwissenschaft*, 66, 361-364.
- [19] Post, A.E., Ebert, M., Hinrichs, J. (2009). β -casein as a bioactive precursor-Processing for purification. *Australian Journal of Dairy Technology*, 64, 84-88.
- [20] Broyard, C., Gaucheron, F. (2015). Modifications of structures and functions of caseins: A scientific and technological challenge. *Dairy Science & Technology*, 95, 831-862.
- [21] Korhonen, H.J. (2009). Bioactive milk proteins and peptides: From science to functional applications. *Australian Journal of Dairy Technology*, 64, 16-25.
- [22] Strube, O.I., Rüdiger, A.A., Bremser, W. (2015). Buildup of biobased adhesive layers by enzymatically controlled deposition on the example of casein. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 63, 9-13.
- [23] Schubert, T., Meric, A., Boom, R., Hinrichs, J., Atamer, Z. (2018). Application of a decanter centrifuge for casein fractionation on pilot scale: Effect of operational parameters on total solid, purity and yield in solid discharge. *International Dairy Journal*, 84, 6-14.
- [24] Holder, A. (2014). Cross-flow electro membrane filtration for the fractionation of dairy-based functional peptides (Dissertation). Stuttgart, Germany: University of Hohenheim, Verlag Dr. Hut.
- [25] Patent No: US5455066 (1995), Broich, L; Herlfterkamp, B.; Onusseit, H: Water-containing adhesive based on casein. USA.
- [26] Patent No: CN103333657 A (2013). Ben: Natural environmental-friendly low-conductivity casein glue and production method thereof. China.
- [27] Bacigalupe, A., Fernández Solarte, A.M., Fernández, M.A., Torres Sánchez, R.M., Eisenberg, P., Escobar, M.M. (2017). Bio-adhesives from soy protein concentrate and montmorillonite: Rheological and thermal behaviour. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 77, 35-40.
- [28] Liu, Y., Li, K. (2007). Development and characterization of adhesives from soy protein for bonding wood. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 27(1), 59-67.
- [29] Khosravi, S., Khabbaz, F., Nordqvist, P., Johansson, M. (2010). Protein-based adhesives for particleboards. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 275-283.
- [30] Kessler, A., Menéndez-Aguirre, O., Hinrichs, J., Stubenrauch, C., Weiss, J. (2013). Properties of an α_s -casein-rich casein fraction: Influence of dialysis on surface properties, miscibility, and micelle formation. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 5575-5590.
- [31] Kessler, A., Menéndez-Aguirre, O., Hinrichs, J., Stubenrauch, C., Weiss, J. (2014). α_s -Casein-PE6400 mixtures: Surface properties, miscibility and self-assembly. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 118, 49-56.
- [32] Chen, H., Xu, Z., Mo, J., Lyu, Y., Tang, X., Shen, X. (2017). Effects of guar gum on adhesion properties of soybean protein isolate onto porcine bones. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 75, 124-131.
- [33] Ling, Z., Hori, N., Iwata, T., Takemura, A. (2015). In-situ analysis of chemical structure of API adhesive using FT-NIR spectroscopy. *Journal of The Adhesion Society of Japan*, 51(S1), 322-331.
- [34] Liu, H., Li, C., Sun, X.S. (2017). Soy-oil-based waterborne polyurethane improved wet strength of soy protein adhesives on wood. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 73, 66-74.
- [35] Allen, S.W. (1920). Glues used in airplane parts. Committee, National Advisory Aeronautics, 189, 1-28.
- [36] Patel, J.P., Xiang, Z.G., Hsu, S.L., Schoch, A.B., Carleen, S.A., Matsumoto, D. (2017). Characterization of the crosslinking reaction in high performance adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 78, 256-262.

- [37] ASTM D4300-01 (2013). Standard test methods for ability of adhesive films to support or resist the growth of fungi.
- [38] Xu, L.C., Siedlecki, C.A. (2007). Effects of surface wettability and contact time on protein adhesion to biomaterial surfaces. *Biomaterials*, 28(22), 3273-3283.
- [39] Zheng, S., Ashcroft, I.A. (2005). A depth sensing indentation study of the hardness and modulus of adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 25(1), 67-76.
- [40] Sakaguchi, Y., Kosaka, N., Hori, N., Iwata, T., Takemura, A., Harada, E. (2011). Rheological analysis of the adhesion surface with a scanning probe microscope (SPM). *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 31(1), 1-8.
- [41] ISO 11339 (2010). Adhesives-T-peel test for flexible-to-flexible bonded assemblies.
- [42] ISO 9653 (1998). Adhesives-Test method for shear impact strength of adhesive bonds.
- [43] ISO 4587 (2003). Adhesives-Determination of tensile lap-shear strength of rigid-to-rigid bonded assemblies.
- [44] Umemura, K., Inoue, A., Kawai, S. (2003). Development of new natural polymer-based wood adhesives I: Dry bond strength and water resistance of konjac glucomannan, chitosan, and their composites. *Journal of Wood Science*, 49(3), 221-226.
-

Effect of Production Method and Temperature on Quality Characteristics of Shalgam Beverages during Storage

Hasan Tangüler¹ , Selin Özge Dinç²  ✉, Gülbahar Ekenel¹ , Dilay Asena Aytekin¹ 
Cansu Şimşek¹ , Hatice Ataklı¹ 

¹ Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Niğde, Turkey

² Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale School of Applied Sciences, Department of Food Technology, Çanakkale, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 11.11.2021, Accepted (Kabul Tarihi): 02.02.2022

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): selinozge.dinc@comu.edu.tr (S.Ö. Dinç)

☎ +90 286 218 00 18/16109 📠 +90 286 218 25 05

ABSTRACT

Shalgam has been a fermented beverage produced in high amounts and consumed widely in Turkey in recent years. Despite its potential, there is no specific processing method or temperature for the production of shalgam beverages. Therefore, in this study, some changes in shalgam obtained by using two production processes (conventional and rapid processes) at 25 and 35°C were monitored during 4 months of storage. In particular, changes in color values that might affect product quality and attractiveness were influenced by production method, temperature and storage time. The highest a* and b* color values were found in samples produced by using the rapid process at 25°C (5.61 and 0.12, respectively) while the lowest values were found in those manufactured by the conventional method at 35°C. The L* values of beverages changed by storage time. In addition, while the content of anthocyanins decreased by storage time, the content of total antioxidants increased. Additionally, when production temperatures were compared, total aerobic mesophilic bacteria counts in shalgam beverages were higher at 35°C than 25°C. All samples produced at two different temperatures and with two different methods showed a decrease in the number of lactic acid bacteria at the end of storage time. Considering all the changes, it could be concluded that it would be inappropriate to store shalgam beverages at room temperature for 4 months or longer without using any heat treatment or preservative.

Keywords: Shalgam beverages, Storage, Different production methods, Temperature, Quality

Şalgam Suyunun Depolanması Sırasındaki Kalite Özellikleri Üzerine Üretim Yöntemi ve Sıcaklığının Etkisi

ÖZ

Şalgam suyu, son dönemde yüksek üretim ve tüketim potansiyeline sahip fermente bir Türk içeceği. Bu potansiyele rağmen şalgam suyunun üretimi için belirli bir sistem ve sıcaklık yoktur. Bu nedenle bu çalışmada, 25 ve 35°C'de iki üretim prosesi (geleneksel ve hızlı prosesler) kullanılarak elde edilen şalgam sularında 4 aylık depolama süresince meydana gelen bazı değişimler tartışılmıştır. Özellikle kalite ve çekiciliği etkileyen renk değerlerindeki değişimler üretim yöntemi, sıcaklık ve depolamadan etkilenmiştir. En yüksek a* ve b* değerleri, hızlı proses kullanılarak 25°C'de (sırasıyla 5.61 ve 0.12) üretilen numunelerde bulunurken, en düşük değerler 35°C'de geleneksel yöntemle elde edilenlerde bulunmuştur. L* değeri depolama ile değişim göstermiştir. Ayrıca depolama ile antosiyanin miktarı azalırken toplam antioksidan miktarı artmıştır. Ek olarak, sıcaklıklar karşılaştırıldığında, şalgam suyu 35°C'de genel olarak daha yüksek toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı göstermiştir. İki farklı sıcaklıkta ve iki farklı yöntemle

üretilen tüm numunelerde, depolama sonunda laktik asit bakteri sayısında azalma gözlenmiştir. Tüm değişiklikler göz önüne alındığında, şalgam suyunun herhangi bir ısıtma işlemi veya koruyucu madde kullanılmadan 4 ay veya daha uzun süre oda koşullarında saklanması uygun olmayacağı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Şalgam suyu, Depolama, Farklı üretim yöntemleri, Sıcaklık, Kalite

INTRODUCTION

Shalgam beverages are turbid fermented drinks with a red/purple color and a sour taste generated by the action of lactic acid bacteria (LAB) and to a lesser extent yeast [1]. It was defined with the regulation made in the standard regarding shalgam beverages Anonymous [2] in 2003. According to this standard, it is produced as follows. To the extract obtained by mixing bulgur flour, sourdough, drinking water and cooking salt, and subjecting it to lactic acid fermentation, with the purple/black carrot and if desired turnip radish is mixed. The mixture is then subjected to lactic acid fermentation. It is a beverage prepared by adding hot pepper powder to the product obtained and making it durable by heat treatment if desired [2]. Besides the protective properties of lactic acid formed as a result of lactic acid fermentation in shalgam beverages [3]; lactic acid has properties that include adding flavor and aroma to shalgam beverages, easing digestion, controlling the pH of the digestive system, and allowing the body to more absorb some minerals [4, 5].

The history of shalgam beverages production is very old, and until today, it is produced and consumed in small quantities in small workshops, under stairs and family-type enterprises or directly for households [4]. Shalgam beverages are produced and consumed intensively in the southern provinces of our country such as Adana and Mersin and the districts of these provinces. In addition, its consumption has spread throughout the country in recent years and even exceeding the borders of the country, it has become a product that is consumed in some European capitals especially where Turkish origin people have a dense population [6, 7]. However, there is no standard technique for the production technique of this fermented beverage, which has become extremely popular. However, shalgam beverages production is commercially made by the conventional process and fast process without fermentation of dough [1].

Various factors affect the completion and duration of fermentation in shalgam beverages production. Although the microflora in the environment and the chemical composition of the raw materials are important parameters affecting the fermentation, the most important parameter is the fermentation temperature [6]. Studies on shalgam beverages production have gained momentum in recent years, but there are still important points to be emphasized. Especially, shalgam beverages have a limited shelf life and changes in shalgam beverages during storage have not been studied much. For this reason, in this present research, some changes in shalgam samples obtained at 25°C and 35°C temperatures by using 2 different methods and storage were emphasized.

MATERIALS and METHODS

In the manufacture of beverages, "black/purple carrot, turnip radish, bulgur flour (setik), bread yeast, rock-salt, and water" were utilized and these ingredients were bought from the local market in Niğde (Turkey).

Shalgam Beverage Production

Shalgam samples were manufactured by two methods which "conventional method" and "fast method" and two different temperatures. Shalgam beverage production by the conventional process was carried out according to Canbaş and Deryaoğlu [4] with some modification. In brief, 3% bulgur flour, 0.2% salt, and 0.2% yeast mixture were added to drinking water and then kneaded until the dough was brought to consistency. The obtained dough was allowed to ferment in 25 liters of plastic drums at 25°C. The first fermentation was carried out for 3 days. The dough was extracted 4 times with water at the end of the process. Liquid from the first fermentation was transferred into a second fermentation tank for main fermentation also known as carrot fermentation. 15% cleaned and chopped black carrots, 1% salt and 1% chopped turnips were added. After this, the fermentation tank was filled with distilled water. The fermentation tank was closed and fermentation was done at 25°C and 35°C (Figure 1). In the fast process, the first fermentation is not carried out. In brief, 3% bulgur flour, 1% chopped turnip radish, 15% chopped black carrot, 1.2% salt, 0.2% press baker's yeast and water were added to the plastic drums and then fermented in incubators with the temperature set to 25 and 35°C [6] (Figure 2).

All fermentations were followed by measuring titration acidity (TA). The fermentations were terminated when the minimum concentration of TA (6 g/L) needed to be found in the fermented shalgam beverages according to Anonymous [2] was reached. After production, each of the shalgam beverages was left at +4°C for one day. At the end of the time, it was filtered and transferred to bottles. Bottled samples were divided into two parts and the first group was taken to +4°C for zeroth (0th) day analysis, the second part was taken to the fermentation room for the 4th-month analysis and stored at fermentation room for 4 months. Regular minimum and maximum temperature measurements were taken during storage, and storage was carried out at a temperature of 25±3°C. Chemical, sensory analyzes and microbiological counts were made in the manufactured shalgam beverages on the 0th day of storage and 4th month of storage, and the changes that occurred at the end of storage in shalgam beverages were produced at different temperatures and with different methods were examined. Thus, the changes in

shalgam beverages produced by different production methods on the limited shelf life of shalgam beverages,

which is the most important problem for shalgam beverages producers today, were focused on.

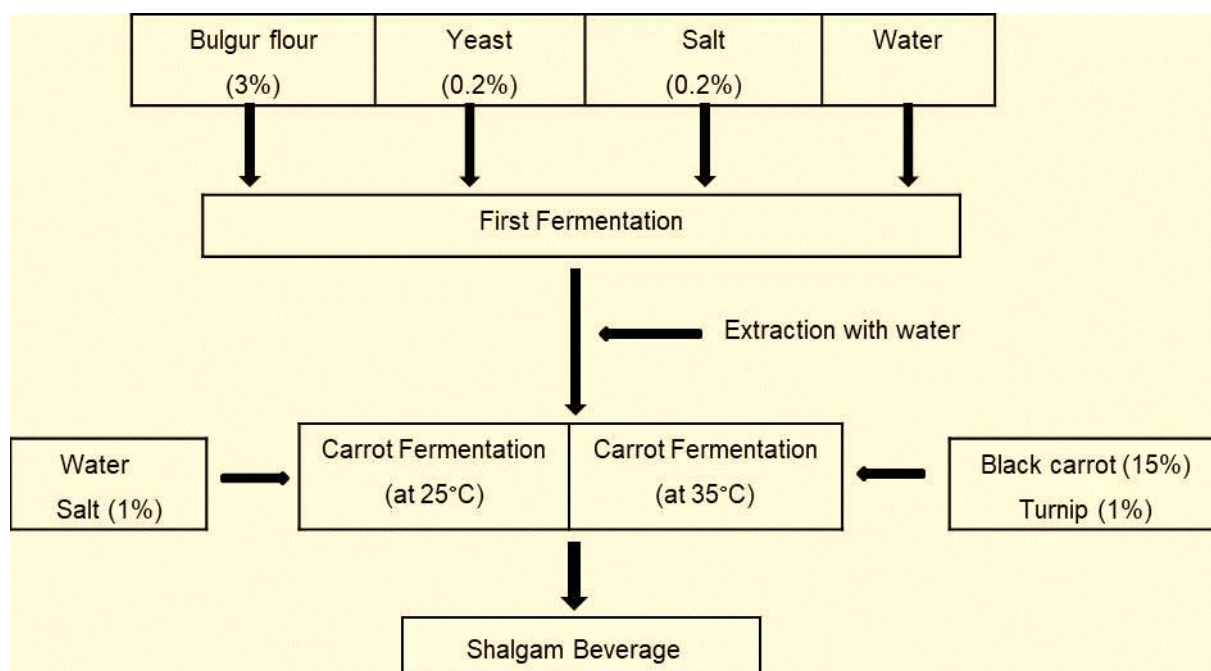


Figure 1. Shalgam beverage production by conventional process

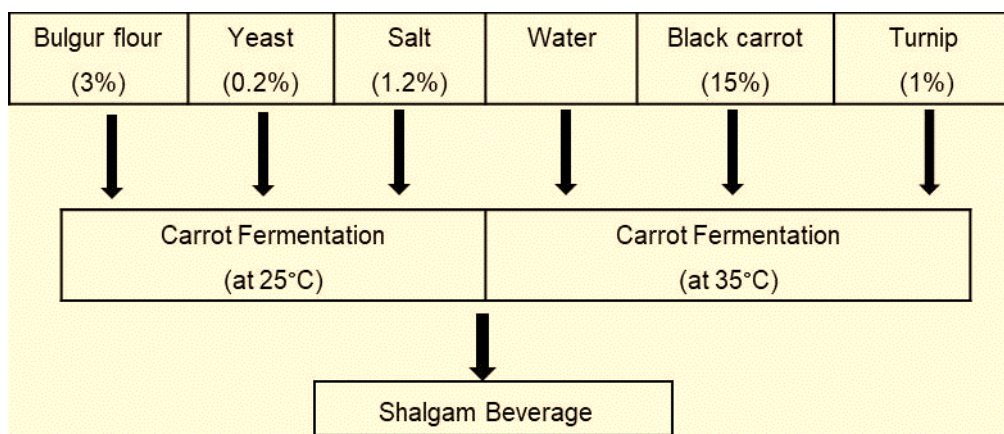


Figure 2. Shalgam beverage production by rapid process

Chemical Analyses

pH was determined directly by using a pH meter (Inolab, Weilheim, Germany). Titratable acidity values were determined by titrating shalgam beverages sample up to pH 8.1 with 0.1 N sodium hydroxide and expressed as g lactic acid/L [6, 8, 9]. The concentration of sugar remaining in shalgams was determined using the phenol-sulfuric acid method [14]. Salt in shalgam beverages was defined by titration with 0.1 N AgNO₃ solution [9]. The dry solid and ash were determined according to AOAC [8].

The total anthocyanin amount was analyzed by Spectrophotometric (Shimadzu UV1201, Kyoto, Japan) methods and expressed as cyanidin-3-glycoside at 510 and 700 nm absorbance values [10, 11]. Antioxidant capacity analyses were carried out by DPPH way

Klimczak et al. [12] with some modifications. 100 µL of the sample was taken for analysis, 3 mL of DPPH was used. The determined absorbances were measured at 515 nm in a spectrophotometer (Perkin-Elmer, 300 UV/VIS, Massachusetts, USA, 2005). Determined results are given in %.

Color values were determined by direct measurements of absorbances at three different nm ("420 nm, 520 nm and 620 nm") in the spectrophotometer and calculations made from these measurements. The color intensity (CI) value was obtained by summing all absorbance values (CI = 420 nm + 520 nm + 620 nm). Tint was obtained by dividing the OY₄₂₀ absorbance value by the OY₅₂₀ absorbance value [13]. Color composition expressed as %; OY₄₂₀% is yellow, OY₅₂₀% is red, OY₆₂₀% is blue and also dA% is brightness [13]. The color index was determined according to Canbaş and Fenercioğlu [14].

In determining the color values of shalgam beverages samples, the Hunter lab color measuring device was used and results were obtained as international L*, a* and b* systems [15].

Microbiological Analyses

Plate Count Agar (PCA, Merck, 1.05463, Darmstadt, Germany), Potato Dextrose Agar (PDA, Merck, 1.10130, Germany) and de Man, Rogosa and Sharpe Agar (MRS, Merck, 1.0660, AG, Darmstadt, Germany) medium were used for microbiological analysis. After processing with two different methods (start of storage, day 0) and storing for 4 months, microbial analysis as total aerobic mesophilic bacteria (TAMB) count, total yeasts (TM) count and lactic acid bacteria (LAB) count were conducted on shalgam beverages samples. Both conventional process and fast process samples were plated in PCA for TAMB count, MRS agar for LAB count and PDA for TM count. PCA plate was incubated at 30°C for 48 h in aerobic condition [16, 17]. MRS plates were incubated at 30°C for 72 h in anaerobic conditions [18, 19] and PDA plates were incubated at 25°C for 5 days in aerobic conditions.

Sensory Analyses

Sensory analyses were performed with shalgam beverages samples that were produced by a conventional and fast process which were at two different temperatures at 25°C and 35°C. Since there was no suitable sensory analysis evaluations form that shalgam beverage, the sensory analysis form from Altuğ [20] was used. The form was evaluated in the case of color, smell, flavor and taste. Samples were coded by four digits and 7 panelists joined to analyses. Sensory evaluation was ranked on a ten-point scale.

Statistical Analysis

One-way analysis of variance is used to determine the statistical significance of the data (ANOVA). Duncan's test was used to compare means in statistical analysis using the program SPSS 10.0 for Windows.

RESULTS and DISCUSSION

Results of Chemical Analyses

Chemical analysis results of shalgam samples produced with separate temperatures and methods are shown in Tables 1 and 2. pH value by conventional process, was determined as 3.51 for samples produced at 25°C and 3.54 for samples produced at 35°C. Results after storage were determined as 3.46 and 3.50, respectively. According to the results obtained despite a decrease in pH, generally, this change was not found statistically significant ($p \geq 0.05$). According to Anonymous [2] and many research, it was found that the pH value of shalgam beverages without storage is between 3.30 and 3.80 [5, 14, 21-29] so research result for initial pH value was parallel with these studies. With the fast process, it was determined as 3.58 for samples produced at 25°C

and 3.50 for samples produced at 35°C. Results after storage were determined as 3.55 and 3.48, respectively. Although there have not been any studies about the storage effect on pH at shalgam beverages, the pH value of shalgam beverages at fourth-month storage was parallel with the Turkish codex.

On day 0 of storage, the total acidity of shalgam beverages was determined as 6.76 and 6.51 g/L for samples produced by the conventional process (for 25°C and 35°C, respectively), while 6.23 and 6.55 g/L for samples produced by the fast process. It can be said that the reason is that in the conventional process, dough fermentation was carried out initially. After 4 months of storage, the values decreased to 4.85 g/L and 4.09 g/L for the conventional process, 3.54 and 4.72 g/L for the fast process (25°C and 35°C, respectively). This is thought to be due to the activity of wild yeasts that can be found in shalgam beverages. As a result, generally, the production method and production temperature were statistically significant on the total acidity of shalgam beverages ($p \leq 0.05$). When the results of the analysis of shalgam beverages were compared at the before storage and fourth months, total acidity values decreased significantly due to storage ($p \leq 0.05$). The results were consistent with the results obtained in other studies [1, 21-23, 25, 26, 28, 29].

According to the findings, storage increased dry matter content slightly, but the difference was not statistically significant ($p \geq 0.05$). Other studies have indicated that the dry matter content of shalgam beverages is about 2%, which is consistent with our findings [1, 14, 21]. In addition, the salt content of shalgam beverages in all samples was found between 9.36 g/L and 11.70 g/L, this result is similar to Tanguler [1] but lower than the salt content reported in other studies [14, 21, 22]. According to Shalgam Beverages Standard [30], salt in shalgam beverages is limited to 20 g/L in terms of dry matter. The amount of salt obtained in the study complies with the limit values specified in the TS Standard. Ash content changes were determined as % and the results were found to be statistically insignificant ($p \geq 0.05$). According to Shalgam Beverages Standard [30], the amount of ash should be below 15 g/L in terms of dry matter [2]. The amount of ash determined in the study is compatible with the values reported by Tanguler [1], while it is lower than the values reported by Anonymous [2], Deryaoğlu [21], Cırak et al. [23] and Utuş [27].

The highest total sugar amount was determined in the experiments conducted both before and after storage at 35°C in shalgams obtained by both production methods. The total amount of sugar before storage was found to be slightly higher in shalgams obtained by the conventional process. However, it is slightly higher with increasing fermentation temperature. According to the results, the production method, production temperature and storage time were found to be statistically significant on the total sugar amount. Deryaoğlu [21] stated that there was no sugar in the shalgam beverages samples. However, Güneş [31] reported that the total sugar amount was between 0.255-0.288 g/L, Utuş [27] found that the total sugar amount was between 0.09-0.2 g/L.

The results obtained were higher than the amount of sugar determined in the previous studies [21, 27, 31]. It can be said that the most important reason for this is the

termination of fermentation when the minimum TA (6 g/L) concentration required in fermented shalgam beverages is reached.

Table 1. Chemical analysis results of shalgam beverages before storage

	Conventional Process		Fast Process	
	25°C	35°C	25°C	35°C
pH	3.51±0.05 ^a	3.54±0.09 ^a	3.58±0.07 ^a	3.50±0.02 ^b
Total acidity (%) ^a	6.76±0.33 ^a	6.51±0.43 ^a	6.23±0.12 ^b	6.55±0.13 ^a
Dry matter (%)	2.06±0.09 ^a	1.91±0.02 ^b	1.72±0.30 ^a	1.97±0.17 ^a
Salt (g/L)	9.50±1.03 ^a	9.36±0.83 ^a	9.65±2.07 ^a	9.50±1.86 ^a
Ash content (%)	1.26±0.15 ^a	1.20±0.05 ^a	1.40±0.10 ^a	1.31±0.13 ^a
Total sugar (g/L)	0.62±0.03 ^a	0.65±0.07 ^a	0.51±0.01 ^b	0.58±0.01 ^a
Total anthocyanin (mg/L)	44.04±13.61 ^a	38.63±2.13 ^a	35.02±5.53 ^a	40.51±1.17 ^a
Color intensity	1.27±0.31 ^a	1.27±0.52 ^a	1.25±0.32 ^a	0.96±0.18 ^a
Color composition				
OY ₄₂₀ (%)	31.10±1.59 ^a	30.82±2.46 ^a	30.56±1.83 ^a	29.10±0.71 ^a
OY ₅₂₀ (%)	56.25±5.03 ^a	56.37±6.83 ^a	57.01±4.42 ^a	60.41±1.10 ^a
OY ₆₂₀ (%)	12.64±3.44 ^a	12.80±4.37 ^a	12.41±2.59 ^a	10.48±0.39 ^a
dA (%)	21.6±15.98 ^a	21.35±21.71 ^a	24.15±13.65 ^a	34.5±2.97 ^a
Color tone	0.55±0.08 ^a	0.55±0.11 ^a	0.53±0.07 ^a	0.48±0.02 ^a
Color index	70.72±11.00 ^a	70.02±20.61 ^a	71.12±12.55 ^a	58.50±11.81 ^a
Antioxidant (mol TE/mL)	43.16±5.89 ^a	36.70±1.94 ^a	43.37±0.77 ^a	42.29±0.65 ^a
L*	14.01±0.19 ^a	13.56±0.03 ^b	14.46±0.76 ^a	13.94±0.64 ^a
a*	4.91±0.67 ^a	3.62±0.22 ^b	5.61±1.70 ^a	5.55±1.21 ^a
b*	-0.85±0.08 ^a	-1.05±0.12 ^b	0.12±1.10 ^a	-0.55±0.34 ^a

^a: as lactic acid, values with different superscripts (a* and b*) indicate statistically significant differences. The effect of temperature is shown in the table statistically. Statistics on the impact of storage and production methods were made, but the data were not shown in the table.

Table 2. Chemical analysis results of shalgam beverages for after storage for 4 months

	Conventional Process		Fast Process	
	25°C	35°C	25°C	35°C
pH	3.46±0.03 ^a	3.50±0.08 ^a	3.55±0.06 ^a	3.48±0.02 ^a
Total acidity (%) ^a	4.85±0.19 ^a	4.09±1.15 ^a	3.54±0.73 ^b	4.72±0.19 ^a
Dry matter (%)	2.23±0.01 ^a	2.38±0.18 ^a	2.09±0.26 ^a	2.16±0.04 ^a
Salt (g/L)	10.67±1.45 ^a	10.52±0.82 ^a	11.70±0.00 ^a	10.67±1.03 ^a
Ash content (%)	1.29±0.08 ^a	1.13±0.14 ^a	1.30±0.11 ^a	1.27±0.03 ^a
Total sugar (g/L)	0.39±0.00 ^b	0.45±0.05 ^a	0.33±0.02 ^b	0.36±0.01 ^a
Total anthocyanin (mg/L)	21.27±0.96 ^a	25.63±5.63 ^a	20.36±2.01 ^a	11.35±0.53 ^b
Color intensity	1.25±0.14 ^a	1.04±0.14 ^a	0.88±0.00 ^a	1.06±0.17 ^a
Color composition				
OY ₄₂₀ (%)	30.81±0.05 ^a	30.27±0.54 ^a	28.38±0.67 ^b	30.29±1.35 ^a
OY ₅₂₀ (%)	46.02±8.97 ^a	55.85±1.12 ^a	60.44±0.63 ^a	55.05±5.65 ^a
OY ₆₂₀ (%)	16.14±0.89 ^a	13.86±0.58 ^b	9.98±1.71 ^a	14.65±4.30 ^a
dA (%)	11.45±3.32 ^a	20.95±3.61 ^b	34.55±1.77 ^a	17.45±18.74 ^a
Color tone	0.58±0.01 ^a	0.54±0.02 ^a	0.46±0.02 ^a	0.55±0.08 ^a
Color index	66.47±6.19 ^a	58.52±8.87 ^a	53.65±0.64 ^b	57.87±3.43 ^a
Antioxidant (mol TE/mL)	46.20±6.97 ^a	50.40±7.14 ^a	56.59±0.51 ^a	49.09±1.03 ^b
L*	15.27±0.26 ^a	15.51±0.79 ^a	16.89±1.24 ^a	14.62±0.11 ^b
a*	5.18±2.56 ^a	8.28±2.28 ^a	13.24±3.68 ^a	3.63±1.77 ^b
b*	-0.56±0.01 ^b	0.93±0.85 ^a	2.65±1.21 ^a	-0.39±0.50 ^b

^a: as lactic acid, values with different superscripts (a* and b*) indicate statistically significant differences. The effect of temperature is shown in the table statistically. Statistics on the impact of storage and production methods were made, but the data were not shown in the table.

Total anthocyanin amounts in the before storage results were determined between 35 and 44 mg/L, and the highest value was obtained in products obtained by the conventional process. The amount of anthocyanin in shalgam beverages, in terms of cyanidin-3-glycoside, was stated by other studies to be between 88.3-158 mg/L [26, 31, 32, 33]. When the analysis results are compared with other studies, it was observed that the

amount of anthocyanin was slightly lower than other research results. The decrease in the total amount of anthocyanin obtained after 4 months of storage of shalgam beverages samples is statistically significant (p≤0.05). In a study on mulberry wine stored for 1, 3 and 12 months, it was reported that co-pigmented and polymericocyanins in mulberry wine increased, and monomeric anthocyanins decreased from 83.37% to

48.63% [34]. Similarly, Mazza et al. [35] stated that during the storage of bottled wines, anthocyanins were gradually reduced, possibly due to polymerization reactions. In a study on the amount and change of anthocyanin in high-temperature wine grapes, it was reported that the decrease in anthocyanin amount may not only be due to the decrease of anthocyanin biosynthesis but also by many factors such as chemical and enzymatic degradation [36]. Besides, in a study investigating the effect of microbial load in fruits on anthocyanin degradation in natural fruit juices, a correlation was observed between the kinetics of anthocyanin oxidation and microbial growth in acai [37]. As a result, changes in anthocyanin content can be observed in beverages produced from colored fruits and vegetables depending on the chemical, enzymatic and microbial activities.

In shalgam beverages produced by both methods, a decrease in color density values was observed with storage. OY_{420} (%) values before storage were determined between 29.1 and 31.1, and a decrease in OY_{420} (%) values was determined with increasing temperature or storage in the samples produced by both methods. In addition, higher values were determined at both temperatures in conventional processes. While the results obtained are compatible with the shalgam beverages produced using two different temperatures (10-22°C) [38], they are inconsistent with the results reported by Utuş [27]. OY_{520} (%) values expressing the red color were found to be higher in samples produced with the fast process method before and after storage. The highest values were determined as 60.41% (fast process-35°C) before storage and 60.44% (fast process-25°C) after storage. Moreover, while the red color value increased with fermentation temperature in both methods, it generally decreased with storage. The value of OY_{620} (%) represents the blueness and it was determined between 10.48-12.8 (%) before storage and 9.98-16.14 after storage. On the other hand, higher results were obtained in production with the conventional processes. The color tone values were determined between 0.46-0.58, and higher results were obtained before and after storage in the products obtained by the conventional processes. Color index values generally decreased with increasing temperature. It was found between 58.5-71.12 before storage and 53.65 after storage. In addition, the color index values decreased after 4 months of storage. Utuş [27] found that the color intensity value in shalgam beverages production using different sizes of black carrots was 1.43 the highest, while the lowest value was 1.33. Tanguler [1] reported in his study on filtered and unfiltered shalgam beverages samples that the color intensity decreased in unfiltered and filtered control samples stored at 20°C after 6 months of storage. When the color intensity values are compared with the studies performed, at the end of the storage, they showed similarity with Tanguler [1] and showed a decrease in general. Deryaoğlu [21] stated that the color index of shalgam beverages samples varied between 71 and 131. Tanguler [1] found the color index as 96.55 in the unfiltered sample stored at 20°C and 101 in the filtered sample. Canbaş and Fenercioğlu [14] stated in their

study on shalgam beverages samples that the color index ranged between 31 and 100. Tanguler [1] and Deryaoğlu [21] recorded higher color index values, while Canbaş and Fenercioğlu [14] reported similar results. The color indices of the shalgam beverages prepared using both methods decreased after 4 months of storage, indicating that the samples had lost color. As a result of the experiments conducted in parallel, differences were observed in the results of color intensity, tint, color composition (OY_{420} %) and dA% value and were determined to be statistically significant ($p \leq 0.05$). Whereas, among the color composition parameters the changes in red (OY_{520} %) and blue (OY_{620} %), and color index results were statistically insignificant ($p \geq 0.05$). Each color intensity, tint, OY_{420} and OY_{620} value was found higher in shalgams obtained by the conventional process. However, a decrease was observed in color intensity, OY_{420} % and color index samples in all trials with storage.

The highest total antioxidant amount in shalgams obtained at 25 and 35°C by both methods was obtained in shalgams obtained at 25°C by fast process (43.37 mol TE/mL) and the lowest (36.7 mol TE/mL) produced by the conventional process at 35°C. Total antioxidants were found to be higher in shalgams obtained by the fast process, and the total antioxidant decreased in both methods with increasing temperature. In addition, it was identified that the total amount of antioxidants increased with storage. Furthermore, storage had a statistically important impact on the total amount of antioxidants ($p \leq 0.05$). Öztan [24] determined the antioxidant value of shalgam beverages before storage as 33.57 Trolox equivalents by DPPH radical capture method. Başer [39] conducted antioxidant capacity analyses on 11 different commercial shalgam beverages before storage using 3 different methods (DPPH, ABTS and FRAP). Antioxidant capacity amounts in shalgam beverages were found as 2.43-4.36 mol TE/mL with the ABTS method, while it was determined between 3.53-5.96 mol TE/mL with DPPH and 2.01-3.61 mol TE/mL with FRAP. Total antioxidant values are in harmony with the values determined by Öztan [24] and Başer [39]. In a study conducted to investigate the relationship between anthocyanins and the antioxidant capacity of mulberry wine stored for 1, 3 and 12 months, it was reported that anthocyanins decreased and antioxidant capacity increased with storage [34].

Determination of the colors of shalgam beverage samples using the international L^* , a^* and b^* system, objective measurements were made on the Hunter brand colorimeter and the results are shown in Tables 1 and 2. L^* value is related to lightness and can take different values between 0-100 according to the color measured. The a^* value gives the color red measured in the color range, the color measured in the negative color range green. Likewise, the color measured in the b^* positive value range gives yellow, while the color measured in the negative value range gives blue [15, 40]. The temperature has an impact on the L^* , a^* , and b^* values, and for the L^* value, while the brightness decreased at 35°C in the conventional process, it decreased even more at 25°C in the fast process.

However, the effect of L* value storage is statistically significant ($p \leq 0.05$). Bayram et al. [22] produced shalgam beverages using different amounts of carrots and evaluated the L*, a* and b* results before storage. In the study, while the L* (12.68) value of shalgam beverages containing 10% carrot was compatible with our results, a* and b* values differ. For the a* value, it was determined that the redness increased more at 35°C in the conventional process, while the redness value increased at 25°C in the fast process and the redness decreased as a result of storage at 35°C. The effects of storage, temperature and method on a* and b* values are statistically significant ($p \leq 0.05$). In a study, it was reported that anthocyanin, which gives its color to

shalgam beverages, undergoes acyl/nonacyl change and degradation with the effect of storage and temperature [41]. On the other hand, it may cause a change in color values due to changes in the acidity of microorganisms that are active in the environment during storage.

Results of Microbiological Analyses

The numbers of LAB, TMAB and TM were found in shalgams obtained by two methods at different temperatures and after 4 months of storage, and the values are given in Table 3.

Table 3. Microbiological analysis results of shalgam beverages

Methods	Before Storage			
	Temperature	TM (log cfu/mL)	LAB (log cfu/mL)	TAMB (log cfu/mL)
Conventional Process	25°C	5.90	8.40	4.49
	35°C	6.20	7.13	6.30
Fast Process	25°C	7.19	8.29	6.11
	35°C	6.46	7.80	6.37
After Storage				
Conventional Process	25°C	3.49	6.13	6.22
	35°C	3.74	6.37	6.44
Fast Process	25°C	3.73	6.26	4.08
	35°C	3.29	6.59	4.88

While the number of TAMB in samples produced by the conventional process at 25°C was 4.49 log cfu/mL, the same temperature was found to be 6.11 log cfu/mL in the fast process. The results for samples produced at 35°C are 6.30 log cfu/mL and 6.37 log cfu/mL, respectively. Moreover, when temperatures were compared shalgam beverages at 35°C showed generally higher TAMB counts. According to Anonymous [30] the number of TMAB in shalgam beverages ready for consumption should be between 1.0×10^4 - 1.0×10^5 cfu/mL [2]. In a study conducted by Çankaya [38] TMAB number was found between 7.87 and 8.09 log cfu/mL at the end of fermentation. Moreover, Aydar [42] found the number of TMAB in shalgam beverages between 2.8×10^7 - 2.0×10^7 cfu/g. The results were higher than Anonymous [2] and lower than Çankaya [38] and Aydar [42]. TAMB count results were found between 6.22 log cfu/mL and 6.44 log cfu/mL in samples produced by the conventional process and stored. The lowest values after storage were found as 4.08 log cfu/mL in samples produced by the fast process. Results are consistent with Tanguler [1], Yener [29] and Çakır [43].

The number of LAB at 25°C was determined as 8.40 log cfu/mL in the samples produced by the conventional process, while it was 8.29 log cfu/mL in the samples produced by the fast process. The results were determined as 7.13 log cfu/mL and 7.80 log cfu/mL, respectively, at 35°C. In some studies, the number of LAB in shalgam beverages obtained by the conventional process was found to be between 2.0×10^7 - 2.4×10^7 cfu/g [38, 42]. In another study performed using different methods and starter culture, they found the counts of

LAB in shalgam beverages between 7.43-7.74 log cfu/mL [44]. The lowest count results were found to be 6.13 log cfu/mL with the storage of samples produced at 25°C by the conventional process. It was determined as 6.59 log cfu/mL in samples produced and stored at 35°C of the fast method with the highest storage result. High temperature caused a slight decrease in LAB numbers. In previous studies, Öztürk [45] found that the LAB result in the analysis results of shalgam beverages ranged from 2.1×10^5 - 9.3×10^7 cfu/mL. Güneş [31] determined the result of LAB count as 7.60-8.95 log cfu/mL. Tanguler [1] determined the LAB count as 5.68 log cfu/mL. According to the 0-month analysis results, the LAB count was higher than Öztürk 2009 [45], it was compatible with Tanguler [1], Güneş [31] and the 4-month storage results were lower than these studies. The number of LABs in all samples produced with two different temperatures and two different methods decreased after storage.

The TM number (0 day of storage) was found to be 5.90 log cfu/mL in the conventional process and 6.20 log cfu/mL, while in the fast process 7.19 log and 6.46 log cfu/mL. No direct reducing or increasing effect of different temperature applications on TM number in shalgam beverages could be determined. When counting results were compared, higher TM results were observed before storage in samples produced by the fast process. According to the 0. day of storage analysis results, TM count was lower than Tanguler [1], Utuş [27], Güneş [31] and Çankaya [38], compatible with Öztürk [45] and lower than these studies in 4-month storage results. After 4 months of storage, the number of TMs decreased. While the lowest value was found in

samples obtained by the fast process at 35°C with 3.29 log cfu/mL, the highest value was obtained in shalgams produced with the conventional process at 35°C with 3.74 log cfu/mL.

Results of Sensory Analyses

Shalgam beverages produced by the conventional and fast process at different temperatures were evaluated on a scale of ten as color, taste and flavor, and taste. The sensory analyses results were shown in Table 4.

The color sensory analysis points among all 4 months stored shalgam beverages samples were in the range of 7.07-8.78 and the highest point owing to shalgam beverages that produced with the fast process at 35°C. For both conventional and fast processes, 35°C had higher color values. Different from color, shalgam beverages that were produced by the fast process at

25°C had the highest value on odor and flavor category. The sensory analyses points among odor and flavor were in the range of 6.21-7.67. Additionally, shalgam beverages produced with the conventional process at 35°C showed the highest value within the flavor analyses while the lowest value at 25°C. The range of taste points was 5.85-8.28. The most desirable example in terms of flavor is the one produced at 35°C in the fast process and then similarly at all samples, the most desirable samples after 4 months of storage were produced by both conventional and fast process at 35°C. Results revealed that shalgam beverages production with both conventional and fast processes can be used without any significant sensorial differences at 35°C. Besides, sensory analysis results according to panelists were not shown a significant difference in processing methods.

Table 4. Sensory analysis of shalgam beverages samples after storage for 4 months

Properties	Conventional Process		Fast Process	
	25°C	35°C	25°C	35°C
Color	8.07	8.5	7.07	8.78
Odor and Taste	6.21	7.5	7.67	7.46
Flavor	5.85	8.28	7.64	7.14

CONCLUSION

In this study, the effect of the storage process on the quality of shalgam beverages produced with different temperatures (25°C and 35°C) and two different methods (conventional and fast processing) was investigated. It was determined that the production method and temperature affect the total acidity, total sugar, a* and b* values. While the difference between the trials was observed in dA% value, color intensity, hue, OY₄₂₀ % and color composition; the changes in pH, ash, salt, color index, OY₅₂₀ % and OY₆₂₀ % are statistically insignificant. With storage in general; there were changes in dry matter, total anthocyanin, L*, total antioxidant amount. The number of TM and LAB decreased with storage in shalgam beverages produced with conventional and fast processing at 2 different temperatures. Considering the results of the sensory analysis obtained, it was determined that the most popular experiment in terms of odor and aroma was the sample of shalgam beverages produced with fast processing at 25°C and stored for 4 months. In the evaluation made in terms of taste, shalgam beverages produced at 35°C by the conventional process were the most appreciated trial. When the results are evaluated, it can be said that it would not be appropriate to store shalgam beverages in room conditions for 4 months or longer without using any heat treatment or preservatives. However, more detailed studies are needed on this subject.

REFERENCES

[1] Tanguler, H. (2010). Identification of predominant lactic acid bacteria isolated from salgam beverage and improvement of its production technique.

- Doctoral dissertation, Cukurova University, Institute of Natural and Applied Sciences, Adana, Turkey.
- [2] Anonymous, (2003). TS 11149 Turnip Juice Standard, Turkish Standardization Institute, Ankara, Turkey.
- [3] Özler, N., Kiliç, O. (1996). Research on the production of fermented turnip juices. *Gıda*, 21(5), 323-330.
- [4] Canbaş, A., Deryaoğlu, A. (1993). A research on the production technique and composition of turnip juice. *Doğa-Turkish Journal of Agricultural and Forestry*, 17, 119-129.
- [5] Özhan, N. (2000). Finding the Survival Time of *Escherichia coli* in Turnip Juice. M.Sc. Thesis. Mersin University, Institute of Science, Mersin, Turkey.
- [6] Erten, H., Tanguler, H., Canbaş, A. (2008). A traditional Turkish lactic acid fermented beverage: Shalgam (Salgam). *Food Reviews International*, 24(3), 352-359.
- [7] Erten, H., Tanguler, H. (2016). Shalgam (Salgam): a traditional Turkish lactic acid fermented beverage based on the black carrot. *Handbook of Vegetable Preservation and Processing*, Second Edition, CRC Press, 36, 841-849.
- [8] AOAC, (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. (K. HENRICH, editor), Vol: 1 and Vol:2, 15th Edn., Arlington, Virginia 22201 USA.
- [9] Cemeroğlu, B. (2007). Food Analysis, Food Technology Association Publications, 535.
- [10] Canbaş, A. (1983). Phenol compounds in wines and their analysis methods, Tekel Institutes, Publication number: Tekel 279 EM / OO3, Istanbul, 167.

- [11] Wrolstad, R.E. (1976). Color and pigment analyses in fruit products, Station Bulletin 624, Agricultural Experiment Station Oregon, Oregon State University, Corvallis.
- [12] Klimczak, I., Małecka, M., Szlachta, M., Gliszczynska-Świągło, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), 313-322.
- [13] Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Doneche, B. Lonvaud, A. (2000). Handbook of enology: Volume 1. The microbiology of wine and vinifications. Handbook of enology: Volume 1. The microbiology of wine and vinifications. John Wiley & Sons, England, 454.
- [14] Canbaş, A., Fenercioğlu, H. (1984). A research on red carrot juice. *Gıda*, 9(5), 279-286.
- [15] Hunter, R.S. (1975). The measurement of appearance. Jone Wiley & Sons. Inc., New York.
- [16] Halkman, K. (2005). Merck, Food Microbiology Applications. Basak Printhouse Ltd. Sti., Ankara. 358.
- [17] Özçelik, F., Yıldırım, M., İç, E. (2001). Purning of CO₂ from the brines to reduce bloater damage in cucumber fermentation. *Gıda*, 26(5), 323-329.
- [18] Gassem, M.A. (2002). A microbiological study of Sobia: a fermented beverage in the Western province of Saudi Arabia. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18(3), 173-177.
- [19] Muyanja, C.M.B.K., Narvhus, J.A., Treimo, J., Langsrud, T. (2003). Isolation, characterisation and identification of lactic acid bacteria from a Bushera: a Ugandan traditional fermented beverage. *International Journal of Food Microbiology*, 80(3), 201-210.
- [20] Altuğ, T. (1993). Sensory Test Techniques. Ege University Faculty of Engineering. Textbooks, Publication Number 28, İzmir, Turkey.
- [21] Deryaoğlu, A. (1990). A Research on the Processing Techniques and Characteristics of Shalgam Beverage. M.Sc. Thesis. Cukurova University, Institute of Natural and Applied Sciences, Adana, Turkey.
- [22] Bayram, M., Erdoğan, S., Esin, Y., Saraçoğlu, O., Kaya, C. (2014). Effect of black carrot quantity on composition and sensorial properties of turnip juice, shalgam. *Akademik Gıda*, 12(1), 29-34.
- [23] Cirak, M.A., Agirman, B., Erten, H. (2021). The chemical, microbiological and sensory characteristics of şalgam during the fermentation process. *Journal of Food Processing and Preservation*, e15440.
- [24] Öztan, T. (2006). Antioxidant Activities and Phenolic Substance Profile of Purple Carrot, its Concentrate, Shalgam Beverage, Pomegranate Juice and Sour Pomegranate Concentrate Products. M.Sc. Thesis. Istanbul Teknik University, Institute of Science, İstanbul, Turkey.
- [25] Tanguler, H., Gunes, G., Erten, H. (2014). Influence of addition of different amounts of black carrot (*Daucus carota*) on shalgam quality. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 12(2), 60-65.
- [26] Tanguler, H., Cankaya, A., Agcam, E., Uslu, H. (2021). Effect of temperature and production method on some quality parameters of fermented carrot juice (Shalgam). *Food Bioscience*, 100973.
- [27] Utuş, D. (2008). The Effect of Black Carrot (*Daucus carota*) Size Usage on the Quality of Shalgam Juice for the Production of Shalgam Juice, M.Sc. Thesis. Çukurova University, Institute of Science Department of Biotechnology, Adana, Turkey
- [28] Yaldırak, G. (2011). Effects of Different Fermentation Temperature on the Formation of Biogenic Amines in Shalgam Produced by Natural Fermentation. M.Sc. Thesis. Sakarya University, Institute of Science, Sakarya, Turkey.
- [29] Yener, D. (1997). A Research on the Physical, Chemical, Sensory and Microbiological Properties of Turnip Juice Samples taken from Different Sales Points in the City Center of Mersin. M.Sc. Thesis. Sakarya University, Institute of Science, Tekirdağ.
- [30] Anonymous, (2016). TSE (Turkish standardization Institute), TS11149 standard of shalgam beverage, TSE, Ankara, Turkey.
- [31] Güneş, G. (2008). A Study on the Determination of the Most Suitable Quantity of Black Carrot (*Daucus carota*) for the Production of Shalgam (Salgam). M.Sc. Thesis. Cukurova University, Institute of Natural and Applied Sciences, Adana, Turkey.
- [32] Miişoğlu, D. (2004). Effect of Enzyme Application on the Yield and Quality during Shalgam Beverage Production. M.Sc. Thesis. Harran University, Institute of Science, Şanlıurfa, Turkey.
- [33] Nesanir, M. (2004). Possibilities of the Clarification of Shalgam Beverage. M.Sc. Thesis. Harran University, Institute of Science, Şanlıurfa, Turkey.
- [34] Tsai, P.J., Huang, H.P., Huang, T.C. (2004). Relationship between anthocyanin patterns and antioxidant capacity in mulberry wine during storage. *Journal of Food Quality*, 27(6), 497-505.
- [35] Mazza, G., Fukumoto, L., Delaquis, P., Girard, B., Ewert, B. (1999). Anthocyanins, phenolics, and color of Cabernet Franc, Merlot, and Pinot noir wines from British Columbia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 4009-4017.
- [36] Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., Hashizume, K. (2007). Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *Journal of Experimental Botany*, 58(8), 1935-1945.
- [37] Rogez, H., Akwie, S.N., Moura, F.G., Larondelle, Y. (2012). Kinetic modelling of anthocyanin degradation and microorganism growth during postharvest storage of açai fruits (*Euterpe oleracea*). *Journal of Food Science*, 77(12), C1300-C1306.
- [38] Çankaya, A. (2018). The Effects of the Different Fermentation Temperature and Method of Production on the Antioxidant Activity, Anthocyanin and Phenolic Compounds of Shalgam Juice. M.Sc. Thesis. Niğde Ömer Halisdemir University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Niğde, Turkey.
- [39] Başer, G.M. (2013). Biological and Chemical Characterization of Şalgam Juice. M.Sc. Thesis. Yeditepe University, İstanbul, Turkey.
- [40] Çelik, H., Fenercioglu, H., Arioglu, H. (2004). The Suitability of Various Potato Cultivars Grown in the Çukurova Region for Chip Production. M.Sc.

Thesis. Cukurova University, Institute of Natural and Applied Sciences, Adana, Turkey.

- [41] Turker, N., Aksay, S., Istanbulu, O., Artuvan, E. (2007). A study on the relation between anthocyanin content and product quality: shalgam as a model beverage. *Journal of Food Quality*, 30(6), 953-969.
- [42] Aydar, A. (2003). The Effects of *Lactobacillus plantarum* in the Şalgam Juices Structure. M.Sc. Thesis. Trakya University, Institute of Science, Tekirdağ, Turkey.
- [43] Çakır, P. (2011). A Research on the Composition of Shalgam Beverages Produced in Turkey and Their Conformity to Food Legislation. M.Sc. Thesis. Namık Kemal University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Tekirdağ, Turkey.
- [44] Tanguler, H., Saris, P.E., Erten, H. (2015). Microbial, chemical and sensory properties of shalgams made using different production methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(5), 1008-1015.
- [45] Öztürk, O. (2009). A Research on the Composition of Shalgam Beverages obtained from Adana Area. M.Sc. Thesis, Çukurova University, Institute of Natural and Applied Sciences, Adana, Turkey.
-
-

Aktinobakteri İzolatlarının Transglutaminaz, Levansukraz ve Beta Galaktozidaz Üretim Yetenekleri

Elif Gülşen Karabacak¹  ✉, Ali Osman Adıgüzel² , Hayrettin Saygın² , Ahmet Hilmi Çon¹ 

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Atakum, Samsun

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Atakum, Samsun

Geliş Tarihi (Received): 18.11.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 01.02.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): elif.karabacak@omu.edu.tr (E.G. Karabacak)

☎ 0 362 312 19 19-1513 📠 0 362 457 60 35

ÖZ

Aktinobakteriler ekstrem şartlarda gelişme, büyük miktarlarda enzim üretme potansiyeli, biyokimyasal çeşitlik ve genetik manipülasyonlara uygunluk özellikleriyle alternatif enzim kaynakları arasında önemli bir konumdadır. Çalışmada, endüstriyel alanda kullanımı fazla olan transglutaminaz, β -galaktozidaz ve levansukraz enzimleri için uygun bir üretici Aktinobakteri cinsi mikroorganizmanın seçilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla ekstrem koşullara sahip habitatlardan farklı araştırmacılar tarafından izole edilmiş 46 aktinobakteri izolatının hedeflenen enzimleri üretim yetenekleri araştırılmıştır. Aktinobakteri izolatlarının ilgili enzimler açısından üretici olup olmadıkları, önce veri tabanlarında kayıtlı olan genom dizilerinin "Rapid Annotation using Subsystem Technology Version 2.0" kullanılarak taranmış, devamında ilgili gene sahip olanların transglutaminaz için Hidroksimat Yöntemi (Kağıt Disk Yöntemiyle), β -galaktozidaz için ONPG yöntemi, levansukraz için ise mukoid yapı oluşturma fenotipinin belirlenmesi şeklinde enzim üretme yetenekleri belirlenmiştir. Biyoinformatik taramada tüm izolatların "transglutaminaz benzeri enzim" kodlayan gen bölgesi içerdiği, kalitatif tarama sonucunda farklı türe sahip ve besiyerinde daha hızlı gelişim gösteren 9 adet bakteri izolatının potansiyel olduğu belirlenmiştir. Levansukraz enzim genine ise sadece *Micromonospora* sp. KC721 ve *Micromonospora* sp. KC213 izolatlarının sahip olduğu ancak hiçbir izolat ne katı ne de sıvı besiyerinde aktivite göstermemiştir. β -Galaktozidaz enzim üretim geni varlığı 38 izolatla saptanmıştır. Enzim üretim genine sahip izolatlara uygulanan kalitatif test sonucunda, daha yoğun renk oluşturan, farklı türe sahip olan ve besiyerinde diğerlerine göre hızlı gelişim gösteren 17 izolat potansiyel β -galaktozidaz üreticisi olarak seçilmiş ve farklı biyoteknolojik uygulamalar için endüstriyel ölçekli enzim üretiminde kullanım potansiyeline sahip aktinobakter izolatları olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enzim üretim yeteneği, Transglutaminaz, Levansukraz, β -Galaktozidaz, Aktinobakteri

Production Capabilities of Transglutaminase, Levansucrase and Beta Galactosidase of Actinobacteria Isolates

ABSTRACT

Actinobacteria occupy an important position among alternative enzyme sources with their ability to growth in extreme conditions, their potential to produce large amounts of enzymes, biochemical diversity and compatibility with genetic manipulations. In this study, the selection of suitable producer microorganisms for transglutaminase, β -galactosidase and levansucrase enzymes was aimed, and the enzyme production capabilities of 46 actinobacterial isolates were determined. The ability of these actinobacterial isolates to produce related enzymes was determined by scanning the genome sequences deposited in "GenBank using Rapid Annotation using Subsystem Technology Version 2.0". Subsequently, the enzyme production capabilities of these isolates with relevant gene were determined by Hydroximate Method for transglutaminase (with the Paper Disc Method), the ONPG method for β -galactosidase and

the mucoid structure formation phenotype for levansucrase. By bioinformatics scanning, it was determined that all isolates contained a "transglutaminase-like enzyme" gene region and by qualitative screening, 9 isolates with different species and that can grow rapidly in medium were identified as potential isolates. A levansucrase-production gene was determined in only 2 isolates (*Micromonospora* sp. KC 721 and *Micromonospora* sp. KC213) but none of these showed activity in agar and broth medium. The presence of β -galactosidase enzyme production gene was detected in 38 isolates. As a result of the qualitative test, 17 isolates with more intense color, different species and that can grow rapidly in medium were selected as potential β -galactosidase-producers and determined as actinobacterial isolates with a potential to be used in industrial scale enzyme production for different biotechnological applications.

Keywords: Enzyme production capability, Transglutaminase, Levansucrase, β -Galactosidase, Actinobacteria

GİRİŞ

Endüstriyel enzimlerin üretiminde proses girdi maliyetlerinin düşürülmesi ve elde edilecek enzimin proses koşullarında yüksek aktivite göstermesi en önde gelen taleplerdendir. Bu nedenle günümüzde enzim üretimi üzerine yapılan araştırmaların önemli bir kısmı, uygun bir üretici mikroorganizmanın seçilmesi/oluşturulması, ucuz ve kolay hazırlanabilen üretim ortamının tasarlanması üzerine gerçekleştirilmektedir. Bu hedefe ulaşabilmek için metabolit üretim yeteneklerini şekillendirebilen farklı ve ekstrem şartlara sahip alışılmadık alanlar dışındaki habitatlardan izole edilen mikroorganizmaların, endüstriyel enzimlerinin varlığının belirlenmesi için taranması önem taşıyan ve başarı şansını artıran bir yaklaşımdır. Bu kapsamda ekstrem şartlarda gelişmiş, büyük miktarlarda enzim üretme potansiyeli, biyokimyasal çeşitlik ve genetik manipülasyonlara uygunluk gösteren aktinobakteriler alternatif enzim kaynakları olarak önem taşımaktadırlar [1, 2].

Aktinobakteriler, nüfusun hızla arttığı ve pek çok doğal kaynağın tükenme tehlikesi altında olduğu günümüz dünyasında; endüstrinin önümüzdeki yıllarda karşılaşacağı zorlukların üstesinden gelmeye yardımcı olacak potansiyele sahiptir [3]. Bu sınıf su ve karasal ekosistemlerde yaygın bulunan, yüksek G+C içeriğine sahip Gram pozitif bakterileri kapsamaktadır [4]. Ayrıca, ölü bitki, hayvan ve mantar gibi materyallerin parçalanmasından sorumlu olan ekstraselüler hidrolitik enzimleri üretme yeteneklerinden dolayı ekstrem alanlarda yaşama kabiliyetine sahiptirler [5] ve enzim üretimi için dikkat çekicidirler. Mikroorganizmalardan tanımlaması yapılan 23.000'in üzerindeki sekonder metabolitten %42'sinin Aktinobakterilerce üretildiği [6]; bu grup üyelerinden *Streptomyces* cinsinin bilinen 12.400 biyoaktif bileşik (11.000 antibiyotik) üretme yeteneği ile büyük biyoteknolojik potansiyele sahip olduğu; diğer Aktinobakterilerin ise 3600 biyoaktif bileşik ürettiği [7] bildirilmektedir. Aktinobakterilerin ürettiği metabolitler içerisinde büyük endüstriyel öneme sahip lipaz, proteaz, amilaz, pektinaz, selülaz gibi enzimler de bulunmaktadır [9].

Çalışmada üretici kaynak mikroorganizma belirlenmesi için tarama yapılan ve özellikle gıda endüstrisinde önemli kullanım alanına sahip olan transglutaminaz, β -galaktozidaz ve levansukraz enzimlerinden transglutaminazlar (EC. 2.3.2.13), proteine bağlı serbest amino grupları veya peptidlere bağlı lizin grupları (açil aseptörleri, alıcıları) ile proteinin γ -karboksiamide

grupları veya peptidlere bağlı glutamin grupları (açil donörleri) arasındaki kovalent bağ oluşumunu kataliz eden enzim ailesidir [9]. Gıda endüstrisinde çeşitli bağ oluşumları ve çapraz bağlanmalar aracılığıyla parçalama, dondurma, pişirme gibi farklı gıda proseslerinde devamlılığını koruyabilen büyük partiküller oluşturmada [10], böylece üründe istenilen tekstür, çözünürlük, viskozite, jelleşme ve su tutma kapasitesinin eldesinde [11-16] önem taşımaktadır. Gıda endüstrisinde süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri, bitkisel proteinler, fırıncılık ürünleri gibi geniş bir kullanım potansiyeline sahip olan transglutaminaz enzimlerinin farklı pH değerlerinde çalışabilmesi ve yüksek sıcaklık uygulamalarında stabil kalabilmeleri seçimlerinde önem taşıyan faktörlerdendir.

Levansukraz (EC. 2.4.1.10), sakkaroz molekülünü parçalayıp açığa çıkan fruktoz gruplarının başka bir sakkaroz eklenmesini katalizleyen ve bu yolla fruktan polimer oluşumunu sağlayan enzimdir [17]. Fruktozil alıcı moleküle bağlı olarak; polimerizasyon, transfruktosilasyon ve hidroliz dahil üzere 3 farklı reaksiyon gerçekleştirmekte; sahip olduğu fizyolojik etkiler dolayısıyla gıda ve ilaç endüstrilerinde kullanım potansiyelini gittikçe artan levan ve levan tipi fruktooligosakkarit sentezinde anahtar biyokatalizör olarak rol oynamaktadır [17]. Levan, jelleştirici ajan, emülgatör, stabilizatör, kıvam artırıcı ve yağ ikamesi olarak kullanılabilme potansiyeline sahip iken [18, 19]; fruktooligosakkaritler reçeller, şekerlemeler ve çikolatalarda düşük kalorili fonksiyonel tatlandırıcı olarak [20] kullanılabilir. Bu uygulamalarda düşük pH ve yüksek sıcaklık dayanımları kullanım alanlarını genişletebilecek ve daha esnek üretim planlaması yapılmasına imkan verecektir.

Laktaz olarak da bilinen β -galaktozidaz enzimi de (EC. 3.2.1.23), laktozun glikoz ve galaktoz birimlerine hidrolizinden sorumludur [21]. Beslenme, gıda prosesleri ve çeşitli çevresel uygulamalarda geniş kullanım alanına sahip, endüstriyel açıdan önemli enzimlerdendir [22]. Süt ürünlerinin lezzetini, çözünürlüğünü ve sindirimini iyileştirmek; laktoz intolerant bireyler için laktozsuz ürün üretmek ve konsantre ürün proseslerinde kristallenme sorununu çözmek amacıyla kullanılmaktadır [23-30]. Kullanılacak enzimlerin geniş pH aralığında çalışıp (pH 4.0-8.5); yüksek sıcaklıklarda aktivitelerini kaybetmemesi tercih edilen özelliklerdendir.

Günümüzde farklı alanlarda kullanılmak üzere ticari değeri olan özellikle sert çevresel koşullara dayanıklı enzimlerin yerli kaynaklardan daha verimli olarak

üretilebilmesine önem verilmektedir. Gece-gündüz sıcaklık farkı, örneklem alanında hissedilen sıcaklık, pH, basınç ve tuzluluk değerleri gibi çevresel şartlar hem ortamın mikrobiyotasını, hem de bu ortamlara uyum sağlamış mikroorganizmaların metabolit üretim yetenekleri ile metabolitlerinin özelliklerini şekillendirebilmektedir. Bu yaklaşımdan hareketle çalışmada, karasal ve kurak bir iklime sahip, zemin yüzeyinde 80°C'ye varan sıcaklığın hissedildiği, düşük organik madde içeriğine sahip Türkmenistan'daki Karakum Çölü'nden; yüksek tuz içeriğine sahip Çorum'daki Boncuk Tuzlası'ndan ve az organik maddeli kireçli topraklara sahip Haçibektaş'tan alınan toprak örneklerinden izole edilmiş aktinobakterilerle, Bolu Yeniçağa Gölü (1 metre derinlikten alınan sediment örnekleri), Düzce fındık bahçesi ve KKTC Zafer Burnu gibi daha önce çalışılmamış farklı bölgelerin toprak örneklerinden izole edilmiş aktinobakteriler kullanılmıştır. Bu izolatlardan elde edilecek yüksek sıcaklık değerlerine dayanıklı enzimlerin pastörizasyon işleminde ürünlere ısı işlem öncesi eklenebilmesi; asidik pH değerleri ve yüksek tuz konsantrasyonlarında aktivite gösteren enzimlerin bu şartlarda üretimi gerektiren ve/veya ekonomik hale getiren endüstriyel uygulamalarda kullanılabilir olması gibi avantajlarının olacağı düşünülmektedir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Mikrobiyal transglutaminaz, levansukraz ve beta galaktozidaz enzim üretim yeteneğinin varlığını test etmek amacıyla Ondokuz Mayıs Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü'nde depolanan farklı ekolojik özelliklere sahip ortamlardan izole edilmiş ve draft genom dizisi belirlenerek tanımlanmış toplam 46 adet bakteri temin edilmiştir. Temin edilen bakteriler, izole eden araştırmacı ve izolasyon kaynağı Tablo 1'de yer almaktadır.

Metot

Transglutaminaz, Levansukraz ve β -Galaktozidaz Üretim Potansiyeline Sahip İzolatların Biyoinformatik Tarama ile Belirlenmesi

Biyoinformatik taramada, farklı ekolojik özelliklere sahip ortamlardan izole edilen bakteri izolatlarının draft genom dizileri (kontigler) ile GenBank veritabanına daha önce sunulmuş olan aktinobakteriyel kökenli transglutaminaz (EC. 2.3.2.13), levansukraz (EC. 2.4.1.10) ve β -galaktozidazların (3.2.1.13) amino asit dizileri kendi içinde karşılaştırılarak korunmuş bölgeler tespit edilmiş ve örtüşme biçimleri ortaya konulmuştur. İzolatların transglutaminaz, levansukraz ve β -galaktozidaz enzimleri üretim genlerine sahip olup olmadıklarının belirlenmesinde biyoinformatik araç olarak Rapid Annotation Using Subsystem Technology (RAST) version 2.0 kullanılmıştır [31, 32]. Sistemde araştırmacı tarafından draft genom dizileri yüklenen her bir bakterinin tek tek ilgili genleri üretim yetenekleri

taranmış ve pozitif sonuç veren izolatlar kalitatif testler de kullanılmak üzere seçilmiştir.

Enzim Üretim Potansiyeline Sahip Bakterilerin Aktifleştirilmesi, Safılık Kontrolleri ve Muhafazası

Biyoinformatik araçlar kullanılarak yapılan taramada ilgili gene sahip olanlarla; bunların yakın akrabası olan ve parçalı genom verilerinin kullanılması nedeniyle enzimleri kodlayan gen bölgelerinin tamamını aynı genom parçasında içermeyebileceği için negatif sonuç verebilecek olan farklı habitatlardan izole edilmiş bazı izolatlar da ileriki çalışmalarda kullanılmak için seçilmiştir. Enzim üretim potansiyeli bulunan bu bakteriler Pepton ilaveli Glucose Yeast-Malt Extract Broth (GYMEPB: 10 g/L glukoz, 3 g/L maya özütü, 3 g/L malt özütü, 2.5 g/L pepton, pH 7.0 \pm 0.2) besiyerinde aktifleştirilmiş, Pepton ilaveli Glikoz Yeast-Malt Extract Agar (GYMEPA: 4 g/L maya özütü, 10 g/L malt özütü, 2.5 g/L pepton, 4 g/L glukoz, 20 g/L agar, pH 7.0 \pm 0.2) besiyerinde safılık kontrolleri yapılmış ve ilerleyen çalışmalarda kullanılmak üzere aynı katı besiyerinde +4°C'de; uzun süreli olarak da -80°C'de muhafaza edilmiştir [33].

Bakterilerin Enzim Üretim Yeteneklerinin Kalitatif Belirlenmesi

Seçilen izolatların transglutaminaz, levansukraz ve β -galaktozidaz üretme yetenekleri aşağıda verilen yöntemler uygulanarak belirlenmiştir.

Transglutaminaz Enzimi Üretiminin Belirlenmesi

Transglutaminaz üretim genine sahip bakteriler Nutrient Agar (Merck, 105450) içeren 2 petriye nokta ekimle aşılınmış ve 28-30°C'de 48-72 saat inkübasyondan sonra petri kaplarında gelişen her bir koloninin üstüne filtre kağıdı diskleri (disklerin çapı; 0.56 \pm 0.01 cm ve su tutma kapasiteleri 9.45 \pm 0.15 μ L) yerleştirilmiştir. Petri kaplarından birindeki her bir disk üzerine 30 μ L substrat karışımı (37.5 mM Z-Gln-Gly, 125 mM hidroksilamin ve 12.5 mM glutatyon; 200 mM sitrat tamponunda çözdürülmüştür, pH 6.0) diğerindeki her bir disk üzerine 30 μ L saf su eklenerek (kontrol) 28°C'de 3 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda filtre kağıtları üzerine 10 μ L sonlandırma çözeltisi (%5 FeCl₃.6H₂O içeren %15'lik TCA) eklenip 28°C'de 1 saat bekletildikten sonra her bir izolatın 2 farklı petrideki renk yoğunlukları karşılaştırılmış ve kontrol örneğine göre yoğun kahverengi renk oluşturan izolatlar üretici olarak seçilmiştir [32]. Yöntem, enzimin spesifik bir substratı olan Z-Gn-Gly (Sigma-Aldrich, C6154) ile hidroksilamin (Sigma-Aldrich, 438227) arasındaki reaksiyon sonucu oluşan hidroksimatın ferrik kompleksi ile koyu bordo/kahverengi renk oluşturması esasına dayanmaktadır [35].

Levansukraz Enzimi Üretiminin Belirlenmesi

Levansukraz üretimi, Modifiye Sukroz Agar'da (MSA: %2.5 sukroz, %1 tripton, %1 maya ekstraktı, %0.5 NaCl, %0.025 K₂HPO₄, %3 agar ve pH 7.0 \pm 0.2) geliştirilen

kolonilerin mukoid yapı oluşturma fenotipi test edilerek belirlenmiştir. Bu amaçla bakteri izolatları, MSA besiyerine tek koloni düşürecek şekilde ekilmiş ve petriler 35°C'de 24–48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Mukoid (yapışkan) yapılı koloniler levansukraz pozitif olarak seçilmiştir [36]. Levansukraz üreticisi izolatların sukroz molekülünden mukoid yapıya sahip levans polissakariti üretme yeteneğine sahip olduğu bildirilmektedir [37].

Katı besiyerinde mukoid yapı oluşturmeyen izolatların üretim yeteneklerinin varlığı dinitrosalisilik asit (DNS) metodu kullanılarak da taranmıştır. Bu amaçla GYMEPA besiyerinde 30°C'de 7 gün inkübe edilerek geliştirilen kolonilerden öze ucu ile alınarak GYMEPB besiyerine ekim yapıp 30°C'de 180 rpm çalkalamalı koşullar altında 3 gün inkübe edilmiş ve kültürden taze olarak hazırlanan fermentasyon ortamına (50 g/L sukroz, 7 g/L maya özütü, 1.6 g/L amonyum sülfat, 2.5 g/L KH₂PO₄ ve 1 g/L MgSO₄. 7H₂O) %5 oranında aşılama yapılmıştır [38, 39]. Aşılama besiyerleri 28-30°C'de 180 rpm çalkalamalı koşullarda bulanıklık gözlenene kadar inkübasyona bırakılmış; takiben 10000 g kuvvetinde 4°C'de 10 dakika santrifüjlenmiş ve elde edilen süpernatanta levansukraz enzim varlığı DNS metodu [40] kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için Tris-HCl tamponu (200 mM, pH 8.0) ile hazırlanmış 0.5 M sukroz çözeltisi ile 500 µL enzim çözeltisi karıştırılıp 30°C'de 10 dakika tutulmuştur. Karışımın 200 µL'si ve 400 µL DNS çözeltisi test tüpüne aktararak kaynayan su içerisinde 5 dakika bekletilmiş ve tüp içerisindeki karışım hızla soğutulduktan sonra 1 mL distile su ilave edilmiş ve karışımın 540 nm'deki absorbanı spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuç saf su ve glukoz içeren standart çözelti ile karşılaştırılarak levansukraz aktivitesi varlığı saptanmıştır.

β-Galaktozidaz Enzimi Üretimini Belirlenmesi

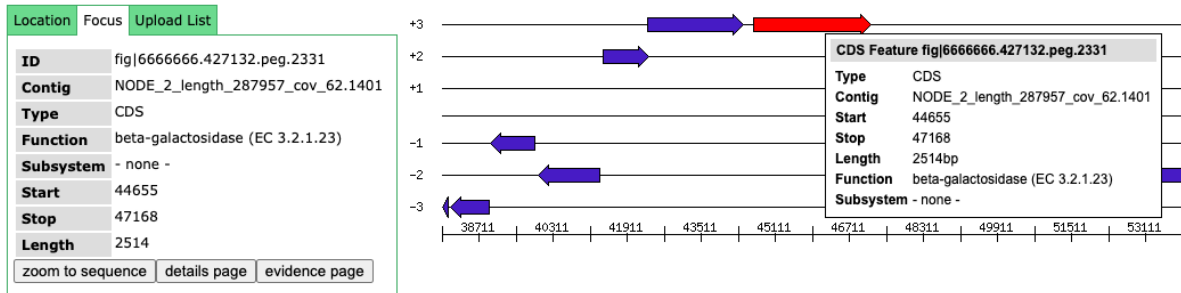
Enzim üretim genine sahip bakterilerin; ilgili geni ifade etme durumları 2-nitrofenil β-D-galaktropiranosid (ONPG) testi uygulanarak taranmıştır. Bu amaçla ilk olarak bakteriler modifiye edilmiş GYM Agar (4 g/L maya, 10 g/L malt, 2 g/L CaCO₃, 4 g/L laktöz, 20 g/L agar ve pH 7.2) besiyerinde geliştirilmiştir. Gelişen kültürlerden bir öze alınıp; 0.25 mL fizyolojik tuzlu su ile süspansiyon edildikten sonra üzerine 0.25 mL ONPG besiyeri (30 mL A çözeltisi (50 mL distile su + 5 g tripton + 2.5 g NaCl, pH 7.5) + 10 mL B çözeltisi (10 mL 0.01 M Sodyum Fosfat Tamponu (pH 7.5) + 0.06 g ONPG) ilave edilmiştir. Takiben 28°C sıcaklıkta 3 saat 30 dakika inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda tüplerde sarı rengin meydana gelmesi pozitif, renk değişikliğinin olmaması negatif olarak değerlendirilmiştir [41]. Yöntemin prensibi; β-galaktozidaz enziminin renksiz bir bileşik olan ONPG (Sigma-Aldrich N1127) 'yi hidroliz ederek galaktoz ve sarı renkli orto-Nitrofenol (ONP) bileşenlerine parçalamasıdır [42].

BULGULAR ve TARTIŞMA

Transglutaminaz, Levansukraz ve β-Galaktozidaz Üretim Genlerine Sahip İzolatların Belirlenmesi

Farklı bölgelerden izole edilen ve tüm genom dizi analizleri gerçekleştirilerek değişken sayıda parçadan oluşan genom verileri tanımlanan 46 toprak bakterisinin transglutaminaz, levansukraz ve β-galaktozidaz enzimleri üretim genlerine sahip olup olmadıkları biyoinformatik araçlar kullanılarak belirlenmiş (Şekil 1) ve taranan mikroorganizmalar ile tarama sonuçları Tablo 1'de özetlenmiştir.

Browse Genome: *Jiangella* sp. 8K307 (6666666.427132)



Şekil 1. *Jiangella* sp. 8K307 izolatının RAST Sisteminde β-galaktozidaz enzimi üretim geni varlığına ait ekran görüntüsü (Kırmızı ile belirtilen bölge β-galaktozidaz enzimi üretim geni varlığına işaret etmektedir)

Figure 1. Screenshot of *Jiangella* 8K307 isolate for the presence of a β-galactosidase production gene in RAST System (The red region indicates the presence of a β-galactosidase production gene)

Taranan 46 bakteriden hepsinin bu enzimlerden en az birini kodlayan gen bölgesine sahip olduğu; transglutaminaz geninin tüm bakterilerde, levansukraz geninin 2 bakteride (*Micromonospora* sp. KC721, *Micromonospora* sp. KC213), β-galaktozidaz geninin de 38 bakteride bulunduğu saptanmıştır. Elde edilen

sonuçlar enzim üretim kaynağı olabilecek bakterilere işaret etmiş ve ilgili genlere sahip bakterilerin enzim üretim genlerinin ekspresyonunu ortaya koymak, endüstriyel üretim çalışmalarında denenmek üzere önermek için enzim üretimleri kalitatif yöntemlerle belirlenmiştir.

Tablo 1. Enzim üretim yetenekleri taranan mikroorganizmalar ve tarama sonuçları
Table 1. Microorganisms screened for enzyme production capabilities

No	Kullanılan Mikroorganizma	En Yakın Akriba Tip Türü*	% Benzerlik	İzolasyon Kaynağı / İzole Eden Araştırmacı	GenBank Accession No.	Enzim Üretim Geni**		
						Tr.	Le.	β-Ga.
1	<i>Streptomyces coryli</i> AT024 ^T	<i>S. cadmissoli</i> ZFG47 ^T	97.7	Fındık Bahçesi – Düzce / Nevzat Şahin	JAACKZ000000000	+	-	+
2	<i>Streptomyces boncukensis</i> SB3404 ^T	<i>S. albus</i> NBRC 13014 ^T	97.2	Boncuk Tuzlası – Çorum / Demet Tatar	JAACKZ000000000	+	-	+
3	<i>Streptomyces scabichelini</i> HC44 ^T	<i>S. vastus</i> NBRC 13094 ^T	97.6	Hacıbektaş – Nevşehir / Talha Gençbay	JAACKZY000000000	+	-	+
4	<i>Streptomyces mesophilus</i> YC504 ^T	<i>S. caldifontis</i> NCCP-1331 ^T	98.6	Yeniçağa Gölü – Bolu / Ali Tokatlı	JAACKW000000000	+	-	+
5	<i>Streptomyces urelyticus</i> YC419 ^T	<i>S. vastus</i> NBRC 13094 ^T	99.0	Yeniçağa Gölü – Bolu / Ali Tokatlı	JAACKX000000000	+	-	+
6	<i>Streptomyces boluensis</i> YC537 ^T	<i>S. ziwulingensis</i> F22 ^T	97.9	Yeniçağa Gölü – Bolu / Ali Tokatlı	JAAAH000000000	+	-	+
7	<i>Nonomuraea</i> sp. K271	<i>No. kuesteri</i> NRRL B-24325 ^T	98.9	Zafer Burnu – KKTÇ / Aysel Veyisoğlu	JAAAH000000000	+	-	+
8	<i>Rhodococcus</i> sp. 14C212	<i>R. aetherivorans</i> 10bc312 ^T	98.8	Bazaltik Ana Materyal – Samsun / Salih Sarıcaoğlu	JAALH000000000	+	-	-
9	<i>Nocardioideis</i> sp. KC13	<i>N. luteus</i> KCTC 9575 ^T	99.3	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	JAAAL000000000	+	-	+
10	<i>Shimazuella alba</i> KC615	<i>Sh. kribbensis</i> KCTC 9933 ^T	98.2	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	WUUL000000000	+	-	+
11	<i>Microbacterium</i> sp. 5K110	<i>M. testaceum</i> NBRC 12675 ^T	99.2	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	VBUM000000000	+	-	-
12	<i>Nonomuraea</i> sp. 7K523	<i>No. Harbinensis</i> NEAU-yn31 ^T	99.7	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	MG770787	+	-	+
13	<i>Streptomyces</i> sp. 8K308	<i>S. hainanensis</i> YIM 47672 ^T	99.2	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKC000000000	+	-	+
14	<i>Pseudonocardia</i> sp. 5K418	<i>Ps. Kunmingensis</i> YIM 63158 ^T	99.8	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	MG770740	+	-	+
15	<i>Actinomadura</i> sp. KC345	<i>A. bangladeshensis</i> 3-46-b3 ^T	98.4	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKH000000000	+	-	+
16	<i>Streptomyces</i> sp. 13K105	<i>S. puniceus</i> NRRL ISP-5058 ^T	98.8	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	MG770836	+	-	+
17	<i>Actinocorallia</i> sp. 5K550	<i>Ac. libanotica</i> IFO 14095 ^T	99.1	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	MK156414	+	-	+
18	<i>Actinomadura</i> sp. 7K534	<i>A. livida</i> JCM 3387 ^T	99.3	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKB000000000	+	-	+
19	<i>Streptomyces</i> sp. 16K401	<i>S. fragilis</i> NRRL 2424 ^T	98.9	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	MG770867	+	-	-
20	<i>Saccharopolyspora elongata</i> 7K502 ^T	<i>Sa. shandongensis</i> 88 ^T	99.4	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKW000000000	+	-	+
21	<i>Saccharopolyspora karakumensis</i> 5K548 ^T	<i>Sa. pathumthaniensis</i> S582 ^T	99.8	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMLA000000000	+	-	+
22	<i>Saccharopolyspora terrae</i> 16K309 ^T	<i>Sa. pathumthaniensis</i> S582 ^T	99.7	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKS000000000	+	-	+
23	<i>Saccharopolyspora aridisoli</i> 16K404 ^T	<i>Sa. endopytica</i> YIM 63158 ^T	99.7	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKV000000000	+	-	+
24	<i>Jiangella urelytica</i> KC603 ^T	<i>J. mangrovi</i> 3SM4-07 ^T	99.4	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKL000000000	+	-	-
25	<i>Jiangella asiatica</i> 5K138 ^T	<i>J. alba</i> DSM 45237 ^T	99.5	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKZ000000000	+	-	+
26	<i>Jiangella aurantiaca</i> 8K307 ^T	<i>J. alkaliphila</i> DSM 45079 ^T	99.2	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMLB000000000	+	-	+
27	<i>Kribbella turkmenica</i> 16K104 ^T	<i>K. antibiotica</i> YIM 31530 ^T	99.2	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKX000000000	+	-	+
28	<i>Micromonospora</i> sp. 15K316	<i>Mi. avicenniae</i> DSM 45758 ^T	99.4	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKG000000000	+	-	+
29	<i>Micromonospora</i> sp. KC723	<i>Mi. pallida</i> DSM 43817 ^T	99.1	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKD000000000	+	-	+
30	<i>Micromonospora</i> sp. KC721	<i>Mi. haikouensis</i> 232617 ^T	99.3	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMJY000000000	+	+	+
31	<i>Micromonospora</i> sp. KC213	<i>Mi. krabiensis</i> DSM 45344 ^T	99.4	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKF000000000	+	+	+
32	<i>Micromonospora</i> sp. KC207	<i>Mi. fluostatini</i> PWB-003 ^T	99.4	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKJ000000000	+	-	+
33	<i>Micromonospora</i> sp. KC606	<i>Mi. chersina</i> DSM 44151 ^T	99.2	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKN000000000	+	-	+
34	<i>Nonomuraea longispora</i> KC201 ^T	<i>No. salmonea</i> DSM 43678 ^T	99.0	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMJZ000000000	+	-	-
35	<i>Nonomuraea diastatica</i> KC712 ^T	<i>No. candida</i> HMC10 ^T	98.1	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKP000000000	+	-	+
36	<i>Nonomuraea deserti</i> KC310 ^T	<i>No. candida</i> HMC10 ^T	98.1	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMKO000000000	+	-	+
37	<i>Nonomuraea mesophila</i> 6K102 ^T	<i>No. salmonea</i> DSM 43678 ^T	98.3	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	SMLD000000000	+	-	+
38	<i>Streptomyces cahuitamycinicus</i> 13K301 ^T	<i>S. variegatus</i> NRRL B-16380 ^T	98.9	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	POUC000000000	+	-	+
39	<i>Spongiactinospora gelatinilytica</i> 7K107 ^T	<i>Sp. rosea</i> LHW63015 ^T	98.7	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	POUA000000000	+	-	+
40	<i>Micromonospora deserti</i> 13K206 ^T	<i>Mi. spongicola</i> S3-1 ^T	98.6	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	POUB000000000	+	-	+
41	<i>Nonomuraea aridisoli</i> KC333 ^T	<i>No. maritima</i> FXJ7.203 ^T	98.9	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	POUD000000000	+	-	+
42	<i>Streptomyces</i> sp. 3K401	<i>S. krungchingensis</i> KC-035 ^T	98.5	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	MG770703	+	-	+
43	<i>Streptomyces</i> sp. 8K301	<i>S. coeruleofuscus</i> NBRC 12757 ^T	99.1	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	MG70800	+	-	+
44	<i>Plantactinospora</i> sp. KC728	<i>P. veratri</i> NEAU-FHS4 ^T	99.4	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	MG770685	+	-	-
45	<i>Streptomyces</i> sp. 10K307	<i>S. atroviens</i> NRRL B-16357 ^T	99.3	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	MG770814	+	-	+
46	<i>Streptomyces</i> sp. 6K502	<i>S. marokkonensis</i> Ap1 ^T	99.4	Karakum Çölü – Türkmenistan / Hayrettin Saygın	MG770757	+	-	-

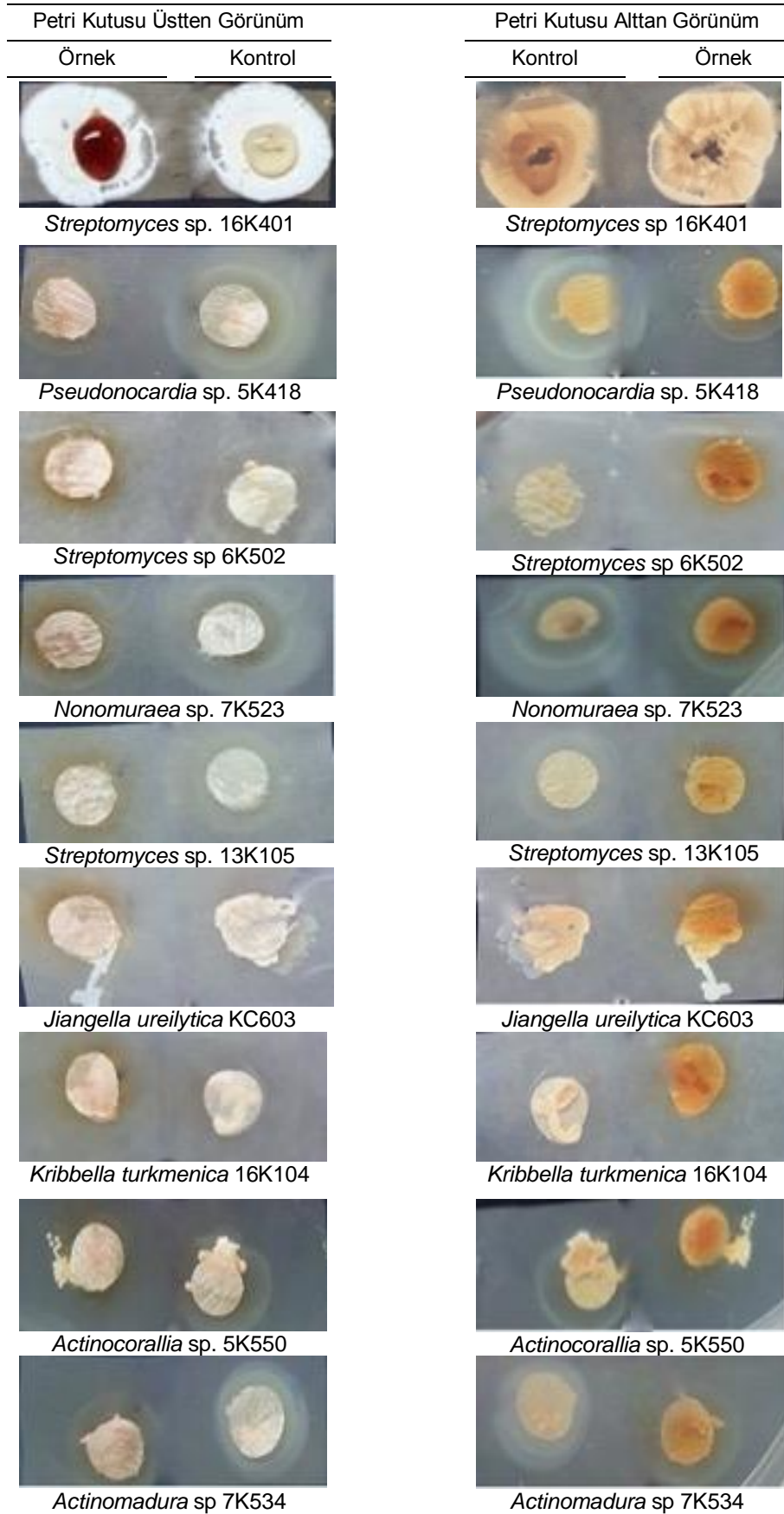
*: *S.*: *Streptomyces*; *N.*: *Nocardioideis*; *R.*: *Rhodococcus*; *No.*: *Nonomuraea*; *Sh.*: *Shimazuella*; *M.*: *Microbacterium*; *A.*: *Actinomadura*; *Sa.*: *Saccharopolyspora*; *J.*: *Jiangella*; *K.*: *Kribbella*; *Mi.*: *Micromonospora*; *Sp.*: *Spongiactinospora*; *P.*: *Plantactinospora*; *Ps.*: *Pseudonocardia*; *Ac.*: *Actinocorallia*. **: Tr.: Transglutaminaz; Le.: Levansukraz; β-Ga.: β-Galaktozidaz; +: Enzim Üretim Geni Taşıyor; -: Enzim Üretim Geni Taşımıyor

Bakterilerin Enzim Üretim Yeteneklerinin Belirlenmesi

Transglutaminaz Enzimi Üretiminin Belirlenmesi

Transglutaminaz enzim üretim genine sahip bakterilerin ilgili geni ifade etme durumlarını ortaya koymak için gerçekleştirilen Filtre Kağıt Disk yöntemi sonucunda; bakterilerin çoğunda kontrol grubuna kıyasla kahverengi renk yoğunluğu fazla bulunmuştur. Analiz sonrası bakteriler arasında renk yoğunluğu daha belirgin şekilde gözlenen, farklı türe sahip olan ve besiyerinde daha hızlı gelişim gösteren 9 adet bakteri potansiyel izolat olarak belirlenmiş, seçilen izolatların ekim yapılan petri kaplarının üstten ve alttan görünümüne ait fotoğraflar Şekil 2'de verilmiştir. Seçilen bu izolatların RAST ile gerçekleştirilen biyoinformatik taramasında "Transglutaminase like enzymes- transglutaminaz benzeri enzim" kodlayan gen bölgesi varlığına sahip oldukları tespit edilmiştir. Literatürde de benzer şekilde

aktinobakterilerin enzim üretim genlerine veya yeteneklerine sahip oldukları gösterilmiştir. Örneğin; Giordano ve ark. [43] tarafından *Streptomyces mobaraensis*, *Streptomyces auratus*, *Streptomyces fradie*, *Streptomyces decoyicus*, *Streptomyces paucisporogenes*, *Streptomyces hygrosopicus*, *Streptomyces* sp. H021, *Streptomyces* sp. XY332 gibi bakterilerde bu gen bölgesinin varlığı belirlenmiştir. Transglutaminaz üretiminin varlığı da Guan ve ark. [44] tarafından *Streptovercillium mobaraense*, *Streptovercillium cinnamoneum*, *Actinomadura* sp., *Streptovercillium ladakanum*, *Bacillus circulans*, *Streptomyces* sp. ve *Streptomyces hygrosopicus*'da; Ho ve ark. [45] tarafından *Streptovercillum ladakanum*'da; Kim ve ark. [46] tarafından *Actinomadura* sp. T-2'de; Yeo ve ark. [47] tarafından *Streptomyces platensis* YK-2'de; Jin ve ark. [48] ile Zhang ve ark. [49] tarafından da *Streptomyces mobarensis*'te gösterilmiştir.



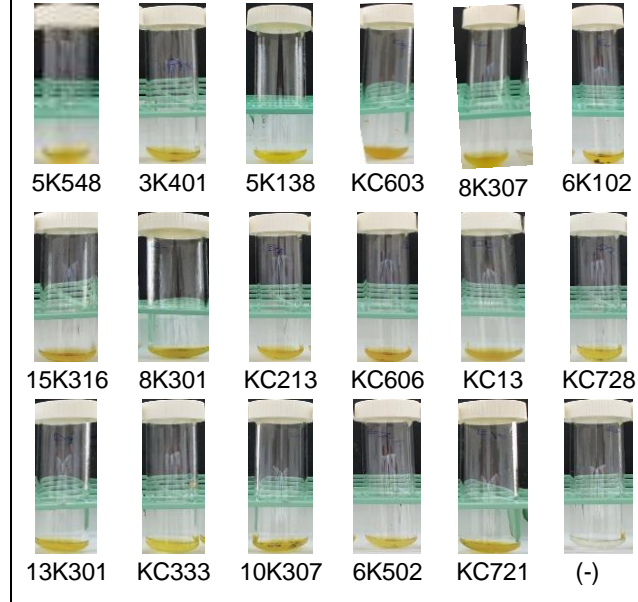
Şekil 2. Transglutaminaz aktivitesinin kalitatif belirlenmesine ait ekim yapılan petri kaplarındaki kolonilerin üstten ve alttan görünüşleri

Figure 2. Top and bottom views of the colonies in the inoculated petri dishes for the qualitative determination of transglutaminase activity

β-Galaktozidaz Enzimi Üretiminin Belirlenmesi

β-Galaktozidaz enzim üretim genine sahip bakterilerin ONPG testi uygulanarak belirlenen üretim yetenekleri testi sonucu, daha yoğun sarı renk oluşturan, farklı türe sahip olan ve besiyerinde daha hızlı gelişim gösteren 17 izolat (5K548, 3K401, 5K138, KC603, 8K307, 6K102, 15K316, 8K301, KC213, KC13, KC728, 13K301, KC333, 10K307, 6K502, KC721, KC606), potansiyel β-galaktozidaz üreticisi olarak seçilmiştir. Kalitatif analiz

sonucunda β-galaktozidaz üreticisi olarak seçilen bu 17 izolatın genom analiz sonuçlarında 3 tanesinin üretim genine sahip olmadığı saptanmıştır. Bu durum ilgili bakterilerin parçalı genom verisine sahip olması nedeniyle ilgili enzimi kodlayan gen bölgelerinin tamamının aynı genom parçasında bulunmaması ile ilişkilendirilmiştir. ONPG test sonucu pozitif olarak seçilen 17 bakteriye ait analiz sonuç görünüşlerine ait fotoğraflara Şekil 3'de yer verilmiştir.



Şekil 3. β-galaktozidaz aktivitesinin kalitatif belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen ONPG test sonucunda pozitif olarak seçilen 17 izolatın görünüşleri (Sarı renk: pozitif, renk değişimi olmaması: negatif)

Figure 3. Views of 17 isolates selected as a positive result of the ONPG test performed for the qualitative determination of β-galactosidase activity (Yellow color: positive, No color change: negative result)

Toprak bakterilerinin β-galaktozidaz ürettiği çalışma sonuçlarına benzer şekilde daha önce yapılan ve literatüre giren çalışmalarda da gösterilmiştir. Fiss ve Brooks [50] tarafından katı besiyerinde 25 *Nocardia* spp. ve 4 *Streptomyces* spp.'nin tümünün; 13 *Mycobacterium* türünden 1 tanesinin ve 40 *Rhodococcus* türünden de yine 1 tanesinin β-galaktozidaz pozitif olarak gözlemlendiği raporlanmıştır. Yine Sanchez ve Hardisson [51] Antartika bölgesinden izole edilen *Artrobacter* sp. 32c'nin; Maity ve ark. [53] Hindistan-Kolkata bölgesindeki sığır ahırlarından gelen toprak örneklerinden izole edilen 2 toprak bakterisinin β-galaktozidaz üretim yeteneğine sahip olduğunu bildirmiştir.

Collinge ve ark. [54] tarafından *Streptomyces coelicolor* tarafından termostabil β-galaktozidaz enzimi üretilmiş ve ABD'de patentlenmiştir. Elde edilen enzimin; 70°C'de aktif olduğu, maksimum aktivitenin ise 65°C'de gözlemlendiği belirlenmiş ve düşük sıcaklık ile yapılan pastörizasyon proseslerinde (63°C'de 30 dakika) kullanımı önerilmiştir. Nakao ve ark. [55] tarafından da *Saccharopolyspora rectivirgula* bakterisinden elde edilen yüksek transgalaktozilasyon aktivitesine sahip

termostabil β-galaktozidazın 70°C'de (1.75 M laktöz ortamında, 7.0 pH) 22 saat sonunda %41 verimle GOS ürettiği raporlanmış ve yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen proseslerde laktözden GOS üretiminde başarıyla kullanılabilceği önerilmiştir.

SONUÇ

Çalışmada farklı ve ekstrem koşullara sahip bölgelerden izole edilen ve genom verisi bulunan 46 toprak bakterisinin gıda endüstrisinde talep gören ve kullanımı fazla olan transglutaminaz, β-galaktozidaz ve levansukraz enzimi üretim yetenekleri biyoinformatik ve kalitatif yöntemlerle araştırılmıştır. İzolatların; transglutaminaz enzimi üretim genine tümünün, β-galaktozidaz üretim genine 38'inin ve levansukraz üretim genine 2'sinin sahip olduğu belirlenmiştir. Enzim üretim yeteneklerinin kalitatif olarak taranması sonucunda, transglutaminaz enzimi üretim yeteneğine sahip olan ve diğer izolatlarla kıyasla daha yoğun kahverengi renk oluşumu ve/veya daha hızlı gelişen 9 bakteri izolatı (16K401, 5K418, 6K502, 7K523, 13K105, KC603, 16K104, 5K550, 7K534) ile β-galaktozidaz enzim üretim yeteneğine sahip olan ve diğer izolatlarla kıyasla daha yoğun sarı renk oluşturan ve/veya hızlı

gelişen 17 bakteri izolatu (5K548, 3K401, 5K138, KC603, 8K307, 6K102, 15K316, 8K301, KC213, KC13, KC728, 13K301, KC333, 10K307, 6K502, KC721, KC606) potansiyel üretici olarak seçilmiştir. Levansukraz enzim üretim genine sahip olan 2 bakteri izolatu (KC721, KC213) ile ilgili geni taşımayan diğer izolatlardan hiçbirinde katı besiyerinde mukoid yapı oluşturma fenotipi gözlenmemiş; levansukraz enzimi üretimi için tasarlanan sıvı besiyerinde aktivite varlığı da saptanmamıştır. İlgili geni içeren izolatların levansukraz üretmemesi test edilen ortam ve şartlarda ifade edemediğini düşündürmektedir. Bu durum çalışmalarda rastlanılan bir fenomendir.

Potansiyel üretici olarak seçilen transglutaminaz üreticisi 9 ve β -galaktozidaz üreticisi 17 izolatın, enzim üretim miktarlarının belirlenip, üretilen enzimlerin karakterizasyonu ile optimum enzim üretim ortamı ve şartlarının belirlenerek farklı işlem şartlarında (sıcaklık, tuz vb.) çalışabilecek endüstriyel enzimlerin yerli kaynaklardan verimli olarak üretilme potansiyelinin ortaya konulmasının; ithal olarak karşılanan enzimlerin yerli olarak üretiminin sağlanması, dışa bağımlılığın azaltılması ve girdi maliyetlerinin düşürülerek işletmelerinin karlılığının artırılması yoluyla ülke ekonomisine katkı vereceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Ningthoujam, D.S., Sanasam, S., Nimaichand, S. (2009). Screening of Actinomycete isolates from niche habitats in Manipur for antibiotic activity, *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 5, 221-225.
- [2] Mitra, A., Santra, S.C., Mukherjee, J. (2008). Distribution of actinomycetes, their antagonistic behaviour and the physico-chemical characteristics of the world's largest tidal mangrove forest, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 80, 685-695.
- [3] Vijayanthi, G., Vijayakumar, R., Dhanasekaran, D. (2016). Actinobacteria-A Biofactory of Novel Enzymes. Actinobacteria Basics and Biotechnological Applications. <https://www.intechopen.com/books/actinobacteria-basics-and-biotechnological-applications/actinobacteria-a-biofactory-of-novel-enzymes> (05.07.2021).
- [4] Barka, E.A., Vatsa, P., Sanchez, L., Gaveau-Vaillant, N., Jacquard, C., Klenk, H., Clement, C., Ouhdouch, Y., Wezel, G. (2015). Taxonomy, physiology and natural products of Actinobacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 80(1), 1-43.
- [5] Ul-Hassan, A., Wellington, E.M. (2009). Actinobacteria. In Desk Encyclopedia of Microbiology, Edited by Schaechter, M, Academic Press, USA, 1-19.
- [6] Berdy, J. (2005). Bioactive microbial metabolites. *Journal of Antibiotics*, 58, 1-26.
- [7] Berdy, J. (2012). Thoughts and facts about antibiotics: where we are now and where we are heading. *Journal of Antibiotics*, 65, 385-395.
- [8] Prakash, D., Nawani, N., Prakash, M., Bodas, M., Mandal, A., Khetmalas, M., Kapadnis, B. (2013). Actinomycetes: A repertory of green catalysts with a potential revenue resource. *BioMed Research International*, (Article ID: 264020), 1-8.
- [9] Zhu, D., Wu, Q., Wang, N. (2011). Industrial Enzymes. in Comprehensive Biotechnology. Edited by Moo-Young, M, Pergamon Press, Oxford, 3-13.
- [10] Gaspar, A.L.C., de Góes-Favoni, S.P. (2015). Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. *Food Chemistry*, 171, 315-322.
- [11] Yasir, S., Sutton, K., Newbeery, M., Andrews, N., Gerrard, J. (2007). The impact of transglutaminase on soy proteins and tofu texture. *Food Chemistry*, 104(4), 1491-1501.
- [12] Huang, W., Li, L., Wang, F., Wan, J., Tilley, M., Ren, C., Wu, S. (2010). Effects of transglutaminase on the rheological and Mixolab thermomechanical characteristics of oat dough. *Food Chemistry*, 121(4), 934-939.
- [13] Şanlı, T., Sezgin, E., Deveci, O., Şenel, E., Benli, M. (2011). Effect of using transglutaminase on physical, chemical and sensory properties of set-type yoghurt. *Food Hydrocolloids*, 25(6), 1477-1481.
- [14] Kieliszek, M., Misiewicz, A. (2014). Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review. *Folia Microbiologica*, 59, 241-250.
- [15] Tarapatsky, M., Domagała, J., Zagula, G. (2019). The effect of transglutaminase on colloidal stability of milk proteins. *Food Measure*, 13, 2339-2346.
- [16] Merenkova, S., Zinina, O., Loretz, O., Neverova, O., Sharaviev, P. (2019). Effects of transglutaminase and bacterial concentrates on the development of functional and technological properties of minced meat. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(4), 387-396.
- [17] Li, W., Yu, S., Zhang, T., Jiang, B., Mu, W. (2015). Recent novel applications of levansucrases. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(17), 6959-6969.
- [18] Arvidson, S., Rinehart, B., Gadala-Maria, F. (2006). Concentration regimes of solutions of levan polysaccharide from *Bacillus* sp. *Carbohydrate Polymers*, 65(2), 144-149.
- [19] Xiao, M., Feng, F., Lu, L. (2014). Preparation method of levan-contained yogurt. <https://patentimages.storage.googleapis.com/56/d9/9c/7a577f198ab4fe/US3816259.pdf> (05.07.2020).
- [20] Yıldız, S. (2011). The Metabolism of fructooligosaccharides and fructooligosaccharide-related compounds in plants. *Food Reviews International*, 27(1), 16-50.
- [21] Kumar, D.J.M., Jayanthisiddhuraj, Amutha, B., Devi, D.M., Kumaran, M.D.B., Kalaichelvan, P.T. (2012). Purification and characterization of α -amylase and β -galactosidase from *Bacillus* sp. MNJ23 produced in a concomitant medium. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 12(5), 566-573.
- [22] Ray, B. (1996). *Fundamental Food Microbiology*. New York: CRC press. 169-180.

- [23] Husain, Q. (2010). β Galactosidases and their potential applications: a review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 30(1), 41-62.
- [24] Gosling, A., Stevens, G.W., Barber, A.R., Kentish, S.E., Gras, S.L. (2010). Recent advances refining galactooligosaccharide production from lactose. *Food Chemistry*, 121(5), 307-318.
- [25] Gupte, A.M., Nair, J.S. (2010). β -Galactosidase production and ethanol fermentation from whey using *Kluyveromyces marxianus* NCIM 3551. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 69, 855-859.
- [26] Klein, M.P., Jong, E.V. de, Révillion, J.P.P. (2010). Utilização da β -galactosidase para prevenção da cristalização em doce de leite. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(6), 1530-1535.
- [27] Akin, N., Gündüz, A., Konak, Ç. (2012). Teknolojik açıdan süt ürünlerinde laktöz dönüşümleri ve intoleransı. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 10(4), 77-84.
- [28] Geiger, B., Nguyen, H.M., Wenig, S., Nguyen, H.A., Lorenz, C., Kittl, R., Nguyen, T.H. (2016). From by-product to valuable components: Efficient enzymatic conversion of lactose in whey using β -galactosidase from *Streptococcus thermophilus*. *Biochemical Engineering Journal*, 116, 45-53.
- [29] Skryplonek, K., Henriques, M., Gomes, D., Viegas, J., Fonseca, C., Pereira, C., Mituniewicz-Malek, A. (2019). Characteristics of lactose-free frozen yogurt with κ -carrageenan and corn starch as stabilizers. *Journal of Dairy Science*, 102(9), 7838-7848.
- [30] El-Yazeed Abd El-Salam, B.A., El-Hamid Ibrahim, O.A., El-Sayed Amer, A. (2020). Efficient enzymatic conversion of lactose in milk using fungal β -galactosidase. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101813.
- [31] Aziz, R.K., Bartels, D., Best, A., Dejongh, M. (2008). The RAST Server: Rapid Annotations using Subsystems Technology. *BMC Genomics*, 9(75), 1-15.
- [32] Overbeek, R., Olson, R., Pusch, G.D., Olsen, G.J. (2014). The SEED and the Rapid Annotation of microbial genomes using Subsystems Technology (RAST). *Nucleic Acids Research*, 42, 206-214.
- [33] Shirling, E.B., Gottlieb, D. (1966). Methods for Characterization of *Streptomyces* Species. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 16(3), 313-340.
- [34] Bourneow, C., Benjakul, S., Sumpavapol P., H-Kittikun, A. (2012). Isolation and cultivation of transglutaminase-producing bacteria from seafood processing factories. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 10, 28-39.
- [35] Leblanc, A., Gravel, C., Labelle, J., Keillor, J.W. (2001). Kinetic studies of guinea pig liver transglutaminase reveal a general-base-catalyzed deacylation mechanism. *Biochemistry*, 40, 8335-8342.
- [36] Desai, M., Patel, K. (2019). Isolation, optimization, and purification of extracellular levansucrase from nonpathogenic *Klebsiella* strain L1 isolated from waste sugarcane bagasse. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 19, 101-107.
- [37] Belghith, K.S., Dahech, I., Belghith, H., Mejdoub, H. (2012). Microbial production of levansucrase for synthesis of fructooligosaccharides and levan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 50(2), 451-458.
- [38] Erdal, Ö., Kaplan-Türköz, B., Taştan, Ö., Göksungur, Y. (2017). Levansucrase production by *Zyomonas mobilis*: Optimization of process parameters and fructooligosaccharide production. *Journal of Food Biochemistry*, 41(3), 3-9.
- [39] Sorde, K.L., Ananthanarayan, L. (2019). Isolation, screening, and optimization of bacterial strains for novel transglutaminase production. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 49(1), 64-73.
- [40] Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426-428.
- [41] Tille, P.M., Forbes, B.A. (2014). *Bailey & Scott's Diagnostic Microbiology* (Thirteenth Edition). Elsevier, St. Louis, Missouri.
- [42] Chandler, V., Donovan, S., Goodwin, W., Sprague, S., Stiefbold, F. (1998). Enzyme kinetics. In *Tested Studies for Laboratory Teaching*. Edited by Karcher. S.J., Volume 19, 81-97.
- [43] Giordano, D., Facchiano, A. (2018). Classification of microbial transglutaminases by evaluation of evolution trees, sequence motifs, secondary structure topology and conservation of potential catalytic residues. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 509(2), 506-513.
- [44] Guan, T.W., Tang, S.K., Wu, Y.Z., Zhi, X.Y., Zhang, L.L., Li, W.J. (2009). *Haloglycomyces albus* gen. nov., sp. nov., a halophilic filamentous actinomycete of the family *Glycomycetaceae*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 59(6), 1297-1301.
- [45] Ho, M.L., Leu, S.Z., Hsieh, J.F., Jiang, S.T. (2000). Technical approach to simplify the purification method and characterization of microbial transglutaminase produced from *Streptoverticillium ladakanum*. *Journal of Food Science*, 65(1), 76-80.
- [46] Kim, H.S., Jung, S.H., Lee, I., Yu, T.S. (2000). Production and characterization of a novel microbial transglutaminase from *Actinomadura* sp. T-2. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 10(2), 187-194.
- [47] Yeo, S.H., Yoon, J.H., Lee, D.G., Kim, H.S. (2009). Screening and identification of a *Streptomyces platensis* YK-2, a new transglutaminase producer. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19(6), 588-595.
- [48] Jin, M., Huang, J., Pei, Z., Gao, H., Chang, Z. (2016). Purification and characterization of a high-salt-resistant microbial transglutaminase from *Streptomyces mobaraensis*. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 133, 6-11.
- [49] Zhang, N., Zhang, S., He, Y., Chen, X., Zhang, Y., Dong, Z. (2020). Intein-mediated intracellular production of active microbial transglutaminase in *Corynebacterium glutamicum*. *Enzyme and Microbial Technology*, 142, 109680.
- [50] Fiss, E., Brooks, G.F. (1991). Use of a siderophore detection medium, ethylene glycol degradation, and beta-galactosidase activity in the early

presumptive differentiation of *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Streptomyces*, and rapidly growing *Mycobacterium* species. *Journal of Clinical Microbiology*, 29(7), 1533-1535.

- [51] Sanchez, J., Hardisson, C. (1979). Induction of β -galactosidase in *Streptomyces violaceus*. *Canadian Journal of Microbiology*, 25(7), 833-840.
- [52] Hildebrandt, P., Wanarska, M., Kur, J. (2009). A new cold-adapted β -D-galactosidase from the Antarctic *Arthrobacter* sp. 32c-gene cloning, overexpression, purification and properties. *BMC Microbiology*, 9(1), 151.
- [53] Maity, M., Sanyal, S., Bhowal, J., Bhattacharyya, D.K. (2013). Studies on isolation and characterization of lactase produced from soil bacteria. *International Journal of Recent Scientific Research*, 2(8), 92-94.
- [54] Collinge, A.E., Neubeck, C., Udinsky, J. (1974). "Thermostable Lactase". <https://patentimages.storage.googleapis.com/56/d9/9c/7a577f198ab4fe/US3816259.pdf>. (05.07.2020).
- [55] Nakao, M., Harada, M., Kodama, Y., Nakayama, T., Shibano, Y., Amachi, T. (1994). Purification and characterization of a thermostable β -galactosidase with high transgalactosylation activity from *Saccharopolyspora rectivirgula*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 40(5), 657-663.
-

Güneş ve Mikrodalga ile Kurutmanın Mürdüm Eriğinin (*Prunus domestica* subsp. *Insititia*) Fiziksel Kalitesi Üzerine Etkisi

Dilay Yıldız¹ , Özlem Çağındı²  

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa

Geliş Tarihi (Received): 25.05.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 17.03.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ozlem.cagindi@cbu.edu.tr (Ö. Çağındı)

☎ 0236 201 2263 📠 0236 241 2143

ÖZ

Bu çalışmada, farklı kurutma yöntemi kullanılarak mürdüm eriğinin fiziksel kalite özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla, örnekler öncelikle 55°C sıcaklıkta 1 dk. %1'lik NaOH bandırma işlemi uygulanmış ve ardından örnekler iki grup (çekirdekli bütün ve çekirdeksiz yarım) halinde güneşte ve üç farklı mikrodalga güç seviyesinde (450, 720 ve 900W) nem içeriği %18'e ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Kurutulan bütün ve yarım erik örneklerinin toplam kuru madde, kuruma süresi, renk, su aktivitesi, rehidrasyon oranı, serbest yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu, büzüşme ve doku değerleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre kuruma süresi, artan mikrodalga güç seviyesi ile düşüş göstermiştir. Bütün halde kurutulan eriklerde farklı kurutma yöntemlerinin L, a, ΔE, H, rehidrasyon oranı, serbest yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu, büzüşme, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet değerlerinde anlamlı bir değişikliğe yol açtığı (p<0.05), ancak b değeri, su aktivitesi, sertlik, yapışkanlık ve esneklik değerleri arasında anlamlı bir fark yaratmadığı görülmüştür (p>0.05). Yarım halde kurutulan eriklerde farklı kurutma yöntemlerinin iç L, a, b, ΔE, H değerleri, rehidrasyon oranı, serbest yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu, büzüşme, sertlik, yapışkanlık, esneklik, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet değerlerini etkilediği (p<0.05), ancak dış L, a, b, ΔE, H değerleri ve su aktivitesi üzerinde anlamlı bir etkisi olmamıştır (p>0.05). Mikrodalga ile kurutulan ürünlerle kıyaslandığında, güneşte kurutulan eriklerin parlaklık değerleri daha iyi korunmuştur. Güç seviyesi arttıkça, erik örneklerinin rehidrasyon oranlarında artış görülmüştür. Üç farklı güç seviyesinde kurutulan erikler için en kısa kuruma süresi olarak 900W mikrodalga uygulaması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Erik, Güneşte kurutma, Kalite, Mikrodalga kurutma

Effect of Sun and Microwave Drying on Physical Quality of Mürdüm Plums (*Prunus domestica* subsp. *Insititia*)

ABSTRACT

In this study, the physical quality properties of Mürdüm plums were determined by using different drying methods. For this purpose, samples were dipped in a solution of 1% NaOH for a minute at 55°C. Then, samples were dried in two groups (whole with seeds and halves without seeds) by solar drying or microwave drying at three different power levels (450, 720 and 900W) until the moisture content of 18%. Total dry matter, drying time, color, water activity, rehydration rate, free bulk density, particle density, shrinkage and texture values of dried whole and half plum samples were determined. Results indicated that drying time decreased with an increase in microwave power level. In whole dried plums, different drying methods resulted in a significant change in L, a, E, H, rehydration rate, free bulk density, particle density, shrinkage, internal stickiness, chewability and elasticity (p<0.05); however, it was observed that there was insignificant differences in b value, water activity, hardness, adhesiveness and flexibility values between drying methods (p>0.05). Different drying methods, internal L, a, b, ΔE, H values, rehydration ratio, free bulk density, particle density, shrinkage, hardness, adhesiveness, flexibility, internal stickiness, chewiness and elasticity values of plums

dried in half were influenced significantly ($p<0.05$). However, it was determined that there was insignificant effect ($p>0.05$) on external L, a, b, ΔE , H values and water activity. Compared to microwave dried products, it was observed that the brightness values of plums that were solar-dried were better preserved. As the microwave power level increased, the rehydration rates of plums increased. For plums dried at three different power levels, 900W microwave application is recommended as the shortest drying time.

Keywords: Plum, Sun drying, Quality, Microwave drying

GİRİŞ

Erik *Prunus* cinsine ait *Rosaceae* familyasından meyvesi yenen bazı ağaç türlerinin ortak adıdır. En çok yetiştirilen sert çekirdekli meyvelerden biri olan erik; potasyum, fosfor, sodyum, demir, lif ve ayrıca A, B₁, B₂, B₃, B₆, C, E vitaminlerini içermekle birlikte, lifçe ve antioksidanlarca zengin olmasından dolayı insan beslenmesi için önemli katkıda bulunacak potansiyele sahiptir [1-4]. Avrupa-Asya türleri arasında bulunan mürdüm eriği (*Prunus domestica* subsp. *Insititia*) Mirabel veya Damson eriği olarak da adlandırılmaktadır [5]. Erik, taze tüketiminin yanı sıra; kurutmalık, meyve suyu, konsantre, reçel, marmelat, konserve, dondurma gibi çok çeşitli şekillerde değerlendirilebilmektedir. Kurutulmuş erik ise tatlandırıcı, renk ve aroma iyileştirici, nem tutucu (kek ve kurabiyeleri nemli tutmak için), sağlıklı atıştırmalık, diyet ara öğünü olarak, ayrıca müsli, tahıl gevreği ve kahvaltılık ürünlerin karışımında, tatlı, puding ve çikolata içerisinde, bisküvi-kek gibi ürünlerde, tatlı ve tuzlu yemeklerde, çikolata kaplı kuru erik şekerlemesinde, içecek-fermenteli içecek, komposto ve dondurma yapımı gibi pek çok farklı alanda kullanılmaktadır [6, 7].

Kurutma en eski gıda muhafaza yöntemlerinden biri olup gıda kalitesini korumak ve depolama sırasında oluşabilecek bozulma ve kontaminasyonu önlemek için gıda sektöründe uzun yıllardır kullanılmaktadır [8, 9]. Kurutma ile nem ve su aktivitesi içerikleri belirli bir miktarda altına düşürülmüş olan gıdalar kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik bozulmalara karşı daha dayanıklı hale gelmekte ve böylece gıdanın raf ömrü arttırılmaktadır [10, 11]. Ayrıca kurutma ile ürün ağırlığının azalması sonucu depolama ve nakliye maliyetleri de düşmektedir [12, 13]. Ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerini önemli ölçüde etkileyen kurutma işlemi sırasında fenolik bileşiklerde, vitaminlerde ve renkte istenmeyen kayıplar meydana gelmektedir. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında meydana gelen kayıpları azaltmak için farklı kurutma yöntemleri ve koşulları üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir [14]. Birçok kurutma yöntemi arasında mikrodalga verimli bir kurutma yöntemi olarak görülmekte ve son yıllarda üzerinde kapsamlı olarak çalışılmaktadır. Gıdaların mikrodalga ile kurutulması sırasında, iç sıcaklık dış sıcaklıktan çok daha yüksek olduğu için kurutma hızı artmakta, kuruma süresi ise kısalmaktadır [15]. Ayrıca enerji tüketiminin nispeten az olması ve ısıya duyarlı bileşiklerin korunması nedeniyle meyveleri kurutmak için tercih edilmektedir [16].

Eriğin kurutulması ile ilgili literatür incelendiğinde Rodriguez ve ark. [17] yılında D'ente (*Prunus domestica* L.) cinsi eriği 8 parçaya bölerek kurutma yönteminin

kombine yöntemlerle etkisini analiz etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada erik örneklerine %1 NaOH ile 10-15 saniye bandırma işlemi uygulandıktan sonra güneşte kurutma işlemi uygulanmıştır [18]. Ayrıca Michalska ve ark. [19] ve Heybeli [20] tarafından farklı mikrodalga güçlerinde ve farklı çeşit eriklerde kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yener [21] mürdüm eriklerine dondurarak kurutma, vakum kurutma, normal etüv ve ultrases destekli vakum kurutma yöntemlerini uygulamıştır. Yapılan çalışmalarda farklı sıcaklıklar kullanılarak (50, 55, 60 ve 70°C) sıcak hava kurutma yöntemi uygulanmıştır [10, 15, 22]. Erik kurutmada kullanılan yöntemler arasında güneşte kurutma, vakum kurutma, dondurarak kurutma, kabin kurutucular, ozmotik kurutma, konveyör kurutucular, mikrodalga ve bunların kombine şekilde uygulaması yer almaktadır. Literatürde, mürdüm eriğinin hem mikrodalga hem de güneşte kurutma ile kurutulmasının incelendiği bir çalışmaya, araştırmacıların bilgisi dahilinde rastlanmamıştır. Bu konuda yapılan ilk araştırma olması açısından özgün değer taşımaktadır.

Çalışmada güneşte ve mikrodalgada olmak üzere 2 farklı kurutma yöntemi, 3 farklı mikrodalga güç seviyesi ve bütün-yarım olmak üzere 2 farklı şekilde kurutulan Mürdüm eriğinin, bazı fiziksel özellikleri araştırılarak daha kısa sürede ve yüksek kalitede kurutulmasına imkân vereceği düşünülen mikrodalga ile kurutulma olanakları belirlenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Araştırmada, İzmir meyve sebze halinden temin edilen mürdüm eriği (*Prunus domestica* subsp. *Insititia*) kullanılmıştır. Erik örnekleri denemelerin gerçekleştirildiği Manisa Celal Bayar Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilerek 4°C sıcaklıkta ve %80-90 bağıl nemde muhafaza edilmiş ve kurutmaya uygun olmayan erikler ayıklama işlemine tabi tutulmuştur. Tekdüze kurutma için eriklerin aynı boyutta olması çok önem taşıdığından erikler boyutlandırılmış ve 35-45 g ağırlığına sahip olan erikler işleme tabi tutulmuştur. Üzerindeki mum tabakasını uzaklaştırmak için erikler 55°C sıcaklıktaki %1 NaOH çözeltisi ile 1 dk. bandırma işlemine tabi tutulduktan sonra akan su altında 1 dk. yıkanmış ve iki kısma ayrılmıştır; ilk kısımdaki erikler bütün olarak ikinci kısımdakiler ise bıçakla ortadan ikiye bölünüp çekirdekleri çıkartılmıştır. Ardından erikler bekletilmeksizin kurutma işlemlerine tabi tutulmuştur.

Üzüm, vişne, erik, elma ve armut gibi bazı meyvelerin kabukları üzerinde ince bir mum tabakası bulunmaktadır. Kurutma hızını yavaşlatan bu tabakanın uzaklaştırılması amacıyla örnekler uygun bir çözeltiliye daldırılmakta ve bu işlem bandırma olarak isimlendirilmektedir. Literatüre bakıldığında eriklere uygulanan bandırma işleminin genellikle suya farklı oranlarda NaOH ilavesi ile 60°C'de gerçekleştiği belirlenmiştir. Ancak yapılan çalışmada bu sıcaklıkta erik örneklerinin kabuk yüzeylerinin parçalandığı ve ürünlerde aşırı sertlik meydana geldiği görülmüştür. Bu nedenlerle daha sonra sıcaklık 55°C olarak denemiş ve üründe herhangi bir olumsuzluğa rastlanmadığı için işlem sıcaklığının 55°C'de daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

Kurutma Yöntemleri

Bütün ve yarım erik örnekleri güneşte ve farklı mikrodalga güç seviyelerinde kurutma işlemlerine tabi tutulmuştur (GK-Güneşte kurutma; P100-900 W Mikrodalga kurutma; P80- 720 W Mikrodalga kurutma; P50-450 W Mikrodalga kurutma). Eriğin kurutulması üzerine yapılan çalışmalarda, ürünün son nem içeriği %16-20 olduğunda kurutmaya son verildiği bildirilmektedir [3, 5, 23]. Bu sebeple çalışmada son ürün %82 TKM içeriğine (%18 nem içeriği) ulaşana kadar kurutma işlemine devam edilmiştir.

Güneşte Doğal Kurutma: bütün ve yarım erikler gün aşırı üst yüzeyleri değiştirilerek 30 Ağustos tarihinden 20 Eylül tarihine kadar 09:00–21:00 saatleri arasında güneşte bekletilmiş, diğer saatlerde nem değişimini en aza indirmek için laboratuvar ortamına alınmıştır. Bu tarihler arasında Manisa'da ölçülen en yüksek sıcaklık ortalaması 33.7°C, en düşük sıcaklık ortalaması ise

19.4°C olarak kaydedilmiştir. Her bir kurutma grubu için 4 kg ürün kullanılarak son kuru madde içeriğine (%82) ulaşıp ulaşmadıkları, kuruma süresi boyunca ağırlıklarının takip edilmesiyle belirlenmiştir. Kurutulmuş erikler 5 dk. oda koşullarında bekletildikten sonra sıcak paketlenme amacıyla buzdolabı poşetine aktarılmış, alüminyum folyo ile sarılmış ve kapaklı cam kavanozlara doldurularak derin dondurucuda analize alınincaya kadar depolanmıştır.

Mikrodalga (MW) ile Kurutma: erikler bütün ve ikiye bölünmüş olarak iki grup halinde mikrodalgada kurutulmuştur. MW kurutma işleminde, muffak tipi mikrodalga fırında (AR 245, Arzum, İstanbul, Türkiye) 3 farklı güç seviyesinde (450 W (P50), 720 W (P80) ve 900 W (P100)) kurutulmuştur. Tüm kurutma işlemleri 400 gram taze erik ile gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga kurutma öncesinde uygun kurutma formunun belirlenebilmesi için bir seri (1 dk., 45 s, 30 s ve 20 s) ön deneme yapılmıştır. Yapılan ön denemeler sonucunda ürünün yanmasını engellemek için uygun işlem süresinin 20 s olduğuna karar verilmiştir. Bu nedenle kurutma işlemi 20 s süre güç uygulama ve 20 s süre bekleme şeklinde uygulanmıştır. Güç uygulama ve bekleme süreleri ön denemelerle belirlenmiştir. Her beş dakikalık bekleme periyodunun sonunda ürün ağırlığı tartılarak belirlenmiştir. Şekil 1'de mikrodalga kurutma işlemi uygulanan eriklerin zamanla değişimi gösterilmektedir. Eriklerin son kuru madde içeriğine (%82) ulaşıp ulaşmadıkları, kuruma süresi boyunca ağırlıklarının takip edilmesiyle belirlenmiştir. Kurutulmuş erikler 5 dk. oda koşullarında bekletildikten sonra sıcak paketlenme amacıyla buzdolabı poşetine aktarılmış, alüminyum folyo ile sarılmış ve kapaklı cam kavanozlara doldurularak derin dondurucuda analize alınincaya kadar depolanmıştır.



Şekil 1. Mikrodalga kurutma işlemi uygulanan eriklerin zamanla değişimi
Figure 1. Changes of plums during microwave drying process over time

Toplam Kuru Madde (TKM) Tayini

Taze ve kuru erik örneklerinde toplam kuru madde (TKM) miktarı AOAC 934.06'a göre yapılmıştır [24].

Kuruma Süresinin Belirlenmesi

Erik örneklerinin kuruma süresi, kurutma işlemi süresince örneklerin ağırlıklarındaki azalma takip edilerek gerçekleştirilmiştir. Her kurutma denemesinde kurutucuya başlangıç toplam kuru madde oranı bilinen yaklaşık 400 g taze erik yerleştirilmiş ve 5 dk. aralıklarla örnek ağırlığı takip edilmiştir. Kuru madde denkliği yapılarak son ürün %82 TKM içeriğine (%18 nem içeriği)

ulaştığı anda ürünün sahip olduğu ağırlık belirlenmiştir. Kurutma işleminde ürün bu ağırlığa ulaştığında kurutma işlemi sonlandırılmış ve kuruma süresi kaydedilmiştir.

Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Kuru erik örneklerinde renk tayini, renk ölçüm cihazı (Minolta CR-5, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla eriklerin iç ve dış yüzeyinin L, a, b renk değerleri ve taze eriğin (hammadde) renk değerleri referans alınarak Hue açısı (eşitlik 1) hesaplanmıştır. Ayrıca toplam renk farkı (ΔE) eşitlik 2'ye göre belirlenmiştir [25].

$$H = \tan^{-1}\left(\frac{a}{b}\right) \quad (1)$$

(H: Hue açısı; a, b: Numuneye ait renk değerleri)

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

Su Aktivitesinin Belirlenmesi

Kuru erik örneklerinde su aktivitesi tayini, veri kaydediciye (Testo 400, Almanya) bağlı, su aktivitesi ölçüm probu içeren ölçüm seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla erikler küçük parçalara kesilmiş ve yaklaşık 3 g numune ölçüm haznesine yerleştirilerek ve kap içerisindeki bağıl nem dengeye ulaşınca kadar bekledikten sonra su aktivitesi değeri okunmuştur [26].

Rehidrasyon Oranının Belirlenmesi

Son ürünün rehidrasyon oranının ölçülmesi amacıyla 10 g numune 1:30 (meyve/su) oranında distile su içerisinde 24°C'de (ortam sıcaklığı) toplam 24 saat bekletilmiş ve bu süre içerisinde ilk 12 saat boyunca 30 dk. aralıklarla örneklerin üzerindeki fazla su hafifçe silinerek ağırlıkları takip edilmiştir. Ortalama 8 saat sonra eriklerde parçalanma başladığı için 8 saat sonundaki süzölmüş ağırlığı belirlenerek eşitlik 3'e göre rehidrasyon oranı hesaplanmıştır [27, 28, 29, 30].

$$R_R = \frac{M_R}{M_D} \quad (3)$$

(R_R: Rehidrasyon oranı; M_D: Kuru örneğin ağırlığı (g); M_R: Nemlendirilmiş örneğin ağırlığı (g))

Serbest Yiğın Yoğunluğu Değerlerinin Değerlendirilmesi

Serbest yiğın yoğunluğunun belirlenmesinde bir miktar örnek 500 mL'lik cam ölçü silindire dökülmüş ve silindirin hacim skalasından karşılık geldiği değer okunmuştur. Büyük ölçekli yiğın yoğunluğu eşitlik 4 kullanılarak hesaplanmıştır. Silindir aynı örnekle pürüzsüz, düzgün bir yüzeyi olacak şekilde üç kez doldurulmuş ve örnek hacmi skaladan okunarak değerlendirilmiştir [31].

$$p_b = \frac{M}{V^*} \quad (4)$$

(p_b: Yiğın yoğunluğu, g/mL; M: Örnek miktarı, g; V*: Örnek hacmi, mL)

Partikül Yoğunluğu Değerlerinin Belirlenmesi

500 mL hacimli ölçü silindire 100 mL kerosen (gazyacı) koyulmuş ve yaklaşık 10 g örnek, solüsyon içerisine eklenmiştir. Silindirin skalasındaki son hacim değeri okunmuştur. Aşağıdaki 5 nolu eşitlik kullanılarak numunenin partikül yoğunluğu hesaplanmıştır [31].

$$p_p = \frac{M_p}{V_f - V_c} \quad (5)$$

(p_p: Partikül yoğunluğu, g/mL; M_p: Örnek miktarı, g; V_c: Kerosen hacmi, mL; V_f: Son hacim (numune+kerosen), mL)

Büzüşme Değerlerinin Belirlenmesi

Büzüşme derecesi ürünün yiğın yoğunluğu değerleri kullanılarak eşitlik 6'ya göre hesaplanmıştır [31].

$$B = \frac{p_{b,0} \cdot (x_{kuru} + 1)}{p_{b,kuru} \cdot x_0 + 1} \quad (6)$$

(B: Büzüşme derecesi; p_{b,0}: Taze materyal yiğın yoğunluğu; p_{b,kuru}: Kuru materyal yiğın yoğunluğu; X_{kuru}: Kuru materyal nem içeriği; X₀: Taze materyal nem içeriği)

Doku Profil Analizi

Kurutulan mürdüm eriklerinin tekstür özelliklerinin belirlenmesinde Tekstür Profil Analizi (TPA) yöntemi kullanılmıştır. Analizler tekstür analiz cihazı TA-XT Plus (Stable Microsystems, Surrey, Birleşik Krallık) ile gerçekleştirilerek örneklerin sertlik, kırılma, yapışkanlık, iç yapışkanlık, esneklik, elastikiyet ve çignenebilirlik özellikleri belirlenmiştir. Doku ölçüm parametreleri: ön test hızı: 1 mm/s, test hızı: 3 mm/s, son test hızı 5 mm/s, baskılama tipi–auto, baskılama kuvveti %50, yük hücresi 50 kg olarak belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz Yöntemi

Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirmek üzere, SPSS (Version 22) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Tek yönlü varyans analizi ve ardından farklılıkları belirlemek için Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Ayrıca bütün ve yarım şekilde kurutma işlemi uygulanmış örneklerin farklılığını belirlemek için T testi uygulanmıştır. Veriler %95 önem seviyesinde analiz edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kuru erik örneklerinin toplam kuru madde değerleri ve kuruma süresi Tablo 1'de yer almaktadır. Bu parametre, özellikle kurutulmuş meyvelerde önemli bir kalite indeksidir [32]. Kullanılan taze erikte %18.08 olan toplam kuru madde değerinin her iki yöntem ve şekil ile kurutulan örneklerde 81.07-82.17 aralığındadır. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün ve yarım halde kurutulan eriklerin toplam kuru madde miktarı üzerine etkisinin sırasıyla önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F(0.946)= 0.437, p>0.05; F(0.607)= 0.618, p>0.05]. Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için toplam kuru madde miktarı açısından önemsizdir (p>0.05).

Eriğin kurutulması üzerine yapılan çalışmalarda ürünün son nem içeriği %16-20 olduğunda kurutmaya son verildiği bildirilmektedir [3, 5, 23]. Bu nedenle yapılan çalışmada ürünün son nem içeriği %18 olarak seçilmiştir. Ancak literatüre bakıldığında farklı nem değerlerine sahip çalışmalarda görülmektedir. Li ve ark. [15] kurutulmuş eriklerin nem değerlerini %24.16-%24.62, Karaat [33] %25, Toğrul ve Pehlivan [18] %15-

17 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmalar arasındaki farklılıkların temel sebebi hedeflenen kuru madde değeri olmakla birlikte meyvelerin olgunluk durumu, tarımsal

koşullar ve iklim değişikliklerinin kuru madde değeri etkilediği düşünülmektedir [34].

Tablo 1. Kuru erik örneklerine ait toplam kuru madde (TKM) ve kuruma süresi değerleri
Table 1. Total dry matter content and drying time values of dried plum samples

Kurutma şekli	Toplam kuru madde (%)		Kuruma süresi	
	Bütün	Yarım	Bütün	Yarım
GK	81.82±0.52 ^a	81.62±0.92 ^a	17 gün 16 sa.	4 gün 14 sa.
P100	81.71±0.50 ^a	82.17±0.31 ^a	28 dk. 46 s	26 dk. 27 s
P80	81.07±0.56 ^a	81.72±0.88 ^a	29 dk. 40 s	27 dk. 7 s
P50	81.50±0.57 ^a	81.54±0.44 ^a	48 dk.20 s	43 dk. 40 s

(GK: Güneşte kurutma, P100: 900 W Mikrodalga kurutma, P80: 720 W Mikrodalga kurutma, P50:450 W Mikrodalga kurutma)

Güneşte kurutulan bütün erikler için kuruma süresi 17 gün 16 sa., yarım erikler için 4 gün 14 saat olarak belirlenmiştir. Bütün ve yarım olmak üzere mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin kuruma süresinin ise 26 dk. 27 s ile 48 dk. 20 s arasında değiştiği saptanmıştır. Bütün eriklerin mikrodalga ile kurutulması sırasında en yüksek güç değeri olan P100 kurutma işlemi için kuruma süresi 28 dk. 46 s, P80 kurutma işlemi için 29 dk 40 s., P50 kurutma işlemi için ise 48 dk. 20 s olarak bulunmuştur. Yarım eriklerin

mikrodalga ile kurutulması sırasında en yüksek güç değeri olan P100 kurutma işlemi için kuruma süresi 26 dk. 27 s, P80 kurutma işlemi için 27 dk. 7 s, P50 kurutma işlemi için ise 43 dk. 40 s olarak saptanmıştır. Sonuçlara bakıldığında, mikrodalgada kurutmanın, güneşte kurutmaya kıyasla kuruma süresini oldukça azalttığı görülmektedir. Güneş ve mikrodalga ile kurutulan bütün ve yarım erik örnekleri Şekil 2'de gösterilmektedir.



Güneşte Kurutma



Mikrodalga P100 Güç



Mikrodalga P80 Güç



Mikrodalga P50 Güç

Bütün Örnekler



Güneşte Kurutma



Mikrodalga P100 Güç



Mikrodalga P80 Güç



Mikrodalga P50 Güç

Yarım Örnekler

Şekil 2. Güneşte ve mikrodalgada kurutulan bütün ve yarım erik örnekleri

Figure 2. Samples of whole and half plums that were solar- and microwave-dried

Çalışma kapsamında örneklere uygulanan tüm mikrodalga kurutmalarda, mikrodalga gücünün artışı ile kuruma süresinde azalma meydana gelmiştir. Benzer sonuçları Sarı ve ark. [35] çalışmalarında ananasın mikrodalgada kurutulması ile elde etmişlerdir. Güneşte kurutulan yarım erikler bütün eriklere göre neredeyse 4 kat daha hızlı kurumuştur. Bunun sebebi olarak, bütün

eriklerin kabuklu yapısından dolayı ısı transferinin daha zor olması düşünülmektedir. Toğrul ve Pehlivan [18] erik örneklerine %1 NaOH ile 10-15 saniye bandırma işlemi uyguladıktan sonra güneşte kurutma işlemi ile hedefledikleri nem içeriği olan %15-17 değerine 5 günde ulaşmışlardır. Kimyasal daldırma ön işleminin kuruma süresindeki azalmaya olan etkisi, farklı erik örnekleri ile

yapılan çalışmalarda da rapor edilmiştir [10, 11, 33]. Michalska ve ark. [19] farklı mikrodalga güçlerinde erik kuruttukları çalışmada mikrodalga vakum kuruma süresini 32-120 dk. ve konveksiyon ön kurutma-mikrodalga son kuruma süresini 394-664 dk. olarak saptamışlardır. Heybeli [20] farklı kurutma havası sıcaklığı (60, 70 ve 80°C) ve farklı mikrodalga güçleri (300, 400 ve 500 W) kullanarak kuruttuğu Stanley erik çeşitlerinde örneklerin %20 nem içeriğine düşürülmeleri için gerekli süreyi hesaplamıştır. Kurutulacak erikler bandırma işlemine tabi tutulmuştur. 60°C için mikrodalga ışın gücü sıralamasına göre ön işlem gören örneklerde 4780 dk. (79 saat 40 dk.), 4620 dk. (77 saat) ve 4450 (74 saat 10 dk.), 70°C için 1946 dk. (32 saat 26 dk.), 1904 dk. (31 saat 44 dk.) ve 1902 dk. (31 saat 42 dk.), 80°C için 1165 dk. (19 saat 25 dk.), 1122 dk. (18 saat 42 dk.) ve 1097 dk. (18 saat 17 dk.) arasında değiştiğini gözlemlemiştir. Bizim çalışmamıza kıyasla, kurutma işleminde sadece mikrodalga kurutma değil mikrodalga destekli ısıtılmış hava kullanılması ve mikrodalga sıcaklık güçlerinin daha düşük olması nedeniyle kuruma süresinin daha uzun olduğu düşünülmektedir. Elma dilimlerinin mikrodalga ile kurutulduğu çalışmalarda kuruma süreleri 20, 44, 58 ve 138 dakika olarak belirtilmiştir [36, 37]. Karaat [33] ön işlem olarak fiziksel, kimyasal ve mikrodalga yöntemleri uygulanmış Stanley çeşidi erik örnekleri güneş altında kurutulmuştur. Ön işlemlerin kuruma süresi ve kuru erik rengi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada kuruma sürelerinin 95-401 saat arasında olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışma ile benzer olan NaOH (%1, 60°C, 1 dk.) ön işlemi uygulanmış örneklerin kuruma süresi ise 182 saat olarak bulunmuştur, kurutma sürelerindeki

farklılığın güneşte kurutma işleminin her iki çalışmada aynı yıl içerisinde farklı tarihlerde yapılmasından ve istenilen nem değerlerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Renk tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği üzerindeki etkisi nedeniyle önemli duyu kalite özelliklerinden biridir [38]. Bu nedenle kurutma sırasında ürünün rengindeki değişikliklerin minimum seviyede olması beklenmektedir [15]. Tablo 2'de görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin parlaklık değerlerinin (L) [F(10.670)=0.0..01, p<0.05], a [F(12.670)=0.0..01, p<0.05], ΔE [F(6.711)=0.001, p<0.05] ve H [F(10.800)=0.0..01, p<0.05] değerleri üzerine etkisinin önemli (p<0.05), ancak b değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir [F(1.435)=0.252, p>0.05]. Kurutma işleminin erik örneklerinin b değerleri dışında renk parametrelerini etkilemiş olup L değeri bütün erikler için 18.37- 21.07 değerleri arasındadır. Bütün erikler için minimum L değeri P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek L değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Taze eriklerin L değerlerinin kurutma işleminden sonra azaldığı görülmüştür. Kurutma tekniği sebze ve meyvelerin esmerleşmesine neden olmaktadır. Mikrodalga ile kurutulan ürünlerle kıyaslandığında, güneşte kurutulan eriklerin parlaklık değerlerinin daha iyi korunduğu gözlenmiştir. Kurutulan örneklerin kırmızılık (+a) -yeşillik (-a) değerleri incelendiğinde örneklerin kırmızı pozitif bölümde kaldığı belirlenmiştir.

Tablo 2. Kurutulmuş bütün ve yarım (dış kısım) eriklerin renk değerleri

Table 2. Color values of dried whole and half (outer part) plums

	Taze	GK		P100		P80		P50	
		Bütün	Yarım(dış)	Bütün	Yarım(dış)	Bütün	Yarım(dış)	Bütün	Yarım(dış)
L	26.15±0.81	21.07±1.22 ^a	18.30±0.42 ^a	19.36±0.55 ^b	18.88±0.64 ^a	19.43±0.99 ^b	18.78±0.31 ^a	18.37±0.41 ^b	18.99±0.50 ^a
a	1.37±0.24	0.69±0.14 ^c	0.98±0.33 ^a	1.69±0.27 ^{ab}	1.37±0.11 ^a	2.02±0.81 ^a	1.29±0.20 ^a	1.21±0.09 ^{bc}	1.04±0.31 ^a
b	-2.49±0.61	0.43±0.11 ^a	0.36±0.23 ^a	0.29±0.21 ^a	0.37±0.12 ^a	0.55±0.39 ^a	0.36±0.29 ^a	0.30±0.01 ^a	0.29±0.25 ^a
ΔE	24.38±0.68	27.26±0.62 ^b	29.33±0.37 ^a	28.20±0.65 ^{ab}	28.69±0.57 ^a	27.95±1.16 ^b	28.24±0.23 ^a	29.18±0.39 ^a	28.69±0.40 ^a
H	-29.72±9.44	60.20±4.59 ^a	72.61±8.15 ^a	41.25±5.46 ^b	77.65±3.52 ^a	76.12±4.61 ^b	76.21±12.01 ^a	76.03±1.12 ^b	77.67±10.85 ^a

(GK: Güneşte kurutma, P100: 900 W Mikrodalga kurutma, P80: 720 W Mikrodalga kurutma, P50:450 W Mikrodalga kurutma)

(GK: Sun drying, P100: 900 W Microwave drying, P80: 720 W Microwave drying, P50: 450 W Microwave drying)

Bütün erikler için a değeri 0.69-2.02 olarak saptanırken, minimum güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve maksimum P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Taze erik örneklerinin a değerlerinin güneşte kurutma ve P50 güç mikrodalga kurutma ile azaldığı; fakat P100 ve P80 güçlerde mikrodalga kurutma ile a değerinin arttığı görülmüştür. Ayrıca P100 ve P80 güçlerde mikrodalga kurutma ile kurutulan ürünlerde kurutma sıcaklığı arttıkça, örneklerin a değerleri yükselmiştir. Ortalama olarak, en yüksek a değerleri P100 ve P80 güçlerde mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Taze erik için b değeri mavilik düzeyinde iken, örneklerin kurutulması ile b değerlerinin sarılık bölümünde olduğunu saptanmıştır. Bütün erikler için b değeri 0.29-0.55 olarak hesaplanırken minimum P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde, maksimum P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde

kaydedilmiştir. ΔE değeri bütün erikler için 27.26-29.18 olarak hesaplanmıştır. Minimum ΔE değeri güneşte kurutulan eriklerde ve en yüksek ΔE değeri P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Minimum ΔE değeri baz alınarak, renk değerini iyi derecede muhafaza eden örnekler güneşte kurutulan erikler olarak saptanmıştır. Bütün erik örnekleri için H değeri 41.25-76.12 olarak hesaplanmıştır. McGuire [39] çalışmasında H° değerini bir renk dairesi olarak tanımlayıp kırmızı- mor renkler 0°-270°arasındaki açı değerini almakta iken, sarı 90° açı değerini, mavimsi yeşil renkler ise 180°-270° arasındaki açı değeri ile tanımlandığını belirtmektedir. Hem taze örnek hem de kurutma yöntemlerinden elde edilen eriklerin H değerleri H<90° olduğu için mor bölgesinde olduğu söylenebilir. Minimum H değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulan ürünlerde ve en yüksek H değeri P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulan

ürünlerde kaydedilmiştir. Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarım kurutma için H değeri açısından önemlidir ($p < 0.05$). Çalışmada renk değişimlerinde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bu oluşumun sebebi olarak, mikrodalga ısıtma sırasında ürün sıcaklığının anlık yüksek değerlere ulaşılmasının sonucunda renk maddelerinin parçalanmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Urun [29] yaptığı çalışmada patlıcan ve kabak örneklerinin L değerlerini incelediğinde, taze patlıcanların L değerlerinin kurutma işleminden sonra azaldığını belirlemiştir. Ortalama olarak en yüksek toplam renk değişimi güneşte kurutulan örneklerde gözlemiştir. Heybeli [20] taze ve farklı sıcaklık uygulaması ile kurutulan erik örneklerin renk değişimleri incelediğinde, ön işlem gören örnekler uygulanan sıcaklığın artması ile parlaklığının arttığını, ön işlem görmeyen örneklerde ise azalma meydana geldiğini saptamıştır. Kurutulan örneklerin kırmızı bölümde kaldığını belirlemiştir. Kurutma havası sıcaklığının artışı ile ön işlem gören örneklerin kırmızılık değerlerinde artış olurken, ön işlem görmeyen örneklerde azalma oluşmuştur. Taze eriğin b^* değeri mavilik düzeyinde olup, buna karşın örneklerin kurutulması esnasında b^* değerlerinin sarılık bölümünde olduğunu saptamıştır. Kurutma havası sıcaklığının 60°C olması durumunda ön işlem görmeyen örneklerde bu değerlerin mavi renk bölgesinde bulunduğunu belirlemiştir. Uygulamalar sonucunda elde edilen verilere göre ön işlem görmeyen örneklerde 60°C kurutma havası sıcaklığında renk skalasında mor renk alanına yakın değerler elde edildiğini belirlemiştir. Diğer örneklerin ise b^* değeri pozitif eksende ilerlediği için örnek renk skalasında koyu kırmızı alanda yer aldığını saptamıştır. Li ve ark. [15] 60°C 'de kurutulan erik örneklerinin L^* değerlerini 24.25-27.63, a^* değerlerini 4.04-4.95, b^* değerlerini 2.07-2.76, ΔE değerlerini ise 5.64-7.38 olarak tespit etmişlerdir.

ΔE değerlerine bakıldığında en düşük değer baz alınarak, renk değerini iyi derecede muhafaza eden örnekler; ön işlem görenlerin kurutma havası sıcaklığının 70°C , ön işlem görmeyenlerde ise 60°C uygulamasında gerçekleştiğini rapor etmiştir. Hue (H) açısının sayısal değerinin 0'a yaklaşması kırmızı renk yoğunluğunun arttığını belirtir. Hue açısı ön işlem gören örneklerin 70°C ve görmeyen örneklerin ise 60°C 'lik kurutma havası sıcaklıklarında "0" değerine yakın olduklarını saptamış ve örnekte kırmızı renk yoğunluğunun arttığını belirlemiştir. Ayrıca tüm kurutma havası sıcaklıklarında elde edilen değerlerin $H < 90^\circ$ olduğu için mor bölgesinde olduğunu bildirmiştir [20]. Tarhan [40] yaptığı çalışmada bandırma işlemi sonrası kurutulan eriklerin L değerlerini 16.57-21.23, a değerlerini 2.53-7.56 b değerlerini ise 0.35-4.71 olarak saptamıştır. Karaat [33] farklı fiziksel, kimyasal ve mikrodalga ön uygulamalarının ardından güneş altında kurutulan Stanley çeşidine ait erik örneklerinde L^* değerlerini 16.82-21.25, a^* değerlerini 1.66-6.34 ve b^* değerlerini 1.66-4.06 olarak bildirmiştir.

Farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin dış kısımlarının L [F(1.422)=0.254, $p > 0.05$], a [F(2.024)=0.130, $p > 0.05$], b [F(0.030)=0.993, $p > 0.05$], toplam renk farkı [F(1.774)=0.172, $p > 0.05$] ve H [F(0.387)=0.763, $p > 0.05$] üzerine etkisinin önemsiz

olduğu tespit edilmiştir ($p > 0.05$). L değeri yarım erik örneklerinin dış kısımları için 18.30-18.99 değerleri arasında saptanırken minimum güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde, maksimum P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Yarım erik örneklerinin dış kısımlarının L değerleri incelendiğinde, taze eriklerin L değerlerinin kurutma işleminden sonra azaldığı belirlenmiştir. Ortalama olarak, en düşük L değeri güneşte kurutma yöntemi ile kurutulan erik örneklerinde tespit edilmiştir. Bu durumun enzimatik esmerleşme reaksiyonuyla ilişkisi olduğu düşünülmektedir. Güneşte kurutma için bütün veya yarım kurutma L değeri açısından anlamlı bulunurken ($p < 0.05$), P100, P80 ve P50 güç mikrodalga tipleri için önemsiz ($p > 0.05$) olduğu tespit edilmiştir. a değeri yarım erik örneklerinin dış kısımları için 0.98-1.37 olarak saptanırken minimum güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve maksimum P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Erik örneklerinin dış kısımlarının a değerleri incelendiğinde, taze erik örneklerinin a değerlerinin kurutma işlemi ile azaldığı görülmüştür. Ortalama olarak, en yüksek a değeri P100 mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde olduğu kaydedilmiştir. Güneşte kurutma, P100 ve P50 kurutma tipleri için bütün veya yarım kurutmanın a değeri açısından önemsiz olduğu ($p > 0.05$) bulunurken P80 güç mikrodalga tipi için anlamlı ($p < 0.05$) olduğu saptanmıştır. Taze eriğin b değeri mavilik düzeyinde iken, örneklerin kurutulması ile b değerlerinin sarılık bölümünde olduğunu saptamıştır. b değeri yarım erik örneklerinin dış kısımları için 0.29-0.37 olarak hesaplanmıştır. Minimum b değeri P50 güçte mikrodalga kurutma yöntemle kurutulmuş ürünlerde ve maksimum b değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarım kurutma için b değeri açısından önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). ΔE yarım erik örneklerinin dış kısımları için 28.24-29.33 olarak hesaplanmıştır. Minimum ΔE değeri P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulan eriklerde ve en yüksek ΔE değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Minimum ΔE değeri baz alınarak, renk değerini iyi derecede muhafaza eden örnekler mikrodalga ile kurutulan erikler olarak saptanmıştır. Güneşte kurutma için bütün veya yarım kurutma ΔE değeri açısından anlamlı bir değişikliğe yol açtığı ($p < 0.05$), ancak P100, P80 ve P50 güç mikrodalga tipleri için ise anlamlı bir fark yaratmadığı görülmüştür ($p > 0.05$). H değeri yarım erik örneklerinin dış kısımları için 72.61-77.67 olarak hesaplanmıştır. Hem taze örnek hem de kurutma yöntemlerinden elde edilen eriklerin H değerleri $H < 90^\circ$ olduğu için mor bölgesinde olduğu söylenebilir. Minimum H değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek H değeri P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulan eriklerde kaydedilmiştir. Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarım kurutma için H değeri açısından önemlidir ($p < 0.05$).

Tablo 3'de görüldüğü gibi, farklı kurutma yöntemlerinin, yarım şekilde kurutulan eriklerin iç kısmı için L [F(5.173)=0.005, $p < 0.05$], a [F(41.014)=0.0..01, $p < 0.05$], b [F(41.691)=0.0..01, $p < 0.05$], ΔE [F(10.559)=0.0..01, $p < 0.05$] ve H [F (4.739)=0.008,

$p < 0.05$) değerleri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Yarım erik örneklerinin iç kısımlarının taze ve kuru halde renk parametrelerinin incelenmesi ile kurutma işleminin renk parametreleri üzerinde önemli etkileri olduğu bulunmuştur. L değeri yarım erik örneklerinin iç kısımları için 20.42-23.37 değerleri arasında saptanırken minimum P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde, maksimum güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Taze eriklerin L değerlerinin kurutma işleminden sonra azaldığı belirlenmiştir. Ortalama olarak, en düşük L değeri, P100 mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulan erik örneklerinde tespit edilmiştir. Bu durumun enzimatik esmerleşme reaksiyonu ile ilişkisi olduğu düşünülmektedir. a değeri yarım erik örneklerinin iç kısımları için 4.00-7.50 olarak hesaplanırken minimum P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde, maksimum güneşte kurutma ile kurutulmuş

ürünlerde kaydedilmiştir. Yarım erik örneklerinin iç kısımlarının a değerleri incelendiğinde, taze erik örneklerinin a değerlerinin kurutma işlemi ile arttığı görülmüştür. Nizamlioğlu ve ark. [41] tarafından güneşte ve 65°C'de kurutulan erik örneklerinin L* değerleri sırasıyla 21.06-19.11, H değerleri ise 125.11-108.90 olarak tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada Mürdüm eriklerinin normal etüv, vakum etüv, ultrases destekli vakum kurutma ve dondurarak kurutma olmak üzere 4 farklı teknik ile 60°C sıcaklıkta gerçekleştirilen kurutma işlemi sonrası taze ve kuru örneklerin kabuk dışı ölçümlerde L değerinin 22.62-35.15 arasında, a değerinin 0.51-8.76 arasında ve b değerinin -4.9-(-0.21) arasında olduğu tespit edilmiştir. Erik iç yüzey ölçümlerinde ise L değerinin 30.53-61.97 arasında, a değerinin 1.99-7.21 arasında ve b değerinin 0.39-32.62 arasında olduğu bulunmuştur. Hue açısı kurutulmuş örnekler için 51.21-72.91 arasında saptanmıştır [42].

Tablo 3. Kurutulmuş yarım eriklerin renk değerleri (iç kısım)

Table 3. Color values of dried half plums (inner part)

Kurutma şekli	Yarım (iç kısım)				
	L	a	b	ΔE	H
GK	23.37±1.24 ^a	7.50±0.26 ^a	7.36±0.49 ^a	20.98±1.33 ^b	45.53±1.03 ^b
P100	20.42±0.67 ^b	4.00±0.16 ^c	3.07±0.34 ^c	25.61±0.62 ^a	52.71±3.65 ^a
P80	21.25±1.34 ^b	4.47±0.32 ^c	3.72±0.35 ^c	24.63±1.56 ^a	50.36±1.69 ^{ab}
P50	21.49±2.54 ^{ab}	5.87±1.30 ^b	5.03±1.60 ^b	23.64±3.05 ^a	49.90±2.56 ^{ab}

(GK: Güneşte kurutma, P100: 900 W Mikrodalga kurutma, P80: 720 W Mikrodalga kurutma, P50:450 W Mikrodalga kurutma)

(GK: Sun drying, P100: 900 W Microwave drying, P80: 720 W Microwave drying, P50: 450 W Microwave drying)

Ortalama olarak, en yüksek a değerleri güneşte kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Taze eriğin b değeri mavilik düzeyinde iken, örneklerin kurutulması ile b değerlerinin sarılık bölümünde olduğunu saptamıştır. b değeri yarım erik örneklerinin iç kısımları için 3.07-7.36 olarak hesaplanırken minimum P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde, maksimum güneşte kurutulan ürünlerde kaydedilmiştir. ΔE yarım erik örneklerinin iç kısımları için 20.98-25.61 olarak hesaplanmıştır. Minimum ΔE değeri güneşte kurutulan eriklerde ve en yüksek ΔE değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Minimum ΔE değeri baz alınarak, renk değerini iyi derecede muhafaza eden örnekler güneşte kurutulan erikler olarak saptanmıştır. H değeri yarım erik örneklerinin iç kısımları için 45.53-52.71 olarak hesaplanmıştır. Hem taze örnek hem de kurutma yöntemlerinden elde edilen eriklerin H değerleri $H < 90^\circ$ olduğu için mor bölgesinde olduğu söylenebilir. Minimum H değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek H değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulan eriklerde kaydedilmiştir.

Albanese ve ark. [43] yaptıkları çalışmada sıcak hava ve mikrodalga kullanarak *Vitillo* (*Prunus armeniaca* L.) çeşidi kayısıları kurutmuşlardır. Mikrodalga ile kurutulmuş kayısılarda daha düşük bir açıklık (L^*) kaybı gözlemlendiği kaydedilmiştir. Rodriguez ve ark. [17] taze erikteki renk parametrelerini $L = 22.582 \pm 3.147$, $a = -1.108 \pm 0.646$ ve $b = 14.105 \pm 2.330$ olarak tespit etmişlerdir. Kurutma işlemi sonrası L, a ve b değerleri taze meyve ile karşılaştırmışlardır. L değerleri 21.091-29.831 arasında, a değerleri 4.591-9.057 ve b değerleri

5.515-16.940 arasında değişmiştir. Bu sonuçlar elde ettiğimiz çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Elma dilimlerinin kalite özellikleri üzerine tepsili kurutma, ısı pompası kurutma, dondurarak kurutma ve mikrodalga kurutma yöntemlerinin etkilerinin, yanı sıra kurutma yöntemlerinin enerji verimliliğini araştırdıkları çalışmada H değerlerini 67.68-82.56 arasında bulmuşlardır [36]. Arıkan [44], yaptığı çalışmada havuç kullanarak mikrodalga-konvektif kurutma uygulamalarının etkinliklerini geleneksel konvektif kurutma yöntemiyle karşılaştırmıştır. Elde edilen verilere göre kesikli mikrodalga-konvektif hava, konvektif havayla kurutmaya kıyasla önemli oranda kazanç sağladığını belirlemiş olup, bu kombinasyonların fiziksel (renk ve tekstür) ve duyuşsal nitelikler bakımından yüksek kalitede kuru ürün üretiminde en uygun kurutma yöntemleri olduğunu belirtmiştir.

Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin su aktivitesi, rehidrasyon oranı, serbest yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu ve büzüşme değerleri Tablo 4'de verilmiştir. Kullanılan taze erikte 0.75 olan su aktivitesi değerinin her iki yöntem ve şekil ile kurutulan örneklerde 0.60-0.68 aralığına düştüğü tespit edilmiştir. Bu değerlerin mikrobiyolojik açıdan ürünü güvenli sağlayacak düzeyde olduğu görülmektedir [45]. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün ve yarım halde kurutulan eriklerin su aktivitesi üzerine etkisinin sırasıyla önemsiz bulunmuştur [$F(2.674)=0.075$, $p > 0.05$]; $F(2.665)=0.076$, $p > 0.05$]. Mikrodalga kurutma tipleri için bütün veya yarı kurutma su aktivitesi açısından da önemsizdir ($p > 0.05$). Güneşte kurutma için bütün veya

yarı kurutma su aktivitesi açısından anlamlıdır ($p < 0.05$). Su aktivitesi gıda teknolojisinde önemli bir fizikokimyasal özelliktir. Nem değerinden farklı olarak gıda kalitesinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kararlılığı belirlemektedir. Yüksek oranda su içeren taze meyvelerde 0.97-0.99 olan su aktivitesi değerleri kurutulmaları ile 0.60 aw değerine kadar düşmektedir [45]. Mikrobiyal gelişme için mutlak limit 0.60 olarak belirtilmektedir. Depolama ve nakliye işlemlerinin hijyenik koşullarda gerçekleştirilmesi koşuluyla, kurutulmuş gıdalarda 2 yıla kadar mikrobiyal bozulmanın görülmeyeceği bildirilmektedir [16]. Kuru meyvelerdeki su aktivitesi değerlerinin 0.505-0.694 aralığında değiştiği saptanmıştır [45]. Taze erikteki su aktivitesi değerleri 0.966 ± 0.002 aralığında bulunmuşken, kurutma işleminden sonra deney koşullarına bağlı olarak su aktivitesi değerlerinin 0.441 ile 0.845 arasında değiştiği görülmüştür [17]. Nizamıoğlu ve ark. [41] güneşte ve 65°C 'de kuruttukları erik örneklerinin su aktivitesi

değerlerini sırasıyla 0.487 ve 0.500 olarak belirtmişlerdir. Tüm kurutma tipleri için elde edilen su aktivitesi değerleri bu değerlere yakın bulunmuş olup çalışmamız ile uygunluk göstermektedir. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün ve yarım halde kurutulan eriklerin rehidrasyon oranı üzerine etkisinin sırasıyla önemli olduğu tespit edilmiştir [$F(50.808)=0.0..01$, $p < 0.05$; $F(2.579)=0.0..01$, $p < 0.05$]. Rehidrasyon oranı değeri bütün erikler için 1.44-3.60 olarak hesaplanmıştır. Bütün erikler için minimum rehidrasyon oranı değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek rehidrasyon oranı değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Rehidrasyon oranı değeri yarım erikler için 2.30-3.24 olup minimum rehidrasyon oranı değeri güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve en yüksek rehidrasyon oranı değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerdir.

Tablo 4. Kurutulmuş eriklerin su aktivitesi, rehidrasyon oranı, serbest yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu ve büzüşme değerleri

Table 4. Water activity, rehydration rate, bulk density, particle density and shrinkage values of dried plums

	GK		P100		P80		P50	
	Bütün	Yarım	Bütün	Yarım	Bütün	Yarım	Bütün	Yarım
Su aktivitesi değerleri	0.66 \pm 0.02 ^a	0.60 \pm 0.02 ^a	0.61 \pm 0.02 ^a	0.68 \pm 0.01 ^a	0.65 \pm 0.04 ^a	0.66 \pm 0.07 ^a	0.65 \pm 0.05 ^a	0.65 \pm 0.09 ^a
Rehidrasyon oranı değerleri (8 saat sonra)	1.44 \pm 0.15 ^b	2.30 \pm 0.20 ^b	3.60 \pm 0.09 ^a	3.24 \pm 0.19 ^a	3.48 \pm 0.42 ^a	3.00 \pm 0.16 ^a	3.32 \pm 0.51 ^a	3.00 \pm 0.24 ^a
Serbest yığın yoğunluğu değerleri (g/mL)	0.41 \pm 0.01 ^a	0.42 \pm 0.02 ^a	0.32 \pm 0.02 ^b	0.31 \pm 0.04 ^b	0.34 \pm 0.01 ^b	0.35 \pm 0.01 ^b	0.31 \pm 0.02 ^b	0.35 \pm 0.03 ^b
Partikül yoğunluğu değerleri (g/mL)	0.93 \pm 0.01 ^{ab}	1.91 \pm 0.04 ^a	0.95 \pm 0.03 ^{ab}	1.27 \pm 0.02 ^b	0.96 \pm 0.01 ^a	1.26 \pm 0.03 ^b	0.91 \pm 0.04 ^b	1.28 \pm 0.02 ^b
Büzüşme değerleri	0.27 \pm 0.01 ^b	0.27 \pm 0.02 ^c	0.36 \pm 0.03 ^a	0.38 \pm 0.04 ^a	0.34 \pm 0.01 ^a	0.33 \pm 0.01 ^b	0.35 \pm 0.04 ^a	0.33 \pm 0.02 ^b

(GK: Güneşte kurutma, P100: 900 W Mikrodalga kurutma, P80: 720 W Mikrodalga kurutma, P50: 450 W Mikrodalga kurutma)

(GK: Sun drying, P100: 900 W Microwave drying, P80: 720 W Microwave drying, P50: 450 W Microwave drying)

Güneşte kurutma ve P100 güç mikrodalga tipleri için bütün ya da yarım kurutma yöntemlerinin rehidrasyon oranı açısından anlamlı ($p < 0.05$), P80 ve P50 güç mikrodalga tipleri için ise önemsiz ($p > 0.05$) olduğu saptanmıştır. Güç seviyesi arttıkça erik örneklerinin rehidrasyon oranlarında artış gerçekleşmiştir. Bunun sebebi, daha yüksek sıcaklıklarda kurutulan örneklerde istenilen toplam kuru madde değerine daha kısa sürede ulaşılması olarak açıklanabilir. Benzer şekilde, elma dilimleri üzerine yaptıkları çalışmada daha yüksek sıcaklıklarda kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon süresince daha fazla su aldığını bildirmişlerdir [46]. Rehidrasyon hızı, kurutma sırasında hücre duvarına ve dokuya verilen fiziksel hasarın bir göstergesi olarak kabul edilmektedir [47]. Kurutulmuş bir üründe aranan en önemli nitelik olan rehidrasyon yeteneği, kullanılan su ile ürünün eski haline dönüşebilme düzeyidir. Kurutulmuş bir ürün suda tutulunca, taze halinde içerdiği kadar su alarak eski haline ve şekline dönüşürse, mükemmel niteliklerde olduğu kabul edilir [48]. Yüksek sıcaklıklarda rehidrasyon, sıcaklığın hücre duvarı ve dokusu üzerine etkisiyle gelişir [49]. Yüksek sıcaklıklarda kurutulan ürünlerin rehidrasyon kabiliyet kaybı yüzeysel kabartma olayı, hücre yapısının çökmesi ve ürün porozitesinin azalması ile ilgilidir [50]. Kurutulmuş örneklerde en düşük rehidrasyon oranının güneşte kurutulan örneklerde olduğu saptanmıştır. Güneşte kurutulan örneklerin su içeriğinin başlangıç değerlerini geri kazanmamıştır. Ayrıca mikrodalgada kurutulmuş ürünler

rehidrasyon analizi sonucu görsel olarak taze erik görüntüsüne yakın olmuştur. Bu durumda kalite açısından mikrodalga ile kurutulan ürünlerin daha iyi olduğu sonucuna varılabilir. Urun, 2015 [29] yaptığı çalışmada, organik patlıcan ve kabak örneklerini güneşte kurutma, konvektif kurutma ve infrared destekli konvektif kurutma olmak üzere üç farklı kurutma yöntemi ile kurutmuştur. Patlıcan için rehidrasyon oranı değerleri 5.32-6.00 arasında değişirken, güneşte kurutulan örneklerin rehidrasyon oranı değerleri en düşük çıkmıştır. Kabak örnekleri için ise rehidrasyon oranı değerleri 4.35-4.66 arasında değişmiş ve güneşte kurutulan örneklerin rehidrasyon oranı değerlerinin en düşük olduğu saptanmıştır. 5 saatlik rehidrasyon süresi boyunca, farklı yöntemlerle kurutulmuş patlıcan ve kabak örneklerinde rehidrasyon oranlarının artış gösterdiğini rapor etmiştir. Ayva dilimlerinin kurutma özellikleri üzerine ön işlemlerin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 5 mm kalınlık, 50, 57, 64 ve 71°C sıcaklık, 0.4 m/s hava hızı ile işlemler yürütülmüştür. Rehidrasyon oranının, sıcaklıkların 25°C 'den 65°C 'ye yükselmesiyle arttığını saptamışlardır [28]. Benzer şekilde ürüne uygulanan sıcaklık artışı ile rehidrasyon oranının arttığı belirtilmiştir [51]. Krokida ve ark. [52] tarafından sıcak hava yöntemiyle 70°C 'de kurutulmuş bazı meyve ve sebzelerin rehidrasyon oranı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Kurutulmuş örnekler 40, 50 ve 60°C 'de rehidrasyon işlemine tabi tutulup 50 dakikalık zaman aralıklarıyla 200 dk. boyunca rehidrasyon oranı

takip edilmiştir. Sonuçta 60°C'de 200 dk. bekletilen domates örneklerinde 4.0 ile en yüksek rehidrasyon oranı elde edildiği belirtilmiştir. Bunu yaklaşık 3.0-3.8 arasında rehidrasyon oranı ile kurutulmuş biber, havuç, balkabağı, pırasa, soğan ve elma örnekleri takip etmiştir. En düşük rehidrasyon oranına sahip ürünler ise 1.0-2.0 arasında olup kurutulmuş mısır, patates, muz, mantar ve bezelye örnekleri olarak rapor etmişlerdir. Mikrodalga güç seviyelerinin rehidrasyon oranını etkilemediği görülmüştür, Souza ve ark. [53] tarafından mikrodalga ve sıcak hava ile kurutulan havuç örneklerinde de benzer sonuçlara rastlanmaktadır.

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün ve yarım halde kurutulan eriklerin serbest yığın yoğunluğu üzerine etkisinin sırasıyla önemli olduğu tespit edilmiştir [F(52.172)=0.0.01, p<0.05); F(20.742)=0.0.01, p<0.05)]. Bütün erikler için 0.31-0.41 g/mL olarak hesaplanan serbest yığın yoğunluğu değeri, en düşük P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde, en yüksek güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Yarım erikler için ise 0.31-0.42 g/mL olarak hesaplanmış ve minimum serbest yığın yoğunluğu değeri P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde ve maksimum güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Güneşte kurutma ve P100 güç mikrodalga ile P80 güç mikrodalga tipleri için bütün veya yarı kurutma serbest yığın yoğunluğu açısından önemsizdir (p>0.05). P50 güç mikrodalga tipi için bütün veya yarı kurutma serbest yığın yoğunluğu açısından anlamlıdır (p<0.05). Hammaddenin serbest yığın yoğunluğu değeri 0.53±0.00 g/mL olarak ölçülmüşken son üründe serbest yığın yoğunluğu değerleri 0.31-0.42 g/mL arasında değişiklik göstermektedir. Hammaddeye oranla serbest yığın yoğunluğunda meydana gelen düşüşün erik örneklerindeki su kaybı oranından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ozmotik kurutma sonrası mikrodalga kurutucu, mikrodalga+kızılötesi kurutucu ve tepsili kurutucu kullanarak siyah üzümün kurutulduğu bir çalışmada, kurutulan ürünlerde serbest yığın yoğunluğu değerlerine bakıldığında 0.52-0.54 g/mL arasında değiştiği görülmektedir [26]. Çalışmamızdaki sonuçlar bu sonuçlara benzerlik göstermektedir.

Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün ve yarım halde kurutulan eriklerin partikül yoğunluğu üzerine etkisinin sırasıyla önemli olduğu tespit edilmiştir [F(4.008)=0.022, p<0.05); F(655.329)=0.0.01, p<0.05)]. Bütün erikler için 0.91-0.96 g/mL olarak hesaplanan partikül yoğunluğu değeri minimum P50 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde, maksimum P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Yarım erikler için ise 1.26-1.91 g/mL olarak hesaplanan partikül yoğunluğu değeri minimum P80 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde, maksimum güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün ya da yarı kurutma için partikül yoğunluğu açısından anlamlıdır (p<0.05). Havuç ve sarımsak örneklerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulması üzerine yaptıkları bir çalışmada, havuç örneklerinin %84.02 kuru madde içeriğine kadar sıcak hava ile kurutulmuş örneklerin partikül yoğunluğu değerlerini 1.40 g/mL; mikrodalga ile %92.87 kuru

madde içeriğine kadar kurutulmuş örneklerin parçacık yoğunluğu değerlerini 0.70 g/mL; kızılötesi dalgalarla %88.82 kuru madde içeriğine kadar kurutma işlemine tabi tutulmuş örneklerin parçacık yoğunluğu değerlerini ise 1.12 g/mL olarak belirtmişlerdir [31]. Benzer bir çalışmada partikül yoğunluğu değerlerinin 1.13-1.27 g/mL arasında değiştiği görülmektedir [26]. Bu çalışmada kullanılan mürdüm eriği ile %82 kuru madde içeriğine kurutulmuş örneklerin partikül yoğunluğu sonuçlarının yukarıdaki çalışmada elde edilen sonuçlara benzerlik göstermektedir.

Kurutulmuş gıdalarda doğal bir fiziksel değişiklik olan büzüşme istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle kurutulmuş meyvelerde önemli bir kalite parametresi olarak kabul edilmektedir. Ürüne olan olumsuz görsel etkisinin yanı sıra kurutma ve ısı transferi sırasında nemin uzaklaştırılmasına da engel olmaktadır [54]. Farklı kurutma yöntemlerinin, bütün ve yarım halde kurutulan eriklerin büzüşme miktarı üzerine etkisinin sırasıyla önemli olduğu tespit edilmiştir [F(19.442)=0.0.01, p<0.05); F(16.816)=0.0.01, p<0.05)]. Bütün erikler için 0.27-0.36 olarak hesaplanan büzüşme değeri minimum güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde, maksimum P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Yarım erikler için 0.27-0.38 olarak hesaplanan büzüşme değeri minimum güneşte kurutma ile kurutulmuş ürünlerde ve maksimum P100 güçte mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde kaydedilmiştir. Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için büzüşme değeri açısından önemsizdir (p>0.05). Kurutma sırasında çoğu gıda maddesinin boyutlarında büzülme adı verilen önemli oranda küçülme gözlenmektedir. Bu şekilsel deformasyonun büyüklüğü kurutulmuş ürünün kalitesi açısından önemlidir. Gıdanın boyutunda küçülmeye ve şeklinde değişikliğe neden olan su kaybı ve ısıtma, gıdaların hücreli yapısında bir zorlamaya sebep olur. Gıda materyallerinin büzülmesi, şekil değişikliği, hacim azalması ve sertliğin artması tüketici üzerinde negatif etkiye neden olur [48]. Souza ve ark. [53] sıcak hava ve mikrodalga ile havuç örneklerini kuruttıkları çalışmada büzüşme değerlerini 0.672-0.839 arasında tespit etmişlerdir. Baysal ve ark. [31] havuç ve sarımsak örneklerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulması üzerine yaptıkları bir çalışmada, havuç örneklerinin büzüşme değerlerinin 1.85, 2.17 ve 1.96 olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı şartlarda farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan sarımsak örneklerinin büzüşme değerlerinin 1.04, 0.94 ve 0.98 olduğunu tespit etmişlerdir. Mürdüm eriğinde yapılan bu çalışmada büzüşme değerlerinin daha düşük (0.27-0.38) çıkması, söz konusu çalışmalarda kurutulan sarımsak (%88.65) ve havuç (%92.87) örneklerine göre daha düşük kuru madde içeriğine (%82) sahip olmasından kaynaklandığını düşündürmektedir. Literatürde, mikrodalga kurutmanın düşük büzüşme değerleri gösterdiği yaygın bir durumdur [51, 53, 55], ancak yapılan çalışmada bu etki gözlenmemiştir. Benzer durum Macedo ve ark. [16] tarafından çilek örnekleri ile yapılan çalışmada da görülmektedir. Mikrodalga kurutma sırasında nemin hızlı uzaklaştırılmasıyla, dokunun içi ve dışı arasında basınç dengesizliğine yol açtığı ve böylece büzülme için

kompresif streslere neden olunan durumlarda yüksek sıcaklık artışı ile meydana gelen ani sıcaklık dalgalanmalarından dolayı ürünün dokusuna daha fazla zarar verebileceği bildirilmektedir [53, 56].

Doku Profili

Tekstür, kurutulmuş gıdaların kalitesini yansıtan önemli bir parametredir [15]. Bütün ve yarım olmak üzere, güneşte ve üç farklı güçte (450, 720 ve 900 W) mikrodalga kurutma işlemi yapılan erik örneklerinin doku özellikleri Tablo 5'te verilmiştir. Taze ve kurutulmuş bütün erik örneklerinin dokusal özelliklerinin istatistiksel olarak incelenmesi sonucunda, farklı kurutma yöntemlerinin, bütün halde kurutulan eriklerin sertlik [$F(1.686)=0.204, p>0.05$], yapışkanlık [$F(1.510)=0.241, p>0.05$], esneklik [$F(2.299)=0.088, p>0.05$] üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p>0.05$); fakat iç yapışkanlık [$F(7.528)=0.001, p<0.05$], elastikiyet [$F(3.705)=0.018, p<0.05$] üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kurutulmuş bütün erik

örneklerindeki sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve elastikiyet değerlerinin taze erikten daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Garcia-Martinez ve ark. [57] 40 ve 60°C'de sıcak hava (HAD 40 ve HAD 60), 100 W gücünde (MW) mikrodalga kurutma, 40°C 100 W'da kombine sıcak hava-mikrodalga kurutma (HAD-MW) teknikleri ile kayısı kurutmuşlardır. Sonuçlar incelendiğinde sıcak havayla kurutmaya kıyasla, mikrodalgaların kullanılması ile istenilen kırılğan dokunun daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Yarım şekilde kurutulan eriklerin sertlik [$F(21.844)=0.001, p<0.05$], yapışkanlık [$F(11.976)=0.001, p<0.05$], esneklik [$F(5.578)=0.002, p<0.05$], iç yapışkanlık [$F(30.375)=0.001, p<0.05$], çiğnenebilirlik [$F(192.825)=0.001, p<0.05$], elastikiyet [$F(20.339)=0.001, p<0.05$] üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kurutulmuş yarım erik örneklerindeki sertlik, çiğnenebilirlik ve elastikiyet değerlerinin taze erikten daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. Kurutulmuş bütün ve yarım eriklerin doku özellikleri

Table 5. Texture characteristics of dried whole and half plums

	Kurutma şekli	Sertlik (g)	Yapışkanlık	Esneklik	İç yapışkanlık	Çiğnenebilirlik	Elastikiyet
Bütün Erik	H	1391.96±183.59	-12.50±1.95	0.64±0.01	0.77±0.02	1190.05±286.81	0.24±0.03
	GK	5125.99±1442.04 ^a	-0.78±0.50 ^a	0.83±0.07 ^a	0.83±0.05 ^b	4479.77±2101.80 ^a	0.33±0.04 ^a
	P100	4823.19±2404.16 ^a	-0.78±0.5 ^a	0.82±0.09 ^a	0.84±0.09 ^b	1919.7±955.17 ^b	0.33±0.05 ^a
	P80	2971.72±2259.63 ^a	-0.74±0.44 ^a	0.88±0.07 ^a	0.90±0.05 ^a	450.00±284.35 ^b	0.31±0.04 ^{ab}
	P50	5812.34±5258.68 ^a	-1.51±0.23 ^a	0.89±0.04 ^a	0.88±0.06 ^a	369.78±202.04 ^b	0.31±0.06 ^b
Yarım Erik	H	1391.96±183.59	-12.50±1.95	0.64±0.01	0.77±0.02	1190.05±286.81	0.24±0.03
	GK	7585.22±5448.54 ^b	-2.40±1.37 ^b	0.78±0.22 ^{ab}	0.89±0.04 ^a	4988.82±2893.55 ^a	0.37±0.10 ^b
	P100	2529.93±1627.56 ^b	-2.03±1.87 ^b	0.82±0.25 ^b	0.97±0.15 ^a	2167.17±1275.83 ^b	0.32±0.05 ^b
	P80	4919.13±3297.93 ^b	-35.40±21.63 ^a	0.85±0.24 ^{ab}	0.72±0.12 ^b	4588.36±2911.81 ^b	0.47±0.04 ^a
	P50	12486.47±7130.23 ^a	-63.24±48.10 ^a	1.40±0.38 ^a	0.72±0.15 ^b	5719.45±2186.43 ^a	0.48±0.09 ^a

(H: Hammadde, GK: Güneşte kurutma, P100: 900 W Mikrodalga kurutma, P80: 720 W Mikrodalga kurutma, P50: 450 W Mikrodalga kurutma)

(H: Fresh, GK: Sun drying, P100: 900 W Microwave drying, P80: 720 W Microwave drying, P50: 450 W Microwave drying)

Yapışkanlık değerleri açısından incelendiğinde erik örneklerinin bütün veya yarım olarak işlenmesinin; güneşte kurutma, P100 ve P50 güç mikrodalga uygulamaları için önemsiz ($p>0.05$), P80 güç mikrodalga uygulamaları için ise önemli ($p<0.05$) olduğu saptanmıştır. İç yapışkanlık değerleri açısından incelendiğinde erik örneklerinin bütün veya yarım olarak işlenmesinin; P100 güç mikrodalga uygulaması için önemsiz ($p>0.05$), güneşte kurutma, P80 ve P50 mikrodalga uygulamaları için ise önemli ($p<0.05$) olduğu saptanmıştır. Tüm kurutma tiplerinin etkisi bütün veya yarı kurutma için esneklik değeri açısından önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. Elastikiyet değerleri açısından incelendiğinde erik örneklerinin bütün veya yarım olarak işlenmesinin; güneşte kurutma ve P100 güç mikrodalga uygulamaları için önemsiz ($p>0.05$), P80 ve P50 güç mikrodalga uygulamaları için ise önemli ($p<0.05$) olduğu saptanmıştır.

Rodriguez ve ark. [17] yılında D'ente (*Prunus domestica* L.) cinsi eriği 8 parçaya bölerek kurutma yönteminin kombine yöntemlerle etkisini analiz etmişlerdir. Bu amaçla eriklere öncelikle ozmotik dehidrasyon, ardından sıcak hava kurutma uygulanmıştır. Sonuçlara bakıldığında taze eriklerin sertlik değerinin, 0.858±0.282 N/mm olduğu, kuru eriklerin ise sertlik değerlerinin 1.079- 3.829 N/mm arasında değiştiği gözlenmiştir.

Taze ve dondurulmuş olarak depolanan yabancımsını ürünlerinin sıcak hava ve mikrodalga destekli vakum kurutucuda kurutulduğu bir çalışmada Mikrodalga ile kurutulan ürünlerin sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerini sırasıyla 2±2, 0.54±0.11, 0.50±0.12, 0.5±0.4 olarak bulmuşlardır. Dondurma işleminden sonra mikrodalga destekli vakumlu kurutucuda kurutulan ürünlerde ürünlerin sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerini sırasıyla 5±1, 0.69±0.07, 0.47±0.10, 1.8±0.5, olarak bulmuşlardır [58]. Li ve ark. [15] tarafından 60°C'de kurutulan erik örneklerinin esneklik ve çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla 0.81-0.93 ile 275.11-353.53 olarak tespit edilmiştir. Rahanan ve ark. [22] 2019 55°C sıcak havada kuruttıkları erik örneklerinin yapışkanlık (-0.32-0.85), esneklik (0.69-0.83), iç yapışkanlık (0.67-0.76), sakızimsılık (59.04-102.01) ve çiğnenebilirlik (41.23-78.74) ve elastikiyet (0.23-0.27) olarak belirtmişlerdir. Arıkan [44] havuç kurutma ile ilgili mikrodalga-konvektif hava ve konvektif hava kurutma uygulaması ile çalışmıştır. Sonuçlara bakıldığında mikrodalga-konvektif hava ile kurutma uygulamalarında konvektif hava ile kurutma uygulamalarına göre daha gevrek ürünler elde edilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada farklı mikrodalga güçleri ve iki farklı kurutma yöntemi kullanılarak mürdüm erik çeşidinin kalite özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre kuruma süresi açısından, güneşte kurutulan yarım eriklerin bütün eriklere göre daha hızlı kuruduğu saptanmıştır. 450, 720 ve 900 W mikrodalga güç seviyelerinin uygulanması ile kurutulan bütün eriklerin kuruma süreleri sırasıyla 48 dk. 20 s, 29 dk. 40 s, 28 dk. 46 s ve aynı güç seviyesinde kurutulan yarım eriklerin kuruma süreleri sırasıyla 43 dk. 40 s, 27 dk. 7 s ve 26 dk. 27 s, olarak bulunmuştur. Mikrodalga kurutmanın kuruma süresini önemli derecede azalttığı görülmüştür. Ayrıca mikrodalga güç seviyesinin artışı ile kuruma süresinin azaldığı belirlenmiştir. Çalışma sonuçları incelendiğinde Mürdüm eriğinin kurutma denemelerinde önerebileceğimiz kurutma koşulları, mikrodalga ile kurutma koşulları olarak saptanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda mikrodalga kurutma yönteminde kurutma süresinin kısalmasıyla işletme maliyetlerinin önemli ölçüde azalacağı, ayrıca kurutma işleminin iklim koşullarına bağlı olmayacağı ve geniş kurutma alanlarına ihtiyacın kalmayacağı düşünülmektedir. Böylece yapılan çalışmanın hem meyve sebze kurutma endüstrisine hem de ülke ekonomisine katkı sağlama potansiyeli olduğu düşünülmektedir. Erik örneklerinin rehidrasyon oranları incelendiğinde, farklı kurutma yöntemlerinin hem bütün hem de yarım halde kurutulan eriklerin rehidrasyon oranı üzerine etkisinin önemli olduğu kaydedilmiştir. Güç seviyesi arttıkça erik örneklerin rehidrasyon oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz verilere göre, kurutulmuş erik örneklerinin kalite özelliklerinin iyileştirilmesi için, örneklerin mikrodalgada homojen bir şekilde kurutulmasına yönelik çalışmalar yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen kurutma güçleri dışındaki güçlerde denemeler yapılarak, bu kurutma güçlerinin erik örneklerinin kurutma kinetiği ve kalite özellikleri incelenebilir. Mikrodalga kurutma sırasında kesikli çalıştırma işleminden kaynaklanan iş yükünün azaltılması cihaz içine zamanlayıcı yerleştirilerek çözümlenebilir. Mikrodalga kurutma sonrası hemen gerçekleştirilen paketleme işlemi için materyal olarak oksijen ve nem geçirgenliği daha az olan ambalaj malzemeleri kullanılması eriğin kalite özelliklerinin korunmasında fayda sağlayabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Atıcı, G. (2013). Erik Pestilinin Kalite Parametreleri ve Kuruma Davranışı Üzerine Sıcak Havalı Kurutma ve Mikrodalga Kurutma Yöntemlerinin Etkisinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- [2] Tunalıoğlu, R., Keskin G., (2004). Erik. T.E.A.E – Bakış. *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü*, 7(9).
- [3] Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M. (2004). Iliman İklim Meyve Türleri, Sert Çekirdekli Meyveler Cilt-1. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir.

- [4] Bahrin, A.A., Moshawih, S., Dhaliwal, J.S., Kanakal, M.M., Khan, A., Lee, K.S., Goh, B.H., Goh, H.P., Kifli, N., Ming, L.C. (2022). Cancer protective effects of plums: A systematic review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 146, 112568.
- [5] Özvardar, S., Önal, K. (1990). Erik Yetiştiriciliği. Kocaoluk Yayınevi, İstanbul, Türkiye.
- [6] Anona. (2016). Erişim adresi: <http://www.ahufrenk.com/2012/10/murdum-erigi-damson.html>. (Erişim Tarihi: 03.08.2017).
- [7] Anonb. (2016). Erişim adresi: <http://www.bilgilersitesi.com/murdum-erigi-nedir-nelere-iyi-gelir-faydalari-nelerdir-kullanim-alanlari-nerelede-kullanilir-ne-ise-yarar.html>. (Erişim Tarihi: 03.08.2017).
- [8] González-Cavieres, L., Pérez-Won, M., Tabilo-Munizaga, G., Jara-Quijada, E., Díaz-Álvarez, R., Lemus-Mondaca, R. (2021). Advances in vacuum microwave drying (VMD) systems for food products. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 626-638.
- [9] Ojediran, J.O., Okonkwo, C. E., Adeyi, A.J., Adeyi, O., Olaniran, A.F., George, N.E., Olayanju, A.T. (2020). Drying characteristics of yam slices (*Dioscorea rotundata*) in a convective hot air dryer: application of ANFIS in the prediction of drying kinetics. *Heliyon*, 6(3), e03555.
- [10] Ojediran, J.O., Okonkwo, C.E., Olaniran, A.F., Iranloye, Y.M., Adewumi, A.D., Erinle, O., Afolabi, Y.T., Adeyi, A. (2021). Hot air convective drying of hog plum fruit (*Spondias mombin*): effects of physical and edible-oil-aided chemical pretreatments on drying and quality characteristics. *Heliyon*, 7(11), e08312.
- [11] Brar, H.S., Kaur, P., Subramanian, J., Nair, G.R., Singh, A. (2020). Effect of chemical pretreatment on drying kinetics and physio-chemical characteristics of yellow European plums. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup2), S252-S279.
- [12] Chen, J., Zhang, M., Xu, B., Sun, J., Mujumdar, A.S. (2020). Artificial intelligence assisted technologies for controlling the drying of fruits and vegetables using physical fields: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 251-260.
- [13] Alp, D., Bulantekin, Ö. (2021). The microbiological quality of various foods dried by applying different drying methods: a review. *European Food Research and Technology*, 247(6), 1333-1343.
- [14] Eyiz, V., Tontul, İ., Türker, S. (2020). Effect of variety, drying methods and drying temperature on physical and chemical properties of hawthorn leather. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(6), 3263-3269.
- [15] Li, L., Yu, Y., Xu, Y., Wu, J., Yu, Y., Peng, J., An, K., Zou, B., Yang, W. (2021). Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the drying characteristics and quality properties of Sanhua plum (*Prunus salicina* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 138, 110653.
- [16] Macedo, L.L., Corrêa, J.L.G., Júnior, I.P., da Silva Araújo, C., Vimercati, W.C. (2022). Intermittent microwave drying and heated air drying of fresh and isomaltulose (Palatinose) impregnated

- strawberry. *LWT-Food Science and Technology*, 155, 112918.
- [17] Rodríguez, M.M., Rodriguez, A., Mascheroni, R.H. (2015). Color, texture, rehydration ability and phenolic compounds of plums partially osmodehydrated and finish-dried by hot air. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2647-2662.
- [18] Toğrul, İ.T., Pehlivan, D. (2004). Modelling of thin layer drying kinetics of some fruits under open-air sun drying process. *Journal of Food Engineering*, 65(3), 413-425.
- [19] Michalska, A., Honke, J., Łysiak, G., Andlauer, W. (2016). Effect of drying parameters on the formation of early and intermediate stage products of the Maillard reaction in different plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 932-938.
- [20] Heybeli, N. (2017). Farklı Kurutma Sistemlerinin Birlikte Kullanımı ile Stanley Erik Çeşidinin Kurutulması Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya.
- [21] Yener, E. (2020). Farklı Kurutma Yöntemlerinin Erik Meyvesinin Fizikokimyasal Özellikleri ve Biyoaktif Maddelerinin Sindirilebilirliği Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- [22] Rahaman, A., Zeng, X.A., Kumari, A., Rafiq, M., Siddeeg, A., Manzoor, M.F., Baloch, Z., Ahmed, Z. (2019). Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on texture, bioactive compounds and metabolites analysis of plum. *Ultrasonics sonochemistry*, 58, 104643.
- [23] Cemeroglu, B. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, cilt 2, Nobel Akademik, Ankara, Türkiye, 2011, 650 s.
- [24] AOAC, (2005a). Metot No:934.06 Moisture in Dried Fruits.
- [25] Özbek, H.N., Elik, A., Işınay, B., Sever, M., Bulut, Ş.E., Yanık, D.K., Dalgıç, A.C., Erdoğan, F., Göğüş, F. (2021). Kombine Kurutma Sistemiyle Kurutulan Kayısların Renk Parametreleri Üzerine Depolamanın Etkisi. *Akademik Gıda*, 19(3), 257-266.
- [26] Eroğlu, E. (2012). Farklı Ozmotik Çözeltiler Kullanarak Ön Kurutması Yapılan Siyah Üzümlerin Kurutulmasında Sıcak Hava, Mikrodalga ve Mikrodalga+Kızılötesi Dalgaların Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa.
- [27] Singh, G.D., Sharma, R., Bawa, A.S., Saxena, D.C. (2008). Drying and rehydration characteristics of water chestnut (*Trapa natans*) as a function of drying air temperature. *Journal of Food Engineering*, 87(2), 213-221.
- [28] Doymaz, İ., Demir, H., Yildirim, A. (2015). Drying of quince slices: Effect of pretreatments on drying and rehydration characteristics. *Chemical Engineering Communications*, 202(10), 1271-1279.
- [29] Urun, G.B. (2015). Organik Patlıcan ve Kabağın Farklı Kurutma Şartlarında Kuruma Karakteristiklerinin ve Raf Ömrünün Belirlenmesi. Doktora Tezi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa.
- [30] Cemeroglu, B.S. (2013). Gıda Analizleri. 3. Baskı, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara.
- [31] Baysal, T., Icier, F., Ersus, S., Yıldız, H. (2003). Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic. *European Food Research and Technology*, 218(1), 68-73.
- [32] Szparaga, A., Stachnik, M., Czerwińska, E., Kocira, S., Dymkowska-Malesa, M., Jakubowski, M. (2019). Multi-objective optimization based on the utopian point method applied to a case study of osmotic dehydration of plums and its storage. *Journal of Food Engineering*, 245, 104-111.
- [33] Karaat, F.E. (2019). Drying of stanley plum with some post-harvest applications, *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(2), 203-208.
- [34] Gościnnia, K., Pobereźny, J., Wszelaczyńska, E., Szulc, W., Rutkowska, B. (2021). Effects of drying and extraction methods on bioactive properties of plums. *Food Control*, 122, 107771.
- [35] Sarı, M., Karaaslan, S. (2014). Ananasın mikrodalga ile kurutulması ve uygun kuruma modelinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 42-50.
- [36] Baysal, T., Ozbalta, N., Gokbulut, S., Capar, B., Tastan, O., Gurlek, G. (2015). Investigation of effects of various drying methods on the quality characteristics of apple slices and energy efficiency. *Journal of Thermal Science and Technology*, 35(1), 135-144.
- [37] Conte, P., Cuccurullo, G., Metallo, A., Micalizzi, A., Cinquanta, L., Corona, O. (2019). Comparing different processing methods in apple slice drying. Part 2 solid-state Fast Field Cycling 1H-NMR relaxation properties, shrinkage and changes in volatile compounds. *Biosystems Engineering*, 188, 345-354.
- [38] da Silva, E.S., Brandão, S.C.R., da Silva, A.L., da Silva, J.H.F., Coêlho, A.C.D., Azoubel, P.M. (2019). Ultrasound-assisted vacuum drying of nectarine. *Journal of Food Engineering*, 246, 119-124.
- [39] McGuire, R.G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- [40] Tarhan, S. (2007). Selection of chemical and thermal pretreatment combination for plum drying at low and moderate drying air temperatures. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 255-260.
- [41] Nizamlioglu, N.M., Yasar, S., Bulut, Y. (2022). Chemical versus infrared spectroscopic measurements of quality attributes of sun or oven dried fruit leathers from apple, plum and apple- plum mixture. *LWT-Food Science and Technology*, 153, 112420.
- [42] Yener E., Karadağ A., Saroğlu Ö. (2020). Farklı kurutma yöntemlerinin erik meyvesinin fizikokimyasal özellikleri ve biyoaktif maddelerinin sindirilebilirliği üzerine etkisi. *2.Uluslararası Gıda, Tarım ve Hayvancılık Kongresi*, 29 Şubat- 1 Mart, 2020, Konya, Türkiye, Bildiri Kitabı, 105,106.

- [43] Albanese, D., Cinquanta, L., Cuccurullo, G., Di Matteo, M. (2013). Effects of microwave and hot-air drying methods on colour, β -carotene and radical scavenging activity of apricots. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(6), 1327-1333.
- [44] Arkan, M.F. (2009). Mikrodalga ile Kurutulan Havuçların Kuruma Özelliklerinin ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay.
- [45] Özay, G., Pala, M., Saygı, B. (1993). Bazı gıdaların su aktivitesi yönünden incelenmesi. *Gıda*, 18(6), 377-383.
- [46] Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., Lemus-Mondaca, R., Di Scala, K. (2012). Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. *Granny Smith*) slices. *Food Chemistry*, 132(1), 51-59.
- [47] Monteiro, S.S., Silva, W.P.D., Monteiro, S.S., Gomes, J.P., Pereira, E.M., Ferreira, J.P.D.L. (2022). Probiotic coating applied to papaya slices for high quality snack production by convective drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(1), e16183.
- [48] Arısoy, İ. (2010). Vişne ve Kirazın Kuruması Sırasında Buzülmenin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Koca Tepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon.
- [49] Singh, S., Raina, C.S., Bawa, A.S., Saxena, D.C. (2006). Effect of pretreatments on drying and rehydration kinetics and color of sweet potato slices. *Drying Technology*, 24(11), 1487-1494.
- [50] Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, S.P., Lianto, F.S., Yong, M.Y. (2009). Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry*, 113(1), 166-172.
- [51] 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.
- [52] Krokida, M.K., Marinos-Kouris, D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 57(1), 1-7.
- [53] de Souza, A.U., Corrêa, J.L.G., Tanikawa, D.H., Abrahão, F.R., de Jesus Junqueira, J.R., Jiménez, E.C. (2022). Hybrid microwave-hot air drying of the osmotically treated carrots. *LWT-Food Science and Technology*, 113046.
- [54] Dehghannya, J., Hosseinlar, S.H., Heshmati, M.K. (2018). Multi-stage continuous and intermittent microwave drying of quince fruit coupled with osmotic dehydration and low temperature hot air drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, 132-151.
- [55] Calín-Sánchez, Á., Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell-Barrachina, Á.A., Figiel, A. (2020). Comparison of traditional and novel drying techniques and its effect on quality of fruits, vegetables and aromatic herbs. *Foods*, 9(9), 1261.
- [56] Xu, Y., Xiao, Y., Lagnika, C., Li, D., Liu, C., Jiang, N., Song, J., Zhang, M. (2020). A comparative evaluation of nutritional properties, antioxidant capacity and physical characteristics of cabbage (*Brassica oleracea* var. *Capitata* var. L.) subjected to different drying methods. *Food Chemistry*, 309, 124935.
- [57] García-Martínez, E., Igual, M., Martín-Esparza, M.E., Martínez-Navarrete, N. (2013). Assessment of the bioactive compounds, color, and mechanical properties of apricots as affected by drying treatment. *Food and Bioprocess Technology*, 6(11), 3247-3255.
- [58] Zielinska, M., Sadowski, P., Błaszczak, W. (2015). Freezing/thawing and microwave-assisted drying of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 555-563.

Kardinal Üzümü, Napolyon Kirazı, Mürdüm Eriği, Kivi ve Şeftali Meyvelerinden Doğal Fermantasyonla Sirke Üretim Potansiyeli: Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikler

Hale İnci Öztürk  

Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

Geliş Tarihi (Received): 13.03.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 20.01.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): inci.ozturk@gidatarim.edu.tr (H.İ. Öztürk)

☎ 0 332 223 53 50 📠 0 332 223 54 90

Öz

Bu çalışmada, sirke üzerine artan tüketici talebini karşılamak amacıyla farklı meyve kaynaklarından geleneksel yöntemle üretilen sirkelerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Kardinal üzümü (KU), Napolyon kirazı (KR), mürdüm eriği (ER), kivi (KW) ve şeftali (SF) kullanılarak geleneksel yöntemle beş farklı meyve sirkesi üretilmiştir. Örneklerin bazı fizikokimyasal özellikleri (asetik asit içeriği, pH'sı, toplam çözünür kuru madde içeriği ve renk değerleri) ve duyusal özellikleri incelenmiştir. Sirke örneklerinin asetik asit içeriği %0.53-3.23 arasında belirlenmiş olup, pH değerleri ise 2.93-3.63 arasında tespit edilmiştir. En yüksek asetik asit içeriği KU sirkesinde gözlemlenirken, KR sirkesinin ise en düşük asetik asit içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, örneklerin 2.50-3.70°Brix arasında toplam çözünür kuru madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük Brix değeri ER sirkesinde iken KU ve SF sirkelerinde en yüksek tespit edilmiştir. Renk profili analizi sonuçlarına göre, en parlak sirkeler KW, KU ve ER sirkeleri olmuş, örneklerin sarılık değeri 13.19-26.60 arasında bulunmuş ve en yüksek kırmızılık değeri ise 17.60 ile KR sirkesinde belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonucuna göre örnekler arasında en yüksek genel izlenim skoru KW sirkesinde belirlenmiş olup bunu SF ve ER sirkeleri izlemiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal fermantasyon, Meyve sirkeleri, Renk analizi, Fizikokimyasal özellikler, Duyusal değerlendirme

Vinegar Production Potential of Cardinal Grape, Napoleon Cherry, Damson Plum, Kiwi, and Peach Fruits by Natural Fermentation: Physicochemical and Sensorial Properties

ABSTRACT

Vinegars are produced from different fruit sources to meet their increasing consumer demand. In this study, five different fruit vinegars were produced by natural fermentation using Cardinal grape (KU), Napoleon cherry (KR), damson plum (ER), kiwi (KW), and peach (SF). Some physicochemical properties of vinegars such as their acetic acid content, pH, total soluble dry matter content, and color values and sensory characteristics were determined. The acetic acid content of fruit vinegars was between 0.53-3.23%, and their pH values were between 2.93-3.63. While the highest acetic acid content was found in KU vinegar, KR vinegar had the lowest acetic acid content. Besides, vinegars had a total soluble dry matter content between 2.50-3.70°Brix. While the lowest Brix value was determined in ER vinegar, KU and SF vinegars had the highest Brix value. Results of color profile analysis indicated that the brightest vinegars were KW, KU, and ER vinegars, and samples had a yellowness value between 13.19-26.60, and the highest redness value of 17.60 was found for KR vinegar. Based on the sensory evaluation test, the highest overall impression score among the samples was determined in KW vinegar, followed by SF and ER vinegars.

Keywords: Natural fermentation, Fruit vinegars, Color analysis, Physicochemical properties, Sensory evaluation

GİRİŞ

Sirke, karakteristik tat ve aroma sağlayan yaklaşık %5 asetik asit ve değişen miktarlarda diğer meyve asitlerini, renklendirici maddeleri, tuzları ve diğer çeşitli fermantasyon ürünlerini içeren bir gıda olarak tanımlanmaktadır [1]. Ayrıca, Uluslararası Gıda Standartları'na (Codex Alimentarius) [2] göre sirke; nişasta, şeker veya nişasta ve şeker içeren uygun bir tarımsal hammaddenin önce alkol ve sonra asetik asit fermantasyonu olmak üzere çift fermantasyona uğratılması ile üretilen insan tüketimine uygun bir sıvı olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla sirke üretiminde hem anaerobik hem de aerobik fermantasyonlar yer almaktadır.

Sirke, etil alkolün asetik asit bakterileri tarafından asetik aside dönüştürülmesiyle elde edilen fermente bir ürün olduğu için alkol-su karışımlarından çeşitli meyve şaraplarına kadar her türlü alkollü malzemeden üretilebilir [1]. Asetik asit bakterileri olarak da adlandırılan sirke bakterileri, *Acetobacter*, *Gluconobacter* ve *Glucoacetobacter* cinslerinin üyeleridir ve etil alkolü oksidasyon yoluyla asetik aside dönüştürme yetenekleriyle karakterize edilmektedirler [3]. Sirke üretiminin ilk aşamasında, fermente edilebilir şekerler mayanın (özellikle *Saccharomyces* sınıfına ait) etkisiyle etanole dönüştürülmektedir. İkinci aşamada ise, asetik asit bakterileri etanolü aerobik koşullar altında asetik aside okside etmektedir [1]. Doğal fermantasyon ile üretilen sirkelerin fermantasyonlarında yer alan mikrobiyal flora, çeşitli mayalardan ve asetik asit bakterilerinden çeşitli laktik asit bakterilerine ve küflere kadar değişiklik gösterebilmektedir [4, 5]. Ancak, sirke üretiminde rol alan mikroorganizmalar esas olarak mayalar ve asetik asit bakterileridir.

Sirke üretiminde kullanılan hammaddeler arasında pirinç, üzüm, malt, elma, şeker kamışı, bal, patates, peynir altı suyu veya diğer şekerli gıdalar bulunmaktadır [6]. Sirke çeşitleri ülkeden ülkeye büyük farklılıklar göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde beyaz veya damıtılmış sirkeler, İngiltere'de malt sirkeleri, Filipinler'de şeker kamışı sirkeleri, Japonya'da pirinç sirkeleri, Tayland yemeklerinde Hindistan cevizi sirkeleri ve Türkiye'de ise beyaz sirkeler ile birlikte elma ve üzüm sirkeleri yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Asetik asit sirkede bulunan baskın aroma olmasına rağmen, sirkenin genel lezzet profiline katkıda bulunan diğer uçucu aroma bileşikleri de bulunmaktadır [1]. Genel olarak, sirkenin tadı ve aroması işleme yöntemine, olgunlaştırma süresine ve kullanılan hammaddeye bağlı olarak değişmektedir [7].

Sirke üretim yöntemleri, yüzey kültürü metodu ve açık fiçı metodu olarak da bilinen ahşap fiçuların kullanıldığı Orleans metodu gibi geleneksel metotları, jeneratör metodunu ve derin kültür (submers) metodunu kapsamaktadır [7]. Bu metotlar arasında derin kültür metodunun hem daha ekonomik hem de daha hızlı olması nedeniyle ticari olarak sirke üretiminde çoğunlukla bu metot tercih edilmektedir [1, 7]. Derin kültür metodu ile sirke üretiminde asetik asit bakterileri kullanılmaktadır. Çoğu ticari sirke, alkol

fermantasyonunu takiben asetik asit verimliliğini arttıran ve alkol içinde dağılan ince gaz kabarcıklarının oluşturulması için bir fermentör içine havanın girişinin sağlandığı bir işlem kullanılarak üretilmektedir [8]. Ayrıca, hammadde olarak doğrudan alkol veya şarabın asetik asit bakterileri kullanılarak fermente edilmesiyle de sirke üretimi mümkün olmaktadır. Sirkenin endüstriyel olarak üretimini iyileştirmek için birçok teknik cihaz geliştirilmiştir ve genel olarak, bu iyileştirmeler, asetik asit bakterilerinin varlığında etanolün asetik aside dönüşüm hızını arttırmaktadır [9]. Geleneksel olarak sirke üretimi ise, şeker içeren hammaddenin doğal olarak sırasıyla alkol ve asetik asit fermantasyonuna uğratılması ile üretilmektedir [10, 11]. Geleneksel yöntemde fermantasyon, sirke üretimde kullanılan hammaddelerin doğal mikrobiyotasından faydalanılarak ya da daha önce üretilen sirke veya önceki sirkeden elde edilen sirke anası kullanılarak gerçekleştirilmektedir [4, 12]. Asetik asit bakterilerini içeren sirke anası etil alkolün asetik aside dönüşümünde rol almaktadır. Geleneksel yöntemde sirke üretim süresi uzun olmaktadır, ancak, üretilen sirkenin kalitesi oldukça yüksektir [11].

Sirke tüketiminin son yıllarda artış gösterdiği bildirilmiştir [1]. Muhtemelen, yine son yıllarda tüketicinin daha sağlıklı ve koruyucu gıdalar üzerinde artan bilgisinin ve talebinin bu durumu etkilediği düşünülebilir [13]. Asidik ve keskin tadı ile karakterize edilen sirke; salatalarda, soslarda, turşularda ve yemeklerde tat ve aroma verici bir bileşen olarak, seyreltilerek doğrudan bir içecek olarak, gıda koruyucusu olarak ve sağlık üzerindeki etkilerinden yararlanmak amacıyla dünya çapında kullanılmaktadır [1, 14]. Gıda endüstrisinde ise sirke esas olarak bir asit düzenleyici ve aroma verici olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla, salata sosları, mayonez, hardal, ketçap, konserve yiyecekler vb. gibi çoğu yiyeceğin formülasyonunda sirke yer almaktadır [1]. Sirke; fenolik bileşikler, C ve E vitaminleri ve organik asitler de dahil olmak üzere yüksek doğal antioksidan bileşik içeriği nedeniyle sağlıklı ve işlevsel bir gıda olarak kabul edilmektedir [14, 15]. Yapılan araştırmalar sirkede bulunan fenolik bileşiklerin, çeşitli kanser türleri ve kardiyovasküler hastalıklar gibi farklı kronik rahatsızlıkların meydana gelmesini önlediğini ortaya koymaktadır [16]. Bunlara ek olarak, Leeman ve ark. [17] sirkenin yemeklerle birlikte alındığında hem sağlıklı hem de diyabetik hastalar için antiglisemik etkiye sahip olduğunu ve dolayısıyla glisemik indeksi düşürdüğünü ileri sürmüştür.

Sirkenin sağlık üzerindeki faydaları ve üretimi için artan tüketici talebi hurma, kırmızı iğde, yaban mersini, ananas kabuğu, kızılıncık, incir, nar, kayısı, mandalina ve kuşburnu gibi çeşitli kaynaklardan sirke üretimi ile ilgili çalışmalara yol açmıştır [18-24] ve farklı kaynaklardan sirke üretimi ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir. Bu çalışmalarda, elde edilen sirkelerin kalite ve fonksiyonel özellikleri belirlenerek tüketici talebini karşılamak için çeşitli yeni sirke türlerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Ayrıca, geleneksel sirkelerin ticari sirkelere kıyasla antioksidan ve fenolik madde içeriklerinin daha iyi olduğunun ortaya konması ile geleneksel sirkeler sağlığı geliştirme arayışı nedeniyle

tüketiciler tarafından popülerlik kazanmıştır [25]. Üretim yöntemleri arasındaki bu farklılığın geleneksel yöntemdeki daha uzun fermantasyon süresi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Fermantasyon sürecinin genellikle sebze ve meyvelerin biyoaktif bileşiklerini arttırdığı bildirilmiştir [26]. Dolayısıyla, bu çalışmada artan tüketicini talebini karşılamak için farklı meyve kaynaklarından geleneksel metotla sirke üretiminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan literatür incelemelerinde Kardinal üzümü, Napolyon kirazı, mürdüm eriği, kivi ve şeftali kullanılarak geleneksel yöntemle sirke üretimine dair bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Buna dayanarak, bu çalışmada bahsi geçen meyvelerden geleneksel yöntemle üretilen sirkelerin bazı kalite özelliklerinin karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, sirke örneklerinin toplam çözünür kuru madde ($^{\circ}$ Brix), pH, toplam titrasyon asitliği (% asetik asit) ve renk analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, duyu değerlendirmesi yapılarak araştırılan beş farklı sirke örneği üzerinde tüketici tercihleri ve algıları da değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Bu çalışmada, sirke yapımında kullanılan kivi (*Actinidia deliciosa*), şeftali (*Prunus persica*), mürdüm eriği (*Prunus insititia*), Napolyon kirazı (*Prunus avium* cv. Napoleon) ve Kardinal üzümü (*Vitis vinifera* cv. Cardinal) meyveleri Konya ilinin merkezinde faaliyet gösteren yerel pazarlardan 2020 yılının Haziran-Temmuz aylarında tedarik edilmiştir.

Metot

Sirke Üretimi

Bu çalışmada kullanılan sirkelerin üretimi geleneksel yöntemle gerçekleştirilmiştir [18]. Tedarik edilen meyveler yıkanarak temizlendikten sonra mürdüm eriği, şeftali ve Napolyon kirazı meyvelerinin çekirdekleri uzaklaştırılmış, kivi meyvesinin kabuğu soyulmuş ve Kardinal üzümü meyvesi ise herhangi bir ön işleme tabi tutulmamıştır. Sirke üretimi için hazırlanan meyveler, 5 L'lik cam kavanozlara kavanoz hacminin üçte biri oranında eklenmiş ve ardından meyveler meşe ağacından özel olarak üretilen yüzeyi pürüzsüz bir tahta sopa yardımı ile ezilerek meyve şıraları elde edilmiştir. Ayrıca, fermantasyon işlemine yardımcı olması amacıyla her örneğe %0.5 oranında bal ilavesi yapılmıştır. Bu işlemi takiben, kavanozlar içme suyu kullanılarak tamamlanmıştır ve kavanozların ağzı bir tül bent bez yardımıyla kapatılmıştır. Hazırlanan örnekler, meyvelerin doğal mikrobiyotasından faydalanılarak oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda doğal fermantasyona bırakılmıştır ve fermantasyon süresi boyunca örnekler her gün karıştırılmıştır. Kavanozların yüzeylerinde yeterli büyükte sirke anasının meydana geldiği (yaklaşık 0.5 cm) 60 gün boyunca fermantasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Fermantasyon işlemini takiben, meyve posalarını ayırmak amacıyla sirke örnekleri süzülümüş ve yeni cam kavanozlara aktarılmıştır. Bu işlemin ardından hızlı bir şekilde

kavanozların ağzı sıkıca kapatılmıştır ve sirke örnekleri analizleri yapıncaya kadar 25°C'de karanlık bir ortamda depolanmıştır. Sirke üretimleri iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Toplam Asitlik ve pH Değerlerinin Belirlenmesi

Toplam asitlik titrimetrik metotla belirlenmiştir [27]. Bu amaçla, sirke örnekleri 0.1 N NaOH çözeltisi kullanılarak titre edilmiştir ve pH 8.1'e ulaşıncaya titrasyon sonlandırılmıştır. Titrasyonda harcanan 0.1 N NaOH çözeltisinin miktarına bağlı olarak % asetik asit cinsinden toplam asitlik hesaplanmıştır. Sirke örneklerin pH değerleri ise Ohaus Starter 3100 pH metre (MA, ABD) kullanılarak ölçülmüştür.

$^{\circ}$ Brix Değerlerinin Belirlenmesi

Toplam çözünür kuru madde ($^{\circ}$ Brix) değerleri distile su ile kalibre edilen Krüss DR6300-T (Hamburg, Almanya) refraktometresi kullanılarak 20°C'de ölçülmüştür. Örnekler kaba filtre kağıdından geçirilerek analize hazırlanmıştır.

Renk Analizi

Sirke örneklerinin renk analizi CR400 renk ölçüm cihazı (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. CIELAB renk aralığına göre L*, a* ve b* değerleri belirlenmiştir. L* değeri parlak/koyu (beyaz:100, siyah:0), a* değeri kırmızı/yeşil (kırmızı: +, yeşil: -) ve b* değeri ise sarı/mavi (sarı: +, mavi: -) aralığını temsil etmektedir [21].

Duyusal Analiz

Sirke örneklerinin duyu olarak değerlendirilmesi Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde deneyimi olmayan ancak belirli özellik tanımlarına tartışıldığı ve netleştirildiği önceki eğitim oturumlarına katılan 11 yarı eğitimli panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Sirke örneklerinin organoleptik değerlendirilmesinde daha önceki çalışmalarda bildirilen duyu özellikler modifiye edilerek kullanılmıştır [28, 29]. Örnekler; genel izlenim, aromatik yoğunluk, aromada zenginlik, etil asetat kokusu, keskinlik hissi, şarap karakteri, meyve kokusu ve tadı, maya kokusu ve tadı, acılık, tatlılık, ekşilik ve akışkanlık özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Sirke örneklerinin duyu analizinde, her değerlendiricinin belirtilen özelliklerin yoğunluğunu bildirdiği 9 puanlı bir skala kullanılmıştır (1: çok düşük/9: çok yüksek).

İstatistiksel Analizler

Sonuçlar, Minitab yazılım versiyonu 17'de (State College, ABD) tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Tüm veriler, iki tekerrürün ortalama \pm standart sapması olarak ifade edilmiştir. Sirke örnekleri arasındaki önemli farklılıkları belirlemek için sonuçların ortalamaları %95 güven aralığında Tukey testi ile karşılaştırılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Sirke Örnekleri

İki ay fermantasyon işlemine tabi tutularak üretilen sirkeler fizikokimyasal ve duyu analizlerde kullanılmıştır (Şekil 1). Kivi, Napolyon kirazı, Kardinal üzümü, şeftali ve erik kullanılarak üretilen sirke örnekleri sırasıyla KW, KR, KU, SF ve ER olarak belirtilmiştir.



Şekil 1. Sırasıyla Napolyon kirazı, şeftali, Kardinal üzümü, mürdüm eriği ve kivi sirke örneklerinin görünüşleri (soldan sağa)

Figure 1. Views of Napoleon cherry, peach, Cardinal grape, damson plum, and kiwi vinegar samples, respectively (from left to right)

Fizikokimyasal Analizler

Toplam Asitlik ve pH

Fermantasyon sonrasında sirkede asetik asit, oksalik asit, malik asit, laktik asit gibi çeşitli organik asitlerin bulunduğu, ancak bunlar arasında asetik asidin baskın olduğu ve sirkelerin tadı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir [30]. Dolayısıyla, bu çalışmada toplam asitlik, asetik içeriği (%) cinsinden hesaplanmıştır ve sirke örneklerinin toplam asitlik değeri %0.53-3.23 arasında bulunmuştur (Tablo 1). SF ve ER örneklerinin toplam asitlik değerlerinin benzer olduğu ($p>0.05$) ve diğer sirke örneklerinin toplam asitlik değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklılık gösterdiği ($p<0.05$) belirlenmiştir. En yüksek toplam asitlik KU örneğinde (%3.23) belirlenirken, en düşük toplam asitlik

ise KR örneğinde (%0.53) tespit edilmiştir ($p<0.05$). Örneklerin toplam asitlik değerleri arasında tespit edilen değişikliklerin sirke üretiminde kullanılan hammaddelerin kompozisyonel ve mikrobiyal farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir [4, 24, 31]. TS 1880 EN 13188 Sirke Standardı'na ilaveten çıkarılan Nisan 2004 tarihli taddilde ülkemizde üretilen sirkelerin toplam asitlik içeriğinin (suda serbest asetik asit cinsinden) %4'ten az olmaması gerektiği bildirilmiştir [32]. Bu çalışmada üretilen beş sirkenin de toplam asitlik değeri TS 1880'de belirtilen değerlerin aşağısında bulunmuştur. Sonraki çalışmalar ile sirke örneklerinin fermantasyon koşulları optimize edilerek asetik asit içeriklerinin Türk Standardı'na uyulanabileceği ve ayrıca mevcut sirke örneklerinin sulandırılarak içilebilir sirkelerin üretilmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada elde edilen toplam asitlik değerleri, Kang ve ark [27] tarafından ticari üzüm sirkeleri için bildirilen toplam asitlik değerlerinden (%4.20-6.63) düşük bulunmuştur. Bu farklılıkların, ticari sirkelere ilave asetik asit eklenmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir [20]. ER ve SF sirkelerinin toplam asitlik değerleri (sırasıyla %1.15 ve 1.05) Akarca ve ark. [18] tarafından mazafati İran hurması sirkesi için bildirilen toplam asitlik değerine (%1.19) yakın bulunurken, KW sirkesinin toplam asitlik değeri (%1.98) Tomar ve ark. [24] tarafından yaban mersini sirkesi için bildirilen toplam asitlik değerine (%1.96) yakın bulunmuştur. Bununla birlikte, KR örneği hariç, diğer tüm sirke örneklerinin toplam asitlik değerlerinin Selvanathan ve Masngut [22] tarafından üretilen ananas kabuğu sirkesinin toplam asitlik değerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak, tüm örneklerin toplam asitlik değerleri kızılıcik sirkesinin [21] ve üzüm, erik, mandalina vb. meyvelerin organik ticari sirkelerinin [23] toplam asitlik değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Konu hakkında yapılan benzer çalışmalar arasındaki farklılıkların kullanılan hammaddeye, üretim şekline, fermantasyon koşullarına ve olgunlaştırma süresine bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir [7, 18].

Tablo 1. Sirke örneklerin toplam titrasyon asitliği (% , asetik asit) ve pH değerleri
Table 1. Total titratable acidity (% , acetic acid) and pH values of vinegar samples

Örnekler ^a	Toplam titrasyon asitliği (% , asetik asit)	pH
KW	1.98±0.06 ^b	3.30±0.07 ^b
KR	0.53±0.02 ^d	2.77±0.01 ^d
KU	3.23±0.08 ^a	2.93±0.01 ^c
SF	1.05±0.93 ^c	3.63±0.03 ^a
ER	1.15±0.05 ^c	3.38±0.04 ^b

^a KW: kivi sirkesi, KR: Napolyon kirazı sirkesi, KU: Kardinal üzümü sirkesi, SF: şeftali sirkesi, ER: mürdüm eriği sirkesi; Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.; Önemli farklılıklar Tukey testi ile $p<0.05$ güven aralığında belirlenmiştir.; Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

^a KW: kiwi vinegar, KR: Napoleon cherry vinegar, KU: Cardinal grape vinegar, SF: peach vinegar, ER: damson plum vinegar.; Values are expressed as mean ± standard deviation.; Significant differences are determined by Tukey's test at $p<0.05$ confidence level.; The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant.

Geleneksel yöntemlerle üretilen sirke örneklerinin pH değerleri Tablo 1'de verilmiştir. En yüksek pH değeri 3.63 olarak SF örneğinde belirlenirken, en düşük pH değeri ise 2.77 değeri ile KR örneğinde tespit edilmiştir

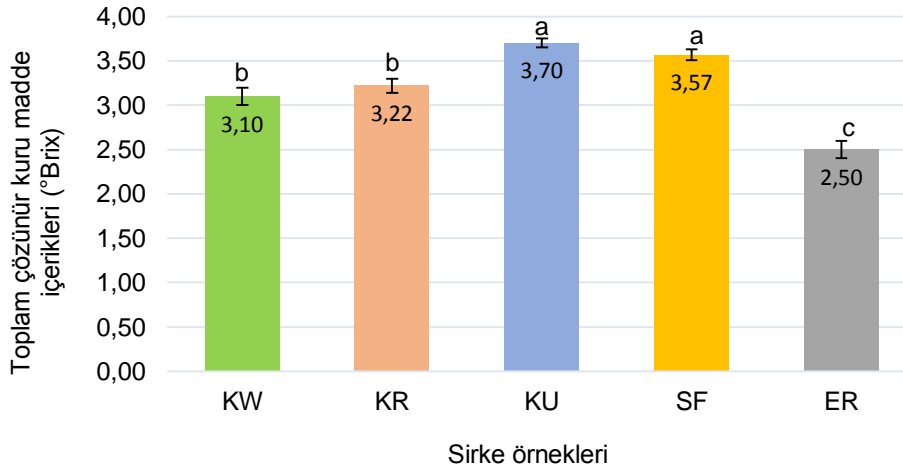
($p<0.05$). Çalışmada kullanılan sirkelerin pH değerleri ticari hurma [20] ve üzüm sirkelerinden daha yüksek bulunurken [27], yaban mersini [24] ve Trabzon hurma kabuğu [11] sirkelerinden daha düşük bulunmuştur.

Ayrıca, bu çalışmadaki mürdüm eriği sirkesinin pH değerinin (3.38), Sengun ve ark. [23] tarafından ticari organik erik sirkesi için bildirilen pH değerine (3.56) yakın olduğu görülmüştür. Ancak, aynı araştırmacılar tarafından organik üzüm sirkesi için bildirilen pH değeri (3.22), Kardinal üzümü sirkesinin pH değerinden (2.93) daha yüksek bulunmuştur. Sirke örneklerinin pH değerinin tespit edilen toplam asit içeriği ile ters korelasyon göstermediği gözlemlenmiştir. Benzer sonuç, Kang ve ark. [27] tarafından ticari üzüm sirkelerinde de tespit edilmiştir. Bu durum, pH'nın mevcut asitlerin konsantrasyonu ile ilişkili olmaması, ancak, bu asitlerin dissosiyasyonuna yani iyonlaşma yeteneklerinden etkilenmesi ile açıklanabilir [33].

Toplam Çözünür Kuru Madde İçerikleri

Brix değerleri, sulu bir numunedeki toplam çözünür katı içeriğinin yüzdesini göstermektedir ve sirke türüne bağlı olarak değişen bir özelliktir [23]. Bu çalışmada, sirke örneklerinin Brix değerleri 2.50 ile 3.70°Brix arasında değişiklik göstermiştir (Şekil 2). En yüksek Brix değerleri KU (3.70°Brix) ve SF (3.57°Brix) örneklerinde belirlenirken, en düşük Brix değeri ise ER (2.50 °Brix) örneğinde tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Önceki çalışmalarda meyve sirkeleri için Brix değerleri 1.20 ve 6.63°Brix arasında tanımlanmıştır [11, 18, 23, 24, 27]. Bu çalışmalarda özellikle ticari sirkelerin Brix değerleri daha yüksek bulunmuştur. Çünkü tüketici tercihlerini arttırmak

amacıyla ticari sirkelere sükröz, sıvı früktoz ve meyve konsantreleri eklenerek şeker içeriklerinin yükseltildiği bildirilmiştir [27, 34]. Bununla ilgili olarak, Kore'de üretilen ticari sirkeler üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, bazı üzüm sirkelerine %9.9 oranında sükröz eklendiği, balzamik sirkeye ise sıvı früktoz ile beraber yaklaşık %23-25 arasında çeşitli üzüm konsantrelerinin eklendiği belirtilmiştir [27]. Bu çalışmada, Kardinal üzümü ve mürdüm eriği sirkeleri için belirlenen Brix değerleri (sırasıyla 3.70 ve 2.50°Brix) gerçekten de ticari üzüm ve ticari organik erik sirkelerinde tespit edilen Brix değerlerinden (sırasıyla 5.91-38.67 ve 5.00°Brix) oldukça düşük bulunmuştur [23, 27]. Sirkedeki çözünür katılar; glikoz, früktoz ve sükröz gibi serbest şekerler, organik asitler ve serbest amino asitlerden oluşmaktadır [27]. Sirke üretiminde kullanılan meyve türüne bağlı olarak sirkelerde farklı seviyelerde serbest şeker içeriklerinin bulunduğu bildirilmiştir [14]. Ancak, sirkelerdeki toplam çözünür kuru madde içeriklerinin serbest şeker içeriği ile istatistiksel olarak anlamlı korelasyon göstermediği ve bunun organik asitler ve serbest amino asitler gibi bileşenlerin varlığından kaynaklandığı bildirilmiştir [27]. Dolayısıyla, sirke örneklerinin Brix değerleri arasında gözlemlenen farklılıkların üretimde kullanılan meyvenin bileşiminden, fermantasyonun etkinliğinden, fermantasyon sırasında oluşan bileşenlerden ve dolayısıyla suda çözünen kuru madde miktarındaki değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 2. Sirke örneklerinin toplam çözünür kuru madde içerikleri (°Brix). KW: kivi sirkesi, KR: Napolyon kirazı sirkesi, KU: Kardinal üzümü sirkesi, SF: şeftali sirkesi, ER: mürdüm eriği sirkesi
Figure 2. Total soluble solid contents of vinegar samples (°Brix). KW: kiwi vinegar, KR: Napoleon cherry vinegar, KU: Cardinal grape vinegar, SF: peach vinegar, ER: damson plum vinegar

Renk Değerleri

Tüketici tercihi bakımından sirke için en önemli faktörlerden biri rengidir ve bu nedenle tüketicilerin ilgisini çekici renkte sirke üretmek çok önemlidir [15]. Bu çalışmadaki sirke örneklerinin renk karakteristikleri Tablo 2'de belirtilmiştir. Sonuçlar a* değerlerinin KW ve ER sirkelerinde sırasıyla -2.82 ve -1.49 olduğunu gösterirken, KR, SF ve KU sirkelerinde ise a* değerleri sırasıyla +17.60, +2.39 ve +0.60 olarak bulunmuştur. Sirke örneklerinin renkleri arasındaki farklılıklar Şekil

1'den de görülmektedir. En yüksek kırmızılık değeri Napolyon kirazından üretilen sirkede belirlenmiş olup en yüksek yeşillik değeri ise kividen üretilen sirkede tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bu çalışmada Kardinal üzümü sirkesi için belirlenen pozitif a* değerinin aksine, Sengun ve ark. [23] ticari organik üzüm sirkesinin a* değerini negatif olarak belirlemişlerdir. Gözlemlenen bu farklılık muhtemelen sirke üretiminde kullanılan üzüm türünün değişiminden kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan her iki çalışmada da erik sirkelerinin a* değerleri negatif olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2. Sirke örneklerin renk değerleri (L*, a*, b*)

Table 2. Color values of vinegar samples (L*, a*, b*)

Örnekler ^a	L*	a*	b*
KW	53.75±1.57 ^a	-2.82±0.06 ^e	14.23±0.39 ^c
KR	35.45±1.08 ^c	17.60±0.26 ^a	26.60±0.36 ^a
KU	52.18±0.38 ^a	0.60±0.13 ^c	13.19±0.40 ^d
SF	41.39±2.04 ^b	2.39±0.39 ^b	20.37±0.34 ^b
ER	52.40±0.86 ^a	-1.49±0.02 ^d	14.01±0.13 ^{cd}

^a KW: kiwi sirkesi, KR: Napolyon kirazı sirkesi, KU: Kardinal üzümü sirkesi, SF: şeftali sirkesi, ER: mürdüm eriği sirkesi.; Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.; Önemli farklılıklar Tukey testi ile p<0.05 güven aralığında belirlenmiştir.; Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

^a KW: kiwi vinegar, KR: Napoleon cherry vinegar, KU: Cardinal grape vinegar, SF: peach vinegar, ER: damson plum vinegar.; Values are expressed as mean ± standard deviation.; Significant differences are determined by Tukey's test at p<0.05 confidence level.; The difference between the means indicated by different letters in the same column is statistically significant.

Tüm sirke örneklerin sarı rengi ifade eden pozitif b* değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Örneklerin b* değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup, en yüksek sarılık değeri KR örneğinde belirlenirken, en düşük sarılık değeri ise KU örneğinde bulunmuştur (p<0.05). Sirke örneklerin parlaklık değeri olan L* değerlerinin ise 35.45 ve 53.75 arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek L* değeri 53.75, 52.40 ve 52.18 olarak sırasıyla KW, ER ve KU örneklerinde belirlenmiştir (p<0.05). Bununla birlikte, en düşük parlaklık değeri ise KR örneğinde gözlemlenmiştir (p<0.05). En yüksek b* değerine sahip KR örneğinin en düşük L* değerine sahip olmasının fenolik içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü Cruz ve ark. [35] yüksek fenolik içerikli sirkelerin daha düşük parlaklık eğiliminde olduğunu, ancak daha yüksek kırmızılık değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmanın bulguları, üretimde farklı hammaddelerin kullanılmasının sirkelerin renk karakteristiklerinde önemli farklılıklara neden olduğunu göstermektedir.

Duyusal Değerlendirme

Sirke örneklerinin duyusal analiz skorları Tablo 3'te gösterilmiştir. Örneklerin aromatik yoğunluk skorları 4.18 ve 6.36 arasında belirlenmiştir. KU örneğinin en yoğun aromaya sahip olduğu tespit edilmiş olup bunu ER örneği takip etmiştir (p<0.05). Aromatik zenginlik açısından ise SF örneğinin en yüksek skoru (6.18) aldığı gözlemlenirken, en düşük skoru (4.82) ise KR örneği almıştır. Bu çalışmada, KR örneği dışındaki sirke örneklerinin hepsinin aroma skorları geleneksel yöntemle üretilen mazafati İnan hurması sirkesinin (5.25) [18] ve *Vaccinium arctostaphylos* L. ve *Vaccinium uliginosum* L. türlerinin kullandığı yaban mersini sirkelerinin (4.25-5.40) [24] aroma skorlarından daha yüksek bulunmuştur. Etil asetatın sirke üretimindeki ilk fermantasyon olan alkol fermantasyonu sırasında yüksek oranda meydana geldiği önceki çalışmalarda bildirilmiştir [29, 36]. Örneklerin etil asetat kokusu bakımından değerlendirme skorları 3.18 ve 4.64 arasında belirlenmiş olup en yüksek etil asetat kokusu ER örneğinde ve bu özellik bakımından en düşük skor SF örneğinde saptanmıştır (p<0.05). Geleneksel olarak üretilen sirkelerde en çok bulunan uçucu bileşenler arasında etil asetatın yer aldığı bildirilmiştir [26]. Bu çalışmada incelenen sirkelerde belirlenen etil asetat kokusunun narenciye sirkelerinde belirlenenden daha düşük olduğu belirlenmiştir [37]. Bu farklılığın, narenciye

sirkelerinin üretiminde *Saccharomyces cerevisiae* ve *Lactobacillus plantarum* kültürlerinin kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sirke örneklerinin keskinlik hissi skorları 4.55 ve 8.18 arasında belirlenmiştir. En yüksek keskinlik hissi toplam asitlik değerinin de en yüksek olduğu KU örneğinde belirlenirken, en düşük keskinlik hissi toplam asitlik değerinin en düşük olduğu KR örneğinde tespit edilmiştir (p<0.05). Örneklerin keskinlik hissi, toplam asitlik değerleri tutarlılık göstermiştir. Bu çalışmanın bulguları ile benzer şekilde, Turhan ve Canbaş [29] Dimrit üzümü sirkesinin ve Kang ve ark. [27] ticari üzüm sirkelerinin keskinlik hissini duyusal olarak oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Sirke üretiminde alkol fermantasyonunu takiben asetik asit fermantasyonu gerçekleşmektedir. Alkol fermantasyonu ile fermente olabilir şekerlerden meydana gelen alkolün, asetik asit fermantasyonunda asetik aside oksitlenmesiyle sirke meydana gelmektedir [1]. Dolayısıyla asetik asit fermantasyonunun etkinliğine bağlı olarak üretilen sirkelerde alkol kalıntıları olabilmektedir ve bu durum sirkelere şarap karakteri vermektedir [28]. Sirke örnekleri şarap karakteri bakımından incelendiğinde, duyusal değerlendirme skorları 3.75 ve 4.78 arasında bulunmuştur. En yüksek şarap karakteri ER örneğinde belirlenirken, KU örneği bu özellik bakımından en düşük skoru göstermiştir (p<0.05). Sirke örnekleri arasında görülen bu istatistiksel farklılıkların üretimde kullanılan meyve ve fermantasyonun etkinliğine bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir. Bu çalışmada sirke örneklerin şarap karakteri skorları, Turhan ve Canbaş [29] tarafından batık ve yüzey fermantasyon yöntemleri ile üretilen Dimrit üzümü sirkelerinde belirlenen şarap karakteri skorlarından daha düşük bulunurken, *Saccharomyces cerevisiae* kültürü kullanılarak üretilen narenciye sirkelerinin skorlarına yakın bulunmuştur [37]. Sirkeler arasındaki bu farklılıkların asetik asit verimliliğindeki farklılardan kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek meyve kokusu ve tadı 6.64 skoru ile SF örneğinde belirlenirken, bu duyusal parametre açısından en düşük skor 4.82 ile KU örneğinde tespit edilmiştir (p<0.05). Sirke örneklerinin maya kokusu ve tadı değerlendirildiğinde ise genellikle düşük skorlar elde edilmiş olup KR örneğinde en yüksek maya kokusu ve tadı skoru (4.71) tespit edilmiştir (p<0.05). Bu farklılığın, KR sirkesinin üretiminde kullanılan meyvenin maya yükünün farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3. Sirke örneklerinin duyuşsal özellikleri
 Table 3. Sensory attributes of vinegar samples

Duyuşsal karakteristikler	Örnekler ^a				
	KW	KR	KU	SF	ER
Genel izlenim	6.46±0.01 ^a	5.28±0.02 ^d	6.10±0.01 ^c	6.35±0.01 ^b	6.36±0.03 ^b
Aromatik yoğunluk	5.74±0.01 ^c	4.18±0.03 ^e	6.36±0.06 ^a	5.55±0.05 ^d	6.18±0.05 ^b
Aromada zenginlik	5.27±0.07 ^{bc}	4.82±0.02 ^c	5.64±0.05 ^{ab}	6.18±0.02 ^a	5.36±0.62 ^{ab}
Etil asetat kokusu	3.81±0.04 ^b	3.63±0.02 ^c	3.82±0.03 ^b	3.18±0.09 ^d	4.64±0.04 ^a
Keskinlik hissi	7.27±0.03 ^b	4.55±0.03 ^e	8.18±0.10 ^a	6.09±0.02 ^d	6.27±0.08 ^c
Şarap karakteri	4.42±0.11 ^b	4.23±0.03 ^{bc}	3.75±0.02 ^d	4.13±0.03 ^c	4.78±0.10 ^a
Meyve kokusu ve tadı	5.73±0.03 ^b	5.35±0.05 ^c	4.82±0.03 ^e	6.64±0.03 ^a	5.00±0.08 ^d
Maya kokusu ve tadı	3.25±0.04 ^d	4.71±0.10 ^a	3.73±0.05 ^b	3.82±0.03 ^b	3.46±0.03 ^c
Acılık	3.05±0.09 ^a	2.34±0.03 ^c	2.65±0.05 ^b	2.45±0.05 ^c	2.32±0.07 ^c
Tatlılık	4.27±0.03 ^a	3.15±0.09 ^c	3.27±0.03 ^c	4.57±0.21 ^a	3.90±0.10 ^b
Ekşilik	7.44±0.03 ^b	5.73±0.03 ^e	8.44±0.03 ^a	6.35±0.05 ^d	7.03±0.06 ^c
Akışkanlık	8.27±0.08 ^a	8.36±0.06 ^a	8.17±0.08 ^a	8.10±0.05 ^a	8.07±0.21 ^a

^a KW: kivi sirkesi, KR: Napolyon kirazı sirkesi, KU: Kardinal üzümü sirkesi, SF: şeftali sirkesi, ER: mürdüm eriği sirkesi.; Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.; Önemli farklılıklar Tukey testi ile p<0.05 güven aralığında belirlenmiştir.; Aynı satırdaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır.; 9 puanlı bir skala kullanılmıştır (1: çok düşük, 9: çok yüksek)

^a KW: kivi vinegar, KR: Napoleon cherry vinegar, KU: Cardinal grape vinegar, SF: peach vinegar, ER: damson plum vinegar.; Values are expressed as mean ± standard deviation.; Significant differences are determined by Tukey's test at p<0.05 confidence level.; The difference between the means indicated by different letters in the same row is statistically significant.; A 9-point scale was used (1: extremely low, 9: extremely high)

Sirke örneklerinin acılık skorları 2.32 ve 3.05 arasında belirlenmiştir. En yüksek acılık hissi KW örneğinde saptanmıştır ve bunu KU örneği takip etmiştir. Sirkede genellikle ekşi tadın baskın olduğu ve bunu farklı tat bileşenleri arasındaki etkileşim ve dengenin bir sonucu olarak meydana gelebilen tatlı, hafif tuzlu ve acı tadın takip ettiği bildirilmiştir [37]. Bu çalışmada elde edilen acılık skorları, Chen ve ark. [37] tarafından narenciye meyvelerinden elde edilen sirkelerde belirlenen acılık skorlarından (1.00) daha yüksek bulunmuştur. Bahsi geçen çalışmadaki araştırmacılar sirkelerin acılık hissine fermantasyon sırasında meydana gelen acılık veren serbest amino asitlerin neden olduğunu bildirmişlerdir. Örneklerin ekşilik skorlarının 5.73 ve 8.44 arasında olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek ekşilik skoru keskinlik hissini de en yüksek olduğu KU örneğinde belirlenmiştir (p<0.05) ve bunu KW örneği takip etmiştir. Ekşilik skorları bakımından örnekler arasındaki farklılıkların içerdikleri asetik asit gibi organik asitlerin konsantrasyonlarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim, örneklerin içerdikleri asetik asit miktarı ile ekşilik skorları arasında pozitif bir ilişki gözlemlenmiştir. Genel olarak keskinlik ve ekşilik skorları benzer bir trend izlemiştir. Bazı meyve sirkeleri tatlılık özelliği ile de karakterize edilmektedir [1]. En yüksek tatlılık hissi 4.57 ve 4.27 skorları ile sırasıyla SF ve KW örneklerinde saptanmıştır (p<0.05). Diğer taraftan en düşük tatlılık hissi ise 3.27 ve 3.15 skorları ile sırasıyla KU ve KR örneklerinde tespit edilmiştir (p<0.05). Chen ve ark. [37] sıvı hal fermantasyonu ile narenciye meyvelerinden üretilen sirkelerin tatlılık skorlarını 3.00 ve 4.00 arasında belirlemiştirlerdir. Bu sonuçlar bu çalışmadan elde edilen tatlılık skorlarına yakınlık göstermektedir. İlgili araştırmacılar sirkelerdeki tatlılık hissine fermantasyon sırasında meydana gelen tatlı serbest amino asitlerin de katkıda bulunduğu bildirmişlerdir.

Sirke örneklerinin akışkanlık skorları ise 8.07 ve 8.36 arasında bulunmuş olup bu parametre açısından

örnekler arasında istatistiksel bir farklılık gözlemlenmemiştir (p>0.05). Genel izlenim açısından ele alındığında, en çok beğenilen sirke KW örneği olup (p<0.05) bunu ER ve SF örnekleri takip etmiştir. Ancak, en az genel izlenim skoru ise KR örneğinde tespit edilmiştir (p<0.05). KW örneğinin parlaklık değerinin de en yüksek olmasının genel izlenim puanını etkilediği düşünülmektedir. Aslında üzüm sirkesi ülkemizde en çok kullanılan ve alışılmış bir tat olan sirke çeşidi olduğu için [38] Kardinal üzümü sirkelerinin kivi, mürdüm eriği ve şeftali sirkelerine kıyasla daha düşük genel izlenim puanına sahip olması şaşırtıcı olmuştur. Dolayısıyla, üzüm sirkesine alternatif olarak kivi, mürdüm eriği ve şeftali sirkeleri de market raflarında yer alabilir. Bu çalışmada Kardinal üzümü, kivi, mürdüm eriği ve şeftali sirkeleri için elde edilen genel izlenim skorları *Vaccinium arctostaphylos* L. ve *Vaccinium uliginosum* L. türlerinin kullandığı geleneksel metotla üretilen yabancı mersini sirkelerinin genel izlenim skorlarından (4.14-5.19) daha yüksek bulunurken [24], gene geleneksel yöntemle üretilen mazafati İnan hurması sirkesinin genel izlenim skoruna (6.45) yakın bulunmuştur [18]. Ayrıca, diğer bir çalışmada, yüzey kültürü metodu ile üretilen Dimrit üzümü sirkelerinin derin kültür metodu ile üretilenlere kıyasla daha yüksek genel izlenim puanına sahip olduğu bildirilmiştir [29]. Bununla ilgili olarak araştırmacılar, geleneksel metotlar arasında yer alan yüzey kültür metodunun derin kültür metoduna kıyasla daha uzun fermantasyon süresine sahip olmasından dolayı sirkenin aromatik ve duyuşsal kalitesinin daha iyi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Yüzey kültür yöntemi ile üretilen Dimrit üzümü sirkelerinin genel izlenim skorunun (-8.00) bu çalışmadan elde edilen genel izlenim skorlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun fermantasyon için kullanılan substratın farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada kivi, şeftali, mürdüm eriği, Napolyon kirazı ve Kardinal üzümü kullanılarak geleneksel yöntemlerle

üretilecek sirkelerin fizikokimyasal özellikleri ve duyu özellikleri araştırılmıştır. Fizikokimyasal özellikleri bakımından örneklerin pH değerleri, asetik asit cinsinden toplam asitlikleri, toplam çözünür kuru madde içerikleri ve renk karakteristikleri incelenmiştir. Sirke örneklerinin toplam asitlik değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiş olup en yüksek toplam asitlik %3.23 değeri ile Kardinal üzümü sirkesinde belirlenmiştir. Bununla birlikte, en yüksek pH değeri (3.63) ise şeftali sirkesinde tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan geleneksel yöntemle elde edilen sirke örneklerinin asetik içeriği endüstriyel olarak üretilen sirkelerden daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, elde edilen sirkeler, endüstriyel sirkelere kıyasla daha ekşi-tatlı karakteristikte bir tat sergilemiştir. Sirke üretiminde kullanılan meyve türüne bağlı olarak örneklerin toplam çözünür kuru madde içeriklerinde de farklılıklar gözlemlenmiştir. En yüksek Brix değeri Kardinal üzümü ve şeftali sirkelerinde gözlemlenirken, en düşük Brix değeri ise erik sirkesinde saptanmıştır. Sırasıyla 53.75, 52.40 ve 52.18 L* değerleri ile kivi, mürdüm eriği ve Kardinal üzümü sirkelerinin en parlak örnekler olduğu belirlenmiştir. Sarılık bakımından ise en yüksek b* değerini Napolyon kirazı sirkesi göstermiştir. Ayrıca, Napolyon kirazı sirkesinin kırmızılık bakımından da en yüksek değeri aldığı gözlemlenmiştir. Duyusal değerlendirmeler sonucunda en yüksek genel izlenim skorunu kivi sirkesi almış olup bunu mürdüm eriği ve şeftali sirkeleri takip etmiştir. Dolayısıyla mürdüm eriği, kivi ve şeftali meyveleri ekşi-tatlı karakteristikte sirke üretimi için yeni bir alternatif kaynak olabilir. Ayrıca, daha geniş bir tüketici kitlesine hitap etmek amacıyla daha sonraki çalışmalarda fonksiyonel özellikleri de ortaya konularak bu sirkelerin sulandırılarak içilebilir versiyonları denenebilir. Bu çalışmada kullanılan geleneksel metotta, fermantasyonun doğal olarak gerçekleşmesi sonucunda sirke üretiminde rol alan fermantasyonların kontrollerinin sınırlı olması ve ayrıca bu metodun endüstriyel olarak sirke üretiminde genellikle kullanılan derin kültür metoduna göre uzun zaman alması dezavantaj olarak göz önünde bulundurulabilir. Bu çalışmanın bulguları, farklı hammaddeler göz önünde bulundurularak yeni sirke çeşitlerinin üretimi ile ilgili gerçekleştirilecek olan sonraki çalışmalara ışık tutacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki bazı analizlerin gerçekleştirilmesine yardımcı olan Dr. Edibe Rabia ÖZKAN'a ve sirke üretiminde yardımlarını esirgemeyen Nigar ÖZTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- [1] Bhat, S.V., Akhtar, R., Amin, T. (2014). An overview on the biological production of vinegar. *International Journal of Fermented Foods*, 3(2), 139-155.
- [2] Alimentarius, C. (2000). Proposed draft revised regional standard for vinegar. Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, June 2000, Rome, Italy.

- [3] Lynch, K.M., Zannini, E., Wilkinson, S., Daenen, L., Arendt, E.K. (2019). Physiology of acetic acid bacteria and their role in vinegar and fermented beverages. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 587-625.
- [4] Wu, L.H., Lu, Z.M., Zhang, X.J., Wang, Z.M., Yu, Y.J., Shi, J.S., Xu, Z.H. (2017). Metagenomics reveals flavour metabolic network of cereal vinegar microbiota. *Food Microbiology*, 62, 23-31.
- [5] Yun, J., Zhao, F., Zhang, W., Yan, H., Zhao, F., Ai, D. (2019). Monitoring the microbial community succession and diversity of Liangzhou fumigated vinegar during solid-state fermentation with next-generation sequencing. *Annals of Microbiology*, 69(3), 279-289.
- [6] Bamforth, C.W. (2005). Vinegar. In: Food, Fermentation and Micro-organisms, Edited by C.W. Bamforth, Blackwell Science, Kundli, India, 154-159.
- [7] Morales, L.M., González, G.A., Casas, J.A., Troncoso, A.M. (2001). Multivariate analysis of commercial and laboratory produced Sherry wine vinegars: influence of acetification and aging. *European Food Research and Technology*, 212(6), 676-682.
- [8] Jo, Y., Baek, J.Y., Jeong, I.Y., Jeong, Y.J., Yeo, S.H., Noh, B.S., Kwon, J.H. (2015). Physicochemical properties and volatile components of wine vinegars with high acidity based on fermentation stage and initial alcohol concentration. *Food Science and Biotechnology*, 24(2), 445-452.
- [9] Tesfaye, W., Morales, M.L., García-Parrilla, M.C., Troncoso, A.M. (2002). Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 13(1), 12-21.
- [10] Al-Dalali, S., Zheng, F., Li, H., Huang, M., Chen, F. (2019). Characterization of volatile compounds in three commercial Chinese vinegars by SPME-GC-MS and GC-O. *LWT-Food Science and Technology*, 112, 108264.
- [11] Bayram, Y., Özkan, K., Sagdic, O. (2020). Bioactivity, physicochemical and antimicrobial properties of vinegar made from persimmon (*Diospyros kaki*) peels. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 38(3), 1643-1652.
- [12] Vegas, C., Mateo, E., González, A., Jara, C., Guillamón, J.S., Poblet, M., Torija, M.J., Mas, A. (2010). Population dynamics of acetic acid bacteria during traditional wine vinegar production. *International Journal of Food Microbiology*. 138(1-2), 130-136.
- [13] Chen, H., Chen, T., Giudici, P., Chen, F. (2016). Vinegar functions on health: constituents, sources, and formation mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1124-1138.
- [14] Ho, C.W., Lazim, A.M., Fazry, S., Zaki, U.K.H.H., Lim, S.J. (2017). Varieties, production, composition and health benefits of vinegars: a review. *Food Chemistry*, 221, 1621-1630.
- [15] Arvaniti, O.S., Mitsonis, P., Siorokos, I., Dermishaj, E., Samaras, Y. (2019). The physicochemical

- properties and antioxidant capacities of commercial and homemade Greek vinegars. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 18(3), 225-234.
- [16] Dai, J., Mumper, R.J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352.
- [17] Leeman, M., Östman, E., Björck, I. (2005). Vinegar dressing and cold storage of potatoes lowers postprandial glycaemic and insulinaemic responses in healthy subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59(11), 1266-1271.
- [18] Akarca, G., Tomar, O., Çağlar, A., İstek, Ö. (2020). Physicochemical and sensory quality properties of vinegar produced by traditional method from Persian mazafati date (*Phoenix dactylifera* L.). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 19, 429-434.
- [19] Cho, K.M., Hwang, C.E., Joo, O.S. (2017). Change of physicochemical properties, phytochemical contents and biological activities during the vinegar fermentation of *Elaeagnus multiflora* fruit. *Korean Journal of Food Preservation*, 24(1), 125-133
- [20] Hafzan, Y., Saw, J.W., Fadzilah, I. (2017). Physicochemical properties, total phenolic content, and antioxidant capacity of homemade and commercial date (*Phoenix dactylifera* L.) vinegar. *International Food Research Journal*, 24(6), 2557-2562.
- [21] Kawa-Rygielska, J., Adamenko, K., Kucharska, A.Z., Piórecki, N. (2018). Bioactive compounds in Cornelian cherry vinegars. *Molecules*, 23(379), 1-16.
- [22] Selvanathan, Y., Masngut, N. (2020). Physicochemical properties, antioxidant activities, and sensory evaluation of pineapple peel biovinegar. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 991(1), 1-11.
- [23] Sengun, I.Y., Kilic, G., Ozturk, B. (2020). Screening physicochemical, microbiological and bioactive properties of fruit vinegars produced from various raw materials. *Food Science and Biotechnology*, 29(3), 401-408.
- [24] Tomar, O., Akarca, G., İstek, Ö. (2020). Farklı yaban mersini türlerinden geleneksel yöntemle üretilen sirkenin bazı kalite özellikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 2595-2603.
- [25] Greco, E., Cervellati, R., Litterio, M.L. (2013). Antioxidant capacity and total reducing power of balsamic and traditional balsamic vinegar from Modena and Reggio Emilia by conventional chemical assays. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(1), 114-120.
- [26] Ozturk, I., Caliskan, O., Tornuk, F., Ozcan, N., Yalcin, H., Baslar, M., Sagdic, O. (2015). Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 144-151.
- [27] Kang, M., Ha, J.H., Lee, Y. (2020). Physicochemical properties, antioxidant activities and sensory characteristics of commercial gape vinegars during long-term storage. *Food Science and Technology (Campinas)*, 40(4), 909-916.
- [28] Gómez, M.L.M., Bellido, B.B., Tesfaye, W., Fernandez, R.M.C., Valencia, D., Fernandez-Pachón, M.S., García-Parrilla, M.C., González, A.M.T. (2006). Sensory evaluation of sherry vinegar: traditional compared to accelerated aging with oak chips. *Journal of Food Science*, 71(3), S238-S242.
- [29] Turhan, E.Ü., Canbaş, A. (2016). Chemical and sensory properties of vinegar from Dimrit grape by submerged and surface method. *Gıda/The Journal of Food*, 41(1), 1-7.
- [30] Kim, S.H., Cho, H.K., Shin, H.S. (2012). Physicochemical properties and antioxidant activities of commercial vinegar drinks in Korea. *Food Science and Biotechnology*, 21(6), 1729-1734.
- [31] Štornik, A., Skok, B., Trček, J. (2016). Comparison of cultivable acetic acid bacterial microbiota in organic and conventional apple cider vinegar. *Food Technology and Biotechnology*, 54(1), 113-119.
- [32] Anonim (2004). TSE Sirke – Tarım Kökenli Sivildardan Elde Edilen Ürün TS 1880 EN 13188 - Tadil ICS: 01.040.67;67.220.20, Türk Standartları Enstitüsü Necatibey Cad. 112, Ankara.
- [33] Reijenga, J., van Hoof, A., van Loon, A., Teunissen, B. (2013). Development of methods for the determination of pKa values. *Analytical Chemistry Insights*, 8, 53-71.
- [34] Yang, H.S., Rho, J.O. (2012). The physicochemical characteristic and descriptive sensory evaluation of the blackberry fruit beverage. *Korean Journal of Human Ecology*, 21(2), 363-375.
- [35] Cruz, M., Correia, A.C., Gonçalves, F., Jordão, A. (2018). Phenolic composition and total antioxidant capacity analysis of red wine vinegars commercialized in Portuguese market. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 33(2), 102-115.
- [36] Marrufo-Curtido, A., Cejudo-Bastante, M., Durán-Guerrero, E., Castro-Mejías, R., Natera-Marín, R., Chinnici, F., García-Barroso, C. (2012). Characterization and differentiation of high quality vinegars by stir bar sorptive extraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry (SBSE-GC-MS). *LWT-Food Science and Technology*, 47(2), 332-341.
- [37] Chen, Y., Huang, Y., Bai, Y., Fu, C., Zhou, M., Gao, B., Wang, C., Li, D., Hu, Y., Xu, N. (2017). Effects of mixed cultures of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* in alcoholic fermentation on the physicochemical and sensory properties of citrus vinegar. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 753-763.
- [38] Altunbağ, E., Zencir, E. (2018). Türk ve Akdeniz yemeklerinde sirke kullanımı (Use of vinegar in Turkish and Mediterranean food). *Journal of Gastronomy, Hospitality, and Travel (JOGHAT)*, 1(2), 45-54.

Kastamonu'da Üretilen Siyez Buğdayının (*Triticum monococcum*) Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Şaban Han¹ , Müge Hendek Ertop² ¹Tarım ve Orman Bakanlığı Kastamonu İl Müdürlüğü, 37150, Kastamonu²Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 37150, Kastamonu

Geliş Tarihi (Received): 11.05.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 17.03.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): mugeertop@kastamonu.edu.tr (M. Hendek Ertop)

☎ 0 366 280 29 68 📠 0 366 280 29 00

ÖZ

Ata buğdaylarımızın en önemlilerinden olan Siyez buğdayı (*Triticum monococcum*) günümüzde başta Kastamonu olmak üzere Türkiye'nin kuzeyi ve kuzey geçiş bölgelerinde yetiştirilmektedir. Günümüz tüketicisinin doğal ürünlere ve islah edilmemiş çeşitlere artan ilgisi sayesinde tarım alanları ve üretim miktarı da her geçen gün artmaktadır. Kastamonu'da İhsangazi ilçesi, ülkemizde siyez üretiminin en yüksek olduğu bölge olmakla birlikte artan talep karşısında diğer ilçelerde de siyez yetiştiriciliği artarak devam etmektedir. Bu çalışmada, Kastamonu'da siyez buğdayı üretiminin en yoğun olduğu dört ilçede belirlenen 20 lokasyondan temin edilen siyez buğdaylarının (*Triticum monococcum*) bazı kimyasal (kül, yağ, protein, rutubet, karbonhidrat) ve fiziksel nitelikleri (kavuz/iç oranı, en/boy ölçüleri, hektolitire ve bin tane ağırlığı) ile mineral madde bileşimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar hem ilçeler arasında, hem de örnekler arasında istatistiki olarak değerlendirilmiştir. İncelenen nitelikler açısından ilçe ortalamaları arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Siyez buğdaylarında ortalama %2.35 kül, %2.88 yağ, %14.22 protein ve %71.63 karbonhidrat içeriği tespit edilmiştir. Siyez buğdaylarının mineral madde içerikleri Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Mn ve Co açısından incelenmiş; Ca (545,67 ppm), Fe (39,22 ppm), Mn (44,36 ppm) ve Zn (52,70 ppm) mineral madde içeriği il ortalama değerlerinin, durum buğdayı ve ekmeklik buğdayın mineral içeriklerinden çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Kastamonu siyez buğdayı örneklerin K içeriklerinin (4608-8086 ppm) literatürde belirtilmiş değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yöresel olarak bulgur ve ekmek yapımında kullanılan siyez buğdayının düşük gluten, yüksek protein ve zengin mineral madde içeriği nedeniyle ekmeklik buğday unu ve durum buğdayı irmiği ile paçal yapılarak alternatif tahıl ürünlerinde kullanımının günümüz tüketicilerinin doğal ve fonksiyonel ürün beklentisini karşılayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Siyez buğdayı, *Triticum monococcum*, Ata buğday, Mineral madde

Some Chemical and Physical Properties of Einkorn Wheat (*Triticum monococcum*) Cultivated in Kastamonu (Turkey)

ABSTRACT

Einkorn (*Triticum monococcum*), one of the most important of our ancestral wheat, has been already grown in the northern and northern transition regions of Turkey, especially in Kastamonu. Thanks to the increasing interest of today's consumers in natural products and non-improved varieties, agricultural production areas and amount of production are increasing day by day. Although İhsangazi district in Kastamonu is the region where einkorn production is the highest in Turkey, it tends to increase in other districts in the face of increasing demand. In this study, some chemical (ash, fat, protein, moisture, carbohydrate) and physical attributes (hull/internal ratio, hectoliter, and thousand grain weight) and mineral contents of einkorn wheat (*Triticum monococcum*) samples collected from 20 locations in 4 districts where the production of einkorn was the highest, were determined. Results were evaluated statistically both

between districts and among samples. The difference between district averages in terms of properties studied was not found to be statistically significant. Einkorn wheat samples had 2.35% ash, 2.88% fat, 14.22% protein, 71.63% carbohydrate contents. The mineral contents of einkorn samples were determined, including Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Mn and Co elements. Ca (545.67 ppm), Fe (39.22 ppm), Mn (44.36 ppm) and Zn (52.70 ppm) mineral contents on provincial average were much higher than the mineral contents of durum wheat and bread wheat types. In addition, it was determined that K contents (4608-8086 ppm) of Kastamonu einkorn wheat samples were higher than the values reported in the literature. It was concluded that the use of einkorn wheat, which is used in bulgur and bread-making locally, in alternative grain products by blending with bread wheat flour and durum wheat semolina due to its low gluten, high protein and rich mineral content, could meet the natural and functional product expectations of today's consumers.

Keywords: Einkorn wheat, *Triticum monococcum*, Ancient wheats, Mineral content

GİRİŞ

En eski ata buğdaylarımızın başında gelen Siyez buğdayı (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) taneği saran sıkı kavuz yapısı ve tek başakçıklı olmasıyla karakterize edilir. Zararlılara ve hastalıklara dayanıklı olduğundan, kurak veya soğuk şartlarda, hatta sınırlı verimliliğe sahip kıraç topraklarda bile düşük girdi ve teknikle yetiştirilebildiğinden dolayı rekabet gücü yüksektir [1]. Siyez buğdayının diğer buğday türlerine göre yüksek yağ, protein, karotenoid, lutein, fenolikler ve tokoferol içeriğine sahip olduğu, düşük gluten içerdiği, dane yapısının buruşuk ve daha küçük ebatında olduğu literatürde yapılan bazı çalışmalarda bildirilmiştir [2-6].

Arkeolojik bulgulara göre günümüzden yaklaşık 9.900–10.600 yıl kadar önce Bereketli Hilal Bölgesi içerisinde olan ve bugün Şanlıurfa ili Siverek ilçesi sınırları içerisinde bulunan Karacadağ'da ilk yabani buğdayın yetiştirilmiş olduğu ve bu buğdayın da günümüz kültür buğdaylarından daha küçük taneli, verimi düşük ve tanesi kavuzundan ayrılmamış olan yabani siyez buğdayı olduğu tahmin edilmektedir [1]. Daha sonra bölgede yabani Gernik ve ardından da Spelta yetiştirilmeye başlandığı da bilinmektedir [7]. Siyez buğdayının Bereketli Hilal Bölgesi'nden Kuzey Anadolu, Kafkaslar, Balkanlar ve hatta Avrupa'ya dağıldığı tahmin edilmektedir [2]. Orta Doğu, Orta Asya, Avrupa ve Kuzey Afrika'da yüzyıllardır yetiştirilmekte olup, günümüzde Türkiye, Kafkaslar, Balkanlar, İspanya, Almanya, İtalya, İsviçre ve Fas'ın izole edilmiş sınırlı topraklarında yetişmektedir [6]. Ülkemizde de siyez buğdayı tarımının geçmişi Kastamonu ile özdeşleşmiştir.

Kastamonu'da 2018 yılı itibarıyla yıllık 10 bin ton üretime ulaşan siyez buğdayına her geçen gün artan talep, tarım yapılan alanların da artmasına neden olmaktadır [8]. Son dönemlerde ata buğdaylar, besinsel nitelikleri ve fonksiyonel gıdalarda değerlendirilmeleri konusunda artan tüketici ilgisi Kastamonu siyez buğdayını da yöresel bir ürün olmaktan çıkarmış, 2020 yılında almış olduğu coğrafi işaret belgesiyle ulusal ve uluslararası pazarlarda talep gören bir hammadde konumuna taşımıştır. Kastamonu ilinde bölge toprak yapısının genel olarak engebeli ve eğimli olması, orman arazileri geniş yer tutmasına rağmen, bazı ilçelerde siyez tarımı yapılabilecek düz alanlar da bulunmaktadır. İl bazında iklim ve yükselti düzeyinin çok değişken olması nedeniyle kısıtlı siyez tarımı yapılan arazilerde, toprak tekstürü de çeşitlilik göstermektedir. Bu çalışmada,

özellikle siyez tarımının yoğun olarak yapıldığı 4 ilçede (İhsangazi, Devrekani, Seydiler ve Merkez ilçe) 20 farklı lokasyondan toplanan siyez buğdayı örneklerinin mineral madde dağılımları ile bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi, böylece yetiştirme alanlarından kaynaklanan lokasyon farklılıklarının örneklerin kendi arasında ve ilçeler bazında ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Çalışma alanı olarak Kastamonu ili genelinde siyez buğdayının en fazla yetiştirildiği Merkez ilçe (1), Devrekani (2), Seydiler (3) ve İhsangazi (4) ilçelerinin köylerinde belirlenen tarım parsellerinden 2019 yılı hasat dönemi sonunda yaklaşık 1.5–2.5 kg'lık 20 adet siyez buğdayı numunesi alınmıştır. Seçilen 5'er adet köy, üretim yoğunluğu ve bölge farklılıkları gözetilerek ilçeyi temsil edecek şekilde belirlenmiştir. Belirlenen üretim parsellerinden hasat sonrası parselin tamamını temsil edecek şekilde siyez buğdayı örneği toplanmıştır. Alınan numuneler ayıklama, eleme ön işlemlerinden sonra laboratuvarında analize alınmıştır. Analizlerde kullanılan tüm kimyasallar Merck (Almanya) firmasından temin edilmiştir.

Kimyasal Özellikler

Kavuzlarından ayrılan iç tane siyez buğdayları, laboratuvar tipi öğütücüde (CVS, DN 1912, Çin) buğday kırması haline getirilmiş ve numunelerinden 5 g tartılarak önceden 130°C'de kurutularak darası alınmış kaplara konulmuştur. Etüvde 105°C'de 12 saat kurutulduktan sonra, kurumadan önceki ve sonraki değerler kullanılarak nem miktarı hesaplanmıştır [9]. Örneklerin kül fırınında (JSR, Güney Kore) 600°C'de 3 saat, ardından da 900°C'de 3 saat beyaz kül oluşumu elde edilene kadar yakılmasıyla kül miktarı belirlenmiştir [9]. Kjeldahl yöntemine göre yarı otomatik protein tayin cihazı (Buchi-K-355, Almanya) kullanılarak toplam azot içerikleri tespit edilmiş [9], sonuçların ifadesi için 5.7 çevirme faktörü ile çarpılmıştır. Soxhlet yöntemi kullanılarak örneklerin toplam yağ içerikleri [9] belirlenmiştir. Tüm değerler 2 paralel olarak çalışılmıştır. Yağ, rutubet, kül ve protein içerik toplamının 100'den çıkartılması ile genel karbonhidrat içeriği (%) hesaplanmıştır.

Fiziksel Özellikler

Her lokasyon için sağlam tanelerden 50 adet numune alınarak kavuzları çıkartılmış ve hassas terazide (Ohaus DV314C, İsviçre) tartılarak kavuz/iç buğday oranları (%) tespit edilmiştir. İç tanelerden rastgele seçilen 10 adet iç buğdayda dijital kumpas ile en ve boy ölçümleri yapılmıştır. Kavuzlarından ayrılmış siyez buğdayı örneklerinde hektolitreye ve bin tane ağırlığı Williams ve ark. [10]’na göre belirlenmiştir.

Mineral Madde İçeriği

Minerallerin standart çözeltileri, 1000 mg/L konsantrasyonlarda sertifikalı tekli stok çözeltilerin uygun oranlarda seyreltilmesiyle elde edilmiştir. Buğday örneklerinin çözünürleştirilmesinde kapalı ve yüksek basınçlı mikrodalga fırın (Milestone, Ehos D) kullanılmıştır (maksimum basınç 1450 psi ve maksimum sıcaklık 300°C). Kurutulmuş ve iyice öğütülmüş buğday numunelerinden 0.1 mg hassasiyette yaklaşık 0.5 g tartımlar alınarak mikrodalga fırının teflon beherlerine konulmuş, üzerlerine 6.0 mL derişik HNO₃ ve 2.0 mL %30’luk H₂O₂ ilave edilmiştir. Mikrodalga parçalama programı Tablo 1’de verilmiştir [11].

Tablo 1. Örneklerin çözünürleştirilmesinde uygulanan mikrodalga programı
Table 1. The microwave program applied for solubilization of the samples

Adım	Zaman (dakika)	Güç (W)	Basınç (x10 ⁵ Pa)	Sıcaklık (°C)
1	1	250	45	180
2	1	0	45	180
3	6	250	45	200
4	5	400	45	200
5	5	600	45	210

Mikrodalgada çözünürleştirilen numunelerin mineral madde bileşimlerinin tespiti için MP-AES (mikrodalga plazma – atomik emisyon spektrometresi) cihazı (Agilent

Technologies, 4200, ABD) kullanılmıştır, cihaz çalışma şartları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. MP–AES cihazının çalışma parametreleri

Table 2. Parameters of the MP-AES device

Elementler ve dalga boyları (nm)	Ca (422.673), Mg (518.360), Na (589.592), K (769.892), Fe (438.354), Cu (324.754), Mn (403.076), Zn (213.857), Co (340.511),
Sisleştirici	OneNeb_nebulizer sistem
Sisleştirici basıncı	140 kPa
Sisleştirici akış hızı	Default (0.75 L/dakika)
Sprey odacığı	Çift geçişli siklonik sınıf
Pompa hızı	15 rpm
Örnek pompa hortumu	Turuncu/yeşil
Atık pompa hortumu	Mavi/mavi
Otomatik örnekleiyici	Agilent SPS 3
Okuma zamanı	1 saniye
Tekrar sayısı	3
Alım sırasında hızlı pompa	Açık (80 rpm)
Numune alım erteleme	30 saniye
Durulama süresi	40 saniye
Kararlılık süresi	20 saniye
Peristaltik pompa hızı	15 rpm
Zemin düzeltme	Otomatik
Gaz kaynağı	Azot jeneratörü

İstatistiksel Analiz

Deneylerde elde edilen analiz sonuçlarının (ortalama±standart sapma) istatistiksel değerlendirmesi SPSS 20.0.1 programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Örneklerin birbiri ile ve ilçelerin veri ortalamaları arasındaki fark p<0.05 anlamlılık düzeyinde *Tukey* Çoklu Karşılaştırma Testi ile ifade edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Siyez Buğdaylarının Kimyasal Nitelikleri

Merkez (1), Devrekani (2), Seydiler (3) ve İhsangazi (4) ilçelerinde 5 farklı lokasyondan temin edilen toplam 20 adet siyez buğdayı numunesinde belirlenen bazı kimyasal nitelikler Tablo 3’te verilmiştir.

Siyez buğdayı numunelerinin kimyasal özelliklerinden elde edilen sonuçlar, ilçeler ve numuneler arasında

varyans analizine tabi tutulmuştur. En yüksek kül oranı B13 (%2.78) örneğinde bulunurken en düşük ise B3 (%1.78) örneğinde tespit edilmiştir. Kastamonu siyez buğdayı ile yapılan bir çalışmada, kül oranlarının %1.53 ile %3.59 arasında olduğu bildirilmiştir [12]. İlçeler arasındaki farklılık ekolojik faktörlerden etkilenmiş olabileceği gibi toprak nitelikleri ve içeriğiyle de ilgili olacağı düşünülmektedir. İlçeler bazında değerlendirildiğinde Merkez, Devrekani, Seydiler ve İhsangazi ilçe kül oranı ortalamaları (%2.27, %2.27, %2.41, %2.47) arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Kastamonu siyez buğdayı ile yapılan bir çalışmada İhsangazi ve Devrekani ilçelerini temsilen alınan örneklerin kül içeriği ortalama %2.34 iken makamalık durum buğdayının %1.96 olarak

bulunmuştur [13]. Bu çalışmada da bulunan kül değer ortalamaları literatürle uyumlu olup, diğer buğdaylara göre yüksek kül içeriğinin siyez buğdayının kepek/endosperm oranındaki farktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Buğdayda toplam mineral maddenin bir göstergesi olan kül% içeriği, tahıl tanesinin merkezinden dış tabakalarına doğru artış gösterir. Siyez morfolojik yapısı itibarıyla %22.8-23.0 kepek içerirken, buğday %15.0-17.0 içermekte, siyez endosperm oranı %73.0-75.0 iken, buğdayda %80.0-82.0'dir. Siyez buğdayının yüksek kepek oranı, oldukça küçük çekirdek yapısından kaynaklanmaktadır, bu nedenle siyez yüksek kül içeriğinin düşük endosperm yüksek kepek oranından kaynaklandığı düşünülmektedir [5].

Tablo 3. Siyez buğdayı örneklerinin bazı kimyasal özellikleri

Table 3. Some chemical properties of einkorn wheat samples

İlçe	Örnek	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Rutubet (%)	Karbonhidrat (%)
1	B1	2.42±0.02	2.92±0.05	14.33±0.12	10.91±0.05	69.42±0.07
	B2	2.12±0.04	3.47±0.02	13.01±0.09	14.10±0.03	67.30±0.05
	B3	1.78±0.01	2.60±0.05	13.57±0.05	11.79±0.11	70.26±0.06
	B4	2.51±0.04	3.13±0.02	13.67±0.10	12.37±0.07	68.33±0.03
	B5	2.52±0.04	3.10±0.08	14.98±0.15	9.45±0.02	69.96±0.07
	Ortalama	2.27±0.32 ^a	3.04±0.32 ^a	13.91±0.76 ^a	11.72±1.73 ^a	69.05±1.22 ^a
2	B6	2.46±0.05	3.39±0.04	13.35±0.10	10.39±0.03	70.42±0.06
	B7	2.39±0.06	3.19±0.10	13.30±0.13	10.06±0.02	71.07±0.09
	B8	1.99±0.03	2.93±0.02	13.49±0.07	11.39±0.09	70.20±0.05
	B9	2.25±0.02	3.03±0.07	15.05±0.05	9.95±0.06	69.71±0.05
	B10	2.26±0.03	2.57±0.02	14.28±0.03	10.62±0.10	70.27±0.05
	Ortalama	2.27±0.18 ^a	3.02±0.30 ^a	13.89±0.76 ^a	10.48±0.58 ^a	70.33±0.49 ^a
3	B11	2.08±0.05	2.77±0.06	13.47±0.05	11.20±0.04	70.48±0.05
	B12	2.72±0.01	2.39±0.05	12.54±0.12	10.90±0.12	71.45±0.08
	B13	2.78±0.02	3.23±0.02	14.41±0.10	11.51±0.10	68.08±0.06
	B14	2.32±0.06	2.66±0.06	15.87±0.02	9.61±0.02	69.54±0.04
	B15	2.14±0.03	2.82±0.09	13.31±0.06	10.04±0.06	71.71±0.06
	Ortalama	2.41±0.32 ^a	2.77±0.30 ^a	13.92±1.28 ^a	10.65±0.80 ^a	70.25±1.49 ^a
4	B16	2.66±0.05	2.59±0.02	16.68±0.08	9.15±0.04	68.93±0.05
	B17	2.41±0.07	3.09±0.01	15.46±0.03	12.27±0.02	66.78±0.04
	B18	2.21±0.03	2.57±0.02	15.65±0.05	13.26±0.11	66.32±0.05
	B19	2.62±0.04	2.53±0.05	15.41±0.02	11.96±0.05	67.49±0.04
	B20	2.47±0.03	2.55±0.03	12.50±0.11	10.61±0.13	71.88±0.08
	Ortalama	2.47±0.18 ^a	2.67±0.24 ^a	15.14±1.56 ^a	11.45±1.60 ^a	68.28±2.24 ^a
	Genel Ortalama	2.35±0.25	2.88±0.32	14.22±1.18	11.08±1.29	69.48±1.63

*Aynı sütundaki farklı harfler veriler arası farkın istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) olduğunu göstermektedir.

Yağ oranı en yüksek siyez buğdayı örneği Devrekani ilçesine ait B2 (%3.47) iken, en düşük örnek Seydiler ilçesine ait B12 (%2.39) siyez buğdayı numunesidir. Yapılan farklı çalışmalarda, Kastamonu siyez buğdayı yağ oranının %1.62-2.72 [12] ile %2.64 [13] düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Siyez buğdayı yağ oranının diğer buğdaylardan daha yüksek olduğu bilinmektedir. Örneğin, durum buğdaylarında ortalama yağ oranı %1.85 düzeyindedir [13]. Bu durum siyez buğdayının una işlenmesi durumunda raf ömrünü kısıtlayıcı bir durum olmakla birlikte, siyez buğdayından elde edilen fırıncılık ürünlerinde lezzet ve aromatik yapı üzerinde olumlu etki oluşturmaktadır. Siyez buğdayı örneklerinin yağ oranı ortalamaları (%3.04, %3.02, %2.77, %2.67) ilçeler bazında değerlendirildiğinde ise aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$).

Protein değeri en yüksek siyez buğdayı örneği B16 (%16.68) iken, protein değeri en düşük örnek B20 (%12.50) olarak tespit edilmiştir. Emeksizozlu [12] tarafından yapılan bir çalışmada 30 adet Kastamonu siyez buğdayında protein oranı %11.19-17.70 aralığında belirlenirken, örneklerin ortalama protein oranları %14.83 olarak verilmiştir. Bu çalışmada ise 20 adet siyez buğdayı numunesinin ortalaması da %14.22 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmalara göre Kastamonu'da üretilen siyez buğdayının ortalama protein oranının %13-18 aralığında olduğu söylenebilir. İlçeler bazında değerlendirildiğinde sırasıyla en yüksek siyez buğdayı protein içeriği İhsangazi ilçesinde (%15.14) bulunurken, bunu sırasıyla Seydiler (%13.92), Merkez (%13.91), Devrekani (%13.89) ilçeleri takip etmiş, ancak ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p>0.05$) bulunmamıştır. Yapılan farklı

çalışmalarda siyez buğdayının yüksek protein içeriğiyle karakterize edildiği, poliploid buğdaylarla karşılaştırıldığında, daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir [13, 14]. Siyez buğdayı örneklerinin rutubet içeriklerinin %9.15 (B16)-14.10 (B2) aralığında değişim gösterdiği belirlenirken, Merkez, İhsangazi, Seydiler ve Devrekani ilçe ortalamaları (sırasıyla

%11.72, 11.45, 10.65 ve 10.48) arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Siyez buğdayı örneklerinin kavuz oranı, iç tane oranı, bin dane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığını gösteren fiziksel özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Siyez buğdayı örneklerinin bazı fiziksel özellikleri

Table 4. Some physical features of Siyez wheat samples

İlçe	Örnek	Kavuz Oranı (%)	İç tane Oranı (%)	Bin dane Ağırlığı (g)	Hektolitreye Ağırlığı (kg hl ⁻¹)	En (mm)	Boy (mm)
1	B1	34.76±1.10	65.24±1.10	30.71±0.05	73.97±0.64	2.00±0.10	3.23±0.17
	B2	35.20±1.23	64.80±1.23	23.85±0.22	72.16±0.64	1.99±0.12	3.29±0.04
	B3	52.21±0.09	47.80±0.09	25.42±0.13	72.34±0.17	2.19±0.19	3.18±0.11
	B4	29.94±1.15	70.06±1.15	26.93±0.80	71.92±0.59	2.07±0.27	3.39±0.17
	B5	35.14±0.92	64.87±0.92	30.06±0.19	73.08±0.16	2.12±0.49	3.09±0.32
	Ortalama	37.54±8.51 ^a	62.46±8.51 ^a	27.39±2.94 ^b	72.70±0.75 ^c	2.08±0.08 ^a	3.24±0.11 ^a
2	B6	30.51±1.19	69.49±1.19	35.75±0.10	74.73±0.15	2.42±0.09	3.38±0.12
	B7	31.93±0.85	68.07±0.85	31.51±0.82	73.69±0.82	2.28±0.23	3.39±0.18
	B8	25.82±1.42	74.18±1.42	30.83±0.18	78.27±0.02	2.45±0.06	3.43±0.20
	B9	31.42±1.23	68.58±0.23	29.47±0.15	76.05±0.41	1.92±0.23	3.28±0.09
	B10	29.15±0.52	70.85±0.52	30.09±0.27	74.92±0.15	2.31±0.14	3.37±0.13
	Ortalama	29.77±2.45 ^a	70.23±2.44 ^a	31.53±2.48 ^{ab}	75.53±1.56 ^{ab}	2.28±0.21 ^a	3.37±0.06 ^a
3	B11	31.79±0.39	68.22±0.39	38.08±0.31	79.40±0.83	2.41±0.03	3.32±0.15
	B12	33.72±1.10	66.28±1.10	31.57±0.53	76.10±0.02	2.18±0.27	3.25±0.10
	B13	29.24±0.75	70.78±0.75	32.47±0.14	76.92±0.05	2.37±0.18	3.28±0.14
	B14	29.27±0.62	70.73±0.62	32.29±0.26	78.72±0.28	1.95±0.11	3.18±0.14
	B15	29.50±0.50	70.50±0.50	32.95±0.33	76.92±0.79	2.31±0.27	3.17±0.12
	Ortalama	30.71±1.99 ^a	69.30±1.99 ^a	33.47±2.62 ^a	77.61±1.24 ^a	2.24±0.19 ^a	3.24±0.06 ^a
4	B16	39.04±1.68	60.96±1.68	32.06±0.48	72.71±0.64	2.15±0.32	3.30±0.18
	B17	31.45±0.41	68.56±0.41	32.26±0.37	76.37±0.30	2.31±0.14	3.35±0.20
	B18	30.48±0.29	69.52±0.29	32.36±0.19	74.49±0.42	2.20±0.16	3.35±0.17
	B19	35.15±0.54	64.86±0.54	28.66±0.15	72.83±0.91	1.94±0.34	3.33±0.21
	B20	33.35±0.93	66.65±0.93	31.36±0.42	76.11±0.30	2.14±0.19	3.26±0.17
	Ortalama	33.89±3.39 ^a	66.11±3.39 ^a	31.34±1.55 ^{ab}	74.50±1.55 ^{bc}	2.15±0.13 ^a	3.32±0.04 ^a
	Genel Ortalama	32.98±5.43	67.02±5.43	30.93±3.20	75.09±2.27	2.19±0.26	3.29±0.17

*Aynı sütundaki farklı harfler veriler arası farkın istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) olduğunu göstermektedir.

**Bin dane, hektolitreye ağırlığı, en ve boy ölçümleri kavuzundan ayrılmış iç tanede yapılmıştır.

Siyez buğdayı örneklerinde kavuz oranı en yüksek değer B3 (%52.21) numunesi olarak belirlenmiştir. Tanenin kavuz oranının bu düzeyde yüksek olması, aynı zamanda tane iç oranının da düşük olması ve tanenin dolmamış olması anlamı taşımaktadır. En düşük kavuz değeri ise B8 (%25.82) numunesinde ölçülmüştür. Siyez buğdayı kavuzu ile hasat edilebilen bir buğday olup, kavuzundan ayrılmış tanenin kavuzlu buğdaya oranı iç taneyi ifade etmektedir. İç tane oranı en yüksek örnek B8 (%74.18) iken en düşük değer de B3 örneğine (%47.80) aittir. Siyez buğdayının ekmeklik veya makarnalık buğdaylara göre hem boyut olarak daha küçük tane yapısına sahip olduğu [13] hem de tane fraksiyonlarına göre endosperm oranının daha düşük olduğu [5] belirtilmektedir.

Çalışmada siyez buğdayı örneklerinin bin dane ağırlıkları 23.85 (B2) ile 38.08 g (B11) olarak geniş bir aralıkta olduğu belirlenmiştir. Buğdayda bin dane ağırlığı buğdayın çeşidi, yetiştirildiği toprağın biyokimyasal özellikleri ve iklim gibi ekolojik faktörlerin etkisi altındadır. Hatta olumsuz çevre koşullarına maruz kalan buğdaylarda fotosentez miktarının azalması neticesinde, bin dane ağırlığında düşüş olabileceği belirtilmektedir.

[15]. Buğdayda tanenin sertliği, tane büyüklüğü ve tane yoğunluğu ise bin tane ağırlığını yükselten etmenlerdir (Tablo 4). Kastamonu yöresi siyez buğdaylarında yapılan farklı bir çalışmada en yüksek bin tane ağırlığı 45.05 g, en düşük ise 29.95 g olarak belirlenmiştir [12]. Fiziksel olarak ortalama 34.9 g bin tane ağırlığı, ekmeklik buğday çeşidi için en düşük kalite düzeyidir [5]. Dolayısıyla Siyez buğdayı una işlenirken, ekmeklik veya makarnalık buğdaydaki randıman aralıklarının esas alınamayacağı, teknolojik olarak randımanın daha düşük olacağı söylenebilir. Siyez buğdayında bin tane ağırlığının düşük olması, diğer buğdaylara göre kepek fraksiyonunun daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Siyez buğdayında kepek içeriği %22.8-23.0 iken ekmeklik buğdayda %15.0-17.0 düzeyinde, endosperm kısmı %73.0-75.0 iken ekmeklik buğdayda %80.0-82.0 düzeyindedir [1]. İlçeler arasında bin tane ağırlık ortalamaları arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olup, Seydiler (3) ilçesi en yüksek (33.47 g), Merkez ilçe (1) ise en düşük (27.39 g) bin dane ağırlığı ortalamasına sahip ilçe olarak belirlenmiştir.

En yüksek hektolitreye ağırlığı B3 siyez numunesinde (38.81 kg) tespit edilirken, en düşük ağırlık değeri ise B8 numunesinde (28.33 kg) tespit edilmiştir (Tablo 4). Hektolitreye ağırlığı, buğday yoğunluğunun bir ölçüsüdür. Hektolitreye ağırlığı ile ırmık verimi arasında bir korelasyon olduğu için ırmık ve una dönüştürülecek buğdaylarda hektolitreye ağırlığının yüksek olması istenir [16]. Yapılan çalışmalarda hektolitreye ağırlığının çevre faktörlerine, çeşit özelliğine, tane özelliklerine (endosperm yapısı, karın boşluğu, tanede tekdüzelik) bağlı olarak değiştiği bildirilmekle beraber genel olarak makarnalık

buğdaylarda 70 kg'ın üzerinde olduğu belirtilmektedir [17, 18]. Bu çalışmadaki siyez buğdaylarının hektolitreye ağırlığı ise lokasyona göre değişmekle birlikte makarnalık buğdaylara kıyasla çok daha düşük bulunmuştur. İlçelere göre değerlendirildiğinde hektolitreye ağırlığı ortalamaları sırasıyla İhsangazi (32.62 kg), Merkez (32.47 kg), Seydiler (32.09 kg) ve Devrekani (30.65 kg) ilçeleri olarak tespit edilmiş ve aralarındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 5. Siyez buğdaylarının kimyasal ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

Table 5. Correlation between chemical and physical properties of einkorn wheat samples

	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Rutubet (%)	Karbonhidrat (%)	Kavuz (%)	İç (%)	Bin dane (g)	Hektolitreye ağırlığı (kg/hL)
Kül (%)	1.000								
Yağ (%)	0.010	1.000							
Protein (%)	0.224	-0.176	1.000						
Rutubet (%)	-0.250	0.192	-0.181	1.000					
Karbonhidrat (%)	-0.123	-0.218	-0.583*	-0.655*	1.000				
Kavuz (%)	-0.229	-0.242	0.021	0.049	0.028	1.000			
İç (%)	0.229	0.242	-0.021	-0.049	-0.028	-1.000	1.000		
Bindane (g)	0.191	-0.108	0.071	-0.426	0.276	-0.448*	0.448*	1.000	
Hektolitreye ağırlığı (kg/hL)	-0.141	-0.157	-0.084	-0.244	0.306	-0.547*	0.547*	0.675*	1.000

* $p<0.05$ istatistiki önem derecesine sahip olduğunu göstermektedir.

Siyez buğdayı örneklerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine dair ortalama veriler esas alınarak nitelikler arasındaki korelasyon değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir. Örneklerin ortalama karbonhidrat içerikleriyle protein içeriği arasında negatif korelasyon $R^2=0.583$, rutubet içeriğiyle de aralarındaki $R^2=0.655$ negatif korelasyon istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Tanedeki toplam içeriğin %70'ini oluşturan karbonhidratların %90'dan fazlasını nişasta, geriye kalan kısmını ise selüloz, hemiselüloz ve dekstrinler gibi diğer karbonhidratlar oluşturmaktadır [16]. Tanedeki karbonhidratlardan sonra geriye kalan içeriğin büyük kısmını ise protein ve rutubet oluşturmaktadır. Bu çalışmada olduğu gibi karbonhidrat miktarı, toplam içeriğin 100'den farkı olarak hesaplanmakta yani tanedeki rutubet ve protein içeriği ne kadar yüksekse karbonhidrat içeriği de o kadar az olmaktadır ki aralarındaki korelasyonun anlamlı ancak negatif çıkmasının nedeni de budur. Diğer taraftan örneklerin bin tane ağırlıkları ve kavuz oranları arasındaki ilişki ise anlamlı ($p<0.05$) negatif korelasyon ($R^2=-0.448$) göstermiştir. Daha önce makarnalık buğdaylarda yapılan bir çalışmada da bin tane ağırlığının artmasıyla tanenin büyümesine bağlı olarak kabuk oranının azaldığı, böylece ırmık veriminin yükseldiği belirtilmiştir [18]. Buğdayda ırmık verimini etkileyen diğer bir özellik hektolitreye ağırlığıdır ki, b çalışmada siyez buğdaylarının hektolitreye ağırlığı ve tane iç oranı anlamlı pozitif korelasyon ($R^2=0.547$) göstermiştir. Kavuzla kıyasla tanedeki iç oranının artması, doğal olarak daha ağır olan iç tanenin birim hacimdeki ağırlık artışını da beraberinde getirmektedir. Ayrıca bin dane ağırlığı ile hektolitreye ağırlığı arasında da anlamlı pozitif korelasyon ($R^2=0.675$) tespit edilmiştir.

Siyez Buğdaylarının Mineral Madde İçerikleri

Siyez buğdayı örneklerinin Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Mn ve Co içerikleri analiz edilmiştir (Tablo 6). İlçe ortalamaları bakımından en yüksek değerlerin (Mn hariç) Merkez (1) ilçeye ait olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Örneklerin Kalsiyum (Ca) değeri 416.9 ppm (B12)-789.4 ppm (B18) aralığında değişim gösterirken, Ca içeriği en düşük lokasyonların (B11, B12, B13, B14, B15) Devrekani (3) ilçesinde olduğu tespit edilmiştir. Magnezyum (Mg) elementi açısından il genel ortalaması 975.82 ppm olarak belirlenmiş, ancak örnekler arası farklılık önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Sodyum (Na) elementinin ise siyez buğdaylarında geniş bir aralıkta 2.59 ppm (B11)-28.89 ppm (B10) değişim gösterdiği belirlenmiştir. Potasyum (K) elementi açısından en iyi değerlerin elde edildiği ilçe aralarında en yüksek B1 lokasyonunun da (8086.0 ppm) yer aldığı Merkez (1) ilçedir. Demir (Fe) elementinin de siyez buğdaylarında geniş bir aralıkta 28.4 ppm (B19)-101.9 ppm (B4) değişim gösterdiği ve aralarındaki farkın önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. İncelenen 20 adet buğday numunesinin Çinko (Zn) değerleri ise 44.5 (B12)-61.1 (B5) ppm aralığında değişim göstermekle birlikte örnekler arası farklılıklar istatistiki olarak önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. Kobalt (Co) elementi analiz sonuçlarında en yüksek değer B7 (2.46 ppm) örneğinde tespit edilirken B1, B9, B10, B11, B14, B15, B16, B17 numunelerinde ise tespit edilebilir limit değerin (<1.00 ppm) altında bulunmuştur.

Bu çalışmada siyez buğday numuneleri Mg ve Zn elementleri açısından birbirlerine daha yakın değerler sergilerken, özellikle Na, Fe, K elementlerinin geniş bir aralıkta değişim gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada siyez buğdayının majör ve eser elementlerinin durum buğdayından önemli düzeyde yüksek olduğu, özellikle Na, Ca, Fe ve Zn elementleri

açısından siyez buğdayının zengin içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir [13]. İki yıl süreyle dört farklı lokasyonda yürütülen farklı bir çalışmada ise siyez buğdayı ve ekmeklik buğdayın sekiz mineral madde içeriği açısından (Zn, Fe, Cu, Mn, Ca, Mg, K ve P) karşılaştırması yapılmış ve siyez buğdayı içeriklerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [5]. Aynı çalışmada siyez buğdayı K içeriğinin 2801-4660 ppm aralığında olduğu belirtilirken, bu çalışmada 20 lokasyona ait siyez buğdayı K içeriklerinin 4608-8086 ppm aralığında olması Kastamonu siyez buğdayının literatürde belirtilen değerlerden daha yüksek olduğunu göstermektedir. Gerek literatürde yapılan çalışmalar gerekse mevcut çalışma sonuçlarına göre siyez buğdayı iyi bir mikro

besin kaynağı olarak kabul edilmektedir [19, 20]. Siyez buğdayı mineral içeriğinin günümüz ıslah edilmiş ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinden daha yüksek olduğu genel kabul görmüş olmakla birlikte, özellikle Fe ve Zn miktarının 2-4 katına ulaştığı bu çalışmalarda tespit edilmiştir. Günümüzde besin mineral eksikliği olarak bilinen ve esansiyel mineraller olarak kabul edilen Ca, Fe, Zn, ve Cu elementlerinin, düşük gelirli olan, zayıf veya tekdüze diyet içeriğiyle beslenen toplumlarda ortaya çıktığı ve dünya nüfusunun üçte ikisini etkilediği bilinmektedir [21]. Bu nedenle siyez buğdayının buğday ve diğer tahıl unlarıyla paçal yapılarak ve farklı tahıl ürünlerinde kullanımının diyetle mineral alımına destek olacağı düşünülmektedir.

Tablo 6. Siyez buğdayı örneklerinin MP-AES ile belirlenmiş mineral madde içerikleri

Table 6. Mineral content of Siyez wheat samples determined by MP-AES

İlçe	Örnek	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Na mg/kg	K mg/kg	Fe mg/kg	Zn mg/kg	Mn mg/kg	Co mg/kg
1	B1	566.5±27.7 ^{cdefg}	981.7±30.0 ^{ab}	23.17±1.1 ^b	8086±426.3 ^a	56.7±2.4 ^b	54.4±3.2 ^a	43.1±2.1 ^{bodefg}	<1.00
	B2	539.4±30.0 ^{defg}	945.1±21.3 ^{ab}	7.61±0.3 ^{efgh}	6987±333.4 ^{abcde}	33.0±1.1 ^{cdefg}	55.1±2.7 ^a	33.8±1.7 ^{gh}	1.7±0.12 ^{abc}
	B3	610.5±22.6 ^{cde}	799.7±33.7 ^b	5.83±0.1 ^{ghij}	7127±447.8 ^{abcd}	29.6±0.9 ^g	56.9±3.0 ^a	37.5±1.3 ^{fgh}	1.5±0.12 ^{bc}
	B4	573.7±31.3 ^{cdef}	1081.8±40.0 ^a	4.54±0.2 ^{hij}	7391±472.2 ^{abc}	101.9±4.4 ^a	52.7±2.2 ^a	49.4±2.7 ^{abcd}	2.2±0.16 ^{ab}
	B5	768.3±30.2 ^{ab}	1085.6±33.3 ^a	5.67±0.3 ^{ghij}	7845±268.9 ^{ab}	41.1±1.3 ^{cde}	61.1±3.7 ^a	32.7±1.7 ^h	2.2±0.11 ^{ab}
	Ort.	611.7±91.0 ^A	978.8±115.9 ^A	9.36±7.4 ^A	7487±608.1 ^A	52.4±28.0 ^A	56.0±4.4 ^A	39.3±6.9 ^B	1.5±0.8 ^A
2	B6	705.6±41.2 ^{abc}	1081.7±41.4 ^a	6.10±0.3 ^{ghij}	6811±219.3 ^{abcde}	30.6±1.2 ^{fg}	56.7±2.0 ^a	54.4±1.2 ^a	2.3±0.14 ^{ab}
	B7	634.6±21.2 ^{bcd}	1009.0±44.7 ^{ab}	3.41±0.2 ^{ij}	6445±221.2 ^{bcdef}	37.5±1.2 ^{cdefg}	44.6±2.7 ^a	46.9±1.7 ^{abcdef}	2.5±0.19 ^a
	B8	428.4±34.2 ^{fg}	928.7±44.7 ^{ab}	7.66±0.4 ^{efgh}	6168±194.3 ^{cdefg}	37.0±1.1 ^{cdefg}	56.0±3.3 ^a	39.2±1.1 ^{defgh}	2.1±0.20 ^{abc}
	B9	611.9±30.0 ^{cde}	1043.4±51.5 ^a	11.21±0.7 ^{de}	6305±151.3 ^{bcdef}	37.4±1.7 ^{cdefg}	49.1±2.7 ^a	47.1±2.0 ^{abcdef}	<1.00
	B10	480.1±32.3 ^{efg}	967.4±33.7 ^{ab}	28.89±1.6 ^a	5118±112.4 ^{fg}	32.0±1.3 ^{efg}	56.0±2.1 ^a	50.9±2.2 ^{abc}	<1.00
	Ort.	572.1±113.2 ^A	1006.1±73.2 ^A	11.45±9.6 ^A	6169±629 ^B	34.9±3.4 ^B	52.5±5.8 ^A	47.7±5.6 ^A	1.4±1.1 ^A
3	B11	441.6±20.0 ^{fg}	926.2±35.7 ^{ab}	2.59±0.2 ⁱ	4608±168.4 ^g	39.8±1.1 ^{cdef}	54.4±2.8 ^a	52.0±2.0 ^{ab}	<1.00
	B12	416.9±16.7 ^g	891.7±41.6 ^{ab}	4.45±0.2 ^{hij}	5476±202.4 ^{efg}	41.5±2.2 ^{cd}	44.5±2.0 ^a	49.7±1.9 ^{abc}	1.3±0.10 ^c
	B13	450.7±14.3 ^{fg}	1032.8±54.7 ^a	15.57±1.0 ^c	6379±422.0 ^{bcdef}	34.3±1.7 ^{cdefg}	47.4±3.3 ^a	43.2±1.9 ^{bodefg}	1.6±0.11 ^{bc}
	B14	445.0±22.0 ^{fg}	938.8±20.0 ^{ab}	12.47±0.9 ^{cd}	4841±189.6 ^{fg}	35.0±0.8 ^{cdefg}	47.8±4.4 ^a	43.5±2.0 ^{bodefg}	<1.00
	B15	427.9±14.7 ^{fg}	963.1±30.4 ^{ab}	10.83±0.7 ^{def}	6129±303.4 ^{cdefg}	29.8±0.7 ^g	54.9±4.0 ^a	46.4±1.2 ^{abcdef}	<1.00
	Ort.	436.4±22.8 ^B	950.5±64.0 ^A	9.18±5.2 ^A	5486±785 ^B	36.1±4.6 ^{AB}	49.8±5.7 ^A	46.9±4.1 ^A	0.7±0.7 ^A
4	B16	423.8±14.2 ^{fg}	927.8±50.0 ^{ab}	7.30±0.5 ^{efghi}	5870±251.3 ^{cdefg}	42.4±1.2 ^c	59.6±4.0 ^a	47.9±1.0 ^{abcde}	<1.00
	B17	535.5±27.7 ^{defg}	897.0±44.7 ^{ab}	8.67±0.6 ^{defg}	4966±191.3 ^{fg}	33.9±1.7 ^{cdefg}	57.6±4.6 ^a	41.3±2.0 ^{cdefgh}	<1.00
	B18	789.4±33.7 ^a	1046.6±59.7 ^a	7.04±0.4 ^{fghi}	5679±365.6 ^{defg}	32.2±1.1 ^{defg}	47.7±4.0 ^a	47.8±2.7 ^{abcde}	1.84±0.14 ^{abc}
	B19	563.3±30.0 ^{cdefg}	1007.7±41.4 ^{ab}	8.31±0.4 ^{efgh}	7836±212.4 ^{ab}	28.4±1.0 ^g	45.6±2.6 ^a	41.5±1.0 ^{cdefgh}	1.82±0.11 ^{abc}
	B20	500.4±21.1 ^{defg}	960.2±17.3 ^{ab}	20.17±1.2 ^b	5544±177.7 ^{defg}	30.5±0.8 ^{fg}	51.9±3.1 ^a	38.9±1.3 ^{efgh}	1.61±0.12 ^{bc}
	Ort.	562.5±132.3 ^A	967.9±73.9 ^A	10.30±5.3 ^A	5978±1061 ^B	33.5±5.2 ^B	52.5±6.9 ^A	43.5±4.3 ^{AB}	1.1±0.9 ^A
Genel ort.		545.67±116.0	975.82±83.4	10.07±6.9	6280.54±1068.0	39.22±15.9	52.70±5.96	44.36±6.2	1.17±0.9

*Aynı sütundaki farklı harfler (a-h) veriler arası farkın istatistiksel olarak anlamlı (p<0.05) olduğunu göstermektedir.

**Aynı sütundaki farklı harfler (A-B) ilçe ortalamaları arası farkın istatistiksel olarak anlamlı (p<0.05) olduğunu göstermektedir.

SONUÇ

Çalışmada 4 farklı ilçe ve 20 farklı lokasyondan temin edilen siyez buğday örneklerinin protein, yağ, toplam mineral içeriği gibi temel besinsel nitelikleri ile bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, iç/kavuz oranı gibi fiziksel nitelikleri belirlenmiş, ancak ilçeler bazında veriler arası farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Buğday örnekleri alındıkları lokasyonlara göre Zn gibi bazı elementler açısından önemli değişim göstermezken, Na ve K gibi bazı mineraller açısından geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Bu konuda siyez buğdayının temin edildiği lokasyon topraklarının organik madde içeriği başta olmak üzere toprak niteliklerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Kastamonu'da yaklaşık

40 bin dekarlık alanda tarımı yapılan siyez buğdayına her geçen gün artan talep, üretim yapılan tarım alanların da artışına neden olmaktadır. Kastamonu yöresinde siyez tarımı, önemli bir sektör olma özelliğini bugün olduğu gibi yarın da koruyacaktır. Ancak, siyez tarımından beklenen faydanın alınabilmesi, besinsel içeriği yüksek ve verimli siyez buğdayı eldesi kısıtlı miktardaki tarım topraklarının usulüne uygun kullanımına ve gereksiniminin anlaşılmasına bağlıdır. Dolayısıyla öncelikle toprak niteliklerinin çok iyi belirlenmesi, verimlilik düzeyine etki eden faktörlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve siyez buğdayı fiziksel, kimyasal nitelikleri ve besinsel içeriği ile birlikte bu konunun birlikte değerlendirilmesi son derece önemlidir. İncelenen örneklerde özellikle bazı mineral madde

İçeriklerinin geniş aralıkta değişim göstermesi ve literatürde belirtilen limitlerin üstünde çıkması siyez buğdayının toprak buğday ilişkisinin bir arada değerlendirilmesi gerekliliğini ve siyez buğdayı kalitesinin iyileştirilme potansiyeli olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra siyez buğdayının mineral madde bileşiminin ekmeklik ve durum buğdayından yüksek olması nedeniyle, iyi bir mikro besin kaynağı olarak diğer tahıl unları ile birlikte farklı ürünlerde kullanılabileceği düşünülmektedir.







TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (KÜBAP) tarafından (KÜ-HİZDES/2019-17) desteklenmiştir. Yazarlar KÜBAP'a teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

- [1] Hendek Ertop, M. (2018). Revival of our local wheat varieties A heritage from ancestors; Siyez Wheat of Kastamonu. *Miller Magazine*, 99, 84-86.
- [2] Loje, H., Moller, B., Lausten, A.M., Hansen, A. (2003). Chemical composition, functional properties and sensory profiling of einkorn (*Triticum monococcum* L.). *Journal of Cereal Science*, 37, 231-240.
- [3] Brandolini, A., Hidalgo, A., Moscaritolo, S. (2008). Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum* L.) whole meal flour. *Journal of Cereal Science*, 47, 599-609.
- [4] Hidalgo, A., Brandolini, A. (2012). Lipoxygenase activity in whole meal flours from *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum* and *Triticum aestivum*. *Food Chemistry*, 131, 1499-1503.
- [5] Hidalgo, A., Brandolini, A. (2014). Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 56, 382-394.
- [6] Kibar, H., Kılıç, İ. (2020). Mineral composition and technological properties of einkorn wheat as affected by storage conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14951.
- [7] Abdel-Aal, E.S.M., Young, J.C., Wood, P.J., Rabalski, I., Hucl, P., Falk, D., Fregeau-Reid, J. (2002). Einkorn: A potential candidate for developing high lutein wheat. *Cereal Chemistry*, 79(3), 455-457.
- [8] URL-1. (2018). tarihinde https://kastamonu.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Calisma_Raporu/2018_Yili_Calisma_Raporu.pdf, (Erişim tarihi 01.04.2021).
- [9] AACC. (2010). Approved Methods of Analysis, 11th Ed. (Methods; 44-15.02. Moisture, 08-01.01. Ash, 46-12.01. Nitrogen, 30-25.01 Crude Fat) Cereals&Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A. <http://methods.aaccnet.org/toc.aspx>
- [10] Williams, P., El-Haremein, F.J., Nakkoul, H., Rihavi, S. (1986). Crop quality evaluation methods and guidelines. ICARDA, Technical Manual 14 (Rev.1).
- [11] Duran, C., Senturk, H.B., Gundogdu, A., Bulut, V.N., Elci, L., Soylak, M., Tufekci, M., Uygur, Y. (2007). Determination of some trace metals in environmental samples by flame AAS following solid phase extraction with Amberlite XAD-2000 resin after complexing with 8-Hydroxyquinoline, *Chinese Journal of Chemistry*, 25(2), 196-202.
- [12] Emeksizoğlu, B. (2016). Kastamonu yöresinde yetiştirilen siyez (*Triticum monococcum* L.) buğdayının bazı kalite özellikleri ile bazlama ve erişte yapımında kullanımının araştırılması. Doktora Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun.
- [13] Hendek Ertop, M., Atasoy, R. (2019). Comparison of physicochemical attributes of einkorn wheat (*Triticum monococcum*) and durum wheat (*Triticum durum*) and evaluation of morphological properties using scanning electron microscopy and image analysis, *Journal of Agricultural Science*, 25(2), 93-99.
- [14] Barone, F., Laghi, L., Gianotti, A., Ventrella, D., Saa, D.L.T., Bordoni, A., Forni, M., Brigidi, P., Bacci, M.L., Turrone, S. (2019). In Vivo Effects of Einkorn Wheat (*Triticum monococcum*) Bread on the intestinal microbiota, metabolome, and on the glycemic and insulinemic response in the pig model. *Nutrients*, 11(16), 1-19.
- [15] Doğan, Y., Kendal, E. (2013). Diyarbakır koşullarında bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin tane verimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(3), 199-208.
- [16] Güleç, T.E., Sönmezoglu, A.Ö., Yıldırım, A. (2010). Makarnalık buğdaylarda kalite ve kaliteyi etkileyen faktörler. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 113-120.
- [17] Akgün, İ., Altındal, D., Kara, B. (2011). Isparta ekolojik koşullarında ekmeklik ve makarnalık bazı buğday çeşitlerinin uygun ekim zamanlarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17, 300- 309.
- [18] Kendal, E., Tekdal, S., Aktaş, H., Karaman, M. (2012). Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin Diyarbakır ve Adıyaman sulu koşullarında verim ve kalite parametreleri yönünden karşılaştırılması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 1-14.
- [19] Cakmak, I., Ozkan, H., Braun, H.J., Welch, R.M., Romheld, V. (2000). Zinc and iron concentrations in seeds of wild, primitive and modern wheats. *Food and Nutrition Bulletin*, 21, 401-403.
- [20] Ozkan, H., Brandolini, A., Torun, A., Altintas, S., Eker, S., Kilian, B., Braun, H.J., Salamini, F., Cakmak, I. (2007). Natural variation and identification of microelements content in seeds of einkorn wheat (*Triticum monococcum*), in wheat production in stressed environments. Proceedings of 7th International Wheat Conference, 27 November-2 December, ed. By Buck H T, Nisi J E and Salom'on N. Springer, New York, 455-462.
- [21] Jain, D., Varshney, N., Pracheta. (2020). Human mineral malnutrition: Impact on growth and development. *Vigyan Varta*, 1(2), 39-42.

Gıda Mühendisliği ve Kimya Bölümü Öğrencilerinin Probiyotik Gıda Konusunda Bilinç Düzeylerinin Değerlendirilmesi

Eda Kılıç Kanak , Suzan Öztürk Yılmaz , Zeynep Ziyade Özacar , Başak Uflas 
Meryem Bilek , Begüm Yılmaz 

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Sakarya

Geliş Tarihi (Received): 09.02.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 18.03.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): edakilic@sakarya.edu.tr (E. Kılıç Kanak)

☎ 0 264 295 74 41 📠 0 264 295 56 01

ÖZ

Bu araştırma, Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü ve Kimya Bölümü öğrencilerinin probiyotik gıdalar hakkındaki bilinç düzeylerini ve tüketim durumlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma Nisan ve Mayıs-2019 arasında; her bir bölümden 200 olmak üzere toplam 400 öğrenciye uygulanmıştır. Araştırma verileri karşılıklı görüşme tekniği kullanılarak anket formu ile toplanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde Minitab programı kullanılmıştır. Ortalama, olasılık değeri (p değeri) ve yüzde (%) değerleri gösteren tablolar hazırlanmıştır ve ki-kare (χ^2) önemlilik testi kullanılmıştır. Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %44'ünün, Kimya Bölümü öğrencilerinin %20.10'unun probiyotik gıdalar hakkında bilgilerinin olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %32.16'sı, Kimya Bölümü öğrencilerinin %12.18'i probiyotik gıdaları tüketmektedirler ($p<0.05$). Araştırmada elde edilen bulgulara göre; Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencileri probiyotik gıdalar hakkında daha fazla bilgiye sahiptir. Ayrıca Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencileri daha fazla probiyotik gıda tüketmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda; probiyotik gıdaların tüketilmesi ile sindirim sistemi rahatsızlıklarının önemli düzeyde iyileştiği, diyarenin azaldığı, kolesterol seviyesinin düştüğü, vücut hücrelerinin yenilediği, bağışıklık sisteminin güçlendiği ve hatta kolon kanserinin baskılandığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Buna paralel olarak probiyotik gıda tüketen öğrencilerin büyük çoğunluğunun bağışıklık sistemini güçlendirdiği için tercih ettiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Probiyotik gıdalar, Üniversite öğrencileri, Anket, Bilinç düzeyi

Evaluation of Awareness Levels of Food Engineering and Chemistry Department Students on Probiotic Foods

ABSTRACT

This research was aimed to determine the level of consciousness and consumption status of probiotic foods of the students in the Food Engineering and Chemistry Departments in Sakarya University (Sakarya, Turkey). The study was carried out between April and May-2019 with the participation of 200 students in Chemistry Department and 200 in Food Engineering Department. The research data was collected by using an interview method with a questionnaire. Minitab program was used to evaluate data. Tables with mean, probability value (p value) and percentage (%) values were prepared, and chi-square (χ^2) materiality test was used. It was determined that 44% of students in Food Engineering Department and 20.10% of students in Chemistry Department had information about probiotic foods ($p<0.05$). 32.16% of students in Food Engineering Department and 12.18% of students in Chemistry Department consumed probiotic foods ($p<0.05$). According to results, students in Food Engineering Department had more information about probiotic foods. Furthermore, students in Food Engineering Department consumed probiotic foods more. In recent years; with the consumption of probiotic foods, digestive system disorders improved significantly,

diarrhea decreased, cholesterol level decreased, body cells were renewed, immune system was strengthened and even colon cancer was suppressed. Parallel to this, it was determined that the majority of students consumed probiotic food because of strengthening the immune system.

Keywords: Probiotic foods, University students, Survey, Awareness level

GİRİŞ

Son zamanlarda tüketicilerde sağlıklı beslenme bilincinin artmasıyla birlikte, gıdalardan temel beslenme ihtiyacının karşılanması dışında farklı beklentiler de oluşmaya başlamıştır. Bu sebeple fonksiyonel gıdalar, gıda endüstrisinde en hızlı gelişen alanlardan biri olarak pazarda yerini almıştır. Ülkemizde son yıllarda fonksiyonel gıda tüketiminde büyük bir artış görülmüştür. Sağlık bilincinin artması ve tüketicilerin fonksiyonel gıda ürünlerine talebinin artmasıyla birlikte firmalar fonksiyonel gıda üretimini artırmaya başlamıştır [1]. Özellikle probiyotik ve prebiyotik içeren gıdalar oldukça popüler ürünlerdendir [2].

Günümüzde hızla artan nüfusla birlikte koruyucu hekimliğin, tedavi edici hekimliğe göre daha büyük önemi bulunmaktadır. Bu nedenle insan sağlığı üzerinde koruyucu etkileri olan probiyotikler ile ilgili tedavi ve beslenme alanları üzerinde artarak devam eden çalışmalar ve faaliyetler sürdürülmektedir. Gün geçtikçe probiyotik gıda alanında faaliyet gösteren gıda endüstrisi, insanların tercihlerine göre piyasada kapsül, toz, süt, yoğurt, ayran, diyet yoğurdu, kefir, peynir gibi değişik ürünlerle karşımıza çıkmaya devam etmektedir. Kişilerin artan sağlıklı yaşam tercihleri için bilimsel olarak desteklenmiş ve hastalık olasılığını azaltan, probiyotik mikroorganizmalar içeren fonksiyonel gıdalar, marketlerde uzun zamandır yer almaktadır [3].

Probiyotikler, ağız yoluyla yeterli ve doğru bir şekilde alındığında insan sağlığı üzerinde yararlı bir etkiye sahip, enterik mikroflorayı değiştiren canlı mikrobiyal besin bileşenleridir. Probiyotikler bağırsaklarda ve immün sistemde bazı özel hedef fonksiyonlarını değiştirerek, besin değerine ilaveten yararlı fizyolojik etkiler göstermektedir. Probiyotik mikroorganizma grubunda laktobasiller, bifidobakterler ve enterokoklar yer almaktadır [4, 5]. Bazı araştırmalarda bağırsak florasında önemli miktarda bulunan probiyotik mikroorganizmaların sindirim sistemi rahatsızlıklarını önleyici etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Probiyotikler, patojenlerin kolonileşmesini ve üremelerini önlemelerinin yanı sıra bağırsaklık sistemini güçlendirme, kolesterolü düzenleme, antimikrobiyal ve antimitojenik etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Hatta ağız, üst solunum yolları, sindirim sistemi ve üreme sisteminin mukozal yüzeyleri üzerinde etkili olup hastalıkları önleyici özellikleri bulunmaktadır [6].

Yapılan bir çalışmada probiyotiklerin *Helicobacter pylori* enfeksiyonunun azaltılması, alerjik semptomların azaltılması, kabızlığın ve irritabl barsak sendromunun önlenmesi, mineral metabolizması, özellikle kemik yoğunluğu ve stabilitesi üzerindeki faydalı etkiler, kanser önleme ve kolesterol ile triaçilgliserolün plazma

konsantrasyonlarının azalması üzerinde etkisi olduğu belirtilmiştir [7].

Vücutta laktaz (beta galaktosidaz) enziminin sentezlenememesi ve laktozun parçalanamaması nedeniyle "laktoz intoleransı" rahatsızlığının giderilmesinde probiyotikler büyük rol oynamaktadır [6].

Probiyotik ürünlerin birçoğu *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Lactococcus* ve *Streptococcus* gibi laktik asit bakterileri ile geliştirilmiştir [8]. Probiyotikler, bağırsakta yararlı bakterileri (*Laktobasiller*, *Bifidobakteriler* vb.) arttırmakta, patojen bakterileri (*Clostridiumlar*, *Bakteroidesler*) ise azaltmaktadır ve böylece doğal dengenin korunmasına ve yenilenmesine yardımcı olmaktadır [9]. Probiyotik suşlar, bağırsak epitel ve mukusuna yapışmak için patojenlerle rekabet etmektedir. Patojenlerin büyümesini engelleyebilmek için antimikrobiyal ürünler (örneğin; bakteriyosin, hidrojen peroksit ve organik asitler) üretmektedirler [10].

Sağlık üzerine çok fazla olumlu etkisi olmasına rağmen probiyotikler, herhangi bir hastalığın iyileştirilmesi için alınan ilaçlar gibi hastalıkları kısa sürede iyileştirici değildirler. Probiyotik gıdaların tüketiminin kesilmesiyle bağırsak florasındaki mikroorganizmalar değişir, eski halini alır ve böylece yararlı etkisi ortadan kalkar. Bu nedenle probiyotikler ancak düzenli olarak bunları içeren gıdalarla vücuda alındıklarında olumlu etki gösterebilmektedirler [11]. Yeterli ve dengeli beslenme sağlıklı bir yaşam için gereken en önemli faktörlerden biridir [12]. Probiyotikler, hastalıkların tedavisinde doğal destekleyiciler olarak kullanılabilirler. Bu bakteriler besin maddeleri için zararlı mikroorganizmalarla rekabete girerek bağırsak yüzeyinde kolonize olurlar ve bununla beraber gastrointestinal sistemdeki faaliyetleri ile sağlığı olumlu yönde etkilerler. Yapılan çalışmalarda probiyotiklerin; yeni doğan çocuklarda *Escherichia coli*'ye bağlı ishal ve ölümleri engellediği bildirilmiştir [13]. Son on yılda, probiyotiklere kabul gören ve artan bir ilgi vardır ve buna bağlı olarak probiyotiklere yönelik literatürde ciddi artış görülmektedir [14].

Bu çalışmada, Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü ve Kimya Bölümü öğrencilerinin probiyotik gıda konusunda bilinç düzeylerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi, probiyotik gıdaları tüketim durumu, probiyotik gıda tercihini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve probiyotik gıdaların insan sağlığı üzerine etkilerinden haberdar olup olmadıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmalar eğitim ve gelir seviyelerindeki artışın, fonksiyonel gıdalara yönelik tutumu olumlu yönde etkileyen önemli bir motivasyon kaynağı olduğunu göstermektedir [15, 16, 17].

Tüm bunlardan hareketle tüketici anketleri, gıda endüstrisi için son derece önem arz etmektedir. Anketler belirlenen bir konu hakkındaki bilgi seviyesinin tespit edilmesine ve tüketici bilinç düzeyini arttırmak amacıyla hataları tespit etmek ve düzeltmek için stratejilerin izlenmesine olanak tanımaktadır [18]. Toplumda probiyotikler ile ilgili bilgi kirliliği bulunmaktadır. Probiyotik kavramı yanlış veya eksik bilinmekte ya da bilinmemektedir. Ülkemizde probiyotik bilgi düzeyi ve tüketimi ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır.

MATERYAL ve METOT

Araştırmanın Yöntemi

Bu çalışmanın kapsamı Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği ve Kimya Bölümü öğrencileridir. Çalışmanın bu iki bölüm arasında gerçekleştirilmesinin nedeni; "probiyotik gıda" teriminin, Gıda Mühendisliği Bölümü ile farklı bir bölüm arasındaki bilinç düzeyinin karşılaştırılarak belirlenmesidir.

Anket çalışması 200'ü Gıda Mühendisliği, 200'ü Kimya Bölümü öğrencileri olmak üzere toplam 400 öğrenciye uygulanmıştır. Çalışmada; veri toplama yöntemi olarak "anket çalışması" kullanılmıştır. Çalışma verileri anket formu ile Nisan-2019 ve Mayıs-2019 tarihleri arasında, üniversite öğrencilerine ders esnasında bizzat araştırmacı gözetiminde uygulanmıştır. Araştırmaya katılan öğrencilerin sorulara doğru ve tarafsız cevap verdikleri kabul edilmiştir.

Veri Analizi

Verilerin istatistiksel değerlendirilmesi amacıyla "Minitab" istatistik programı kullanılmıştır. Anket sonucundan elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde ortalama, yüzde değerleri (%) ve ki-kare (χ^2) önemlilik testi kullanılmıştır. *P* değeri 0.05'ten küçük ise istatistiksel olarak "Anlamlı bir fark var" kabul edilmiştir.

Etik Kurul İzni

Sakarya Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulu Başkanlığı'nın 16.03.2021 tarihli ve 13 sayılı toplantısında alınan "01" nolu karar ile "Üniversite Öğrencilerinin Probiyotik Gıda Konusunda Bilinç Düzeylerinin Değerlendirilmesi" başlıklı çalışmasının Etik açıdan uygun olduğuna oy çokluğu ile karar verilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Öğrenciler ve Ailelerine İlişkin Genel Bilgiler

Bu bölümde Gıda Mühendisliği ve Kimya bölümü öğrencilerine ait cinsiyet, yaş, sınıf, bilgileri sayısal ve yüzdesel olarak ifade edilmiştir. Anket çalışmasına katılan öğrencilerin %79.25'i kadın, %20.75'i erkektir. Çalışmaya katılan öğrencilerin %43.00'ü 20-21 yaş aralığındadır. Anket çalışmasında, 1.sınıftan 4.sınıfa her sınıf düzeyine yaklaşık olarak aynı sayıda öğrenciye ulaşılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Gıda mühendisliği bölümü ve kimya bölümündeki öğrencilere ait genel bilgiler
Table 1. General information of students in food engineering and chemistry departments

	Gıda		Kimya		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Cinsiyet						
Kadın	170	85.00	147	73.50	317	79.25
Erkek	30	15.00	53	26.50	83	20.75
Yaş						
18-19	35	17.59	33	16.50	68	17.00
20-21	85	42.71	86	43.00	172	43.00
22-23	56	28.14	56	28.00	112	28.00
24 ve üzeri	23	11.56	25	12.50	48	12.00
Sınıf						
1.Sınıf	44	22.11	51	25.50	95	23.75
2.Sınıf	47	23.62	53	26.50	101	25.25
3.Sınıf	45	22.61	41	20.50	86	21.50
4.Sınıf	63	31.66	55	27.50	118	29.50

Sakarya Üniversitesi'nde yapılan bu çalışma kapsamında, öğrencilere "probiyotik gıda hakkında bilginiz var mı?" şeklinde soru yöneltildiğinde Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %44.00'ü, Kimya Bölümü öğrencilerinin ise %20.10'u probiyotik gıdalar hakkında bilgiye sahip olduklarını belirtmiştir ($\chi^2=36.606$; $p<0.05$) (Tablo 2). Zemzemoğlu ve ark. [19] yaptıkları çalışmada probiyotik terimini bildiği ifade eden öğrenci yüzdesini %55.60 olarak bulmuştur.

Betz ve ark. [20] hastanede 200 hastaya yaptıkları çalışmada sadece %20'sinin probiyotik terimini bildiklerini belirtmiştir.

Çalışmaya katılan öğrencilerin probiyotik gıda tüketim durumuna bakıldığında Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %32.16'sı, kimya öğrencilerinin %12.18'inin probiyotik gıda tükettiği sonucuna ulaşılmıştır ($\chi^2=33.599$; $p<0.05$) (Tablo 2). Bu verilere göre Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencileri Kimya Bölümü öğrencilerinden daha fazla probiyotik gıda tüketmektedir. Zemzemoğlu ve ark. [19] probiyotik

tüketen öğrenci yüzdesini %46.10 olarak bulunmuştur. %26.00 olarak tespit etmiştir. Aslan ve ark. [21] probiyotik ürünleri tüketenlerin oranını

Tablo 2. Probiyotik ürün tüketim durumları ve alışkanlıklarına ilişkin bilgiler
Table 2. Information on probiotic product consumption status and habits

	Gıda		Kimya		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Probiyotik gıdalar hakkında bilgi durumu						
Biliyorum	88	44.00	40	20.10	128	32.00
Kısmen	94	47.00	105	52.76	199	49.87
Bilmiyorum	18	09.00	54	27.13	72	18.04
$\chi^2 = 36.606$; $p = 0.00$						
Probiyotik gıda tüketim durumu						
Evet	64	32.16	24	12.18	88	22.22
Bazen	98	49.24	94	47.71	192	48.48
Hayır	22	11.06	50	25.38	72	18.18
Bilmiyorum	15	07.54	29	14.72	44	11.11
$\chi^2 = 33.599$; $p = 0.00$						

Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %64.63'ü, Kimya Bölümü öğrencilerinin %63.93'ü haftada bir kez probiyotik gıda tüketmektedir. İki bölüm arasında tüketim sıklığı açısından fark yoktur ($\chi^2 = 1.216$; $p > 0.05$) (Tablo 3). Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %42.68'i, Kimya Bölümü öğrencilerinin ise %38.52'si probiyotik

gıdaları tek başına tüketmeyi tercih etmektedir. Buna göre iki bölüm arasında tüketim şekli açısından fark bulunmamaktadır ($\chi^2 = 2.764$; $p > 0.05$) (Tablo 3). Şengün ve ark. [22] yaptıkları çalışmada tüketicilerin %49.00'nin probiyotik ve prebiyotik kavramını bildiğini ortaya koymuştur.

Tablo 3. Öğrencilerin probiyotik gıdaları tüketim sıklığı ve şekli
Table 3. Frequency and pattern of consumption of probiotic foods by students

	Gıda		Kimya		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Probiyotik Gıda Tüketim Sıklığı						
Her Gün	11	06.71	8	06.56	19	06.64
2 Günde Bir Kez	11	06.71	5	04.10	16	05.59
Haftada Bir Kez	106	64.63	78	63.93	184	64.65
Haftada 2-3 Kez	36	21.95	31	25.41	67	23.42
$\chi^2 = 1.216$; $p = 0.749$						
Probiyotik Gıda Tüketim Şekli						
Tek Başına	70	42.68	47	38.52	117	40.91
Meyveler İle Birlikte	37	22.56	38	31.15	75	26.22
Makarna-Pilav İle Birlikte	17	10.37	10	08.20	27	09.44
Öğün İle Birlikte	40	24.39	27	21.66	67	23.43
$\chi^2 = 2.764$; $p = 0.430$						

Gıda mühendisliği öğrencilerinin %92.17'i, kimya bölümü öğrencilerinin %77.05'i probiyotik gıdaları satın alırken son tüketim tarihine dikkat etmektedir. Bu sonuçlara göre gıda mühendisliği öğrencileri daha bilinçlidir. ($\chi^2 = 18.612$; $p < 0.05$) (Tablo 4). Probiyotik gıdaların satın alındığı yer durumu incelendiğinde gıda mühendisliği öğrencilerinin %93.98'i, kimya bölümü öğrencilerinin %80.33'ü marketten satın almayı tercih etmiştir. Buna karşın Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %02.41'lik ve Kimya Bölümü öğrencilerinin %11.48'lik kısmı probiyotik gıdaları organik pazardan satın almayı tercih etmiştir ($\chi^2 = 13.458$; $p < 0.05$) (Tablo 4).

Çalışma sonucunda Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %41.18'i, Kimya Bölümü öğrencilerinin ise %45.08'i probiyotik gıdaları pahalı bulmaktadır ($\chi^2 =$

1.319; $p > 0.05$) (Tablo 4). Öğrenciler tarafından probiyotik eklenmesi istenen gıdalar arasında en çok tahıl ürünleri tercih edilmiştir. Ancak tahıl ürünleri tercihi Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından daha fazladır ($\chi^2 = 7.876$; $p < 0.05$) (Tablo 4).

Tüketilen probiyotik gıda miktarının sindirim sistemi üzerinde önemli olduğuna dair Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %74.71'inin, kimya bölümü öğrencilerinin %60.81'inin doğru bilgisi vardır. Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %74.71'i probiyotik gıdaları çevresindeki insanlara tavsiye ederken, Kimya Bölümü öğrencilerinin %49.30'u tavsiye etmektedir ($\chi^2 = 22.888$; $p < 0.05$) (Tablo 5). Sonuca bakıldığında Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencileri bu konuda daha bilinçlidir ($\chi^2 = 18.240$; $p < 0.05$) (Tablo 5).

Tablo 4. Öğrencilerin probiyotik gıdalar hakkındaki düşünceleri

Table 4. Students' thoughts about probiotic foods

	Gıda		Kimya		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Probiyotik gıdalar satın alırken son tüketim tarihine dikkat etme durumu						
Evet	153	92.17	94	77.05	247	85.76
Bazen	13	07.83	18	14.75	31	10.76
Hayır	0	00.00	10	08.20	10	03.47
$\chi^2 = 18.612$; $p = 0.00$						
Probiyotik gıdayı satın alınan yer durumu						
Market	156	93.98	98	80.33	254	88.19
Tanıdık / akraba	2	01.20	4	03.28	6	02.08
Organik Pazar	4	02.41	14	11.48	18	06.25
Diğer	4	02.41	6	04.92	10	03.47
$\chi^2 = 13.458$; $p = 0.004$						
Probiyotik gıdaların fiyatları hakkındaki düşünce durumu						
Normal	80	47.06	50	40.98	130	44.52
Ucuz	2	01.18	1	00.82	3	01.03
Pahalı	70	41.18	55	45.08	125	42.81
Fikrim yok	18	10.59	16	13.11	34	11.64
$\chi^2 = 1.319$; $p = 0.725$						
Probiyotik eklenmesini istenen gıdalar						
Tahıl ürünleri	76	44.71	47	38.52	123	42.12
Şekerleme	36	21.18	35	28.69	71	24.32
Meyve suyu	45	26.47	22	18.03	67	22.95
Diğer	13	07.65	18	14.75	31	10.62
$\chi^2 = 7.876$; $p = 0.049$						

Tablo 5. Öğrencilerin probiyotik gıdalar hakkında bilgi ve bilinç düzeyleri durumu

Table 5. Students' knowledge and awareness levels about probiotic foods

	Gıda		Kimya		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Probiyotik gıda kullanımda tüketilen miktar sindirim sistemini korumada önemli değildir.						
Katılıyorum	25	14.71	32	23.62	57	18.21
Katılmıyorum	127	74.71	90	60.81	217	69.32
Bilmiyorum	13	10.59	26	17.57	39	12.46
$\chi^2 = 7.135$; $p = 0.028$						
Probiyotik gıdaları çevremdeki insanlara tavsiye ediyorum.						
Katılıyorum	127	74.71	73	49.32	200	62.89
Katılmıyorum	18	10.59	39	26.35	57	17.92
Bilmiyorum	25	14.71	36	24.32	61	19.18
$\chi^2 = 22.888$; $p = 0.00$						
Yeterli miktarda probiyotik gıda tüketimi sindirim sistemini korumaya yardımcıdır.						
Katılıyorum	157	92.35	111	75.00	268	84.28
Katılmıyorum	5	02.94	11	07.43	16	05.03
Bilmiyorum	8	04.71	26	17.57	34	10.69
$\chi^2 = 18.240$; $p=0.00$						

Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencileri üzerinde yapılan ankete göre öğrencilerin %82'si probiyotik gıdaları tavsiye ettiğini belirtirken, ankete katılan Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %74.71'i tavsiye ettiğini belirtmiştir. Bu sonuçlara göre iki üniversitenin Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin yaklaşık %75'i probiyotik gıdaları yararlı bularak, probiyotik gıda tüketimini çevresindeki insanlara tavsiye etmektedir.

Çalışmaya katılan Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %92.35'i, Kimya Bölümü öğrencilerinin de

%52.03'ü probiyotik gıdalardan uzak durulmaması gerektiğini belirtirken belirtmiştir ($\chi^2= 66.200$; $p<0.05$) (Tablo 6). İki bölüm öğrencileri de probiyotiklerin yeterli miktarda alındığı zaman sağlığa yararlı etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalar olduğunu biliyorken, gıda mühendisliği bölümü öğrencilerinin bilinç oranı daha yüksektir ($\chi^2= 8.609$; $p<0.05$) (Tablo 6). Aslan ve ark. [21] yaptıkları çalışmada probiyotik tüketenlerden fayda gördüğünü düşünen bireylerin oranını %79.1 olarak belirlemişlerdir.

Tablo 6. Öğrencilerin probiyotik gıdalar hakkında bilgi ve bilinç düzeyleri durumu
Table 6. The level of knowledge and awareness of students about probiotic foods

	Gıda		Kimya		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Probiyotik gıdalardan uzak durulmalıdır.						
Katılıyorum	4	02.35	23	15.54	27	08.49
Katılmıyorum	157	92.35	77	52.03	234	73.58
Bilmiyorum	9	05.29	48	32.43	57	17.92
$\chi^2= 66.200$; $p= 0.00$						
Probiyotikler yeterli miktarda alındığı zaman sağlığa yararlı etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalardır.						
Katılıyorum	148	87.06	111	75.00	259	81.44
Katılmıyorum	6	03.53	15	10.14	21	06.60
Bilmiyorum	16	09.41	22	14.86	38	11.94
$\chi^2= 8.609$; $p = 0.014$						

Öğrencilerin %55.97'si probiyotik gıdaların evde de yapılabilirliğini düşünmektedir. Tüm öğrencilerin; %84.28'i probiyotik gıdaların saklama koşullarına dikkat ederek ona göre muhafaza etmektedir. %71.07'si cam ambalaj içerisindeki probiyotik ürünleri plastik ambalaj içerisindekilere göre tercih etmektedir, %77.04'ü satın

alacağı probiyotik gıdayı markasına göre tercih etmektedir, %71.70'i probiyotik gıdaları satın alırken içindekiler ve besin değeri tablosunu incelediğini belirtmiştir (Tablo 7). Şengün ve ark. [22] tüketicilerin %52.3'ünün probiyotik/prebiyotik ürün satın alırken besin etiketine dikkat ettiğini tespit etmişlerdir.

Tablo 7. Anket çalışmasına katılan öğrencilerin probiyotik gıdalar hakkındaki düşünceleri
Table 7. Opinions of the students participating in the survey study about probiotic foods

	Gıda		Kimya		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Probiyotik gıdalar evde de yapılabilir						
Katılıyorum	91	53.53	87	58.78	178	55.97
Katılmıyorum	27	15.88	25	16.89	52	16.35
Bilmiyorum	52	30.59	36	24.32	88	27.67
Probiyotik ürünlerin saklama koşullarına dikkat ederim, ona göre muhafaza ederim						
Katılıyorum	156	91.76	112	75.68	268	84.28
Katılmıyorum	7	04.12	19	12.84	26	08.17
Bilmiyorum	7	04.12	17	11.49	24	07.55
Probiyotik gıdalar bana göre güvenli değildir						
Katılıyorum	10	05.88	20	13.52	30	09.43
Katılmıyorum	146	85.88	96	63.86	242	76.10
Bilmiyorum	14	08.24	32	21.62	46	14.47
Probiyotik ürünlerde cam ambalajı plastik ambalaja tercih ederim.						
Katılıyorum	122	71.76	104	70.27	226	71.07
Katılmıyorum	21	12.35	23	15.54	44	13.83
Bilmiyorum	18	15.88	21	14.19	48	15.09
Satın alacağım ürünün markasına göre tercih ederim.						
Katılıyorum	131	77.06	114	77.03	245	77.04
Katılmıyorum	21	12.35	13	08.76	34	10.69
Bilmiyorum	18	10.59	21	14.19	39	12.26
Probiyotik gıdaları satın alırken içindekiler ve besin değeri tablosu kısımlarını incelerim.						
Katılıyorum	140	82.35	88	59.46	228	71.70
Katılmıyorum	18	10.59	29	19.39	47	14.78
Bilmiyorum	12	07.06	31	20.95	43	13.52

Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %84.2'si probiyotik gıdaların etiket bilgilerini incelediğini bildirirken [23], Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %82.35'i incelediklerini belirtmişlerdir. Buna göre iki üniversitenin Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin de probiyotik gıdalarla ilgili yaklaşık olarak aynı oranlarda duyarlı ve bilinçli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırmalara katılan her iki bölüm öğrencilerinin de büyük çoğunluğunun probiyotik gıda tüketim nedeni bağımsızlık sistemini güçlendirmektir. Buna karşın fiyatını pahalı buldukları için Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %46.77'si probiyotik gıda tüketmemektedir. Kimya öğrencilerinin ise %51.25'i probiyotik gıda tüketmemektedir. Tüketmeme nedenleri ise ne olduğunu bilmemeleridir. Tüm öğrencilerin

%53.46'sı bazı probiyotik gıda ürünlerinin değişik koku ve görünüşe sahip olmasının, tüketimlerini olumsuz etkilediğini belirtmiştir (Tablo 8). Şengün ve ark. [22]

yaptıkları çalışmaya göre probiyotik ve prebiyotik gıda tüketenlerin %63.9'unun bu ürünleri sindirim sistemine olan faydalarından dolayı tükettiği belirtmişlerdir.

Tablo 8. Öğrencilerin probiyotik gıdaları tüketme ya da tüketmeme nedenleri

Table 8. Reasons for students to consume or not consume probiotic foods

	Gıda		Kimya		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Öğrencilerin probiyotik gıda tüketim nedeni						
Zayıflama amaçlı	11	06.67	10	08.33	21	07.37
Lezzetli olduğu için	21	12.72	11	09.17	23	08.07
Bağışıklık sistemini güçlendirmek için	122	73.94	78	65.00	200	70.18
Diğer	11	06.67	21	17.50	32	11.23
Öğrencilerin probiyotik gıda tüketmeme nedeni						
Ne olduğunu bilmiyorum	18	29.03	41	51.25	59	41.55
Besin alerjisi	4	06.45	10	12.50	14	09.86
Fiyatını pahalı buluyorum	29	46.77	13	16.25	42	29.58
Bazı probiyotik gıda ürünlerinin değişik koku ve görünüşe sahip olması tüketimimi olumsuz etkilemez						
Katılıyorum	47	27.65	51	34.46	98	30.82
Katılmıyorum	96	56.47	74	50.00	170	53.46
Bilmiyorum	27	15.88	23	15.54	50	15.72

2013 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü kapsamında yapılan anket çalışmasına göre; öğrencilerin probiyotik gıdaları tüketmeme nedeni %49.2 oranıyla ne olduğunu bilmemeleri iken, %4.3 oranıyla pahalı bulmalarıdır [23], Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %29.3'ü probiyotik gıdaların ne olduğunu bilmediğini belirtirken, öğrencilerin %46.77'si pahalı bulunduğunu belirtmiştir.

Öğrencilerin sosyal medyada gıda hazırlama, beslenme, diyet vb. üzerine bir sayfa/kanal vb. takip etme durumları sorulduğunda. Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %77.50'i takip ediyorum şeklinde cevap verirken, kimya bölümü öğrencilerinin %53'ü takip etmiyorum şeklinde cevap vermiştir. Buna rağmen ankete katılan tüm öğrencilerin ortalaması alındığında %60.50 oranına takip ediyorum seçeneği işaretlenmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Sosyal medyada gıda hazırlama, beslenme, diyet vb. üzerine bir sayfa/kanal vb. takip etme durumları

Table 9. Status of following a web page/channel etc. on food preparation, nutrition, diet etc. on social media

	Gıda		Kimya		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Öğrencilerin sosyal medyada gıda hazırlama, beslenme, diyet vb. üzerine bir sayfa/kanal vb takip etme durumları						
Takip ediyorum	155	77.50	87	43.50	242	60.50
Takip etmiyorum	38	19.00	106	53.00	144	36.00
Sosyal medya kullanmıyorum	7	03.50	7	03.50	14	03.50

Çalışmaya katılan Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %56.32'si probiyotik gıdalar ile ilgili bilgiyi eğitim-konferans-bilimsel toplantıdan elde etmiştir. Kimya Bölümü öğrencilerinin %50.91'i ise reklam (TV-gazete-dergi-internet)'den bilgiyi elde etmiştir. İki bölüme ait verilerin ortalaması alındığında probiyotik gıda ile ilgili bilginin dayandığı kaynak reklamdır. Anket verilerine bakıldığında iki bölümünde en sık tükettiği probiyotik gıda ürünü %49.73 oranıyla probiyotik yoğurtur. Öğrenciler tarafından en çok tercih edilen ikinci probiyotik gıda ürünü ise kefir (Tablo 10). Betz ve ark. [20] hastanede 200 hastaya yaptıkları çalışmada en çok tercih edilen probiyotik ürünün yoğurt (%72) olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışmaya katılan öğrencilerin %89.24'ü probiyotik gıdaları ambalajlı satın aldıklarını belirtmiştir. Bu sonuç öğrencilerin gıda güvenliği konusunda bilinç sahibi olduğunun bir göstergesidir (Tablo 11).

SONUÇ

Bu çalışmada Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %44'ünün, Kimya Bölümü öğrencilerinin %20.10'unun probiyotik gıdalar hakkında bilgilerinin olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, probiyotik ürünlerin tüketim sıklığının Gıda Mühendisliği Bölümü ve Kimya Bölümü üniversite öğrencilerinde düşük olduğu belirlenmiştir. Probiyotik gıdaların sağlık üzerine olumlu etkileri her geçen gün çalışmalar ile desteklenirken, probiyotik gıdalar hakkında bilgi eksikliği ve ürünlerin normal besinlere göre daha pahalı olmasının probiyotik ürün tüketimini kısıtladığı saptanmıştır. Çalışma sonucunda Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %41.18'i, Kimya Bölümü öğrencilerinin ise %45.08'i probiyotik gıdaları pahalı bulmaktadır. Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin %32.16'sı, Kimya Bölümü öğrencilerinin %12.18'i probiyotik gıdaları tüketmektedirler. Araştırmada elde edilen bulgulara göre; Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencileri probiyotik gıdalar hakkında daha fazla bilgiye sahiptir. Ayrıca gıda

mühendisliği öğrencileri daha fazla probiyotik gıda tüketmektedir. Probiyotik gıda tüketen öğrencilerin büyük çoğunluğunun bağırsıklık sistemini güçlendirdiği için tercih ettiği belirlenmiştir. Öğrenciler tarafından probiyotik eklenmesi istenen gıdalar arasında en çok tahıl ürünleri tercih edilmiştir. Sonuç olarak yeni

probiyotik ürünler üretilerek çeşitlilik artırılmalı ve probiyotik konusunda halkın daha fazla bilgilendirilmesi gereklidir. Koruyucu ve tedavi edici etkileri nedeniyle, bebek ve çocuklarda dahil olmak üzere herkese önerilmelidir.

Tablo 10. Probiyotik gıda hakkındaki bilgi kaynakları ve en sık tükettikleri probiyotik gıda ürünü

Table 10. Information sources about probiotic food and the most frequently consumed probiotic food product

	Gıda		Kimya		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Öğrencilerin probiyotik gıdalar hakkında bilgiyi nereden aldıkları durumu						
Reklam	41	23.56	84	50.91	125	36.84
Eğitim, Konferans, Bilimsel Toplantı	98	56.32	16	09.70	114	33.63
Arkadaş, Tanıdık, Aile	17	09.77	44	26.67	61	17.99
Uzman	18	10.40	21	12.73	39	11.50
Öğrencilerin en sık tüketilen probiyotik gıda ürünü						
Kefir	65	39.63	47	38.21	112	39.02
Probiyotikli Yoğurt	91	55.49	52	42.28	143	49.73
Probiyotikli Peynir	2	01.22	8	06.50	10	03.48
Diğer	6	03.66	16	13.01	22	07.67

Tablo 11. Öğrencilerin probiyotik gıda satın alırken tercih ettikleri sunum şekli

Table 11. The presentation style preferred by the students when purchasing probiotic food


	Gıda		Kimya		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Öğrencilerin probiyotik gıda satın alırken tercih ettikleri sunum şekli						
Ambalajlı Alırım	155	93.37	102	83.61	257	89.24
Açık Alırım	0	00.00	7	05.74	7	02.43
Bazen Açık Bazen Ambalajlı	11	06.63	13	10.66	24	08.33

KAYNAKLAR

- [1] Hacıoğlu, G., Kurt, G. (2012). Tüketicilerin fonksiyonel gıdalara yönelik farkındalığı, kabulü ve tutumları: İzmir ili örneği. *Business & Economics Research Journal*, 3(1), 161-171.
- [2] Aydın, M., Açıkgöz, İ., Şimşek, B. (2010). Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi öğrencilerinin probiyotik ürün tüketimlerinin ve probiyotik kavramının bilinme düzeyinin belirlenmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2), 1-6.
- [3] Çakır, İ., Çakmakçı, M.L. (2004). Probiyotikler: tanımı, etki mekanizması, seçim ve güvenilirlik kriterleri. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 29(6), 427-434.
- [4] Derin Önay, D., Emdirme, N. (2012). Selçuk Üniversitesi öğrencilerinin süt ve fermente süt ürünleri tüketim alışkanlıkları. *Akademik Gıda*, 10(4), 37-44.
- [5] Shanahan, F. (2000). Probiotics and inflammatory bowel disease: is there a scientific rationale? *Inflammatory Bowel Diseases*, 6(2), 107-115.
- [6] Ötleş, S., Çağındı, Ö., Akçiçek, E. (2003). Probiotics and health. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 4, 369-372.
- [7] Schrezenmeir, J., Vrese, M. (2001). Probiotics, prebiotics, and synbiotics approaching a definition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 361-364.
- [8] Azad, M.A.K., Sarker, M., Li T., Yin, J. (2018). Probiotic species in the modulation of gut microbiota: an overview. *Biomed Research International*, 1-8.
- [9] Kalip, K., Atak, N. (2018). Bağırsak mikrobiyotası ve sağlık. *Turkish Journal of Public Health*, 16(1), 58-73.
- [10] Patel, R., DuPont, H.L. (2015). New approaches for bacteriotherapy: prebiotics, new-generation probiotics and synbiotics. *Clinical Infectious Disease*, 60(2), 108-121.
- [11] Dokur, F., Özaydın, N., Duygu, Z., Naflide, M., Kerem, E. (2006). Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi öğrencilerinin probiyotikler hakkındaki bilgi düzeyleri ve bunu etkileyen faktörler. *V. Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi*, Ankara, Türkiye.
- [12] Demirci, M. (2002). Beslenme. Rebel Yayıncılık Basım, Tekirdağ.
- [13] Polewski, M. A., Krueger, C. G., Reed, J. D., ve Leyer, G. (2016). Ability of cranberry proanthocyanidins in combination with a probiotic formulation to inhibit in vitro invasion of gut epithelial cells by extra-intestinal pathogenic *E. coli*. *Journal of Functional Foods*, 25, 123-134.
- [14] Khalil, E., Abd Manap, M., Mustafa, S., Alhelli, A., ve Shokryazdan, P. (2018). Probiotic properties of exopolysaccharide-producing *Lactobacillus* strains isolated from Tempoyak. *Molecules*, 23(2), 398.
- [15] Chen, J., Lobo, A., Rajendran, N. (2014). Drivers of organic food purchase intentions in mainland China-evaluating potential customers' attitudes, demographics and segmentation. *International Journal of Consumer Studies*, 38(4), 346-356.

- [16] Du, S., Bartels, J., Reinders, M., Sen, S. (2017). Organic consumption behavior: A social identification perspective. *Food Quality and Preference*, 62, 190-198.
- [17] Joshi, Y., Rahman, Z. (2017). Investigating the Determinants of Consumers' Sustainable Purchase Behaviour. *Sustainable Production and Consumption*, 10, 110-120.
- [18] Cruz, A.G., Faria, J.A.F., Van Dender, A.G.F. (2007). Packaging system and probiotic dairy foods. *Food Research International*, 40(8), 951-956.
- [19] Zemzemoğlu, T.E.A., Uludağ, E., Uzun, S. (2019). Üniversite öğrencilerinin probiyotik bilgi düzeyi ve tüketim durumlarının belirlenmesi. *Gıda*, 44(1), 118-130.
- [20] Betz, M., Uzueta, A., Rasmussen, H., Gregoire, M., Vanderwall, C. ve Witowich, G. (2015). Knowledge, use and perceptions of probiotics and prebiotics in hospitalised patients. *Nutrition & Dietetics*, 72(3), 261-266.
- [21] Aslan, S., Kara, R., Yaman, H. (2019). Determining the consumption habits related to probiotic products. *Turkish Journal of Agriculture*, 7(6), 861-865.
- [22] Şengün, İ.Y., Kırmızıgül, A., Özyayın, İ., Yarım, H. (2020). Tüketicilerin probiyotik ve prebiyotik gıdalara yönelik bilgi düzeyleri ve tüketim durumlarının belirlenmesi: İzmir / Bornova örneği. *Gıda*, 45(1), 103-114.
- [23] Derin Onay, D., Keskin, S. (2013). Gıda Mühendisliği Öğrencilerinin probiyotik ürün tüketim durumlarının belirlenmesi: Ege Üniversitesi Örneği, *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 38(4), 215-222.
-
-

Avokado: İşlenmesi ve Kullanım Alanları

Bahar Demircan¹ , Yakup Sedat Velioğlu²  

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 06830, Gölbaşı, Ankara

Geliş Tarihi (Received): 13.10.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 18.03.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): velioğlu@ankara.edu.tr (Y.S. Velioğlu)

📞 0 312 203 33 00 / 3619 📠 0 312 317 87 11

ÖZ

Avokado, zengin besin bileşimi ve önemli miktarda yağ içeriği ile öne çıkan bir tropikal meyvedir. Taze meyve olarak tüketiminin yanı sıra günlük diyetle avokado içerikli ürünlere olan arz ve talep artmaktadır. Avokadonun besin değeri ve yararlarını araştıran çalışmalarla birlikte, üretim miktarı ve yeni kullanım alanları da günden güne artmaktadır. Avokadonun işlenmesindeki en önemli sorun meyvenin hızlı renk değişimine uğraması ve fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik etkenler nedeniyle raf ömrünün kısa olmasıdır. Bu sorunların etkisi, meyvenin işlenmeden önce ısı işlem, düşük sıcaklıkta koşullandırma, yüzey kaplama, modifiye/kontrollü atmosfer ve 1-metilsiklopropen kullanımı gibi uygulamalara tabii tutulması ile azaltılabilmektedir. İyi kalitede ve işlenebilecek nitelikte olan avokado meyveleri hedef pazara bağlı olarak ve uygun teknolojiler kullanılarak yağ, guacamol, püre, sos, taze dilim, kurutulmuş veya dondurulmuş ürün olarak işlenmektedir. Bu derlemede belirli kalite kriterlerine sahip avokado meyvelerinin işlenmesi ile oluşan ve günden güne gelişmeye devam eden avokado bazlı ürün pazarı ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Avokado, Kalite parametreleri, İşlenmesi, Ürünleri, Kullanım alanları

Avocado: Its Processing and Uses

ABSTRACT

Avocado is a tropical fruit that stands out with its rich nutrient composition and significant oil content. In addition to its consumption as a fresh fruit, the supply and demand for avocado-containing products in the daily diet are increasing. Along with the studies investigating the nutritional value and benefits of avocado, the amount of its production and new uses are increasing day by day. The most important problems in the processing of avocados are the rapid color change of the fruit and its short shelf life due to physical, chemical and microbiological factors. The impact of these problems can be reduced by subjecting fruits to applications such as heat treatment, low temperature conditioning, surface coating, modified/controlled atmosphere and use of 1-methylcyclopropene before processing. Good quality and processable avocado fruits are processed into oil, guacamole, puree, sauce, fresh slices, dried or frozen products, depending on the target market and using appropriate technologies. In this review, the avocado-based product market, which is formed by processing avocado fruits with certain quality criteria and continues to develop day by day, is discussed.

Keywords: Avocado, Quality parameters, Processing, Products, Uses

GİRİŞ

Avokado tipik olarak pürüzsüz bir dokuya, tereyağımsı bir kıvama ve zengin bir aromaya sahip olduğundan tatlı

veya asidik olan çoğu meyveden farklıdır [1]. Avokado günümüzde yalnızca egzotik bir meyve olarak değil birçok kişinin günlük beslenmesinin bir parçası olarak giderek önem kazanmaktadır. Avokado taze meyve

olarak büyük bir pazara sahiptir ancak ticarileşmeyi arttırmak, taze tüketim için pazar değeri düşük meyveleri değerlendirmek ve katma değer sağlamak için bu meyveden tüketici beklentilerini karşılayabilecek yüksek kalite ve uzun raf ömrüne sahip gıda ürünleri üretmek önem taşımaktadır [2-4]. Avokadonun günümüzde en yaygın kullanımı salatalara eklenmesidir ancak avokado guacamole sosu olarak da yaygın olarak tüketilmektedir. Guacamole sosuna ek olarak dondurulmuş ürünler, içecekler ve pürelere gibi çok çeşitli işlenmiş gıda ürünleri ve sabun, şampuan, losyon ve krem gibi çeşitli kozmetik ürünlerinin üretiminde de avokado kullanımı oldukça yaygındır [1]. Ayrıca avokado, yağ içeriği bakımından zeytin ve hurma meyvelerine rakip olabilecek tek meyve olması ve aynı zamanda tüketimine çeşitli sağlık etkileri atfedildiği için yağ piyasasında da öne çıkmaktadır [5, 6]. Avokadodan elde edilen yağ salata, sos ve et ürünlerinin marinasyon işlemi için kullanılmaktadır. Yemek yapımında soğuk preslenmiş avokado yağı kullanımı zeytinyağına kıyasla nispeten daha yeni bir uygulamadır [1].

Avokado günümüzde yaygın olarak tüketilen bir meyvedir. Kaliteli yağ içeriğinin yanı sıra yapısında çok sayıda vitamin ve mineral içerdiğinden günlük diyetle avokado içerikli ürünlere olan arz ve talep artmaktadır [7]. Son yıllarda global düzeyde avokadonun kullanıldığı yeni alanlar da oluşturulmuştur [8]. Avokado üretimi düşünüldüğünde piyasada sınırlı sayıda ürün (avokado yağı, avokado püresi, avokadolu meyve suyu vb.) bulunmaktadır. Bu nedenle, avokadodan yeni ürünler geliştirmek için önemli bir potansiyel vardır [1].

Bu derlemede belirli kalite kriterlerine sahip avokado meyvelerinin işlenmesi ile üretilen farklı avokado bazlı ürünler ve bu ürünlere ait pazar araştırmaları özetlenmiştir.

AVOKADO KALİTESİ ve HASAT SONRASI KORUMA

Geçmişte avokadolar Halowax yöntemi kullanılarak %8 yağ içerdiğinde hasat için olgunlaşmış olarak kabul edilmiştir. Ardından yağ içeriği ve kuru madde arasında doğrusal bir ilişki olduğu anlaşılınca avokadonun minimum olgunluğunun %21 kurumadde içeriğinde olduğu belirlenmiştir. Günümüzde de yaygın olarak kurumadde düzeyi olgunluk indeksi olarak değerlendirilmektedir. Taze pazar için hasat, kuru madde %21'e ulaştığında başlamasına rağmen bu meyveler henüz işlenmeye uygun değildir. Bu durum tadının henüz oluşmaması, meyve eti renginin soluk yeşil olması ve ürünün viskozitesinin çok düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Avokado işleneceği zaman kaliteli bir ürün elde etmek için meyvede %25 kurumadde veya %13 yağ içeriğinin olması gerektiği öne sürülmektedir [9].

Hasat sırasında avokadonun dikkatli bir şekilde toplanması gerekir, aksi takdirde mekanik hasarlar oluşabilir [10, 11]. Avokadolar toplandıktan sonra güneş yanığı ve dehidrasyona neden olabilecek aşırı ısınmanın önlenmesi için gölgede tutulan kutulara yerleştirilir. Kutular en kısa sürede paketleme tesisine taşınır,

meyveler tartılır, döner fırçalar ile temizlenir ve şekli, boyutu ve diğer özelliklerine göre sınıflandırılır [12]. Meyve paketlenmeden önce ısıl işlemler, düşük sıcaklıkta koşullandırma, yüzey kaplama uygulamaları, düşük oksijen atmosferi, 1-metilsiklopropan (1-MCP, etilen etkisi inhibitörü) ilavesi gibi farklı uygulamaların yapılması avokado raf ömrünü uzatmada etkilidir. Ardından meyveler hedef pazara bağlı olarak çeşitli şekillerde modifiye atmosferde paketlenir veya kontrollü atmosferde depolanır [13]. Paketlenen meyveler hemen ön soğutma işlemi için soğutulmuş odalara taşınır. Solunum ve etilen üretimini azaltmadaki etkisi nedeniyle depolama sırasında en önemli faktör sıcaklıktır ve olgunlaşmamış avokadolar için optimum sıcaklık 5-13°C iken olgun avokadolar için 2-4°C'dir [12]. Avokadonun soğuk zincirindeki bir kırılma meyve yumuşamasına ve çeşitli fizyolojik bozuklukların ortaya çıkmasına neden olabileceğinden doğru sıcaklığın korunmasına dikkat edilmelidir [13]. Toplam avokado üretim ve pazarlama maliyetlerinin yaklaşık %60'ı kalite ve miktar kayıpları ile sonuçlanan hasat ve hasat sonrası aşamalardan kaynaklanmaktadır [10, 11, 13-15].

Avokadoların hasat sonrası kalitesi aşağıdaki durumlarla ilişkilidir:

I. Mekanik hasar

Avokadonun hasat edilmesinden satışa sunulmasına kadar tüm noktalarda mekanik hasarlar meydana gelebilir. Hüresel bozulma çürük mezokarp (meyve eti) dokusunun kahverengileşmesi ile ilişkili polifenol oksidaz aktivitesine bağlıdır. Mezokarp zedelenmesi satılabilirliğin önündeki en büyük engeldir [1]. Avokado meyvesinin 10 cm kadar az bir yükseklikten düşürülmesi dahi renk ve düzgün görünüm kaybına neden olabilir. Meyveleri mekanik hasarlardan korumak için uygun ambalajların kullanılması sorunu önemli ölçüde önleyebilir [16-21].

II. Yumuşama ve düzensiz olgunlaşma

Uzun depolama süreçlerinde avokado yumuşama eğilimindedir ve yumuşak meyvelerin raf ömrü kısa olduğundan pazarlamada sorunlara yol açar. Öte yandan pazar hedefine ulaşmadan olgunlaşan meyveler ise sert meyvelere göre enfeksiyonlara karşı daha hassastır. Avokadoların olgunlaşmasında renk homojenliği de önemlidir ve eşit olmayan renklenme sorununu çözmek için depolama ve olgunlaştırma koşullarının kontrol edilmesi gerekir. Olgunlaşma süreci boyunca nem, karbondioksit oranı ve sıcaklık meyve kalitesini doğrudan etkileyen parametrelerdir. Çok düşük sıcaklıklar olgunlaşma sürecini baskılayarak soğuk hasarına neden olabilmektedir. Avokadoların düzensiz olgunlaşmasını kontrol etmek için 1-MCP uygulaması ve hafif ısıl işlemler başta olmak üzere çeşitli yöntemler kullanılmaktadır [22-32];

III. Soğuk hasarı ve lekelenme

Düşük sıcaklıkta depolama (5-13°C) avokadoların hasat sonrası kalitesini korumak için en etkili yöntemdir. Çok düşük ve çok yüksek sıcaklıklarda meyve etinde

lekelenmeler ve soğuk hasarı meydana gelmektedir. Düşük sıcaklıklarda oluşan lekelenme etteki küçük koyu lekeler ve kahverengi iplikli yapıların oluştuğu bölgenin karaması olarak tanımlanır. Bu kusurlar meyve kesildiğinde ya hemen görünür ya da birkaç dakika içinde bu görünüm oluşur. Hem soğuk hasarı hem de lekelenme polifenol oksidaz enzimi reaksiyonlarına neden olur. Avokadoda görülen çukurlaşma, olgunlaşmama, karama, tat bozukluğu, et renginin değişmesi ve çürüme soğuk hasarı ile ilişkili olarak ortaya çıkmaktadır. Soğuk hasarı avokadolarda $>35^{\circ}\text{C}$ gibi yüksek sıcaklıkların kısa vadeli uygulanması gibi ısı şok ile kontrol edilebilir. Ayrıca bu durum kuru ve nemli hava uygulaması, kontrollü atmosferde depolama, 1-MCP uygulaması ve düşük sıcaklıklarda depolama gibi uygulamalar ile de önenebilir [24, 26, 29, 33-42].

IV. Meyve sağlığı ve hastalıkları

Avokado meyve sağlığı esas olarak hasat sonrası antraknoz (gövde lezyonları) ve *Colletotrichum gloeosporioides* ve *Lasiodiplodia theobromae*'in neden olduğu gövde ucu çürüklüğü ile ilgilidir. Hasat alanında başlayıp hasat sonrasında büyük önem arz eden bu küf hastalıkları meyve kaybının %70'ini oluşturmaktadır. Avokadonun hasat sonrası hastalıkları fungusitlerin uygulanmasıyla kontrol altına alınabilir. Kimyasal ilaçların kullanımını azaltmak ve avokado meyvesini hasat sonrası güvenli bir şekilde korumak için esansiyel yağ kullanımı [43-49], biyobozunur polimerlerin kullanımı [50-56], bitki savunma düzenleyici bileşenlerin kullanımı [43, 57, 58], biyolojik kontrol ajanlarının kullanımı [59-63] gibi çeşitli alternatif yöntemler uygulanmaktadır.

V. Hasat sonrası bitki sağlığı uygulamaları

Hasat sonrası böcek sorunları da ekonomik kayıpları önemli ölçüde etkiler. Avokado tohum güvesi (*Stenomacra catenifer* Walsingham), bozulma güvesi (*Thaumotobia leucotreta* Meyrick), büyük avokado tohum biti (*Heilipus lauri* Boheman), trips (*Selenothrips rubrocinctus* Giard) ve meyve sineği (*Bactrocera dorsalis* Hendel) avokado meyve kalitesini etkileyen yaygın zararlılardır. Son yıllarda soğuk sterilizasyon ve ışınlama gibi kimyasal olmayan haşere kontrolü uygulamaları yaygınlaşmaktadır [64, 65].

Yukarıda sayılan sorunların oluşması ürün görünümünde kusurlara ve meyve çürümesine neden olmaktadır. Meyve çürümesini önlemek ve avokadonun raf ömrünü uzatmak için tarım ilacı uygulamaları yapılmaktadır ve genellikle kullanılan fungusitlerin etki şekli spesifik olduğundan hedef küflerin genetik yapısındaki herhangi bir değişiklik bu uygulamaya karşı bir direnç gelişimine neden olabilir. Öte yandan kimyasal fungusitlerin bazıları potansiyel kanserojendir ve ürün yüzeyinde kimyasal kalıntılar olabileceğinden tüketiciler için sağlık riski oluştururlar. Fungisit uygulamaları ile ilgili olumsuzluklara ilişkin artan tüketici bilinci, meyvelerde izin verilen maksimum kalıntı limitleri ile ilgili yasal düzenlemelerin daha dikkatli bir şekilde uygulanmasını sağlamıştır. Buna bağlı olarak son yıllarda fiziksel ısı işlemler, ışınlama, kontrollü atmosfer, elektrolize su, biyolojik kontrol, bitki ekstraktları ve bitki savunma

özelliklerini arttıran elisitörler gibi daha güvenli alternatif koruma teknolojileri geliştirilmiştir [57, 66, 67].

AVOKADONUN İŞLENMESİ ve İŞLENMİŞ AVOKADO PAZARI

Hasat sonrası avokado meyvesinin yumuşaması solunum hızına bağlıdır. Avokado 21°C 'de 6-12 günde ve 5°C 'de 30-40 günde yumuşar, bu durum depolama sırasında etilen gazı üretimi ile ilişkilidir [68]. Meyvenin depolanmasında metabolizmasının yavaşlatılması ve buna bağlı olarak aşırı etilen üretiminin önüne geçmek için depolanacak meyveye ön soğutma işlemi uygulanır [33]. Avokadonun depolama sıcaklığı meyve çeşidine göre değişmekle birlikte $4-7^{\circ}\text{C}$ olarak belirtilmektedir. 3°C 'nin altındaki sıcaklıklar meyvede soğuk hasarı oluşturarak meyve etinin renginin değişmesi, yüzey karaması ve şekil bozukluklarına neden olur. Avokadoda soğuk hasarı, soğuk depolamadan hemen önce 38°C 'de sıcak suya daldırma veya sıcak hava ile muamele etme işlemi ile önenebilmektedir [69]. Depolama öncesi yapılan bu işlemlerle meyve bozulması ve olgunlaşması yavaşlatılabilir fakat tamamen önlenemez. Bu nedenle genelde kontrollü atmosferde depolama uygulaması yapılır. Bu teknik ile O_2 oranı azaltılıp ve CO_2 oranı artırılarak meyvenin solunum hızını düşürmek, bileşen kayıplarını yavaşlatmak, etilen sentezini durdurmak ve aromatik madde sentezini yavaşlatmak hedeflenmektedir [70]. Avokado $5-7^{\circ}\text{C}$ 'de %2 O_2 ve %10 CO_2 bulunan kontrollü bir atmosferde depolanarak soğuk hasarı olmadan 5-9 hafta gibi bir süre başarı ile saklanabilmektedir. Depolama atmosferindeki azaltılmış O_2 oranı, etilen ve aromatik madde sentezini engellemektedir [33]. Bu işlemlerle birlikte soğuk depolamada olgunlaşması durdurulan meyvelere pazara sunulmadan önce tamamlayıcı bir olgunlaştırma uygulanır. Meyvenin olgunluk durumuna göre 20°C 'de 12-72 saat arası 100 ppm etilen uygulanması olgunlaşma süresini 3-6 gün arasında hızlandırmaktadır. Avokadonun olgunlaşması için sıcaklık $15-20^{\circ}\text{C}$ aralığında olmalıdır. 25°C 'nin üzerinde olgunlaşma düzensiz olmaktadır ve çürüme riski de artmaktadır [71].

Avokado meyveleri sınıflandırılıp kutulara konduktan sonra hava sızdırmaz nitelikte bir ambalaj içerisine konulur. Bu teknikte bileşimi önceden belirlenmiş gaz karışımı ambalaj içerisine verilir ve ağız hemen kapatılır. Burada gaz karışımı yalnızca bir kez ayarlanmakta ve daha sonra kontrol edilmemektedir. Gaz bileşimi meyvenin solunumu ile zamanla değişmektedir. Bu teknik uzun mesafelere taşınacak olan avokado meyveleri için uygun bir tekniktir [72, 73]. Modifiye atmosfer paketleme işleminde yaygın olarak avokadolarda 1-MCP kullanılmaktadır. Bu şekilde depolanan avokadolarda ağırlık kaybı, dış görünüşte olan bozukluklar ve meyve etinde saptanan fizyolojik bozuklukların daha az olduğu belirtilmiştir [33, 74, 75]. 1-MCP ile birlikte balmumu kullanımı da su kaybının önlenmesi, solunum hızının düşürülmesi ve yüzey renginin ve parlaklığının artırılmasına katkı sağlar [76].

Avokado işleme endüstrisinde çekirdekler, kabuklar ve kalan et kısımları atık olarak ayrılır, bu da bazı çeşitlerde

bazı istisnalar dışında meyvenin %21-30'una karşılık gelen büyük miktarda katı atık ile sonuçlanır [77]. Büyük miktarlarda oluşan bir başka atık da avokado yağlarının ekstraksiyonundan geriye kalan hamurdur [78]. Normalde, avokado kalıntıları kullanılmaz ve atık olarak atılır, bu da ciddi bir çevre sorununa neden olur [79]. Avokado kalıntıları, yüksek antioksidan kapasiteli yaban mersini ile karşılaştırıldığında daha fazla fenolik bileşik ve antioksidan aktivite içeren zengin bir biyoaktif bileşik kaynağıdır [6, 77, 80, 81].

Uygun teknolojiler ile avokado çekirdeği ve kabuğu doğal katkı maddeleri hammaddesi olarak kullanılabilir. Lipid bileşenlerinin, polifenollerin, nişastanın ve liflerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve avokado atıklarının düşük maliyeti, bunların değerlendirilmesi ile üretilen malzemeleri gıda, kozmetik ve eczacılık endüstrilerinde kullanım için potansiyel bir biyoaktif bileşen kaynağı haline getirmektedir. Günümüzde, avokado atıklarından değerli bileşikler elde etmek için çevre dostu teknolojilerin kullanılmaya başlanması söz konusudur [82-85]. Meyve ve sebze endüstrisinde sıklıkla kullanılan darbeli elektrik alan, ohmik ısı, ultrases, mikrodalga, basınçlı sıvılar ve süper kritik sıvılar bu tür amaçlar için oldukça uygun teknolojilerdir [82]. Ek olarak, enzim destekli ekstraksiyon [86] ve fermantasyon destekli ekstraksiyon [87] gibi biyoteknolojik işlemler de başarı ile kullanılabilir. Farklı yöntemlerle avokado atıklarından elde edilebilecek olan çeşitli biyoaktif bileşenlerin gıda ve kozmetik endüstrilerinde antioksidanlar, antimikrobiyal maddeler, bitkisel yağlar veya katkı maddeleri gibi çeşitli uygulamalarda kullanım potansiyeli bulunmaktadır.

Avokadonun işlenmesinde ultra yüksek basınç ve dondurma en yaygın kullanılan teknolojilerdir. Yüksek basınçlı işleme (UHP veya HHP) avokado püreleri gibi ürünlerin geliştirilmesinde önemli ölçüde avantajlı ve nispeten yeni bir teknolojidir. HPP, proteinlerin ve özellikle enzimlerin denatürasyonu nedeniyle biyolojik aktiviteyi önemli ölçüde azaltan aşırı basınçların (200-600 MPa veya 30-85000 psi) kullanılmasıdır [88]. Bu şekilde mikrobiyal yükte 3-5 log azalma sağlanabilmektedir [89]. Mikrobiyal yükü azaltmanın yanı sıra HPP, gıdaların lezzetini ve renk kalitesini de korumaktadır [90]. Bu işleme yönteminin sermaye yatırımı yüksektir (≈ 1 milyon \$/hat) ve uygulama 1-3 dakika sürmektedir. Avokadonun UHP kullanılarak işlenmesi önemli bir ticari başarı olmuştur. UHP ile üretilen guacamolenin +4°C'de 50 güne kadar rafta stabil olduğu ve tadının taze ürününkine çok yakın olduğu bildirilmiştir [88]. Yüksek basınçla işlenmiş avokado ürünleri ABD pazarında çok yaygın olarak yer almaktadır ve mevcut endüstri tahminleri, bu ürün hacminin önümüzdeki yıllarda hızla katlanarak büyüyeceği yönündedir. Yüksek basınçlı işleme ürünün minimum lezzet bozulmasıyla taze kalmasını sağlar ve bu ürünlerin raf ömrü soğukta muhafazada 30 gündür. Mikrobiyal yükün azalması ürünün raf ömrünü arttırmaktadır. Fakat yüksek basınçlı işleme avokadonun kahverengiye dönmesine neden olan polifenol oksidaz enzimini etkisiz hale getirmediğinden ambalaj açıldıktan sonra ürünün rengi 24 saat içinde değişmektedir [91]. Bu durumun polifenol oksidaz enzimini ve substratlarını serbest bırakan hücresel organellerin kısmi

bozulmasının bir sonucu olduğu öne sürülmektedir. Fakat yine de HPP işlemi ile polifenol oksidaz enzimi aktivitesinin önemli ölçüde azaltılabileceği bazı araştırmalarda belirlenmiştir [89, 92]. Avokadonun işlenmesinde yaygın olarak kullanılan dondurma işlemindeki başlıca sorun ise çözüldükten sonra istenmeyen acı tat gelişmesi ve kahverengileşmedir [93]. Bower ve Dennison [94], dondurma işleminden önce meyvelerin düşük konsantrasyonlarda sitrik asit çözeltisine daldırılmasının ve pastörizasyon uygulanmasının yapının korunmasına, acı tat oluşumunun azalmasına ve esmerleşmenin önlenmesine yardımcı olduğunu bildirmişlerdir.

Avokadonun işlenmesinde en büyük sorun meyvenin renginin hızla kahverengiye dönmesidir. Bu durum, avokadonun oksijene maruz kaldıklarında kinon bileşiklerine dönüşebilen yüksek miktarda fenolik bileşen içermesinden kaynaklanmaktadır. Bu süreç polifenol oksidaz enzimi tarafından gerçekleştirilir. Bu kinon bileşiklerinden bazıları bakteriler için toksiktir ve bu nedenle işlem meyvenin mikrobiyolojik kalitesi için yararlıdır. Bununla birlikte, kinonlar uzun polimer zincirleri oluşturmak için polimerize olarak kahverengi rengin oluşumuna neden olabilmektedir. Bu, diğer birçok meyvede de görülen bir durumdur fakat avokadolar çok miktarda polifenol oksidaz içerdiklerinden ve açık renklerinden dolayı çok daha çabuk kahverengileşirler. Kahverengi renge neden olan polimerik bileşikler melanin pigmentleridir. Basit bir yöntem olarak streç film ile meyvenin sarılması oksijeni bloke edebilir ve dolayısıyla esmerleşmeyi geciktirebilir. Limon veya misket limonu suyu eklemek veya avokadoyu soğutmak da polifenol oksidaz enziminin aktivitesini engellediği için kahverengileşmeyi de geciktirebilmektedir [91].

AVOKADO KULLANIM ALANLARI ve AVOKADO BAZLI ÜRÜNLER

Farklı araştırmacılarca pastörizasyon, kurutma, yağ ekstraksiyonu, dondurma ve dondurarak kurutma, mikrodalga ısıtma, kimyasal ajanların kullanımı, nitrojen atmosferi, vakum ve yüksek hidrostatik basınç işlemi dahil olmak üzere stabil bir avokado püresi elde etmek için çeşitli koruma yöntemleri üzerinde çalışılmıştır [92, 95-98].

Avokado meyvesi çiğ olarak veya pişirilerek tüketilebildiği gibi birçok farklı işlenmiş formu da bulunmaktadır. Avokadonun Brezilya'da guacamol sosu olarak tüketimi yaygınken, Meksika'da sorbeler ve dondurmalara dahil edilmektedir. Nikaragua'da peynirlere katılmakta ve Japonya'da ise suşi yapımında kullanılmaktadır. Avokado püresi Küba'da balığın yanında zeytinyağı, yeşil zeytin, limon suyu ve kapari ile karıştırılarak yapılan bir sos olarak tüketilmektedir. Avokado özütü rom, kahve ve süt ile birleştirilerek içecek olarak da servis edilmektedir. Karayipler'de sarımsak, tuz ve Hindistan cevizi ile harman olarak sos olarak hazırlanmaktadır. Püre ayrıca süt ve şekerle karıştırılarak Tayvan ve Filipinler'de tatlı olarak da tüketilmektedir [99]. Meyvenin yanı sıra avokado çekirdeği de un formuna getirilip belirli şekerler ve aromalarla karıştırılarak şekerleme üretiminde

kullanılmaktadır [100]. Avokado gıda endüstrisinde hammadde olarak kullanılmasının yanı sıra kozmetik sektörü tarafından sabun, cilt bakımı, şampuan ve vücut yağı ürünlerinin üretiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca avokado çekirdek kabukları da yapısında bulunan benzil butil ftalat bileşiminden dolayı kozmetik ürünlerinin üretiminde bir plastikleştirici olarak kullanılmaktadır [101]. Avokado yağı özellikle cilt bakım ürünlerinde temizleyici kremler, güneş koruyucu losyonlar ve saç kremleri gibi ürünlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin, avokado yağı, Kore'de vücut losyonu ve yüz kremi üretimi için süt ile karıştırılmaktadır [102].

Günümüzde avokadonun gıda, kozmetik ve tıp alanında patentli birçok kullanım alanı vardır. Bu kullanımlar daha çok posa veya avokado yağı şeklindedir. Avokado atıklarını kullanan patentler bir antioksidan çay hazırlamak için avokado çekirdeklerinin kullanımını ve

bir kültür ortamı olarak çekirdek kullanımını içermektedir. Gıda endüstrisinde avokado ile ilgili alınmış olan patentlere örnek olarak; çayda avokado çekirdeklerinin kullanılması (CN2017174030 20170210), avokado çekirdek materyalinden türetilen kültür ortamı (WO2014IB66209 20141120), avokado çayı yapma yöntemi (CN20151887121 20151207), avokado sirkesi (CN2015187792920151204), avokado meyve suyu hazırlama yöntemi (CN201611114285 20161207), avokado kesme yöntemleri (US201715449625 20170303), besinsel değeri artırılmış avokadolu meyve suyu (CN20151866395 20151127) ve avokado şarabı (CN2017163431 20170203) verilebilir [103]. Günümüzde piyasada satılan dilimlenmiş avokado, avokadolu dondurma, sürülebilir avokado, avokadolu tost, dondurulmuş avokado, avokado yağı, avokadolu atıştırmalıklar, avokado sosu, avokado ezmesi/püresi, avokadolu içecek, avokadolu tatlı ve avokadolu bebek maması gibi farklı ürünler Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Avokado bazlı ticari gıda ürünlerine örnekler
Figure 1. Examples of avocado-based commercial products

Avokado Yağı

Avokado meyvesi tekli doymamış yağ asitleri bakımından zengindir ve nispeten yüksek düzeyde E vitamini, β-sitosterol ve karotenoidler gibi yağda çözünen önemli bileşikler içerir [104]. Bu yararlarından yola çıkarak avokado üretiminin artmasıyla birlikte yeni işleme alanları üzerine odaklanılmıştır. Ancak avokado meyvesinin kısa olgunlaşma süresi ve kolay oksidasyonu üreticiler için büyük sorun oluşturur. Bu nedenle avokado meyvesinden yağ üretimi önemli bir girişim olarak değerlendirilmektedir ve avokado yağı doğrudan tüketim için satılmaya başlanmıştır [105]. Dünyadaki başlıca avokado yağı üreticileri Yeni Zelanda, Meksika, Amerika Birleşik Devletleri, Güney Afrika ve Şili'dir [104]. Avokado yağının kalitesinin belirlenmesi için uluslararası tanımlanmış parametreler bulunmamaktadır. Yaygın olarak kullanılan değerler zeytinyağı için önerilen değerlerdir [105] çünkü toplam yağ içeriği ve yağ asidi bileşimi bakımından avokado yağı, zeytinyağına benzer kabul edilir [1].

Diğer yağlar ile kıyaslandığında avokado yağı yüksek düzeyde tekli doymamış yağ asitleri (oleik ve palmitoleik), düşük düzeyde çoklu doymamış yağ asitleri (linoleik) ve nispeten yüksek düzeyde doymuş yağ asitleri (palmitik ve stearik) içermektedir [106]. Yağ asidi bileşimine ek olarak avokado yağı sağlık üzerinde olumlu etkileri olan tokoferoller, skualen, β-sitosterol, kampesterol ve sikloartenol asetat gibi biyoaktif bileşikler de içermektedir [107, 108]. Avokado, yağının yapısında çeşitli biyoaktif maddeler bulunmasından dolayı yüksek bir besin kalitesine sahiptir. Yağ bileşimi ve fitosterol kompozisyonu bakımından zeytinyağına benzemektedir. Avokado yağının zeytinyağı ikamesi olarak kullanılabilme potansiyelinin yanı sıra Brezilya'da iç pazarda satışa sunulan zeytinyağları, maliyeti düşürmek için avokado-zeytinyağı kombinasyonu şeklinde üretilmektedir [109, 110].

Avokado meyvesi yüksek yağ içeriğine sahiptir fakat avokado yağı üretiminin önündeki en büyük engel meyve etinin yüksek nem içeriğinin ekstraksiyon verimini ve üretim maliyetlerini etkilemesidir. Bu nedenle Hass, Fuerte ve Gloria çeşitleri nispeten yüksek yağ oranı ve kısmen düşük nem içerikleri bakımından yağ ekstraksiyonu için en uygun çeşitlerdir [106].

Presleme, ısıtma, hekzan:aseton ve etanol:karbondioksit karışımı ile organik solventlerin kullanımı, dioksit karışımları, ultrases uygulaması, presleme ve organik solvent kombinasyonu ve ardından dondurarak kurutma uygulaması, konvektif kurutma işlemi ve enzim destekli sulu ekstraksiyon gibi çeşitli yöntemler avokado yağını işlemek için kullanılmıştır [104, 111-115]. Bitkisel yağların eldesinde soğuk presleme yönteminin yerini günümüzde solvent ekstraksiyonu almış olsa da bu yöntemin elde edilen yağda kimyasal kalıntı bırakması da önemli bir risk faktörüdür [116]. Öte yandan dondurarak kurutma yönteminin basınçlı hava altında fırında kurutmaya göre daha yüksek yağ verimi sağladığı da bilinmektedir [108]. Son yıllarda ise mevcut yöntemlere alternatif olabilecek düzeylerde yağ eldesini mümkün kılan ve çevre dostu

bir ekstraksiyon yöntemi olan enzim destekli sulu ekstraksiyon üzerine çalışmalar yapılmaktadır [116].

Endüstriyel üretimde Woolf ve ark. [1] ekstraksiyon yöntemine ve meyve kalitesine dayalı olarak avokado yağı için bir sınıflandırma önermiştir. Bu sınıflamaya göre;

- i. Daha yüksek kalitede olan "sızma" avokado yağı, yüksek kaliteli meyvelerden üretilen, 50°C'nin altında bir sıcaklıkta ve kimyasal çözücüler kullanılmadan sadece mekanik yöntemlerle ekstrakte edilen yağdır.
- ii. "Virgin" avokado yağı, 50°C'nin altında bir sıcaklıkta ve kimyasal çözücüler kullanılmadan, daha düşük kaliteli meyvelerden mekanik yöntemlerle ekstrakte edilerek üretilir.
- iii. "Saf" avokado yağı üretimi için meyvenin kalitesi önemli değildir. Bitkilerin veya meyvelerin doğal aroması ile aşılanmış ağartılmış ve kokusu giderilmiş bir yağdır.
- iv. Son olarak, "karışık" avokado yağı zeytin, macadamia ve diğer yağlarla birleştirilmektedir [1].

Avokadodan farklı yöntemlerle (soğuk pres, sulu ekstraksiyon, süperkritik CO₂ ekstraksiyonu, enzimatik ekstraksiyon, solvent ekstraksiyonu vb.) elde edilen ham yağ sonrasında rafine edilmektedir. Rafinasyon işlemi (arıtma, nötralizasyon, ağartma, deodorizasyon ve destilasyon) ile serbest yağ asitlerinin, klorofillerin, fosfolipitlerin ve vaksların çoğu giderilmektedir [69].

Guakamol

Guakamol Meksika mutfağında sıklıkla tüketilen avokadonun tuz, soğan, limon, biber ve domatesle terbiye edilmiş bir sos formudur ve bazı şirketler tarafından bu sos global pazarda satışa sunulmaktadır. Kimyasal katkı maddesi kullanılmadan üretilmiş olan guakamol sosunun gaz bariyerli kaplarda ambalajlanıp depolanması önerilmektedir [117]. Isıl işlemin polifenol oksidaz inaktivasyonu üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Fakat ısıl işlem avokadolarda acılık ve kötü tatların gelişmesine neden olduğu gibi sosun dokusunu da değiştirdiği için sos üretiminde kullanılmamalıdır [110].

Günümüzde guakamol üretiminde kabuk ve çekirdekten ayrılmış meyve eti hamur kıvamına getirilerek domates, biber, soğan, sarımsak, limon ve tuz ve arzuya göre diğer baharatlar ilave edilerek homojen bir yapı elde edilene kadar karıştırılır. Ürün steril kaplara doldurulduktan sonra vakum altında kapatılır ve ürünün dokusunu korumak için hızla dondurma işlemi yapılmalıdır [9]. Ambalajlanan guakamol sosları -22°C'de dondurularak saklanır [69, 118]. Guakamol sosu günümüzde püskürtmeli kurutucuya beslenerek guakamol tozu şeklinde de üretilmektedir [119]. Guakamol üretimi için ultra yüksek basınçlı gıda işleme teknolojisi de uygulanabilir. Bu şekilde üretilen guakamol sosunun donuk üründen daha taze bir tada sahip olduğu yapılan araştırmalar ile ortaya konulmuştur fakat polifenol oksidaz enzimi üründe hala aktif olduğu için görünüm ve renk kayıpları meydana gelebilmektedir.

Ayrıca vakumlu ambalaj açıldıktan sonra renkte kahverengileşmeler de olabilmektedir [120]. Avokado meyve etinin guakamol sos olarak işlenmesinde çeşitli patentler de bulunmaktadır [121-125].

Avokado Püresi ve Sosu

Meyve etinden homojen bir püre elde etmek için formülasyona su, kıvam arttırıcı, antimikrobiyal ajan ve baharat gibi katkıları eklenir. Pürenin depolanmasında patojenik mikroorganizmaların çoğalmasını önlemek için püre hamuru pH'sının sitrik asit ile 4.0'a ayarlanması önerilmektedir [126]. Avokado püresinin hazırlanmasında mikrodalga kullanımı, son üründe daha iyi renk oluşumunu sağlar [96]. Avokado püresinde modifiye atmosferde paketlenme ve soğuk depolama koşullarında antioksidan ve antimikrobiyal amaçlarla α -tokoferol ve/veya sorbik asit yaygın olarak kullanılmaktadır [95, 126]. Ayrıca, bu ürün vakumlu paketlenme ve 4°C'de saklama kombinasyonu ile sorbik asit eklenmeden de muhafaza edilebilir [127]. Avokado püresi veya sosunun genel olarak ana lezzet bileşenleri tuz, kurutulmuş soğan ve sarımsaktır. İyi kıvamlı bir sos 4 numaralı Brookfield viskozimetre mili kullanılarak ölçüldüğünde 8000-12000 cp viskoziteye sahip olmalıdır. Sos kaplara konulduktan sonra şoklanarak dondurulur ve -18°C'de saklanır [9].

Taze Kesilmiş Avokado ve Avokado Dilimleri

Avokado dilimleri genelde ortadan ikiye kesilmiş 2 yarım avokado şeklinde piyasada bulunmaktadır. Avokado

yarımları olgunlaştırılmış Hass çeşidi avokadolarından üretilmektedir. Bu işlemde avokadolar kesilir, çekirdek ve kabuğu çıkarılır, bir antioksidan solüsyonuna daldırma veya solüsyonu meyveye püskürtme uygulaması yapılır ve ardından ürün hızla dondurulur [128]. Dondurulup paketlenen avokado dilimleri -18°C'de depolanır [9]. Modifiye atmosferde dondurulan taze kesilmiş avokado paketlerinin ağzı kapatılır ve bu şekilde ürün 10°C'de 1 ay kadar saklanabilir. Fakat taze kesilmiş avokadolarında polifenol oksidaz aktivitesi ile birlikte oluşan enzimatik esmerleşmenin önlenmesi gerekir. Yapılan araştırmalar sonucunda okzalik asit, okzalasetik asit, askorbik asit-2-fosfat, sistein, glutatyon, N-asetilsistein, kolajik asit ve 4-heksil resorsinol gibi bileşiklerin polifenol oksidaz enzim aktivitesini inhibe ederek esmerleşmeyi engelleyen bileşikler olduğu belirtilmektedir [129].

Taze kesilmiş avokadodaki bir diğer problem ise mikrobiyal gelişmedir. Bu bağlamda ışınlama uygulaması ile gıda kaynaklı patojen ve parazitler yüksek oranda inaktive edilmektedir. Işınlama işlemi kontaminasyonu engellemek, dezenfeksiyonu sağlamak, meyvenin olgunlaşmasını geciktirmek ve besleyici özelliklerin korunarak raf ömrünü uzatmak için kimyasal uygulamalara alternatif olarak kullanılmaktadır [129]. Ek olarak taze kesilmiş avokadoların kalitesini ve raf ömrünü geliştirmek için mikrodalga, yüksek basınç, darbeleri elektrik alan ve ultrases uygulamaları da mevcuttur (Tablo 1).

Tablo 1. Taze kesilmiş avokado ürünlerinde kullanılan farklı uygulamalar

Table 1. Different processing methods used for fresh-cut avocado products

İşlem	Sonuç	Kaynak
Darbeleri ışık uygulaması	Aerobik mezofilik bakteri, maya ve küf sayısı azalmıştır. Ürüne ait renk değerleri, klorofil a ve b içeriği, peroksit değeri ve duyu özellikleri de korunmuştur.	[130]
Yoğun darbeleri ışık uygulaması	Üründe <i>Escherichia coli</i> ve <i>Listeria monocytogenes</i> gelişimi engellenmiş olup, etilen üretimi de azalmıştır. Fakat renk ve sertlikte kayıplar olmuştur.	[131]
	Ürün sertliğinin yanı sıra karotenoid, fenolik madde ve C vitamini içeriği de korunmuştur.	[132]
	<i>Listeria innocua</i> popülasyonu önemli ölçüde azalmış ve bu azalma L-sistein, sitrik asit ve kalsiyum laktat ilavesi ile daha da artmıştır.	[134]
	305-1100 nm dalga boyundaki uygulamada ürünün rengi, dokusu ve tepe boşluğu gaz bileşimi daha iyi korunmuş ve <i>E. coli</i> ve <i>L. innocua</i> sayımları azalmıştır.	[135]
Yüksek basınç uygulaması	Solunum hızı ve etilen üretimi önemli ölçüde azalmıştır. Peroksidaz aktivitesi azalırken polifenol oksidaz aktivitesi artmıştır.	[133]
Mikrodalga uygulaması	Kalıntı polifenol oksidaz aktivitesi azalırken, toplam fenolik içerik artmıştır. Ek olarak klorofil a ve b içeriği de korunmuştur.	[136]
Ultrases uygulaması	Renk değerleri ve viskozite korunurken ürünün mikro yapısında herhangi bir bozulma olmamıştır.	[137]

Kurutulmuş Avokado

Avokadoların kurutulmasında renk, doku, parlaklık, gözeneklilik gibi kalite özellikleri olumsuz etkilenmektedir. Yıkama, kabuk ve çekirdeklerden

ayrılan meyve eti farklı yöntemlerle kurutulur [115]. Bu amaçla en fazla püskürtmeli kurutma ve tamburlu kurutma tekniği kullanılır. Bu ürünlerin büyük bir pazar payı yoktur çünkü rengin iyi olmaması ve acımsı bir tat bozukluğu gibi dezavantajları mevcuttur. Oluşan bu kötü

lezzet uygun baharatlarla maskelenebilmekte ve hazır bir guacamole karışımı üretilebilmektedir fakat bu uygulama ile gene de tat ve renk daha düşük kalitede olmaktadır [9]. Buna karşın kurutulmuş avokadoların stabilitesi uzun süre korunduğundan uzun bir raf ömrü vardır [69]. Kurutulmuş avokadonun yağ içeriği yüksek olduğundan hayvan yemi üretiminde kullanım alanı da bulunmaktadır [9, 138].

Dondurulmuş Avokado

Avokado meyvesi mikrobiyal bozulmaları durdurmak ve biyokimyasal ve kimyasal değişimleri minimize etme amaçlı olarak dondurularak da işlenebilmektedir. Avokadoda bozulmaya neden olan mikroorganizmaların faaliyetleri 3°C'de büyük ölçüde önlenir fakat -10°C'ye kadar faaliyet gösterebilen psikrofilik mikroorganizmalar da vardır. Ayrıca -10°C'nin altında renk, aroma, besleyici değer gibi kalite parametrelerinde kayıplara neden olan biyokimyasal ve kimyasal reaksiyonlar da yavaşlamaktadır. Bu nedenle avokado parçalarının güvenli bir şekilde dondurularak saklanabilmesi için ideal sıcaklık -18°C olarak belirtilmiştir [139]. Yıkanıp, kabuk ve çekirdeğinden ayrılmış meyve eti dilimler veya küpler halinde doğranır. Ardından doğranmış avokadolar modifiye atmosferde paketlenerek -18°C'de 24 ay boyunca saklanabilir [69]. Tüketime sunulacağında yapılan çözündürme işlemi sırasında meydana gelebilecek olan esmerleşmeyi önlemek amacıyla dondurma işlemi öncesi askorbik asit veya sitrik asit ilavesi, acımayı önlemek amacıyla ise pastörizasyon işlemi önerilmektedir [140].

Geleneksel yöntemlerle üretilen dondurulmuş avokadolar çözülme anında kolaylıkla parçalanır ya da rengini kaybeder. Bu sorunu önlemek için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde ilk olarak tamamen olgunlaşmış avokadolar seçilir, çekirdekleri çıkartılır ve dilimlenir. Kesilmiş avokado parçaları sıcak suda haşlanır. Sıcak suyun sıcaklığı genelde kaynama noktası civarındadır. Sıcaklık kaynama noktasından yüksek tutulursa donmuş avokado parçaları çözündürüldükten sonra parçalanabilir. Sıcak suda yaklaşık 5 dakika tutulan avokado parçaları alınarak buzlu su ile dolu soğutma tankına konulur. Avokado parçaları 5-6 dakika soğutulduktan sonra kabuğunun soyulması için soğuk su tankından alınır. Kaynatma ve soğutma işlemlerinden geçen avokado dilimlerinin yüzeyi yumuşar ve kabuğu kolaylıkla çıkarılır. Ardından dilimler kurumaya bırakılarak yüzeydeki suyun dehidrasyonu sağlanır. Avokado dilimlerini dondurmak için düşük sıcaklıkta (-79°C ile -23°C arasında) dondurucular kullanılır. Bu şekilde üretilen ve işletmelere satılan donmuş avokadoların renkleri ve tatları korunmuş olur. Bu yöntemin modifiye edilmesi ile kaynamış su yerine buhar uygulaması da denenmiş ve başarılı olmuştur [141, 142].

AVOKADO ÜRÜNLERİNİN MİKROBİYOLOJİK KALİTESİ

İsının lezzet bozulmasına neden olmasından dolayı işlenmiş avokadolar genellikle herhangi bir pastörizasyon veya sterilizasyon işleminden geçmez.

Taze avokado etinin pH aralığı 6.2 ile 6.7 arasındadır ve bu yüksek pH'da hızlı bir mikrobiyolojik gelişme meydana gelir. Üründe mikrobiyolojik gelişmeyi en aza indirmek için bazı önlemler alınmalıdır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir [1, 9]:

- Bahçeden gelen taze meyveler iyice yıkanmalıdır.
- Avokadoları saklamak ve olgunlaştırmak için temiz dezenfekte edilmiş kutular kullanılmalıdır.
- Olgunlaştıktan sonra meyve 5°C'de saklanmalıdır.
- İşleme ekipmanı, taşıyıcılar ve tesis mümkün olduğu kadar sık temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir.
- Personel hijyeni sürekli kontrol edilmelidir.
- İşlemede kullanılacak alet-ekipmanlar sık sık temizlenmeli ve sanite edilmelidir.
- İşlem odası yaklaşık 12°C'de havalandırılmalıdır.
- Avokadonun kesilmesi ile dondurulması arasındaki işlem süresi çok kısa olmalıdır.
- Bitmiş ürünün pH değeri 4.6'nın altında olmalıdır.
- Kritik kontrol noktalarının (HACCP) bir tehlike analizi programı uygulanmalıdır.

SONUÇ

Avokadoların hasadı meyve kalitesi üzerinde en önemli etkenlerden biridir ve oldukça dikkatli bir şekilde hasat edilmelidir. Sonraki aşamada ise meyve kalitesi mekanik hasar, yumuşama ve düzensiz olgunlaşma, soğuk hasarı ve lekelenme, meyve sağlığı ve hastalıkları gibi unsurlardan kaynaklı olarak olumsuz etkilenmektedir. Oldukça hassas olan bu meyvenin kalitesinin olabildiğince korunması ve raf ömrünün uzatılması için tarım ilaçlarına alternatif olarak fiziksel ısı işlemler, ışınlama, kontrollü atmosfer, elektrolize su, biyolojik kontrol ve doğal koruyucu kullanımı gibi çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Kalitesi korunan avokado meyvelerinin işlenmesi de meyve yapısından dolayı oldukça zorlu bir süreçtir; en büyük sorun ise meyve etinin hızla kahverengiye dönmesidir. Bu kapsamda ultra yüksek basınç ve dondurma işlemi en avantajlı ve yüksek kaliteli ürün üretimini mümkün kılan teknolojilerdir. Avokadonun işlenmesi sırasında fiziksel ve kimyasal kalitenin korunmasının yanı sıra taze avokado etinin pH'sının mikroorganizma gelişimine oldukça elverişli olmasından dolayı mikrobiyolojik kalitenin de korunması oldukça önemlidir.

Avokadonun besleyici değeri ve sağlığa olumlu faydaları konusunda artan araştırmalarla birlikte, tüm dünyada avokado bazlı ürünlerin üretimi ve kullanımı günden güne yaygınlaşmaktadır. Dünya pazarında avokadonun önemi son yıllarda hızlı bir şekilde artmaktadır ve avokado artık egzotik bir meyve olarak değil birçok bireyin günlük diyetinin bir parçası olarak kabul edilmektedir. Hem ticarileşmeyi arttırmak hem de katma değerli ürünler üretmek için avokadonun farklı şekillerde işlenmesi endüstri için ilgi odağı olmaya devam etmektedir.

Günümüzde avokadonun salatalarda, yemeklerde, sandviçlerde, tatlılarda ve içeceklerde kullanımı yaygınlaşmaktadır. Öte yandan avokadonun işlenmesi

ile üretilen yağlar, soslar, dondurulmuş veya kurutulmuş ürünler ve püreler gibi çok çeşitli gıda ürünlerine karşı tüketici ilgisi de giderek artmaktadır. Avokadonun işlenmesi gıda endüstrisi dışında kozmetik sanayisinde de (sabun, şampuan, losyon, krem vb.) yaygınlaşmaktadır. Global düzeyde avokadonun kullanıldığı yeni alanlar oluşmaktadır fakat üretim miktarları düşünüldüğünde ürün çeşitliliği hala sınırlıdır. Bu nedenle avokado bazlı yeni ürünler geliştirmek için önemli bir potansiyel mevcuttur.

KAYNAKLAR

- [1] Demircan, B., Veliöglu, Y.S. (2021). Avokado: Bileşimi ve sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 19(3), 309-324.
- [2] Quiñones-Islas, N., Meza-Márquez, O.G., Osorio-Revilla, G., Gallardo-Velazquez, T. (2013). Detection of adulterants in avocado oil by Mid-FTIR spectroscopy and multivariate analysis. *Food Research International*, 51(1), 148-154.
- [3] Dos Santos, M.A., Alicieo, T.V., Pereira, C.M., Ramis-Ramos, G., Mendonça, C.R. (2014). Profile of bioactive compounds in avocado pulp oil: Influence of the drying processes and extraction methods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(1), 19-27.
- [4] Ortiz-Avila, O., Sámano-García, C.A., Calderón-Cortés, E., Pérez-Hernández, I.H., Mejía-Zepeda, R., Rodríguez-Orozco, A.R., Cortés-Rojo, C. (2013). Dietary avocado oil supplementation attenuates the alterations induced by type I diabetes and oxidative stress in electron transfer at the complex II-complex III segment of the electron transport chain in rat kidney mitochondria. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, 45(3), 271-287.
- [5] Dabas, D., Shegog, R., Ziegler, G., Lambert, J. (2013). Avocado (*Persea americana*) seed as a source of bioactive phytochemicals. *Current Pharmaceutical Design*, 19(34), 6133-6140.
- [6] Ayala-Zavala, J., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodríguez, J.A., Siddiqui, M.W., González-Aguilar, G.A. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7), 1866-1874.
- [7] Munasinghe, M., Supulsara, D., Thilakarathna, M., Weerasingha, M. (2020). Avocado instant juice cube. *Journal of Research Technology and Engineering*, 1(3), 135-140.
- [8] Yahia, E.M., Woolf, A.B. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill.). In *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, Edited by E. Yahia, Woodhead Publishing, UK, 125-186.
- [9] Kurlaender, A. (2005). Avocados, In *Processing Fruits Science and Technology*, Edited by D.M. Barret, L. Somogyi, H. Ramaswamy, CRC Press, Bota Raton, Florida, 739-750.
- [10] Hofman, P.J., Fuchs, Y., Milne, D.L. (2002). The Avocado: Botany, Production and Uses. In *Harvesting, Packing, Postharvest Technology, Transport and Processing*, Edited by A.W. Whiley, B. Schaffer, B.N. Wolstenholme, CABI Publishing, UK, 363-401.
- [11] Dorantes, L., Parada, L., Ortiz, A. (2004). Avocado: Post-Harvest Operation. "http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compedium_-_Avocado.pdf" (Erişim Tarihi: 27.12.2020).
- [12] Dorantes-Alvarez, L., Ortiz-Moreno, A., García-Ochoa, F. (2012). Avocado. In *Tropical and Subtropical Fruits: Postharvest Physiology, Processing and Packaging*, Edited by M. Siddiq, Wiley Blackwell, USA, 389.
- [13] Kassim, A., Workneh, T.S., Bezuidenhout, C.N. (2013). A review on postharvest handling of avocado fruit. *African Journal of Agricultural Research*, 8(21), 2385-2402.
- [14] Moretti, C.L., Mattos, L.M., Calbo, A.G., Sargent, S.A. (2010). Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review. *Food Research International*, 43(7), 1824-1832.
- [15] Hiwasa-Tanase, K., Ezura, H. (2014). Climacteric and Non-climacteric Ripening. In *Fruit Ripening, Physiology, Signalling and Genomics*, Edited by P. Nath, M. Bouzayen, A. Mattoo, J. Pech, CABI, Boston, USA, 1-14.
- [16] Everett, K.R., Hallett, I.C., Rees-George, J., Chynoweth, R.W., Pak, H.A. (2008). Avocado lenticel damage: The cause and the effect on fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*, 48(3), 383-390.
- [17] Mazhar, M., Joyce, D., Hofman, P., Vu, N. (2018). Factors contributing to increased bruise expression in avocado (*Persea americana* M.) Cv. 'Hass' fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 143, 58-67.
- [18] Joyce, D., Mazhar, S., Hofman, P. (2015). Reducing flesh bruising and skin spotting in Hass avocado. *Project Report: Horticulture Innovation Australia*, Sep 3, 2015, Australia, 8-203.
- [19] Mandemaker, A., Elmsly, T., Smith, D. (2006). Effects of drop heights and fruit harvesting methods on the quality of 'hass' avocados. *New Zealand Avocado Growers' Association Annual Research Report*, 6, 97-104.
- [20] Thompson, J.F., Slaughter, D.C., Arpaia, M.L. (2008). Suspended tray package for protecting soft fruit from mechanical damage. *Applied Engineering in Agriculture*, 24(1), 71-75.
- [21] Wedding, B., Wright, C., Grauf, S., White, R., Gadek, P. (2011). Non-invasive assessment of avocado quality attributes. *Proceedings of the Seventh World Avocado Congress*, 9, 5.
- [22] Mathe, S., Tesfay, S.Z., Mathaba, N., Blakey, R.J. (2017). Ripple effect of 1-methylcyclopropene on 'hass' avocado colour development at different harvest times. *VII International Conference on Managing Quality in Chains (MQIC2017) and II International Symposium on Ornamentals in 1201*, 91-98.
- [23] Kruger, F.J., Volschenk, G.O. (2011). Ripening patterns of South African export "Hass" avocado hold-back samples from commercial 1-methylcyclopropene (smartfreshsm) applications. *VIII World Avocado Congress*, 1-10.

- [24] Escribano, S., Mitcham, E.J. (2014). Progress in heat treatments. *Stewart Postharvest Review*, 10(3), 1.
- [25] Daulagala, C.H., Daundasekera, W.A.M. (2016). Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on postharvest quality and antifungal activity of avocado cv. 'pollock' under tropical storage conditions. *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)*, 44(2), 75-83.
- [26] Sevillano, L., Sanchez-Ballesta, M.T., Romojaro, F., Flores, F.B. (2009). Physiological, hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(4), 555-573.
- [27] Uarrota, V.G., Fuentealba, C., Hernández, I., Defilippi-Bruzzone, B., Meneses, C., Campos-Vargas, R., Pedreschi, R. (2019). Integration of proteomics and metabolomics data of early and middle season Hass avocados under heat treatment. *Food Chemistry*, 289, 512-521.
- [28] Hernández, I., Fuentealba, C., Olaeta, J.A., Poblete-Echeverría, C., Defilippi, B.G., González-Agüero, M., Pedreschi, R. (2017). Effects of heat shock and nitrogen shock pre-treatments on ripening heterogeneity of Hass avocados stored in controlled atmosphere. *Scientia Horticulturae*, 225, 408-415.
- [29] Meyer, M.D., Terry, L.A. (2010). Fatty acid and sugar composition of avocado, cv. Hass, in response to treatment with an ethylene scavenger or 1-methylcyclopropene to extend storage life. *Food Chemistry*, 121(4), 1203-1210.
- [30] Arpaia, M.L., Collin, S., Sievert, J., Obenland, D. (2018). 'Hass' avocado quality as influenced by temperature and ethylene prior to and during final ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 140, 76-84.
- [31] Lemmer, D., Malumane, R.T., Nxundu, Y., Kruger, F.J. (2005). Developing appropriate ripening protocols for the avocado 'ripe and ready' programmes. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 28, 14-17.
- [32] Mathaba, N., Mathe, S., Tesfay, S.Z., Mafeo, T.P., Blakey, R. (2016). Effect of 1-MCP, production region, harvest time, orchard slope and fruit canopy position on 'Hass' avocado colour development during ripening. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 39, 53-57.
- [33] Yahia, E. (2011). Nutritional and Health-promoting Properties of Tropical and Subtropical Fruits. In *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Fundamental Issues*, Edited by E. Yahia, Woodhead Publishing, New Zealand, 125-172p.
- [34] Wang, C.Y. (2004). Alleviation of chilling injury in tropical and subtropical fruits. *III International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits*, 864, 267-273.
- [35] Donadon, J.R., Durigan, J.F., Morgado, C.M.A., Durigan, M.F.B. (2010). Chilling injury in avocados and its prevention with thermal treatment. *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium*, 934, 474-753.
- [36] Lurie, S., Pedreschi, R. (2014). Fundamental aspects of postharvest heat treatments. *Horticulture Research*, 1(1), 1-7.
- [37] Ornelas, P., Yahia, E.M. (2004). Effects of prestorage dry and humid hot air treatments on the quality, triglycerides and tocopherol contents in 'Hass' avocado fruit. *Journal of Food Quality*, 27(2), 115-126.
- [38] Pathirana, U.P., Sekozawa, Y., Sugaya, S., Gemma, H. (2011). Effect of combined application of 1-MCP and low oxygen treatments on alleviation of chilling injury and lipid oxidation stability of avocado (*Persea americana* Mill.) under low temperature storage. *Fruits*, 66(3), 161-170.
- [39] Sivankalyani, V., Feygenberg, O., Maorer, D., Zaaroor, M., Fallik, E., Alkan, N. (2015). Combined treatments reduce chilling injury and maintain fruit quality in avocado fruit during cold quarantine. *PLoS One*, 10(10), e0140522.
- [40] Glowacz, M., Bill, M., Tinyane, P.P., Sivakumar, D. (2017). Maintaining postharvest quality of cold stored 'Hass' avocados by altering the fatty acids content and composition with the use of natural volatile compounds—methyl jasmonate and methyl salicylate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(15), 5186-5193.
- [41] Alamar, M.C., Collings, E., Cools, K., Terry, L.A. (2017). Impact of controlled atmosphere scheduling on strawberry and imported avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 134, 76-86.
- [42] Mendieta, B., Olaeta, J.A., Pedreschi, R., Undurraga, P. (2016). Reduction of cold damage during cold storage of Hass avocado by a combined use of pre-conditioning and waxing. *Scientia Horticulturae*, 200, 119-124.
- [43] Bill, M., Sivakumar, D., Beukes, M., Korsten, L. (2016). Expression of pathogenesis-related (PR) genes in avocados fumigated with thyme oil vapours and control of anthracnose. *Food Chemistry*, 194, 938-943.
- [44] Tesfay, S.Z., Bertling, I., Bower, J.P. (2011). Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*, 60, 92-99.
- [45] Sellamuthu, P.S., Mafune, M., Sivakumar, D. (2003). Thyme oil vapour and modified atmosphere packaging reduce anthracnose incidence and maintain fruit quality in avocado. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 3024-3031.
- [46] Correa-Pacheco, Z.N., Bautista-Baños, S., Valle-Marquina, M.Á., Hernández-López, M. (2017). The effect of nanostructured chitosan and chitosan-thyme essential oil coatings on *Colletotrichum gloeosporioides* growth in vitro and on cv hass avocado and fruit quality. *Journal of Phytopathology*, 165, 297-305.
- [47] Obianom, C., Sivakumar, D. (2018). Differential response to combined prochloraz and thyme oil drench treatment in avocados against the control of anthracnose and stem-end rot. *Phytoparasitica*, 46, 273-281.
- [48] Sarkhosh, A., Vargas, A.I., Schaffer, B., Palmateer, A.J., Lopez, P., Soleymani, A., Farzaneh, M.

- (2017). Postharvest management of anthracnose in avocado (*Persea americana* Mill.) fruit with plant-extracted oils. *Food Packaging and Shelf Life*, 12, 16-22.
- [49] Sarkhosh, A., Schaffer, B., Vargas, A.I., Palmateer, A.J., Lopez, P., Soleymani, A. (2018). In vitro evaluation of eight plant essential oils for controlling *Colletotrichum*, *Botryosphaeria*, *Fusarium* and *Phytophthora* fruit rots of avocado, mango and papaya. *Plant Protection Science*, 54, 153-162.
- [50] Romanazzi, G., Feliziani, E., Baños, S.B., Sivakumar, D. (2017). Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(3), 579-601.
- [51] Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Chiralt, A., Chafer, M. (2011). Use of essential oils in bioactive edible coatings: a review. *Food Engineering Reviews*, 3(1), 1-16.
- [52] Tesfay, S.Z., Magwaza, L.S. (2017). Evaluating the efficacy of moringa leaf extract, chitosan and carboxymethyl cellulose as edible coatings for enhancing quality and extending postharvest life of avocado (*Persea americana* Mill.) Fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 11, 40-48.
- [53] Obianom, C., Romanazzi, G., Sivakumar, D. (2019). Effects of chitosan treatment on avocado postharvest diseases and expression of phenylalanine ammonia-lyase, chitinase and lipoxygenase genes. *Postharvest Biology and Technology*, 147, 214-221.
- [54] Xoca-Orozco, L.Á., Aguilera-Aguirre, S., Vega-Arreguín, J., Acevedo-Hernández, G., Tovar-Pérez, E., Stoll, A., Chacón-López, A. (2019). Activation of the phenylpropanoid biosynthesis pathway reveals a novel action mechanism of the elicitor effect of chitosan on avocado fruit epicarp. *Food Research International*, 121, 586-592.
- [55] Badawy, M.E., Rabea, E.I. (2009). Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 51(1), 110-117.
- [56] Saucedo-Pompa, S., Rojas-Molina, R., Aguilera-Carbó, A.F., Saenz-Galindo, A., de La Garza, H., Jasso-Cantú, D., Aguilar, C.N. (2009). Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Research International*, 42(4), 511-515.
- [57] Sivakumar, D., Bautista-Baños, S. (2014). A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. *Crop Protection*, 64, 27-37.
- [58] Glowacz, M., Roets, N., Sivakumar, D. (2017). Control of anthracnose disease via increased activity of defence related enzymes in 'Hass' avocado fruit treated with methyl jasmonate and methyl salicylate. *Food Chemistry*, 234, 163-167.
- [59] Granada, D., López-Lujan, L., Ramirez-Restrepo, S., Morales, J., Peláez-Jaramillo, C., Andrade, G., Bedoya-Pérez, J.C. (2020). Bacterial extracts and bioformulates as a promising control of fruit body rot and root rot in avocado cv. Hass. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(3), 748-758.
- [60] Campos-Martínez, A., Velázquez-del Valle, M.G., Flores-Moctezuma, H.E., Suárez-Rodríguez, R., Ramírez-Trujillo, J.A., Hernández-Lauzardo, A.N. (2016). Antagonistic yeasts with potential to control *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. and *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds on avocado fruits. *Crop Protection*, 89, 101-104.
- [61] Korsten, L. (2006). Advances in control of postharvest diseases in tropical fresh produce. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 1(1), 48-61.
- [62] Pesce, V.M., Nally, M.C., Carrizo, G.P., Rojo, C., Pérez, B.A., Toro, M.E., Vazquez, F. (2018). Antifungal activity of native yeasts from different microenvironments against *Colletotrichum gloeosporioides* on ripe olive fruits. *Biological Control*, 120, 43-51.
- [63] Droby, S., Wisniewski, M., Teixidó, N., Spadaro, D., Jijakli, M.H. (2016). The science, development, and commercialization of postharvest biocontrol products. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 22-29.
- [64] Yahia, E.M., Neven, L.G., Jones, R.W. (2019). Postharvest Insects and Their Control. In *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities*, Edited by E. Yahia, Woodhead Publishing, UK, 529-562p.
- [65] Carrillo, D., Roda, A., Sarmiento, C., Monterroso, A., Wei, X., Narvaez, T.I., Bailey, W.D. (2017). Impact of oriental fruit fly postharvest treatments on avocado. *American Journal of Plant Sciences*, 8(03), 549.
- [66] Bretveld, R.W., Thomas, C.M., Scheepers, P.T., Zielhuis, G.A., Roeleveld, N. (2006). Pesticide exposure: the hormonal function of the female reproductive system disrupted? *Reproductive Biology and Endocrinology*, 4(1), 1-14.
- [67] Fischer, I.H., Moraes, M.F.D., Palharini, M.C.D.A., Fileti, M.D.S., Cruz, J.C.S., Firmino, A.C. (2018). Effect of conventional and alternative products on postharvest disease control in avocados. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(1).
- [68] Wang, M., Zheng, Y., Khuong, T., Lovatt, C.J. (2012). Effect of harvest date on the nutritional quality and antioxidant capacity in 'Hass' avocado during storage. *Food Chemistry*, 135(2), 694-698.
- [69] Sinha, N., Hui, Y.H., Evranuz, E.Ö., Siddiq, M., Ahmed, J. (2010). Avocado: Production, Quality and Major Processed Products. In *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*, Edited by N. Sinha, Wiley Blackwell, USA, 527-538.
- [70] Thompson, A.K., Prange, R.K., Bancroft, R., Puttongsiri, T. (2018). Recommended CA conditions: Avocado. In *Controlled Atmosphere Storage of Fruit and Vegetables*, Edited by A. Keith, CABI, USA, 193-195.
- [71] Bayram, S. (2010). Avokado (*Persea americana* Mill.). <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/batem/Belgeler/Kutuphane/Teknik%20Bilgiler/2010%20Aavokado%20gelisim.pdf> (Erişim Tarihi: 04.02.2021).

- [72] Shah, M., Wani, S.M., Ganai, S.A., Mir, S., Ahmad, T., Dar, B.N. (2020). Modified Atmosphere Packaging as a Tool to Improve the Shelf Life of Fruits. In *Emerging Technologies for Shelf-Life Enhancement of Fruits*, Edited by M.A. Shah, S.M. Wani, S.A. Ganai, S.A. Mir, T.A. Dar, Apple Academic Press, USA, 109-128.
- [73] Kargwal, R., Garg, M. K., Singh, V. K., Garg, R., Kumar, N. (2020). Principles of modified atmosphere packaging for shelf life extension of fruits and vegetables: An overview of storage conditions. *International Journal of Chemical Studies*, 8(3), 2245-2252.
- [74] Altan, H., Alkan, S., Yılmaz, S., Özdemir, A.E., Toplu, C., Duman, C., Ünlü, M. (2017). Bazı uygulamaların Bacon avokado çeşidinin modifiye atmosferde muhafazasına etkileri. *Derim*, 34(1), 11-22.
- [75] Doğan, A., Kurubaş, M.S., Erkan, M. (2017). Farklı dozlarda 1-Metilsiklopropan (1-MCP) uygulamalarının 'Hass' avokado çeşidinin depolanması üzerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(2), 71-78.
- [76] Ergun, M., Sargent, S.A., Fox, A.J., Crane, J.H., Huber, D.J. (2005). Ripening and quality responses of mamey sapote fruit to postharvest wax and 1-methylcyclopropane treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 36(2), 127-134.
- [77] López-Cobo, A., Gómez-Caravaca, A.M., Pasini, F., Caboni, M.F., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A. (2016). HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS and HPLC-FLD-MS as valuable tools for the determination of phenolic and other polar compounds in the edible part and by-products of avocado. *LWT - Food Science and Technology*, 73, 505-513.
- [78] Dalle Mulle Santos, C., Pagno, C.H., Haas Costa, T.M., Jung Luvizetto Faccin, D., Hickmann Flores, S., Medeiros Cardozo, N.S. (2016). Biobased polymer films from avocado oil extraction residue: Production and characterization. *Journal of Applied Polymer Science*, 133(37), 1-9.
- [79] Padilla-Camberos, E., Martínez-Velázquez, M., Flores-Fernández, J.M., Villanueva-Rodríguez, S. (2013). Acute toxicity and genotoxic activity of avocado seed extract (*Persea americana* Mill., cv Hass). *The Scientific World Journal*, Vol. 2013, 1-5.
- [80] Kosińska, A., Karamać, M., Estrella, I., Hernández, T., Bartolomé, B., Dykes, G.A. (2012). Phenolic compound profiles and antioxidant capacity of *Persea americana* Mill. Peels and seeds of two varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(18), 4613-4619.
- [81] Gómez, F.S., Sánchez, S.P., Iradi, M.G.G., Azman, N.A.M., Almajano, M.P. (2014). Avocado seeds: extraction optimization and possible use as antioxidant in food. *Antioxidants*, 3(2), 439-454.
- [82] Carciochi, R.A., D'Alessandro, L.G., Vauchel, P., Rodriguez, M.M., Nolasco, S.M., Dimitrov, K. (2017). Valorization of Agrifood by-products by Extracting Valuable Bioactive Compounds Using Green Processes. In *Ingredients Extraction by Physicochemical Methods in Food*, Edited by A. Mihai, A. Maria, Academic Press, USA, 191-228.
- [83] Chemat, F., Vian, M.A., Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: concept and principles. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(7), 8615-8627.
- [84] Galanakis, C.M. (2012). Recovery of high added-value components from food wastes: conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science and Technology*, 26(2), 68-87.
- [85] Wong-Paz, J.E., Muñiz-Márquez, D.B., Aguilar-Zárte, P., Ascacio-Valdés, J.A., Cruz, K., Reyes-Luna, C., Aguilar, C.N. (2017). Extraction of Bioactive Phenolic Compounds by Alternative Technologies. In *Ingredients Extraction by Physicochemical Methods in Food*, Edited by A. Mihai, A. Maria, Academic Press, USA, 229-252.
- [86] Gómez-García, R., Martínez-Ávila, G.C., Aguilar, C. N. (2012). Enzyme-assisted extraction of antioxidative phenolics from grape (*Vitis vinifera* L.) Residues. *Biotechnology*, 2(4), 297-300.
- [87] Martins, S., Mussatto, S.I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C.N., Teixeira, J. A. (2011). Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation: a review. *Biotechnology Advances*, 29(3), 365-373.
- [88] Torres, J.A., Velazquez, G. (2005). Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods. *Journal of Food Engineering*, 67(1-2), 95-112.
- [89] Jacobo-Velázquez, D.A., Hernández-Brenes, C. (2010). Biochemical changes during the storage of high hydrostatic pressure processed avocado paste. *Journal of Food Science*, 75(6), S264-S270.
- [90] Woolf, A.B., Wibisono, R., Farr, J., Hallett, I., Richter, L., Oey, I., Requejo-Jackman, C. (2013). Effect of high pressure processing on avocado slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18, 65-73.
- [91] Kurlaender, A. (2004). Avocados. In *Processing Fruits*, Edited by L.P. Somogyi, D.M. Barret, Y.H. Hui, CRC Press, California, 445-448.
- [92] Palou, E., Hernández-Salgado, C., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G.V., Swanson, B.G., Welti-Chanes, J. (2000). High pressure-processed guacamole. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1(1), 69-75.
- [93] Bower, J.P., Dennison, M.T. (2003). Progress in the development of avocado products. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 26, 35-37.
- [94] Bower, J.P., Dennison, M.T. (2004). Alternative avocado products. *South African Growers Assoc Yearbook*, 27, 32-34.
- [95] Soliva-Fortuny, R.C., Elez-Martínez, P., Sebastián-Calderó, M., Martín-Belloso, O. (2004). Effect of combined methods of preservation on the naturally occurring microflora of avocado purée. *Food Control*, 15(1), 11-17.
- [96] Guzmán, G.R., Dorantes, A L., Hernández, U H., Hernández, S.H., Ortiz, A., Mora, E.R. (2002). Effect of zinc and copper chloride on the color of avocado puree heated with microwaves. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3(1), 47-53.

- [97] Jacobo-Velázquez, D.A., Hernández-Brenes, C. (2012). Stability of avocado paste carotenoids as affected by high hydrostatic pressure processing and storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 121-128.
- [98] Soliva, R.C., Elez, P., Sebastián, M., Martín, O. (2000). Evaluation of browning effect on avocado purée preserved by combined methods. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1(4), 261-268.
- [99] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1999). Report of the expert consultation on avocado production development in Asia and the Pacific. "http://www.fao.org/3/a-ab983e.pdf". (Erişim Tarihi: 01.02.2021).
- [100] Ifesan, B.O.T., Olorunsola, B.O., Ifesan, B.T. (2015). Nutritional composition and acceptability of candy from avocado seed (*Persea americana*). *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3(6), 1631-1634.
- [101] Bandyopadhyay, D., Castillo, O., Villicana, D., Cano, V., Eubanks, T. (2017). Chemical investigation of avocado (*Persea americana*) seed husk: A waste of waste. *Abstracts Of Papers Of The American Chemical Society*, 254.
- [102] Lye, H.S., Ong, M.K., Teh, L.K., Chang, C.C., Wei, L.K. (2020). Avocado. In *Valorization of Fruit Processing by-products*, Edited by C. Galanakis, Academic Press, USA, 67-93.
- [103] Araújo, R.G., Rodríguez-Jasso, R.M., Ruiz, H.A., Pintado, M.M.E., Aguilar, C.N. (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science and Technology*, 80, 51-60.
- [104] Qin, X., Zhong, J. (2016). A review of extraction techniques for avocado oil. *Journal of Oleo Science*, 65(11), 1-8.
- [105] Flores, M., Saravia, C., Vergara, C.E., Avila, F., Valdés, H., Ortiz-Viedma, J. (2019). Avocado oil: Characteristics, properties, and applications. *Molecules*, 24(11), 2172.
- [106] Tango, J.S., Carvalho, C.R.L., Soares, N.B. (2004). Physical and chemical characterization of avocado fruits aiming its potencial for oil extraction. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(1), 17-23.
- [107] Dembitsky, V.M., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S., Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International*, 44(7), 1671-1701.
- [108] Santos, M.A.Z. (2013). Influence of preparing process of pulp and extration method in the oil yield of fortuna avocado. *Higiene Alimentar*, 27, 3776-3779.
- [109] Salgado, J.M., Danieli, F., Regitano-d'arce, M.A.B., Frias, A., Mansi, D.N. (2008). The avocado oil (*Persea americana* Mill) as a raw material for the food industry. *Food Science and Technology*, 28, 20-26.
- [110] Chaves, M.A., Mendonça, C.R.B., Borges, C.D., Porcu, O.M. (2013). Preparation of whole cookie using avocado pulp flour and oil. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, 31(2), 215-226.
- [111] Berasategi, I., Barriuso, B., Ansorena, D., Astiasarán, I. (2012). Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. *Food Chemistry*, 132(1), 439-446.
- [112] Moreno, A.O., Dorantes, L., Galíndez, J., Guzmán, R.I. (2003). Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (*Persea americana* Mill.) Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2216-2221.
- [113] Corzzini, S.C., Barros, H.D., Grimaldi, R., Cabral, F.A. (2017). Extraction of edible avocado oil using supercritical CO₂ and a CO₂/ethanol mixture as solvents. *Journal of Food Engineering*, 194, 40-45.
- [114] Martínez-Padilla, L.P., Franke, L., Xu, X. Q., Juliano, P. (2018). Improved extraction of avocado oil by application of sono-physical processes. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40, 720-726.
- [115] Saavedra, J., Córdova, A., Navarro, R., Díaz-Calderón, P., Fuentealba, C., Astudillo-Castro, C., Galvez, L. (2017). Industrial avocado waste: Functional compounds preservation by convective drying process. *Journal of Food Engineering*, 198, 81-90.
- [116] De Abreu, R.F., Pinto, G.A.S. (2009). Extração do óleo da polpa de abacate assistida por enzimas em meio aquoso. *Embrapa Agroindústria Tropical- Artigo em anais de Congresso*, 17.
- [117] Daiuto, E.R., Vieites, R.L., de Carvalho, L.R., Simon, J.W., Russo, V.C. (2011). Sensory analysis of cold-stored guacamole added with α -tocopherol and ascorbic acid. *Revista Ceres*, 58(2), 140-148.
- [118] Arvizu-Medrano, S.M., Iturriaga, M.H., Escartín, E.F. (2001). Indicator and pathogenic bacteria in guacamole and their behavior in avocado pulp. *Journal of Food Safety*, 21(4), 233-244.
- [119] Estrada M., E., Cortés R., M., Gil, J. (2017). Guacamole powder: standardization of the spray drying process. *Vitae*, 24(2), 102-112.
- [120] Weemaes, C., Ludikhuyze, L., Van den Broeck, I., Hendrickx, M. (1999). Kinetic study of antibrowning agents and pressure inactivation of avocado polyphenoloxidase. *Journal of Food Science*, 64(5), 823-827.
- [121] Palaniappan, S., Metivier, R., Mathew, J.M. (2008). U.S. Patent Application No. 11/739,331.
- [122] Kargel, B.C., Griebel, J. (2006). U.S. Patent Application No. 10/550,113.
- [123] Dellanina, M., Fitzgerald, C. (2019). U.S. Patent Application No. 15/692,250.
- [124] Dellanina, M., Fitzgerald, C. (2020). U.S. Patent Application No. 16/794,823.
- [125] Cortés-Rodríguez, M., Orrego-Vargas, F.S., Rodríguez-Sandoval, E. (2019). Optimization of guacamole formulation made with avocado powder and fresh avocado. *DYNA*, 86(209), 126-134.
- [126] Elez-Martínez, P., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2007). Oxidative rancidity in avocado purée as affected by α -tocopherol, sorbic acid and storage atmosphere. *European Food Research and Technology*, 226(1-2), 295-300.

- [127] Soliva-Fortuny, R.C., Martín-Belloso, O. (2003). New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 14(9), 341-353.
- [128] Ramos-Villarroel, A., Aron-Maftei, N., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. (2014). Bacterial inactivation and quality changes of fresh-cut avocados as affected by intense light pulses of specific spectra. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 128-136.
- [129] Yılmaz, L., Elmacı, Y. (2018). Polyphenol oxidase enzyme and inactivation methods. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(3), 333-345.
- [130] Aguilo-Aguayo, I., Oms-Oliu, G., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. (2014). Impact of pulsed light treatments on quality characteristics and oxidative stability of fresh-cut avocado. *LWT-Food Science and Technology*, 59(1), 320-326.
- [131] Ramos-Villarroel, A.Y., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. (2011). Bacterial inactivation and quality changes in fresh-cut avocado treated with intense light pulses. *European Food Research and Technology*, 233(3), 395-402.
- [132] Velderrain-Rodríguez, G.R., Salmerón-Ruiz, M.L., González-Aguilar, G.A., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. (2021). Ultraviolet/visible intense pulsed light irradiation of fresh-cut avocado enhances its phytochemicals content and preserves quality attributes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), 15289.
- [133] Woolf, A.B., Wibisono, R., Farr, J., Hallett, I., Richter, L., Oey, I., Requejo-Jackman, C. (2013). Effect of high pressure processing on avocado slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18, 65-73.
- [134] Ramos-Villarroel, A.Y., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. (2011). Using antibrowning agents to enhance quality and safety of fresh-cut avocado treated with intense light pulses. *Journal of Food Science*, 76(9), 528-534.
- [135] Ramos-Villarroel, A., Aron-Maftei, N., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. (2014). Bacterial inactivation and quality changes of fresh-cut avocados as affected by intense light pulses of specific spectra. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 128-136.
- [136] Zhou, L., Tey, C.Y., Bingöl, G., Bi, J. (2016). Effect of microwave treatment on enzyme inactivation and quality change of defatted avocado puree during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37(A), 61-67.
- [137] Bi, X., Liu, F., Rao, L., Li, J., Liu, B., Liao, X., Wu, J. (2013). Effects of electric field strength and pulse rise time on physicochemical and sensory properties of apple juice by pulsed electric field. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17, 85-92.
- [138] Ejiofor, N.C., Ezeagu, I.E., Ayoola, M.B., Umera, E.A. (2018). Determination of the chemical composition of avocado (*Persea americana*) seed. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences*, 51-55.
- [139] Kassim, A., Workneh, T.S. (2020). Influence of postharvest treatments and storage conditions on the quality of Hass avocados. *Heliyon*, 6(6), 04234.
- [140] Bower, J.P., Dennison, M.T. (2005). A process to prevent browning of frozen avocado halves and chunks. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 28, 40-41.
- [141] Takahashi, H. (2002). U.S. Patent No. 6,358,555.
- [142] Riebl, E.H.S., Garrido, M.A.F. (2014). U.S. Patent No. 8,623,438.
-
-

Enzim Modifiye Peynir ve Üretim Teknikleri

Enise Betül Bolat¹  , Zafer Erbay² 

¹Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Sarıçam, Adana

²Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Sarıçam, Adana

Geliş Tarihi (Received): 03.10.2020, Kabul Tarihi (Accepted): 05.03.2022

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): enisebetul.blt@gmail.com (E.B. Bolat)

☎ 0 322 455 00 00 📠 0 322 455 00 09

ÖZ

Peynir lezzeti sağlayan katkılar, çeşitli gıdaların formülasyonlarında, peynir lezzeti vermek veya peynir lezzetini arttırmak için kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde ve bilimsel literatürde peynir lezzet katkılarına olan talep ve ilgi son yıllarda artış göstermektedir ve bunlar içerisinde en dikkat çekicisi enzim modifiye peynir (EMP)'dir. EMP, peynir lezzetini geliştirmek veya yoğunlaştırmak için taze peynirin kontrollü koşullarda enzimle işlenmesi sonucu elde edilen ürüne denilmektedir. EMP üretiminde peynirin taze hali veya pıhtısı homojen ve kararlı bir akışkana dönüştürülüp, dışarıdan ilave edilen proteolitik ve lipolitik enzimlerle işlenir ve daha sonra ısı ile enzimatik reaksiyonlar durdurularak üretim tamamlanır. EMP üç farklı yöntem ile üretilebilmektedir: (1) tek hammaddeden, proteolizin ve lipolizin sırasıyla gerçekleştirildiği iki aşamalı üretim tekniği, (2) farklı hammaddelerde ayrı ayrı lipolizin ve proteolizin gerçekleştirilip, uygun oranlarda karıştırıldığı bileşen bazlı üretim yaklaşımı ve (3) tek hammaddede, tek aşamada, eşzamanlı proteoliz ve lipolizin gerçekleştirildiği tek aşamalı üretim tekniği. Tercih edilecek üretim tekniği ve üretim parametreleri, istenilen lezzette ve kararlılıkta bir EMP ürünü elde etmek için önem arz etmektedir. Bu çalışmada, doğal peynir lezzet katkısı olarak EMP açıklanmış, EMP üretimi ve üretim tekniklerine odaklanarak, literatür çalışmaları derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Peynir, Lezzet katkısı, Enzim modifiye peynir, Proteoliz, Lipoliz

Enzyme-Modified Cheese and Production Techniques

ABSTRACT

Cheese flavor ingredients are used to give or enhance cheese flavor in the formulations of various foods. The demand and interest in cheese flavor ingredients in the food industry and scientific literature have increased in recent years, and the most notable one among them is enzyme-modified cheese (EMC). EMC is the product obtained by processing fresh cheese with enzymatic treatments under controlled conditions to improve or intensify cheese flavor. In EMC production, fresh form or cheese curd of targeted cheese is transformed into homogeneous and stable slurry; and processed with exogenous proteolytic and lipolytic enzymes, then the production is completed by stopping the enzymatic reactions with heat treatment. EMC can be produced with three different production techniques; (1) a two-stage production technique in which proteolytic and lipolytic reactions are carried out in sequence from a single substrate, (2) a component-based production approach in which proteolysis and lipolysis performed separately in different raw materials and the mid products are blended in appropriate proportions, (3) one-stage production technique in which lipolytic and proteolytic reactions simultaneously occur from a single substrate. The production technique and parameters are important in order to obtain desired flavor and to produce a stable EMC product. In this study, as a natural cheese flavor ingredient, EMC was described and the scientific studies were reviewed by focusing on the production and production techniques of EMC.

Keywords: Cheese, Flavor ingredient, Enzyme-modified cheese, Proteolysis, Lipolysis

GİRİŞ

Peynir lezzeti, çok çeşitli gıda ürünlerinde bulunması arzu edilen bir lezzettir. Gıdalara peynir lezzetinin kazandırılması veya gıdada var olan peynir lezzetinin artırılabilmesi için lezzet verici/artırıcı olarak peynirler doğrudan kullanılabilir. Ancak, istenilen lezzet etkisini sağlayabilmek için peynirlerin olgunlaştırıldıktan sonra kullanılması gerekmektedir. Bununla birlikte, olgun peynirlerin lezzet katkısı olarak doğrudan kullanımlarında çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunlar; standart olmayan veya yetersiz peynir lezzeti, son üründe aşırı laktoz veya yağ düzeyleri, ürünlere doğrudan işlenmesinde uygulanabilirlik sorunları ve olgunlaşma sürecinin uzunluğundan kaynaklı yüksek maliyetler olarak sıralanabilir. Bütün bu sorunlara çözüm arayışları, alternatif peynir lezzet katkılarının geliştirilmesini sağlamıştır [1-3]. Peynir lezzeti sağlayan katkılar genellikle doğal ve sentetik olarak iki grupta toplanırlar. Peynir lezzetinin karmaşık ve dinamik yapısı nedeniyle sentetik olarak peynir lezzetinin üretilmesi zor ve maliyetlidir. Ayrıca son yıllarda doğal ürünlere yönelik artan eğilim sonucu sentetik lezzet katkıları tercih edilmemektedir. Peynir lezzeti sağlayan doğal lezzet katkıları grubunda ise iki farklı seçenek bulunmaktadır: peynir tozu ve enzim modifiye peynir (EMP).

Bir katkı maddesi, lezzet verici veya bileşen olarak peynir lezzetini üretmenin en basit yolu, peynirin emülsifiye edici tuzlarla işlenmesi sonucu (ısı ve mekanik etki ile) elde edilen homojen peynir bulamacının püskürtmeli kurutma ile toz formuna dönüştürülmesidir. Son yıllarda, peynir tozu ile ilgili yapılmış bilimsel çalışmaların arttığı görülmektedir [4-19]. Peynir tozu üretim tekniği ile olgun peynirler toz haline dönüştürülerek endüstriyel açıdan daha uygun hale getirilmektedir. Fakat hammadde olarak olgun peynirlerin kullanılması ile olgun peynirlerin kullanımından kaynaklı yaşanan sorunlar (olgunlaşma sürecinden kaynaklı yüksek maliyetler, standart ürün eldesinde sorunlar vb) peynir tozu için de geçerli olmaktadır. Ek olarak, püskürtmeli kurutma işlemi sırasında gerçekleşen lezzet kayıpları gibi bazı teknik sorunlarla karşılaşmaktadır [18]. Diğer bir alternatif doğal lezzet bileşeni olan EMP'de ise, hammadde olarak taze peynir veya pıhtı kullanılmakta ve olgunlaşma süreci kontrollü koşullarda taklit edilmektedir. Bu şekilde, olgun peynir kullanımına olan bağımlılık ortadan kalkmakta ve olgun peynir kullanımından kaynaklanan sorunlar da aşılabilmektedir [3, 20]. Son yıllarda EMP üretimi konusuna olan ilgi dünyada ve Türkiye'de artmış, bu kapsamda çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmaların da bir sonucu olarak, artık ülkemizde de farklı lezzetlerde EMP'ler üretilmekte ve endüstriyel olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır. EMP üretimi ve özellikleri ile ilgili ülkemizde tamamlanmış çeşitli araştırma projeleri bulunmakta beraber, bu konuda Türkçe literatürdeki bilginin sınırlı olduğu görülmektedir.

ENZİM MODİFİYE PEYNİR (EMP)

Peynir lezzetini geliştirmek veya yoğunlaştırmak için, taze peynirin kontrollü koşullarda enzimle işlenmesi

sonucu elde edilen ürüne EMP denilmektedir [1]. EMP'lerde, olgun peynirde bulunan lezzetin 15-30 kat daha yoğun haline 1-7 gün gibi kısa sürelerde ulaşılabilmektedir [2, 21]. Yüksek lezzet yoğunluğu nedeniyle EMP'ler, gıdalara genellikle çok düşük seviyelerde (%0.1-2.0, w/w) eklenir. Lezzet yoğunluğunun yanında, düşük yağlı ürünlerin üretimine uygun olması ve dondurulmuş gıdalarda kullanılabilmesi gibi avantajları da bulunmaktadır. Ayrıca endüstriyel kullanımındaki kolaylık, düşük üretim/depolama maliyetleri, proses kontrolü ve standart ürün üretimi gibi açılardan da diğer peynir lezzeti kaynaklarına göre daha avantajlıdır. EMP ile ilgili herhangi bir tebliğ veya standart bulunmamasıyla beraber, sıvı ve toz formda üretilen EMP'lerden sıvı olanların nem içeriğinin genellikle %40-60 ve toz formdakilerinin ise %5-10 aralığında olduğu bilinmektedir [2, 22]. EMP'lerde kalıntı enzim aktivitesinin bulunmaması gerekmektedir [20]. EMP, peynir lezzeti içeren salata soslarında, soslarda, çorbalarda, mezelerde, çeşnilerde, kuruyemiş ve çerezlerde, çipslerde, krakerlerde, bisküvilerde, fırın ve pastacılık ürünlerinde, kek karışımlarında, tatlılarda, çikolata ve şekerleme sanayinde, makarna ürünlerinde, dondurulmuş gıdalarda, hazır yemeklerde, konserve ürünlerinde, dolgu ve kaplamalarda, omletlerde, gratinlerde, blok veya sürülebilir eritme peynirlerinde, az yağlı veya yağsız peynirlerde, doğal peynir olgunlaşmasının hızlandırılmasında, peynir taklit ve benzerlerinde kullanılmaktadır [2, 23, 24].

EMP ile ilgili Yapılan Çalışmalar

EMP'nin gıda formülasyonlarında çok farklı ürünlere katıldığı bilinmektedir ve bu kapsamda da literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar içerisinde özellikle düşük yağlı ürünlerin üretilmesi ön plana çıkmıştır. Bu kapsamda az yağlı Cheddar üretiminde [25, 26], az yağlı eritme peyniri üretiminde [24], az ve çok yağlı krema peyniri üretiminde [28] ve taklit peynir üretiminde [29, 30] düşük yağlı ürünün lezzet özelliklerini geliştirmek üzere EMP kullanımı denenmiştir. Bunların yanı sıra, formülasyonda EMP'nin denendiği eritme peyniri üretimi çalışmaları [31] ve peynir olgunlaşmasını hızlandırmak amacıyla EMP'nin peynir üretiminde kullanıldığı çalışmalar [23] da literatürde bulunmaktadır.

Günümüzde, Cheddar (farklı olgunluklarda) başta olmak üzere, Blue, Emmental, Edam, Gouda, Parmesan, Brick, Gruyere, keçi peyniri, koyun peyniri, Feta, Ezine gibi çok farklı peynirlerin lezzetlerine sahip EMP'ler piyasada ticari birer ürün olarak bulunmaktadır [1, 2, 22, 24]. Ticari EMP'lerin incelendiği çalışmalarda, aynı firmalar tarafından farklı dönemlerde üretilen ürünlerde standart kalitenin elde edilebildiği görülmüştür. Buna karşın, farklı firmalar tarafından üretilen ve aynı peynir lezzetini taşıdığı belirtilen EMP'lerin hem birbirlerinden, hem de temsil ettiği olgun peynirlerden ciddi farklılıklar barındırdığı saptanmıştır [32-34]. Lezzet özelliklerindeki bu farklılıkların oluşmasında en önemli etkenlerden biri, hammadde olarak kullanılan taze peynirin özellikleridir. Bunun yanı sıra üretim tekniği, işlem koşulları ile lezzet üzerinde belirleyici etkisi olan bileşiklerin oluşumu için özel işlemlerin uygulanması veya bu bileşiklerin

dışarıdan ilave edilmesi de EMP lezzeti üzerinde etkili diğer faktörlerdir [3]. Ticari Cheddar EMP'lerinde çok farklı oranlarda laktik asit ve asetat saptanmış, bu farklılığın iki nedeninin; hammadde olarak kullanılan taze Cheddar peynirlerinin özellikleri ve kimi örneklerle bu bileşiklerin dışarıdan ilave edilmesi olduğu vurgulanmıştır [33]. Bazı ticari Cheddar EMP'lerinde ise propiyonat saptanmıştır ve bunun hammaddeye katılan İsviçre tipi peynirlerden kaynaklandığı iddia edilmiştir [33]. Benzer şekilde, Parmesan lezzetine sahip EMP'lerde yüksek miktarda asetik asit saptanmış ve Parmesan peynirinin karakteristik lezzetinde etkili olan bu bileşiğin dışarıdan ilave edildiği fikrine varılmıştır [35]. Mavi damarlı peynir lezzetine sahip ve Türkiye'de üretilen bir ticari EMP'nin ise taze peynir veya pıhtıdan değil, doğrudan doğruya kremadan üretildiği ve üretimlerinde küf kullanıldığı, bileşim ve uçucu bileşik analizleriyle gösterilmiştir [35]. Yine Türkiye'de üretilen ve keçi peyniri lezzetine sahip bir ticari EMP'nin üretiminde, özgün lezzetin oluşumu için yüksek şiddette ısı işlem uygulandığı, üründe ısı işlem kaynaklı uçucu bileşiklerin saptanmasıyla anlaşılmıştır [35].

EMP Üretimi

Farklı peynir lezzetlerinde EMP'ler günümüzde endüstriyel olarak üretilmektedir, ancak bu ürünlerin üretim tekniklerine yönelik bilgi ve üretim yöntemlerinin ayrıntıları patentler aracılığıyla veya ticari gerekçelerle saklanmaktadır. Konu ile ilgili bilimsel literatürdeki çalışmaların sayısı da oldukça az olduğundan konu hakkındaki bilgi çok sınırlıdır.

EMP üretimindeki temel hedef; peynir lezzetinin standart olarak ve kısa sürede elde edilmesidir. Bu açıdan peynir lezzetinin oluşum sürecinde belirleyici olan peynir olgunlaşması, EMP üretiminde taklit edilmeye çalışılmaktadır. Peynir olgunlaşmasında 3 temel biyokimyasal yolun/mekanizmanın etkili olduğu bilinmektedir [36]. Bunlardan ilki kalıntı laktoz, laktat ve sitrat metabolizmasıdır. Bu sürecin ilk adımı olan kalıntı laktozun parçalanması önemli ölçüde olgunlaşmanın ilk ayı içerisinde gerçekleşmekte ve sonrasındaki mekanizmalar peynir tipine ve kullanılan yardımcı kültürle ilgili olarak ciddi çeşitlilik içermektedir. Bununla beraber, peynir lezzetinde ve olgunlaşmasında en belirleyici mekanizmaların proteoliz ve lipoliz süreçleri olduğu düşünülmektedir. Proteoliz ve lipoliz süreçleri sadece birincil parçalanma ürünleri ile değil, ikincil süreçlerle de (serbest yağ asidi ve serbest aminoasit katabolizması) olgun peynir lezzeti üzerinde belirleyici etkilere sahiptir [36].

EMP üretiminde peynir olgunlaşmasının kontrollü koşullarda ve hızlandırılmış şekilde taklit edildiği vurgulanmıştır. Bu kapsamda 3 temel biyokimyasal yoldan ilki, hedeflenen peynir lezzetine uygun olan bir taze peynirin hammadde olarak kullanılması ile belirli ölçülerde sağlanır. Buna ek olarak, ikincil kültürlerin üretimde kullanımı ile bu süreç geliştirilebilir [37]. Bununla beraber, EMP üretiminin merkezi, peynir olgunlaşmasında belirleyici olan proteolizin ve lipolizin taklididir. Bu doğrultuda, hedeflenen peynir lezzetine ulaşmak için EMP üretiminde kullanılan taze peynire

dışarıdan proteolitik ve lipolitik enzimler ilave edilir ve belirli inkübasyon koşullarında enzimatik reaksiyonlar gerçekleştirilir. Burada enzimatik reaksiyonların etkin gerçekleşebilmesi ve homojen ürün elde edilebilmesi için hammadde olarak kullanılan taze peynirin, proteolitik ve lipolitik enzimlerin ilavesi öncesinde, homojen ve kararlı bir akışkana dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu akışkanın enzimlerle işlenmesi sonrasında ise ısı işlemle enzimatik reaksiyonlar durdurulmaktadır [2, 3, 38].

EMP üretiminde kullanılan enzim tipleri ve miktarları, işlem parametreleri (sıcaklık, pH, inkübasyon süresi, karıştırma hızı vb) gibi değişkenler, istenilen ve kararlı bir EMP ürünü elde etmek için üretim sürecinde önem arz etmektedir [36]. Bu etmenler, üretim tekniklerine ve istenilen peynir lezzetine göre farklılık göstermektedir. Ayrıca, EMP üretiminde emülgatör veya stabilizör olarak mono/digliseritler, fosfatlar, sitrik asit ve/veya ksantan gam kullanılabilir; formülasyona antioksidan olarak tokoferol gibi yağda çözünen vitaminler ilave edilebilmektedir [40]. Lezzet üzerindeki etkisinden ötürü, üretim sırasında bileşime ekstra tereyağı veya krema ilavesi yapılabilmekte ve lezzeti geliştirmek için üretimde monosodyumglutamat, maya ekstraktı, tuz, organik asitler ve/veya starter kültür ekstraktları da (mevzuata uygunluğunu gözetmek ve etikette belirtmek şartıyla) kullanılabilir [2, 38].

Literatürde, EMP'nin üretimine odaklanan ve üretim teknikleri ile üretim parametrelerini değerlendiren çalışmaların sayısı oldukça azdır (Tablo 1). Bu çalışmaların sayısı az olduğu gibi, bu çalışmalarda incelenen peynir lezzetlerinin çeşitliliği de oldukça azdır. Özgün bir peynir lezzetinden ziyade genel bir peynirimsi lezzetin elde edilmesine çalışılan çalışmaların yanı sıra, Cheddar, olgun beyaz peynir, lighvan peyniri gibi birkaç özel peynir lezzetinin elde edilmesine yönelik çalışmalara literatürde rastlanmıştır. Bu alandaki temel çalışmalar İrlanda'daki bir araştırma ekibi tarafından gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar bir dizi makalede basılarak paylaşılmıştır [32-34, 41]. Bu çalışma dizisinde, Cheddar lezzetine sahip EMP üretimi hedeflenmiş ve bu amaçla öncelikle piyasada bulunan Cheddar lezzetine sahip ticari EMP'lerin özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu EMP'ler içerisinde duyuşal özellikleri açısından en uygun olanı seçilmiş ve bu EMP'nin özelliklerine en yakın EMP "iki aşamalı üretim tekniği" ile üretilmeye çalışılmıştır. Üretimde kullanılabilecek uygun enzimler ve inkübasyon koşulları saptanmıştır. Hemen hemen aynı yöntemi kullanarak, soya sütü ve inek sütü karışımından, genel bir peynir lezzetine sahip EMP üretimi Ali ve ark. [42, 43] tarafından gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, EMP üretiminin optimizasyonu ile EMP tozu üretiminde püskürtmeli kurutma işleminin optimizasyonu amaçlı çeşitli çalışmalar da yapılmıştır, ancak belirlenen modellerin istatistiksel uygunluğu tartışmalı olduğundan ve çalışma sonuçlarının doğrulamaları yapılmadığından çok güvenilir sonuçlar elde edilememiştir [44-46]. Aynı ekip tarafından yapılan diğer çalışmada, soya ve inek sütü karışımından üretilen toz EMP hamur formülasyonuna eklenerek, EMP'nin hamur özelliklerine ve ekme lezzetine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucu, EMP

ilavesinin, hamur yapısını ve ekmek aromasını geliştirdiği ifade edilmiştir [47]. EMP üretimi ile ilgili ülkemizdeki bir araştırma grubu tarafından yürütülen bir dizi çalışmada ise geçmiş çalışmalardan farklı olarak, o dönem piyasada bulunmayan bir EMP lezzeti üretilmeye çalışılmıştır [22, 35, 48-51]. Bu amaçla, olgun "beyaz peynir" lezzetinin üretilmesi hedeflenmiş ve "iki aşamalı üretim tekniği" kullanılmıştır. Piyasada ticari bir örneği bulunmadığından, hedeflenen ürünün fizikokimyasal özelliklerinin ve/veya lezzet özelliklerinin nasıl olması gerektiği önemli bir sorundur. Bundan dolayı, öncelikle Türkiye'de üretilen ticari EMP'lerin özellikleri, daha sonra ise farklı bölgelerden toplanmış ticari olgun beyaz peynir örnekleri ve lezzeti incelenmiştir [22, 35, 48]. Buradan elde edilen bilgi ile üretilecek EMP'nin özelliklerine dair temel bilgi sağlanmış, sonrasında olgun beyaz peynir lezzetine sahip EMP üretiminde proteoliz ve lipoliz aşamaları ayrı ayrı ve ayrıntılı olarak incelenmiştir [49, 50]. Proteoliz aşamasında farklı endopeptidaz ve ekzopeptidaz enzimlerinin tek tek ve birlikte kullanımları denenmiş ve

en uygun enzim kombinasyonu ile enzimatik reaksiyon koşullarına karar verilmiştir [49]. Sonrasında ise farklı lipolitik enzimlerle çalışılarak olgun beyaz peynir lezzetine sahip EMP üretiminde formülasyon ve işlem koşulları optimize edilmiştir [50]. Aynı ekip tarafından yapılan bir diğer çalışmada, olgun beyaz peynir lezzetine sahip sıvı EMP, püskürtmeli kurutma ile toz forma dönüştürülmüştür. Bu çalışmada, püskürtmeli kurutma proses koşullarının EMP tozunun bileşim, fiziksel ve morfolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bunun yanı sıra, püskürtmeli kurutma işleminin serbest yağ asidi ve uçucu bileşikler üzerindeki etkileri de incelenmiştir [51].

Yine son yıllarda yapılan bir başka çalışmada, İran yöresel peyniri olan Lighvan peyniri lezzetine sahip EMP üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretimde iki proteolitik enzim kullanılarak farklı enzim konsantrasyonları ile inkübasyon süreleri çalışılmıştır. Çalışma kapsamında üretilen EMP örneklerinin duyuşal özellikleri incelenmiştir [52].

Tablo 1. Enzim modifiye peynir üretimi ile ilgili bilimsel literatürde yapılmış çalışmalar (listelenen çalışmaların tamamı iki aşamalı üretim tekniği ile gerçekleştirilmiştir)

Table 1. Studies in the scientific literature on enzyme modified cheese production (all of the listed studies were carried out with a two-stage production technique)

Kaynak	Hedef	Değişkenler	Değişkenler / Karar Verme Yöntemleri	Sonuçlar
Kilcawley ve ark. [41]	Cheddar lezzetine sahip ticari EMP'ye en yakın ürünü elde etmek	Farklı proteolitik ve lipolitik enzimler	Proteolitik Enzimler: 4 farklı endopeptidaz (Glutaminase F; Protease A Amano6; Bioprotease A; Neutrase) ile 1 ekzopeptidaz (Debitrase DBP20) birlikte denenmiştir. Lipolitik Enzimler: 3 farklı lipaz (Lipomod 338; Palatase; Lipase AY30 Amano) denenmiştir. Karar: Duyusal analiz ile uygun enzimlere karar verilmiştir.	Uygun Enzimler: Neutrase™ + Debitrase DBP20 ve Lipase AY30 Amano. İnkübasyon Hedefi: ~%55 suda çözünür azot; ~20 asitlik derecesi. İnkübasyon Kosulu: 45°C, 24 saat, 500 rpm (proteoliz ve lipoliz için ayrı ayrı).
Barkat ve ark. [42]	Soya sütü-yağsız süt karışımı yapılan taze peynirden EMP üretmek	Farklı proteolitik ve lipolitik enzimler	Proteolitik Enzimler: 5 farklı endopeptidaz (Protease M Amano; Protease P Amano; ProteAX; Neutrase; Flavourzyme) ile 1 ekzopeptidaz (Peptidase R) birlikte denenmiştir. Lipolitik Enzimler: 3 farklı lipaz (Lipase AY30 Amano; Lipase MER Amano; Lipase DF Amano) denenmiştir. Karar: Duyusal analiz ile uygun enzimlere karar verilmiştir.	Uygun Enzimler: Flavourzyme™+ Peptidase R ve Lipase DF Amano. İnkübasyon Kosulu: 45°C, 24 saat, 500 rpm (proteoliz ve lipoliz için ayrı ayrı).
Barkat ve ark. [43]	Taze beyaz peynirden EMP üretmek	Farklı proteolitik ve lipolitik enzimler	Proteolitik Enzimler: 5 farklı endopeptidaz (Protease M Amano; Protease P Amano; ProteAX; Neutrase; Flavourzyme) ile 1 ekzopeptidaz (Peptidase R) birlikte denenmiştir. Lipolitik Enzimler: 3 farklı lipaz (Lipase AY30 Amano; Lipase A Amano; Lipase MER Amano) denenmiştir. Karar: Duyusal analiz ile uygun enzimlere karar verilmiştir.	Uygun Enzimler: Flavourzyme™+ Peptidase R ve Lipase MER Amano. İnkübasyon Kosulu: 45°C, 24 saat, 500 rpm (proteoliz ve lipoliz için ayrı ayrı).
Bas ve ark. [49]	Olgun beyaz peynir lezzetinde EMP üretmek (Proteoliz aşaması)	Farklı proteolitik enzimler ve inkübasyon süreleri	Proteolitik Enzimler: 2 farklı endopeptidaz (Neutrase™; Promod™ 215MDP) ile 3 farklı ekzopeptidazın (Flavourzyme™; Flavorpro™ 937MDP; Flavorpro™ Umami) birlikte kullanımı (6 enzim kombinasyonu) denenmiştir. İnkübasyon Süresi: 3 farklı inkübasyon süresi (4, 8 ve 12 saat). Karar: Duyusal analiz ve toplam uçucu bileşik miktarı ile uygun koşullara karar verilmiştir.	Uygun İnkübasyon Kosulu: Neutrase™ + Flavorpro™937MDP ile 45°C, 12 saat, 250 rpm.
Kendirci ve ark. [50]	Olgun beyaz peynir lezzetinde EMP üretmek (Lipoliz aşaması)	Farklı lipolitik enzimler ve inkübasyon süreleri	Lipolitik Enzimler: 4 farklı lipaz (Palatase® 20000 L; Piccantase® A; Lipomod™ 801MDP; Lipomod™ 34MDP) denenmiştir. İnkübasyon Süresi: 3 farklı inkübasyon süresi (24, 36 ve 48 saat). Karar: Duyusal analiz, serbest yağ asidi profili ve uçucu bileşik dağılımları birlikte değerlendirilmiştir, uygun koşullara karar verilmiştir.	Uygun İnkübasyon Kosulu: Piccantase® A ile 45°C, 24 saat, 250 rpm veya Lipomod™ 801MDP ile 45°C, 48 saat, 250 rpm.

EMP Üretim Yöntemleri

Literatüre göre, üç farklı üretim yöntemi ile EMP üretilebilmektedir [1, 2, 37]. Üretim amaçlı gerçekleştirilen çalışmalar, özgün peynir lezzetine

ulaşmak amacıyla yapılmış ve bu doğrultuda farklı üretim tekniklerinin kullanılabileceği belirtilmiştir [21, 41]. Bu tekniklerin temel avantaj ve dezavantajları Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Enzim modifiye peynir üretiminde kullanılan farklı tekniklerin avantaj ve dezavantajları

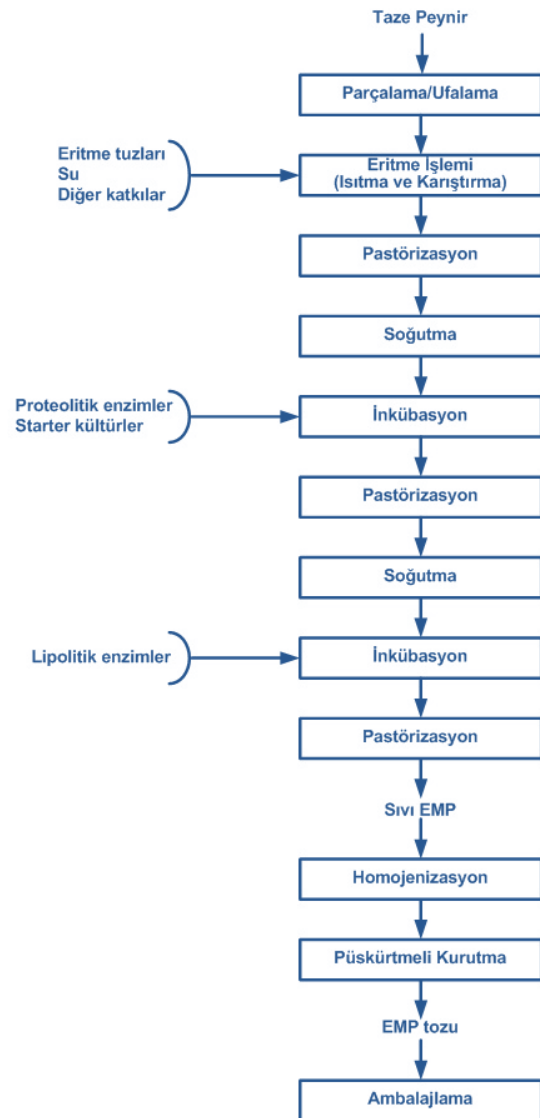
Table 2. Advantages and disadvantages of different techniques used in enzyme modified cheese production

Üretim Tekniği	Avantajları	Dezavantajları
İki aşamalı üretim tekniği	1. Proses tasarım/optimizasyonunda kolaylık 2. Sürekli üretim sistemine uygunluk	1. Görece uzun işlem süresi 2. Çok sayıda ısıtma işlemi içermesi
Bileşen bazlı üretim yaklaşımı	1. Proses tasarım/optimizasyonunda kolaylık 2. Ürün lezzetini çeşitlendirmede kolaylık	1. Üretimde çok sayıda ekipman gerekliliği 2. Sürekli üretim sistemine uygun olmaması 3. Lezzet bileşiklerinin çeşitliliğindeki azlık
Tek aşamalı üretim tekniği	1. Düşük üretim maliyeti 2. Üretimde az sayıda ekipman gerekliliği 3. Sürekli üretim sistemine uygunluk 4. Az sayıda ısıtma işlemi içermesi	1. Proses tasarım/optimizasyonunda zorluk 2. Öngörülmesi güç enzimatik etkileşimler

EMP üretiminde kullanılan en yaygın teknik "iki aşamalı üretim tekniği"dir. Bu üretim tekniği, aynı zamanda, deneysel çalışmalara dayanan literatür verisine ulaşılabilen tek tekniktir. Bu teknikte hammadde sırasıyla proteoliz ve lipoliz reaksiyonlarına tabi tutulur. Bu amaçla taze peynir kontrollü koşullarda, önce proteolize uğratılmakta, proteoliz sonucu enzimatik aktivite ısıtma işlemiyle durdurulmakta, sonrasında ise ürün lipolitik enzimlerle muamele edilmektedir [21, 41]. Üretim akışı şematik olarak Şekil 1'de gösterilen bu yöntem sayesinde, tek bir hammadde kullanılarak, çok farklı peynir lezzetlerine ulaşılabilmektedir. Aşamalı gerçekleştirilen işlem sayesinde, enzimatik reaksiyonların kontrolü, hedeflenen ürüne göre üretim koşullarının öngörülmesi ve ayarlanması mümkün olmaktadır. Aşamaların ayrı ayrı optimizasyonu yapılabilmekte ve bu şekilde sürekli üretim sistemleri tasarlanabilmektedir. Bu anlamda, özgün bir peynir lezzetine ulaşılması açısından ve/veya yeni ürün geliştirilmesi açısından oldukça uygun bir yöntemdir. Ancak, bu üretim tekniği iki ayrı enzimatik reaksiyon süreci içermektedir. Uygulanan enzimatik işlemler, beraberinde ek işlemleri (pastörizasyon ve soğutma) gerektirmektedir. Dolayısıyla, artan işlem basamakları ile üretim süresi uzamaktadır. Ek olarak iki enzimatik reaksiyon süreci, bu reaksiyonların durdurulması için iki kez ısıtma uygulamasını gerektirmekte ve ekstra ısıtma işlem uygulamasından kaynaklı son ürün lezzetinde kimi istenmeyen değişiklikler gerçekleşebilmektedir.

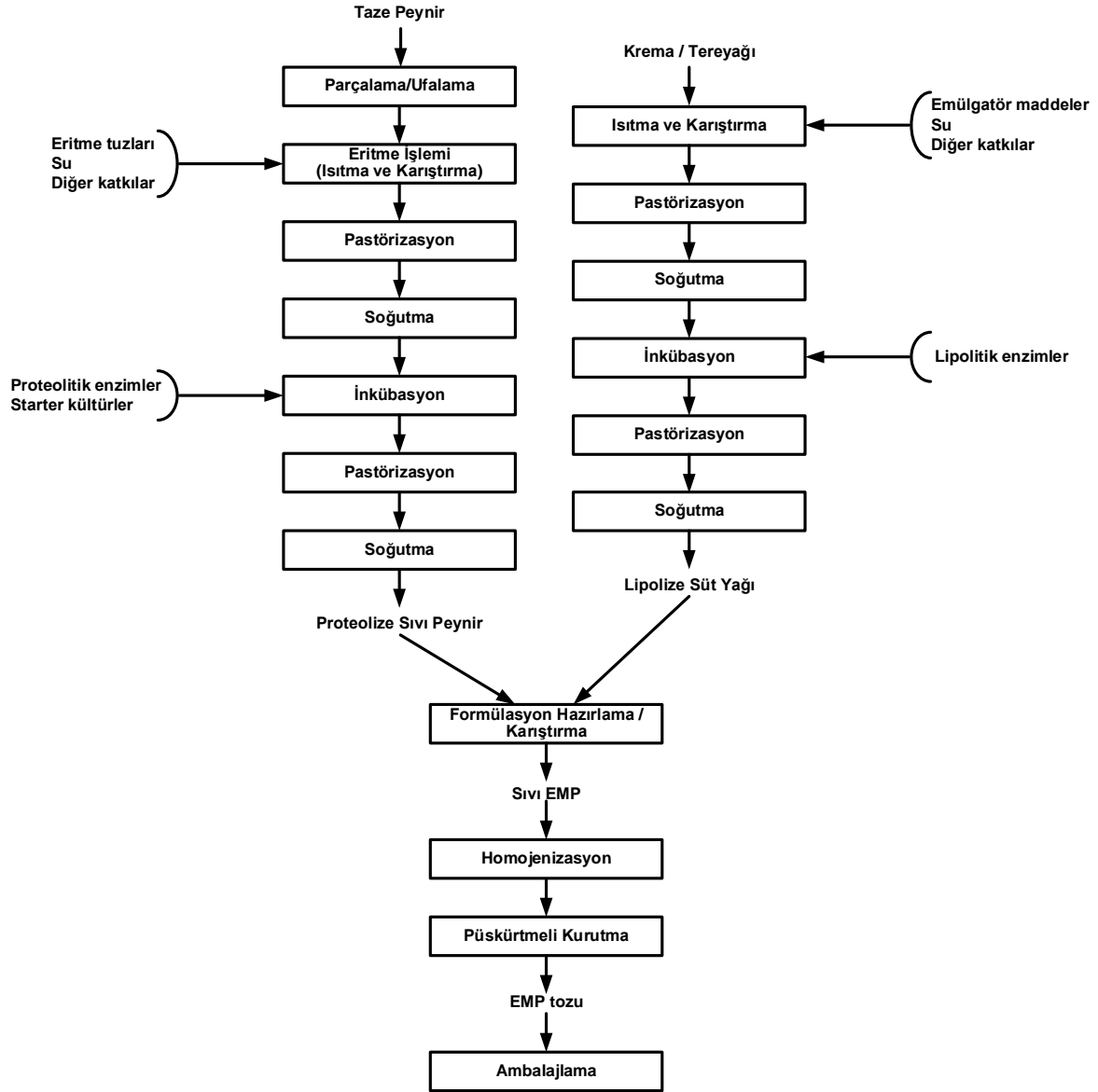
EMP üretiminde diğer bir üretim tekniği "bileşen bazlı üretim yaklaşımı" olarak isimlendirilmektedir [2, 37]. Bu üretim tekniğinde lipoliz ile proteoliz farklı hammaddelerde ayrı ayrı gerçekleştirilmektedir ve ayrı ayrı hammaddelerle gerçekleştirilen iki ayrı enzimatik reaksiyon sonucu iki ayrı ara ürün elde edilmektedir. Şekil 2'de gösterildiği üzere, krema veya sadeyağın lipolizi ile elde edilen ara ürün (lipolize süt yağı) ve taze peynirin proteolizi ile elde edilen ara ürün (proteolize sıvı peynir) istenilen oranlarda karıştırılarak EMP üretilmektedir [2, 37]. Bu yöntemde, lipoliz ve proteolizin tamamen ayrı ortamlarda gerçekleştirilmesi sonucu standart lezzetlerin elde edilmesi kolaylaşmakta, lezzet karışımları ile farklı ürünlerin elde edilmesi mümkün olmakta ve her bir ara ürünün ayrı ayrı üretim optimizasyonu sağlanabildiğinden, optimizasyon açısından ciddi avantajlar barındırmaktadır. Ancak, bu yöntemle sürekli üretim mümkün değildir ve bundan dolayı endüstriyel üretime çok uygun değildir. Aynı zamanda, proteoliz ürünlerinin lipolitik enzimlerle veya lipoliz ürünlerinin

proteolitik enzimlerle işlenmesi sonucu ortaya çıkabilen lezzet bileşiklerinin elde edilmesi mümkün değildir. Bundan dolayı, kimi özgün peynir lezzetlerinin bu yöntemle elde edilemeyeceği öngörülmektedir.



Şekil 1. İki aşamalı üretim tekniği ile EMP üretimi [37, 41]

Figure 1. EMP production with two-stage production technique [37, 41]



Şekil 2. Bileşen bazlı üretim yaklaşımı ile EMP üretimi [2, 37, 38]

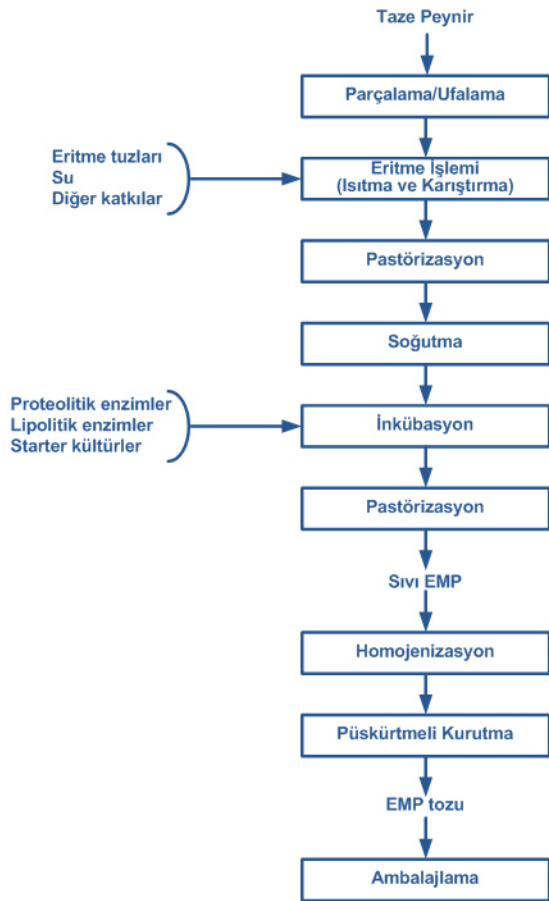
Figure 2. EMP production with component-based manufacturing approach [2, 37, 38]

EMP üretiminde kullanılabilecek son üretim tekniği ise tek bir hammaddeden, tek bir reaktör veya tankta, proteoliz ve lipolizin eşzamanlı olarak gerçekleştirilmesine dayanan “tek aşamalı üretim tekniği”dir (Şekil 3). Üretimin tek aşamada gerçekleştirilebilmesi sadece üretim sürecini kısaltmamakta, aynı zamanda ihtiyaç duyulan ısı işlem adedini de azaltmaktadır. Buna ek olarak, tüm süreç tek bir ekipmanda, sürekli üretim sistemi olarak kolaylıkla tasarlanabilmekte ve üretim maliyetleri diğer tüm EMP üretim tekniklerine oranla düşük olmaktadır. Tüm bu nedenlerle “tek aşamalı üretim tekniği” ile EMP üretimi endüstriyel açıdan çok daha uygun bir üretim tekniğidir. Ancak tüm bu avantajlarına karşın, bu yöntemle EMP üretiminde istenilen lezzete ulaşabilmek için üretimin optimizasyonunda ciddi güçlükler bulunmaktadır. Optimizasyonu zorlaştıran konuların başında, proteolitik ve lipolitik enzimlerin eşzamanlı çalışmalarının ürün kalite özellikleri üzerine yaratabileceği etkiler vardır ve

bu etkilerin öngörülmesinde ciddi zorluklar bulunmaktadır. Enzimlerin eşzamanlı faaliyetlerinin ve birbirleri üzerindeki etkilerinin saptanması güçtür. Eşzamanlı enzim uygulaması ile enzimlerin birbirlerinin faaliyetlerini yavaşlatması/durdurması mümkündür ve bu durum standart bir son ürün eldesinde sorunlara neden olabilir. Ancak, literatürde yapılmış bazı çalışmalar değerlendirildiğinde, proteolitik ve lipolitik enzimlerin eşzamanlı kullanımının, enzimatik reaksiyonların hızını yavaşlatmak zorunda olmadığı, hatta kimi durumlarda sinerjistik etki göstererek hızlandırdığı görülmektedir.

Fox, NovoNordisk A/C (Bagsvaerd, Danimarka) firmasındaki EMP üretiminde bir lipolitik enzimle (Palatase) proteazın eşzamanlı olarak çalıştırılabildiğini bildirmiştir [53]. Benzer şekilde, Haileselassie'nin aktardığına göre ise ImperialBiotech EMP üretiminde bir proteolitik-lipolitik enzim karışımını eşzamanlı olarak kullanmıştır [54]. Lin ve Jeon [55] yaptıkları çalışmada,

proteolitik ve lipolitik enzimlerin birlikte kullanımının yağların lipolizini olumlu etkilediğini ve lipoliz ürünlerinde belirgin artışların görüldüğünü saptamışlardır. Bu durumun mekanizması ile ilgili çalışmada herhangi bir açıklama veya yorum yapılmamakla beraber, enzimatik aktivitenin pek çok faktörden (süre, sıcaklık, pH, nem içeriği, emülgatör, tuz ve/veya öncül maddelerin varlığı vb) etkilenebildiği bilinmektedir [56]. Süt proteinlerinin hidrolizi ile emülgatör özelliği gelişkin peptitlerin oluşabileceği [57] ve yüzey aktif bileşenlerin varlığının lipolitik aktiviteyi arttırdığı [2, 55] bilinmektedir. Buradaki süreçlerde de proteolitik aktivite sonucu artan yüzey aktif bileşenler ile emülsiyon kararlılığının lipolitik aktiviteyi desteklemiş olması mümkündür. Benzer şekilde, 2 farklı küften elde edilen kaba enzim ekstraktların EMP üretiminde eşzamanlı kullanımı ile olumlu sonuçlar alındığı rapor edilmiştir [58]. Ancak, bu konudaki veri sınırlıdır ve proteolitik-lipolitik enzimlerin eşzamanlı kullanımı ile olası sinerjistik etkilerin, her farklı çeşit EMP'nin üretiminde, deneysel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 3. Tek aşamalı üretim tekniği ile EMP üretimi [2, 37, 38]

Figure 3. EMP production with one-stage production technique [2, 37, 38]

SONUÇ

EMP'nin doğal lezzet katkısı olarak kullanımı son yıllarda hem gıda sanayinde artmış, hem de bilimsel literatürde konu ile ilgili yayınlanan makaleler çeşitlenmiştir. Gıda sanayinde çeşitli gıdaların

formülasyonlarında kullanılmak üzere farklı peynir lezzetlerine sahip ticari EMP'ler üretilmektedir. Buna rağmen EMP'nin üretimi ile ilgili çalışmalar literatürde oldukça sınırlı sayıdadır. Yapılan çalışmalarda şu ana kadar EMP üretiminde sadece "iki aşamalı üretim tekniği"nin kullanıldığı ve bu teknikte sadece Cheddar ve olgun beyaz peynir üretimlerinin incelendiği görülmektedir. Her bir peynir lezzeti için farklı enzimlerle ve işlem koşullarıyla çalışılması gerektiği de göz önüne alındığında, farklı peynir lezzetlerinde EMP üretimi ile ilgili çalışmalara bilimsel literatürde ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrıca, her bir üretim tekniğinin kendisine özgü avantajları vardır. Bu anlamda, sadece "iki aşamalı üretim tekniği"nin değil, çok farklı peynir lezzetlerinin elde edilebilmesinde kimi kolaylıklar sağlayan "bileşen bazlı üretim tekniği"nin ve/veya üretim maliyetlerinin düşüklüğü, işlem süresinin kısalığı, ekipman ihtiyacının azlığı ve sürekli üretime uygunluğu gibi özellikleriyle endüstriye çok uygun olan "tek aşamalı üretim tekniği"nin denenmesi ve hatta birbirleriyle kıyaslanması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, "Tek Aşamalı Üretim Tekniği ile Enzim Modifiye Peynir Üretimi" başlıklı 120O115 numaralı projeye mali desteğinden ve ilgisinden dolayı TÜBİTAK'a (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) teşekkür etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Moskowitz, G.J., Noelck, S.S. (1987). Enzyme-modified cheese technology. *Journal of Dairy Science*, 70(8), 1761-1769.
- [2] Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Fox, P.F. (1998). Enzyme-modified cheese. *International Dairy Journal*, 8(1), 1-10.
- [3] Erbay, Z., Baş, D., Kendirci, P., Çam, M., Kelebek, H., Salum, P., Selli, S. (2016). Lezzet katkısı olarak peynir ve enzim modifiye peynir tekniğinde güncel durum. *Academic Food Journal/Akademik Gıda*, 4(2), 209-217.
- [4] Erbay, Z., Koca, N., Kaymak-Ertekin, F., Ucuncu, M. (2015). Optimization of spray drying process in cheese powder production. *Food and Bioprocess Processing*, 93, 156-165.
- [5] Koca, N., Erbay, Z., Kaymak-Ertekin, F. (2015). Effects of spray-drying conditions on the chemical, physical, and sensory properties of cheese powder. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 2934-2943.
- [6] Erbay, Z., Koca, N. (2015). Effects of whey or maltodextrin addition during production on physical quality of white cheese powder during storage. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8391-8404.
- [7] Erbay, Z., Koca, N. (2019). Effects of using whey and maltodextrin in white cheese powder production on free fatty acid content, nonenzymatic browning and oxidation degree during storage. *International Dairy Journal*, 96, 1-9.
- [8] Sahin, C.C., Erbay, Z., Koca, N. (2018). The physical, microstructural, chemical and sensorial properties of spray dried full-fat white cheese

- powders stored in different multilayer packages. *Journal of Food Engineering*, 229, 57-64.
- [9] Urgu-Ozturk, M., Kaymak-Ertekin, F., Koca, N. (2021). Production of reduced-fat white cheese powder: The effects of fat reduction and microparticulated protein usage on the characteristics of the cheese powder during storage. *Powder Technology*, 391, 510-521.
- [10] da Silva, D.F., Larsen, F.H., Hougaard, A.B., Ipsen, R. (2017). The influence of raw material, added emulsifying salt and spray drying on cheese powder structure and hydration properties. *International Dairy Journal*, 74, 27-38.
- [11] da Silva, D.F., Ahrne, L., Larsen, F.H., Hougaard, A.B., Ipsen, R. (2018). Physical and functional properties of cheese powders affected by sweet whey powder addition before or after spray drying. *Powder Technology*, 323, 139-148.
- [12] da Silva, D.F., Hirschberg, C., Ahrné, L., Hougaard, A.B., Ipsen, R. (2018). Cheese feed to powder: Effects of cheese age, added dairy ingredients and spray drying temperature on properties of cheese powders. *Journal of Food Engineering*, 237, 215-225.
- [13] da Silva, D.F., Vlachvei, K., Tziouri, D., Hougaard, A.B., Ipsen, R., Ahrné, L. (2019). Cheese powder as emulsifier in oil-in-water (O/W) emulsions: Effect of powder concentration and added emulsifying salt during cheese powder manufacture. *Food Science & Technology*, 103, 266-270.
- [14] da Silva, D.F., Vlachvei, K., Geng, X., Ahrné, L., Ipsen, R., Hougaard, A.B. (2020). Effect of cheese maturation on physical stability, flow properties and microstructure of oil-in-water emulsions stabilised with cheese powders. *International Dairy Journal*, 103, 104630.
- [15] da Silva, D.F., Tziouri, D., Ahrné, L., Bovet, N., Larsen, F.H., Ipsen, R., Hougaard, A.B. (2020). Reconstitution behavior of cheese powders: Effects of cheese age and dairy ingredients on wettability, dispersibility and total rehydration. *Journal of Food Engineering*, 270, 109763.
- [16] da Silva, D.F., Tziouri, D., Ipsen, R., Hougaard, A.B. (2020). Towards the manufacture of camembert cheese powder: Characteristics of cheese feeds without emulsifying salts. *LWT-Food Science and Technology*, 127, 109412.
- [17] da Silva, D.F., Wang, H., Czaja, T.P., van den Berg, F., Kirkensgaard, J.J.K., Ipsen, R., Hougaard, A.B. (2021). Effects of homogenization and pH adjustment of cheese feed without emulsifying salt on the physical properties of high fat cheese powder. *Powder Technology*, 378, 227-236.
- [18] Varming, C., Beck, T.K., Petersen, M.A., Ardö, Y. (2011). Impact of processing steps on the composition of volatile compounds in cheese powders. *International Journal of Dairy Technology*, 64(2), 197-206.
- [19] Varming, C., Andersen, L.T., Petersen, M.A., Ardö, Y. (2013). Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses. *International Dairy Journal*, 30(1), 19-28.
- [20] Guinee, T.P., (2011). Cheese as a Food Ingredient. In Encyclopedia of Dairy Sciences, Edited by J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK, 288.
- [21] West, S. (2007). Production of Flavours, Flavour Enhancers and Other Protein-Based Speciality Products. In Novel Enzyme Technology for Food Application, Edited by R. Rastall, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 183-204.
- [22] Erbay, Z., Salum, P., Gövce, G. (2017). Türkiye’de üretilen enzim modifiye süt ürünlerinin lipolitik ve proteolitik olgunlaşma düzeylerinin incelenmesi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(7), 919-925.
- [23] Hannon, J.A., Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Delahunty, C.M., Beresford, T.P. (2006). Production of ingredient-type cheddar cheese with accelerated flavor development by addition of enzyme-modified cheese powder. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 3749-3762.
- [24] Soccol, C.R., Medeiros, A.B.P., Vandenberghe, L.P.S., Woiciechowski, A.L. (2007). Flavor Compounds Produced by Fungi, Yeasts, and Bacteria. Handbook of Food Products Manufacturing, Edited by Y.H. Hui, Wiley-Blackwell, West Sussex, UK, 179-191.
- [25] Farkye, N.Y., Arnold, M. (2008). A novel technology for making lowfat cheese. *Symposium Dairy Foods: Advances in Low Fat Cheese Research*, July 7-11, 2008, Indiana, USA, Joint Annual Meeting Abstracts, 154.
- [26] Amelia, I., Drake, M., Nelson, B., Barbano, D.M. (2013). A new method for the production of low-fat Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 96(8), 4870-4884.
- [27] Hassan, A.N., Awad, S., Mistry, V.V. (2007). Reduced fat process cheese made from young reduced fat cheddar cheese manufactured with exopolysaccharide-producing cultures. *Journal of Dairy Science*, 90(8), 3604-3612.
- [28] Miri, M.A., Habibi Najafi, M.B. (2011). The effect of adding enzyme-modified cheese on sensory and texture properties of low-and high-fat cream cheeses. *International Journal of Dairy Technology*, 64(1), 92-98.
- [29] Noronha, N., Cronin, D.A., O’Riordan, E.D., O’Sullivan, M. (2008). Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). *Food Chemistry*, 106(3), 905-913.
- [30] Noronha, N., Cronin, D., O’Riordan, D., O’Sullivan, M. (2008). Flavouring reduced fat high fibre cheese products with enzyme modified cheeses (EMCs). *Food Chemistry*, 110(4), 973-978.
- [31] Habibi-Najafi, M.B., Sabouri, S., Mahallati, M.N. (2010). Formulation optimization of process cheese using enzyme modified cheese. *International Conference of Food Science and Technology 2010*, Mar 22-24, 2010, Chester, UK, Abstracts, 43.
- [32] Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Fox, P.F. (2000). A survey of the composition and proteolytic indices of commercial enzyme-modified Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 10(3), 181-190.

- [33] Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Fox, P.F. (2001). A survey of lipolytic and glycolytic end-products in commercial Cheddar enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 66-73.
- [34] Hulin-Bertaud, S., Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Delahunty, C.M. (2000). Sensory and compositional relationships between commercial Cheddar-flavored enzyme-modified cheeses and natural Cheddar. *Journal of Food Science*, 65(6), 1076-1082.
- [35] Salum, P., Erbay, Z., Selli, S. (2019). The compositional properties, proteolytic-lipolytic maturation parameters and volatile compositions of commercial enzyme-modified cheeses with different cheese flavours. *International Journal of Dairy Technology*, 72(3), 416-426.
- [36] McSweeney, P.L. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144.
- [37] Erbay, Z., Salum, P., Kilcawley, K.N. (2020). Enzyme Modified Cheese. Agents of Change: Enzymes in Milk and Dairy Products, Edited by A.L. Kelly, L.B. Larsen, Springer International Publishing (Verlag), New York, 785.
- [38] Wilkinson, A.G., Doolan, I.A., Kilcawley, K.N. (2011). Enzyme-Modified Cheese. Encyclopedia of Dairy Sciences, Edited by, J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK, 799.
- [39] Bolat, E.B., Erbay, Z. (2019). Enzim modifiye peynir üretim teknikleri ve üretim parametrelerinin etkileri. *2.Ulusal Sütçülük Kongresi*, 25-26 Nisan, 2019, İzmir, Türkiye, Bildiriler Kitabı, 91-92.
- [40] Law, B.A. (2010). Enzymes in Dairy Product Manufacture. In *Enzymes in Food Technology*, Edited by R.J. Whitehurst, M. van Oort, Wiley-Blackwell, West Sussex, UK, 88.
- [41] Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Fox, P.F. (2006). A novel two-stage process for the production of enzyme-modified cheese. *Food Research International*, 39(5), 619-627.
- [42] Ali, B., Khan, K.Y., Majeed, H., Xu, L., Wu, F., Tao, H., Xu, X. (2017). Imitation of soymilk-cow's milk mixed enzyme modified cheese: their composition, proteolysis, lipolysis and sensory properties. *Journal of Food Science and Technology*, 54(5), 1273-1285.
- [43] Ali, B., Khan, K.Y., Majeed, H., Xu, L., Bakry, A.M., Raza, H., Shoaib, M., Wu, F., Xu, X. (2019). Production of ingredient type flavoured white enzyme modified cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 1683-1695.
- [44] Amighi, F., Emam-Djomeh, Z., Madadlou, A. (2016). Optimised production and spray drying of ACE-inhibitory enzyme modified cheese. *Journal of Dairy Research*, 83, 125-134.
- [45] Amighi, F., Emam-Djomeh, Z., Madadlou, A. (2013). Spray drying of ACE-inhibitory enzyme-modified white cheese. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(11), 2276-2282.
- [46] Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Abid, M., Xu, L., Wu, F., Xu, X. (2017). Soymilk-Cow's milk ACE-inhibiting enzyme modified cheese. *Food Chemistry*, 237, 1083-1091.
- [47] Ali, B., Khan, K.Y., Majeed, H., Jin, Y., Xu, D., Rao, Z., Xu, X. (2022). Impact of Soy-Cow's mixed milk enzyme modified cheese on bread aroma. *LWT-Food Science and Technology*, 154, 112793.
- [48] Salum, P., Gokce, G., Kendirci, P., Bas, D., Erbay, Z. (2018). Composition, proteolysis, lipolysis, volatile profile and sensory characteristics of ripened white cheeses manufactured in different geographical regions of Turkey. *International Dairy Journal*, 87, 26-36.
- [49] Bas, D., Kendirci, P., Salum, P., Govce, G., Erbay, Z. (2019). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavour: I-effects of proteolytic enzymes and determination of their appropriate combination. *Food and Bioprocess Processing*, 117, 287-301.
- [50] Kendirci, P., Salum, P., Bas, D., Erbay, Z. (2020). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavour: II-Effects of lipases. *Food and Bioprocess Processing*, 122, 230-244.
- [51] Salum, P., Bertkas, S., Cam, M., Erbay, Z. (2022). Enzyme-modified cheese powder production: Influence of spray drying conditions on the physical properties, free fatty acid content and volatile compounds. *International Dairy Journal*, 125, 105241.
- [52] Habibi-Najafi, M.B., Miri, M.A. (2020). Production and evaluation of enzyme modified lighvan cheese using different levels of commercial enzymes. *Journal of Clinical Microbiology And Biochemistry Technology*, 3.
- [53] Fox, P.F. (1988). Acceleration of cheese ripening. *Food Biotechnology*, 2(2), 133-185.
- [54] Hailellassie, S.S.B. (1999). Production of enzyme-modified cheese and bioactive peptides by lactobacillus and commercial enzymes, Thesis for Master of Science, McGill University Montreal, Quebec, Canada, 104.
- [55] Lin, J.C.C., Jeon, I.J. (1987). Effects of commercial food grade enzymes on free fatty acid profiles in granular Cheddar cheese. *Journal of Food Science*, 52(1), 79-83.
- [56] Kilara, A. (2011). Enzymes Exogenous to Milk in Dairy Technology: Lipases. Encyclopedia of Dairy Sciences, Edited by J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK, 284.
- [57] Nongonierma, A.B., FitzGerald, R.J. (2011). Enzymes Exogenous to Milk in Dairy Technology: Proteinases. Encyclopedia of Dairy Sciences, Edited by J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, Elsevier Academic Press, London, UK, 288.
- [58] Moosavi-Nasab, M., Radi, M., Jouybari, H.A. (2010). Investigation of enzyme modified cheese production by two species of *Aspergillus*. *African Journal of Biotechnology*, 9(4), 508-511.

Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları

Akademik Gıda dergisi gıda bilimi ve teknolojisi alanında hazırlanmış özgün araştırma ve derleme makalelerin yayınlandığı **hakemli** bir dergidir. Araştırma notu, mini derleme, görüş ve editöre mektup gibi yazılar da yayın için değerlendirilir. Dergi 3 ayda bir basılmakta olup 4 sayıda bir cilt tamamlanır. Dergide Türkçe ve İngilizce makaleler yayınlanır.

Akademik Gıda dergisinde yayınlanması istenen çalışmalar derginin www.academicfoodjournal.com web sayfasında bulunan elektronik makale gönderim sistemi üzerinden gönderilmelidir. E-posta ile gönderilen makaleler değerlendirilmeyecektir. Elektronik makale gönderim sistemi ile ilgili sorularınız için ogursoy@yahoo.com e-posta adresinden editörlere irtibata geçebilirsiniz.

- Gönderilecek çalışmanın dergide hangi tür makale olarak (Araştırma Makalesi, Derleme Makale, Araştırma Notu, Mini Derleme, Görüş ve Editöre Mektup) yayınlanması istendiği yazar(lar) tarafından mutlaka belirtilmelidir.
- Yazar(lar) tarafından çalışmayı değerlendirebileceği düşünülen ve yazar(lar)la çıkar çatışması/çakışması olmayan en az 3 potansiyel hakem iletişim bilgileri de (yazışma adresi, e-posta ve telefon numarası) verilerek önerilmelidir. Önerilecek hakemler yazarın kendi kurumu dışından olmalıdır.
- Gönderilecek çalışmalar yazım ve imla hataları içermemelidir. İngilizceden Türkçeye tercüme edilen teknik terimler "Gıda Mühendisliği Teknik Terimler Rehberi"nde [Gıda Mühendisleri Odası, Kitaplar Serisi No: 17, Filiz Matbaacılık, Ankara, 232s, ISBN: 978-9944-89-407-4] tavsiye edilen şekliyle kullanılmalıdır.
- Gönderilen çalışmaların daha önce hiç bir yerde yayınlanmadığı yazar(lar) tarafından garanti edilmelidir.
- Yayın Kurulu yayına kabul edilmiş çalışmalarda gerekli değişiklikleri yapmaya yetkilidir.

Makalelerin Değerlendirilmesi

Yayımlanmak üzere Akademik Gıda dergisine gönderilen çalışmalar öncelikle Editörlerin ön incelemesinden geçmektedir. İlk incelemeyi geçen çalışmalar, değerlendirilmek üzere en az iki bağımsız hakeme gönderilmektedir. Çalışmaların değerlendirilmesinde hakemlerin makale yazar(lar)ını, makale yazar(lar)ının hakemleri görmediği çift-kör (double-blind) değerlendirme sistemi kullanılmaktadır. Editörler (i) dergi kapsamı dışında olan, (ii) teknik açıdan yetersiz, (iii) kendi içerisinde bütünlük ve

tutarlılık arz etmeyen sonuçlar içeren veya (iv) kötü yazılmış çalışmaları doğrudan reddetme hakkına sahiptir.

Yazım Ücreti

Akademik Gıda dergisinde makale yayınlanması için herhangi bir ücret talep edilmemektedir.

Etik Beyanı

Dergi yayın politikası, makalelerin değerlendirilmesi ve etik hususlar ile ilgili detaylı bilgilere Etik Beyanı kısmından ulaşılabilir.

Çalışmaların Hazırlanması

1. Çalışmalar A4 boyutunda hazırlanmalı, üstten 2.45 cm, alttan 2.45 cm, sağ ve soldan 1.75 cm boşluk bırakılmalı ve tek kolon olarak hazırlanmalıdır. Metin çift satır aralıklı yazılmalı, paragraflar arasında tek satır boşluk bırakılmalıdır. Metinde bütün satırlar (sürekli) numaralandırılmalıdır.

2. Çalışma başlığı 14 punto Arial, koyu, küçük harflerle ve ortalanmış olarak yazılmalıdır. Başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılmalı (11 punto); yazar isimleri (yalnızca ilk harfler büyük) 10 punto Arial ve ortalanmış olarak verilmelidir. Yazarların adresleri, telefon ve faks bilgileri ile yazışmalardan sorumlu yazarın e-posta adresi hemen alt satırda 9 punto Arial, ilk harfler büyük olacak şekilde ve ortalanmış olarak yazılmalıdır. Yazarların çalıştıkları kuruluşlar (ve/veya adresler) farklı ise her bir yazar isminin sonuna rakamlarla üst indis konulmalıdır.

3. Metin içindeki kısımların başlıkları (ÖZ, ABSTRACT, GİRİŞ vb.) 10 punto Arial ve koyu olarak büyük harflerle yazılmalı, başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılarak metine geçilmelidir. Alt başlıklarda ilk harfler büyük, 10 punto Arial ve koyu yazı karakteri kullanılmalıdır. ÖZ'ün altına bir satır boşluk bırakıldıktan sonra en fazla 5 adet Anahtar Kelime konmalıdır. Anahtar Kelimelerden sonra bir satır boşluk bırakılarak İngilizce başlık ve altına ABSTRACT ve Keywords yazılmalıdır. Bir satır boşluk bırakılarak ana metine geçilmelidir.

4. Ana metin 9.5 punto Arial olarak hazırlanmalıdır.

5. Çalışma başlıca şu kısımlardan oluşmalıdır: Başlık, Yazar İsimleri, Adresleri, İletişim Bilgileri, Yazışmalardan Sorumlu Yazarın E-posta adresi, Öz,

Abstract, Ana Metin (Giriş, Materyal ve Metot, Bulgular ve Tartışma, Sonuç), Teşekkür (gerekliyse), Kısaltmalar (gerekliyse), Kaynaklar.

6. Öz ve Abstract 250 kelimeyi geçmemeli, çalışmanın amacını, metodunu ve önemli sonuçlarını içermelidir. Öz tek paragraf olarak yazılmalı ve öz içinde kaynaklara atıf yapılmamalıdır.

7. Çalışma içerisinde geçen mikroorganizma isimleri ile Latince ifade ve isimler italik olarak yazılmalı ve kısaltmalarda uluslararası yazım kuralları göz önünde bulundurulmalıdır.

8. Tablo başlıkları tablonun üstüne, şekil başlıkları ise şeklin altına yazılmalı ve numaralandırılmalıdır. Kullanılan tablo ve şekillere metin içinde mutlaka atıf yapılmalıdır. Metin içinde geçen veriler tablo ve şekillerin tekrarı olmamalıdır. Tablo ve şekillerin başlıkları içerikleriyle uyumlu ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller ve resimlerin yüksek çözünürlükte olmasına dikkat edilmelidir. Resimler (ve gerekiyorsa Şekiller) *.jpg formatında metin içerisinde yer almalıdır.

9. Metin içerisinde atıflar köşeli parantez içerisinde rakamlarla yapılmalı [1] ve Kaynaklar bölümünde bu numara sırasıyla detayları yazılmalıdır. Kaynakların numaralandırılması MS Word Numaralandırma Kitaplığı kullanılarak yapılmalıdır.

10. Kullanılan matematiksel denklemler numaralandırılmalı ve metin içerisinde bu denklemlere atıf yapılmalıdır.

11. Kaynaklar kısmı APA yazım stili kullanılarak hazırlanmalıdır. Kaynakların yazımında aşağıdaki örnek yazım biçimleri kullanılmalı ve makalelerin yayınlandığı dergi isimleri kısaltma kullanılmadan ve italik olarak yazılmalıdır. Web adreslerine atıf yapılacağına (mümkün olduğunca Resmi web sayfalarına atıf yapılmalıdır) mutlaka ilgili web adresine erişim tarihi verilmelidir.

Makale

- [1] Bozkurt, H., İçier, F. (2009). İnegöl köfte üretiminde ohmik pişirmenin uygulanabilirliğinin incelenmesi. *Akademik Gıda*, 9(1), 6-12.

Kitap

- [2] Kılıç, S. (2001). Süt Endüstrisinde Laktik Asit Bakterileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, İzmir.

Kitap Bölümü

- [3] Gibson, G.R., Saavedra, J.M., MacFarlane, S., MacFarlane, G.T. (1997). Probiotics and Intestinal Infections. In Probiotics 2: Applications and Practical Aspects, Edited by R. Fuller, Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, England, 212p.

Kongre-Sempozyum Bildirisi

- [4] Gürsoy, O., Akdemir, O., Hepbaşlı, A., Kınık, Ö. (2004). Recent situation of energy consumption in Turkey dairy industry. *International Dairy Symposium: Recent Developments in Dairy Science and Technology*, May 24-28, 2004, Isparta, Turkey, Book of Proceedings, 10-16p.

12. Hakem görüşleri doğrultusunda düzeltilmek üzere yazar(lar)a gönderilen çalışmaların gerekli düzeltmeleri yapılarak yayın ofisine ulaştırılması gereklidir. Editörler tarafından belirtilen süre zarfında gönderilmeyen çalışmalar "ilk defa gönderilmiş çalışma" olarak değerlendirilecektir.

13. Yukarıdaki kurallara uygun olarak hazırlanmamış çalışmalar değerlendirmeye alınmaz.

Guidelines to Authors

Akademik Gıda® (Academic Food Journal) is a peer reviewed journal where original research and review articles are published in the field of food science and technology. Research notes, mini-reviews, opinions and letters to the editor are also considered for publication. The journal is published trimonthly and each volume is composed of 4 issues per year. Journal articles are published either in Turkish or English. Manuscripts in either good American or British English usage are accepted, but not a mixture of these.

Manuscripts for the Akademik Gıda® (Academic Food Journal) must be sent via the electronic article submission system, which can be located in the official website of the journal, www.academicfoodjournal.com. Manuscripts sent by e-mail are not considered for evaluation. For questions related to the electronic article submission system, contact the editor via e-mail at ogursoy@yahoo.com.

- Authors must specify the type of the manuscript (research articles, review articles, research briefs, mini-review articles, comments and letters to the editor).
- Authors should provide at least 3 potential referees and their contact information (mailing address, e-mail address and phone number).
- Manuscripts to be submitted should be free from any spelling or grammatical error.
- Authors must guarantee that the submitted manuscript is not published anywhere previously and will not be submitted to anywhere before the editorial board makes a final decision on the manuscript.
- The editorial board is authorized to make necessary changes in manuscripts accepted for publication.

Peer review policy

Manuscripts pass through initial screening in the editorial office followed by internal review by Editors. After the first evaluation, manuscripts are double-blind-reviewed by a peer review system involving at least two independent reviewers to ensure high quality of manuscripts accepted for publication. The Editors have the right to decline formal review of a manuscript if it is (i) on a topic outside the scope of the Journal, (ii) lacking technical merit, (iii) fragmentary and providing marginally incremental results or (iv) poorly written.

Publication fee

Akademik Gıda® (Academic Food Journal) welcomes article submissions and does not charge a publication fee.

Ethics Statement

Detailed information about journal publication policy, evaluation of manuscripts and ethical issues can be found in the Ethics Statement section.

Preparation of a manuscript

1. Manuscripts should be prepared in A4 size, and the text must be prepared in a single column format. The text must be double-spaced, and a single space should be left between paragraphs. All lines and pages must be continuously numbered.

2. The title must be 14pt Arial, bold, small letters and centered. A blank line should be left after the title, and the names of authors should be given in 10pt Arial and centered. In addition to each author's contact address, the phone and fax numbers and e-mail address of the corresponding author should be provided. If the institutions of the authors are different, superscript numbers should be used to indicate their addresses.

3. The headings (e.g. Abstract, Introduction, Materials and Methods etc.) must be 10pt Arial, and should be typed in bold capital letters. Each heading should appear on its own separate line. A blank line should be left after each heading. A list of keywords, a maximum of 5, should be provided below the abstract section of the manuscript.

4. The main text should be prepared in 9.5pt Arial.

5. Typical articles mainly consist of the following divisions: Title, Author Names, Addresses, Contact Information, Corresponding author's e-mail address, Abstract, Main text (Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions), Acknowledgements (if necessary), Abbreviations (if necessary) and References.

6. The abstract should not exceed 250 words, and the main purpose and method and the most significant result and conclusion should be presented in the abstract. The abstract should be prepared as a single paragraph, and should not include any citation.

7. Latin names in the text should be in italics, and names and abbreviations should follow international rules. If abbreviations that are not standard are unavoidable, they must be defined at their first mention in the text. Consistency of abbreviations throughout the article must be ensured. Internationally accepted rules and conventions must be followed, and the international

system of units (SI) must be used. If other units are mentioned, their equivalents in SI must be provided.

8. Table headings should be on the top of each table and figure captions below each figure. Each table or figure must be numbered consecutively in accordance with their appearance in the text. All figures and tables should be cited in the text. The data presented in the tables and figures should not be repeated in the text. Table headings and figure captions should be self-explanatory. Figures and pictures must be provided in high resolution, and pictures (and, if necessary figures) should be included in the text as *.jpg format.

9. References in the text should be cited in numbers in square brackets [1] and details of the citations must be provided in the Literature or References section with their respective numbers.

10. Mathematical equations should be numbered and cited in the text.

11. References should be given according to the APA manual of style. The following formats should be used for the details of cited references, and the journal names must be typed in italics. References to the Web addresses (if necessary, the official web pages should be preferred) must include full web address and the date of access.

Article

[1] Güzeler, N., Kaçar, A., Say, D. (2011). Effect of milk powder, maltodextrin and polydextrose use on

physical and sensory properties of low calorie ice cream during storage. *Akademik Gıda*, 9(2), 6-12.

Book

[2] Kilic, S. (2001). Lactic Acid Bacteria in Dairy Industry. Ege University Faculty of Agriculture Publications, Ege University Press, Bornova, Izmir, Turkey.

Book Chapter

[3] Gibson, G.R., Saavedra, J.M., MacFarlane, S., MacFarlane, G.T. (1997). Probiotics and Intestinal Infections. In Probiotics 2: Applications and Practical Aspects, Edited by R. Fuller, Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London, England, 212p.

Proceedings of the Congress-Symposium

[4] Gursoy, O., Akdemir, O., Hepbasli, A., Kinik, O. (2004). Recent situation of energy consumption in dairy industry in Turkey. *International Dairy Symposium: Recent Developments in Dairy Science and Technology*, May 24-28, 2004, Isparta, Turkey, Book of Proceedings, 10-16p.

12. A list of the corrections requested by the referees must be provided by the authors, and it must be sent to the editorial office.

13. Studies that are not prepared in accordance with the rules above will not be considered for evaluation.

Etik Beyanı

Akademik GIDA®, gıda bilimi ve teknolojisi alanında orijinal araştırma ve derleme makalelerinin yayınlandığı hakemli bir dergidir. Dergi üç ayda bir Sidas Medya Ltd. Şti. (Çankaya, İzmir, Türkiye) tarafından yayınlanmaktadır. Derginin genel bilimsel kalitesini iyileştirmek için yayıncı tarafından aşağıdaki yönergeler belirlenmiştir.

Yayın Politikası

Akademik Gıda dergisine gönderilen tüm makaleler Dergi Editörleri için Davranış Kuralları ve En İyi Uygulama Kılavuzları ve Dergi Yayıncıları için Davranış Kurallarında ([Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#)) belirtilen Genel Kılavuzlara uygun olarak değerlendirilmektedir. Bilimsel yazılar dergiye gönderilmeden önce derginin Yazım Kurallarının okunmasını önemle tavsiye ederiz. Yazarlar aynı zamanda Avrupa Bilim Editörleri Birliği'nin (EASE) ([European Association of Science Editors](#)) İngilizce olarak basılacak makaleler için "Bilimsel Makalelerin Yazarları ve Çevirmenleri İçin Rehber"e uymalıdır. Yazarlar, insan veya hayvan verilerini içeren araştırmaları için Uluslararası Tıp Dergisi Editörleri Komitesinin ([International Committee of Medical Journal Editors](#)) önerilerini takip etmelidir.

Makalelerin Değerlendirilmesi

Dergiye gönderilen tüm makaleler, bilimsel içeriklerinin özgünlüğü ve kalitesi ölçütlerine göre değerlendirilir.

- Dergiye gönderilen tüm yazılar, ilk olarak yayın ofisindeki (teknik ve genel kalite değerlendirilmesi açısından) eleme işleminden geçer ve ardından teknik ve bilimsel editörler tarafından değerlendirilir.
- İlk değerlendirmeden sonra, editörler (i) dergi kapsamı dışında kalan bir konu hakkında hazırlanmış makaleleri (ii) teknik olarak eksik/yetersiz makaleleri, (iii) kısmi ve marjinal artan sonuçları içeren makaleleri veya (iv) kötü yazılmış makaleleri reddetme hakkına sahiptir.
- İlk inceleme sonucunda makalenin ileri değerlendirme için uygun olduğuna karar verilirse, dergide yayımlanmak üzere kaliteli makalelerin seçimini yapmak amacıyla, makaleler çift-körlü (hakemin ve yazar/yazarların birbirlerini görmedikleri) değerlendirme sistemi ile en az iki bağımsız hakemden oluşan bir değerlendirme sürecinde bilimsel incelemeye alınır.
- Hakemler tarafından talep edilirse, makalenin hakem görüşleri doğrultusunda yazarlar tarafından revize edilmiş versiyonu orijinal hakemler tarafından tekrar değerlendirilir. Değerlendirmelerin ardından

editörler hakem önerileri doğrultusunda makale hakkındaki nihai kararlarını verirler. Gerekirse editörler, hakemlerin istedikleri tüm şartların yerine getirilmesi için yazarlardan ilave revizyon isteyebilir.

- Kabul edilen makalelerin son versiyonu, yayın öncesi taslağın (galley proof) hazırlanması için teknik editörlere gönderilir. Yazarlardan, makalelerinin dizgisi hazırlanmış taslaklarını son kontrol için yayın öncesinde incelemeleri istenir.
- Tüm makaleler, nihai formlarında DOI numarası 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](#)) tüm yayınlanmış makalelere uygular. Yayınlanmadan önce, Telif Hakkı Devir Formu yazışmalardan sorumlu yazar tarafından imzalanmalı ve derginin yayın ofisine gönderilmelidir. Yayınlanan yazıların telif hakkı Sidas Medya Limited Şirketi'ne (Çankaya, İzmir) aittir. Yazarlar, yayınladıkları makaleleri serbestçe ve ticari olmayan amaçlarla, bütünlüğü korunduğu ve yazarları, alıntı detaylarını ve yayıncıları açıkça belirtildiği sürece kullanma hakkına

sahiptir. Bireysel kullanıcılar, yazarların fikri ve ahlaki haklarının, saygınlığının ve bütünlüğünün tehlikeye atılmaması şartıyla, Akademik Gıda'da yayınlanan yazılara erişebilir, indirebilir, kopyalayabilir, görüntüleyebilir ve uyarlayabilir. Kullanıcılar herhangi bir yeniden kullanım, sahiplerin telif hakkı politikalarına uygun olmasını sağlamalıdır. Yayınlanan yazıların içeriği, ticari olmayan araştırma ve eğitim amaçlı kopyalanır, indirilir veya başka bir şekilde yeniden kullanılırsa, uygun şekilde bir atıf yapılmalı ve ilgili makaleye bir link [yazarlar, dergi unvanı, el yazması adı, cilt, yıl ve sayfa numaraları ve yayınlanan link] Derginin web sitesinde sürüm] sağlanmalıdır. Telif hakkı bildirimleri ve feragatnameler silinmemelidir.

Ethics and Publication Malpractice Statement

Akademik GIDA® is a peer-reviewed journal where original research and review articles are published quarterly by Sidas Media Agency Advertisement Consultation Ltd. (Cankaya, Izmir, Turkey) in the field of food science and technology. In order to improve the overall scientific quality of the journal, following guidelines have been established by the publisher.

Editorial Policy

General Guidelines stated in the [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#) are followed by all papers submitted to Academic GIDA. Prior to submission, authors are highly recommended to read the [Journal's Instructions to Authors](#). Authors should also follow the [European Association of Science Editors \(EASE\) Guidelines for Authors and Translators of Scientific Articles to be Published in English](#). For any research involving human or animal data, the recommendations of the [International Committee of Medical Journal Editors](#) should be followed by the authors of the manuscripts.

Peer Review

All contributions are evaluated according to the criteria of originality and quality of their scientific content.

- All manuscripts pass through an initial screening process (technical and overall quality evaluation) in the editorial office followed by an internal review by the technical and scientific editors.
- After the first evaluation, editors have the right to decline formal review of a manuscript if it is (i) on a topic outside the scope of the Journal, (ii) lacking technical merit, (iii) fragmentary and providing marginally incremental results or (iv) poorly written.
- If the manuscript is considered suitable for further evaluation, manuscripts are double-blind-reviewed by a peer review system involving at least two independent reviewers to ensure high quality of manuscripts accepted for publication.
- If requested, the revised version is evaluated by the reviewers, and editors make a decision about final acceptance based on their suggestions. If necessary, further revision can be asked for to fulfil all the requirements of the reviewers.
- The final version is then sent to the technical editor in order to produce a galley proof, and the authors receive this proof for final check before publishing.
- All manuscripts are posted online as pdf files in their final form, indexed in databases with the assigned DOI numbers.

Publication Fee

Akademik GIDA welcomes article submissions and does not charge any publication fee.

Confidentiality

Editors handle all papers submitted to Akademik GIDA in strict confidence. With the exception of reviewers, they do not disclose any information regarding submissions to third parties, unless in case of a suspected misconduct, where COPE recommendations are followed. Submissions are also confidential for reviewers and they are not allowed to share or distribute any part of the manuscripts which they receive for evaluation to third parties. For a case of suspected misconduct, reviewers are encouraged to contact the editorial office immediately in a confidential manner. Reviewers can also recommend a particular course of action in their confidential comments to the editor, following [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#).

Akademik GIDA conducts a double-blind peer review process, i.e. the names of the reviewers are confidential to ensure the critical evaluation of the work. Reviewers are asked not to disclose their names or contact details in their comments for authors.

Authorship

An author is an individual who substantially contributed to the idea or design of a research, acquisition of data, analysis or interpretation of data, was involved in drafting, writing or revising the manuscript critically for important intellectual content. Other contributors should be mentioned in the Acknowledgements section of the manuscript and cannot be considered as authors of the study. Correct and full names of all authors and their [ORCID](#) IDs should be on the title page of the manuscript. Names of authors must be supplemented with their affiliations and a valid address of the corresponding author. The phone and fax numbers and e-mail address of the corresponding author should be stated in the first page of the manuscript. All authors must guarantee that the submitted manuscript is not published anywhere previously and will not be submitted to anywhere before the editorial board makes a final decision on the manuscript.

Funding Sources

Details for all funding sources of the research should be stated in the Acknowledgements. Authors should provide

the full official funding agency name(s) and grant number(s).

Alteration in Authorship

Alteration in authorship after the submission of the manuscript to Akademik GIDA can be justified only by the additional work required during the revision. Any change is not allowed after the acceptance of the manuscript for publication. Alteration in authorship should be indicated in the responses to reviewers, and should be accepted by all authors. The corresponding author is primarily responsible for any alteration in the revised version of the manuscript, including the order of authors.

Correction of Data

All authors should be responsible for the accuracy of the published data. For the correction of data, the corresponding author receives the galley proof of the paper and is asked to correct it carefully within 4 days before publication.

Retraction of an Article

A retraction of an article is used to correct errors in submission or publication. Authors can retract the paper and should follow the Committee on Publication Ethics (COPE) [retraction guidelines](#). In case of a duplicate or overlapping publication, fraudulent use of data, plagiarism or unethical research, the paper will be retracted by the editor, and a retraction notice will be included into the electronic database while all links to the retracted article will be maintained.

Ethical Considerations

Conflict of interest:

- Authors should declare any conflict of interest in their submission form. Authors are requested to suggest at least three potential reviewers before submission, and these reviewers cannot be their colleagues, collaborators or members of their institutions.
- Reviewers should notify the editors on any conflict of interest which prevents them from reviewing the paper, and they are recommended to follow the [COPE guidelines](#).
- For the manuscripts submitted by the members of the Editorial Board or their collaborators, peer reviewing is modified to exclude them from the entire evaluation process in order to minimize any bias during the evaluation.
- During revision, the editors follow the [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#).

Research involving human subjects, animals or plants:

- If the research involves humans or animals, the authors are recommended to follow the guidelines of the [International Committee of Medical Journal Editors](#).

- In studies involving human subjects, their informed consent to participate in the study should be supplied by the authors. For subjects under the age of 18, their parents or guardians should give the permission for their participation in the study. For all tested subjects, the manuscript must accompany with a statement detailing compliance with relevant guidelines and/or appropriate permissions or licenses.
- Any research on animals must comply with institutional, national or international guidelines and, where possible, should be approved by an ethics committee.
- Any experimental research on plants, including collection of plant materials, must comply with institutional, national, or international guidelines.
- Field studies should be conducted in compliance with local legislation, and a statement specifying the appropriate permissions and/or licences should be included in the manuscript.

Publication misconduct:

- The Journal follows the [Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers](#).
- In a case of a suspected misconduct such as redundant or duplicate submission, plagiarism, text recycling, violation of ethical norms, etc., researchers, reviewers or readers are encouraged to contact the Editorial Office (ogursoy@yahoo.com).
- The overlapping in the manuscript is highly restricted to the maximum of 25% with no more than 10% from a single source; otherwise, the manuscript will be rejected. If these terms are violated, COPE recommendations will be followed and all parties involved will be notified.

Copyright

Akademik GIDA applies the [Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 CC BY-NC license](#) to all published papers, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes. Before publication, the [Copyright Transfer Form](#) must be signed by the corresponding author and returned to the editorial office of the journal. Copyright of published papers is retained by the Sidas Media Agency Advertisement Consultation Ltd. (Cankaya, Izmir, Turkey). Authors have the right to use their published article freely and in noncommercial purposes, as long as its integrity is maintained and its original authors, citation details and publisher are clearly stated. Individual users may access, download, copy, display, and adapt the manuscripts published in Akademik GIDA, provided that the authors' intellectual and moral rights, reputation and integrity are not compromised. Users must ensure that any reuse complies with the copyright policies of the owners. If the content of the published manuscripts is copied, downloaded or otherwise reused for noncommercial research and educational purposes, a link to the appropriate bibliographic citation (authors, journal title, manuscript title, volume, year and page

numbers, and the link to the published version on the [Journal's website](#) should be provided. Copyright notices and disclaimers must not be deleted.

Fevzipaşa Blv. Çelik İş Merkezi No:162 K:3 D:302 Çankaya / İZMİR
Tel: +90 232 441 60 01 Fax: +90 232 441 61 06 E-mail: sidasmedya@gmail.com

SIDAS MEDYA