

## İçerikten / From the content


**Rehydration Kinetics of Sun-Dried Eggplants (*Solanum melongena* L.) at Different Temperatures**

*Güneşte Kurutulmuş Patlıcanların (*Solanum melongena* L.) Farklı Sıcaklıklardaki Rehidrasyon Kinetiği*


**Effect of Prepackaging Treatments and Different Gas Composition on Physicochemical and Sensory Properties of Hurma Olive (*Erkence* cv.)**

*Hurma Zeytinin (*Erkence* cv.) Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerinde Paketleme Öncesi Uygulamaların ve Farklı Gaz Kompozisyonlarının Etkisi*


**Farklı Maserasyon Koşullarının Öküzgözü Şaraplarının Fenolik Bileşiklerine Etkisi**

*Effect of Different Maceration Conditions on Phenolic Compounds of Öküzgözü Wines*


**Gıda Bileşen Analizine Yönelik Düşük Maliyetli Kolorimetrik Ölçüm Cihazı Geliştirilmesi ve Performansının Belirlenmesi: Glukoz ve Protein Tayini ile Model Çalışma**

*Development of a Low-cost Colorimetric Measurement Device for Food Component Analysis and Determination of its Performance: A Model Study for Glucose and Protein Assays*


**Koruk Sularının Bazı Kalite Karakteristikleri Üzerine Pastörizasyon ve Potasyum Sorbat İlavesinin Etkisi**

*Effect of Pasteurization and Sorbate Addition on Some Quality Parameters of Verjuice*


**Pirinç Sirkesi ve Çeşitli Ticari Sirkelerin Bazı Kalite Özellikleri**

*Some Quality Properties of Rice Vinegar and Various Commercial Vinegar Samples*

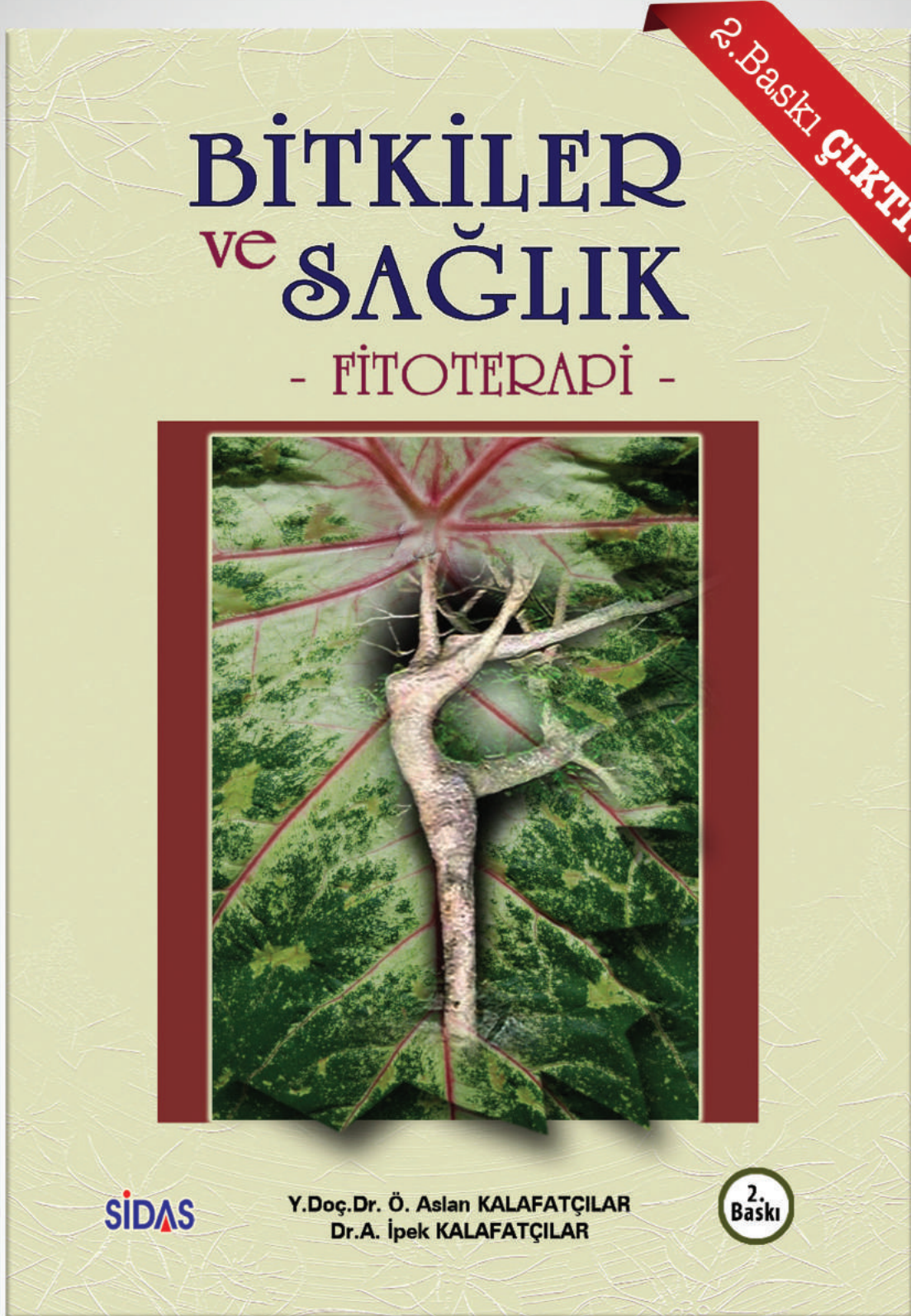

**Sulu Enzimatik Ekstraksiyon ile Fındık Yağında Verim ve Kalitenin Geliştirilmesi**

*Improvement of Crude Hazelnut Oil Yield and Quality by Aqueous Enzymatic Extraction*


**Spirulina'dan (*Spirulina platensis*) Klorofil-a ve Fikosiyenin Pigment Ekstraksiyonuna Ultrasonikasyon Süresinin Etkisi**

*Effects of Ultrasonication Time on Chlorophyll-a and Phycocyanin Pigment Extraction from *Spirulina platensis**

[www.gidakitaplari.com](http://www.gidakitaplari.com)



Fevzipaşa Bulv. Çelik İş Merkezi No:162 K:3 D:302 Çankaya / İZMİR  
Tel: 0 232 441 60 01 Fax: 0 232 441 61 06 [sidasmedya@gmail.com](mailto:sidasmedya@gmail.com)

# SİDAS MEDYA

[www.academicfoodjournal.com](http://www.academicfoodjournal.com)  
<http://dergipark.gov.tr/akademik-gida>

ISSN Online 2148-015X

ACADEMIC FOOD JOURNAL  
**AKADEMİK GIDA**<sup>®</sup>  
Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi

• Cilt/Volume:16 • Sayı/Number:3 • Yıl/Year:2018

[www.akademikgida.com](http://www.akademikgida.com)  
<http://dergipark.gov.tr/akademik-gida>

**ACADEMIC FOOD JOURNAL**  
A JOURNAL ON FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

**Akademik Gıda®** Dergisi Gıda Bilimi ve Teknolojisi alanında hazırlanmış özgün araştırma ve derleme makalelerin yayımlandığı hakemli bir dergidir. Araştırma notu ve editöre mektup gibi yazılar da yayın için değerlendirilmektedir. Dergi 3 ayda bir basılmakta olup 4 sayıda bir cilt tamamlanır. Dergide Türkçe ve İngilizce makaleler yayınlanır.

**Akademik Gıda®** dergisi CAB Abstracts®, EBSCO, Food Science and Technology Abstracts (FSTA) ve TÜBİTAK ULAKBİM Yaşam Bilimleri Veri Tabanı tarafından indekslenmektedir.

**Editör / Editor**

Oğuz Gürsoy

(Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)

**Yardımcı Editörler / Associate Editors**

Özer Kınık (Ege Üniversitesi)

Ramazan Gökçe (Pamukkale Üniversitesi)

Yusuf Yılmaz (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)

**Teknik Editör / Technical Editor**

Kübra Kocatürk (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)

**International Editorial Board / Uluslararası Yayın Kurulu**

Mohamed H. Abd El-Salam (National Research Center, Egypt)

Sibel Akalın (Ege University, Turkey)

Abdullah Akdoğan (Pamukkale University, Turkey)

Nihat Akın (Selçuk University, Turkey)

Nesimi Aktaş (Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Turkey)

Tapani Alatossava (University of Helsinki, Finland)

Patricia-Munsch Alatossava (University of Helsinki, Finland)

Muhammet Arıcı (Yıldız Technical University, Turkey)

Iuliana Aprodu (Dunarea de Jos University of Galati, Romania)

Adriana Pavesi Ariseto (State University of Campinas, Brazil)

Ahmet Ayar (Sakarya University, Turkey)

Zehra Ayhan (Sakarya University, Turkey)

Jurislav Babić (University of Osijek, Croatia)

Chockry Barbana (Canadian Food Inspection Agency, Canada)

Ali Bayrak (Ankara University, Turkey)

Noredine Benkerroum (Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Morocco)

Yavuz Beyatlı (Gazi University, Turkey)

Kamil Bostan (Istanbul Aydın University, Turkey)

Rajka Božanić (University of Zagreb, Croatia)

Cengiz Caner (Çanakkale Onsekiz Mart University, Turkey)

Oana Emilia Constantin (Dunarea de Jos University of Galati, Romania)

Abdullah Çağlar (Afyon Kocatepe University, Turkey)

İbrahim Çakır (Abant İzzet Baysal University, Turkey)

Songül Çakmakçı (Atatürk University, Turkey)

İlyas Çelik (Pamukkale University, Turkey)

Utku Çopur (Uludağ University, Turkey)

Ahmet Hilmi Çon (Ondokuz Mayıs University, Turkey)

Mehmet Demirci (Namık Kemal University, Turkey)

Cynthia Ditchfield (University of Sao Paulo, Brazil)

Maria Elisabetta Guerzoni (University of Bologna, Italy)

Fahrettin Göğüş (Gaziantep University, Turkey)

Şebnem Harsa (Izmir Institute of High Technology, Turkey)

Arif Hepbaşlı (Ege University, Turkey)

Seda Ersus (Ege University, Turkey)

Adnan Hayaloğlu (İnönü University, Turkey)

Yekta Gökşungur (Ege University, Turkey)

Mehmet Güven (Çukurova University, Turkey)

Filiz İçier (Ege University, Turkey)

Kadir Halkman (Ankara University, Turkey)

Hasan Fenercioğlu (Çukurova University, Turkey)

Mükerrem Kaya (Atatürk University, Turkey)

Semra Kayaardı (Celal Bayar University, Turkey)

Yonca Karagül-Yüceer (Çanakkale Onsekiz Mart University, Turkey)

Harun Kesenkaş (Ege University, Turkey)

Meral Kılıç (Istanbul Technical University, Turkey)

Piotr Koczon (Warsaw University of Life Sciences, Poland)

Celalettin Koçak (Ankara University, Turkey)

Ergun Köse (Celal Bayar University, Turkey)

Ahmet Küçükçetin (Akdeniz University, Turkey)

Mine Anđ Küçüker (Istanbul University, Turkey)

Erdoğan Küçüköner (Süleyman Demirel University, Turkey)

Jung Hoon Lee (Fort Valley State University, USA)

Sebahattin Nas (Pamukkale University, Turkey)

Gülden Ova (Ege University, Turkey)

Zümrüt B. Ögel (Konya Food and Agriculture University, Turkey)

Semih Ötleş (Ege University, Turkey)

Halil Özbaş (Süleyman Demirel University, Turkey)

Beraat Özçelik (Istanbul Technical University, Turkey)

Filiz Özçelik (Ankara University, Turkey)

Sami Gökhan Özkal (Pamukkale University, Turkey)

Mustafa Zafer Özel (University of York, UK)

Barbaros Özer (Ankara University, Turkey)

Edward Pospiech (Poznan University of Life Sciences, Poland)

Konstantinos Petrotos (Technological Educational Institute of Larissa, Greece)

Pican Prabasanar (CSIR-Central Food Technological Research Institute, India)

Jenny Ruales (Escuela Politécnica Nacional, Ecuador)

Osman Sağdıç (Yıldız Technical University, Turkey)

Saulius Satkauskas (Vytautas Magnus University, Lithuania)

Meltem Serdaroğlu (Ege University, Turkey)

Reyad R. Shaker (Jordan University of Science & Technology, Jordan)

Romeo Toledo (University of Georgia, USA)

Mahir Turhan (Mersin University, Turkey)

Yahya Tülek (Pamukkale University, Turkey)

Harun Uysal (Ege University, Turkey)

Mustafa Üçüncü (Ege University, Turkey)

Y. Sedat Veliöğlu (Ankara University, Turkey)

Ünal Rıza Yaman (Ege University, Turkey)

Aydın Yapar (Pamukkale University, Turkey)

Hasan Yetim (Erciyes University, Turkey)

Atıla Yetişemiyen (Ankara University, Turkey)

Metin Yıldırım (Ömer Halisdemir University, Turkey)

Ufuk Yücel (Ege University, Turkey)

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

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

Akademik Gıda 16 (3) (2018)  
**İÇİNDEKİLER / CONTENTS**

■ Editörden / Editorial

■ MAKALELER / PAPERS

■ Araştırma Makaleleri / Research Papers

**Rehydration Kinetics of Sun-Dried Eggplants (*Solanum melongena* L.) at Different Temperatures** / Güneşte Kurutulmuş Patlıcanların (*Solanum melongena* L.) Farklı Sıcaklıklardaki Rehidrasyon Kinetiği / Engin Demiryay, Yahya Tülek

257-263

**Effect of Prepackaging Treatments and Different Gas Composition on Physicochemical and Sensory Properties of Hurma Olive (*Erkence cv.*)** / Hurma Zeytinin (*Erkence cv.*) Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerinde Paketleme Öncesi Uygulamaların ve Farklı Gaz Kompozisyonlarının Etkisi / Erkan Susamcı, Özlem Tuncay, Ayşegül Yoltaş

264-270

**Farklı Maserasyon Koşullarının Öküzgözü Şaraplarının Fenolik Bileşiklerine Etkisi** / Effect of Different Maceration Conditions on Phenolic Compounds of Öküzgözü Wines / Mustafa Bayram

271-281

**Gıda Bileşen Analizine Yönelik Düşük Maliyetli Kolorimetrik Ölçüm Cihazı Geliştirilmesi ve Performansının Belirlenmesi: Glukoz ve Protein Tayini ile Model Çalışma** / Development of a Low-cost Colorimetric Measurement Device for Food Component Analysis and Determination of its Performance: A Model Study for Glucose and Protein Assays / Deniz Baş

282-286

**Koruk Sularının Bazı Kalite Karakteristikleri Üzerine Pastörizasyon ve Potasyum Sorbat İlavasının Etkisi** / Effect of Pasteurization and Sorbate Addition on Some Quality Parameters of Verjuice / Haluk Ergezer, Ramazan Gökçe, Tolga Akcan

287-292

**Pirinç Sirkesi ve Çeşitli Ticari Sirkelerin Bazı Kalite Özellikleri** / Some Quality Properties of Rice Vinegar and Various Commercial Vinegar Samples / Mustafa Bayram, Cemal Kaya, Esra Esin Yücel, Büşra Er, Esra Gülmez, Elif Terzioğlu

293-300

**Sulu Enzimatik Ekstraksiyon ile Fındık Yağında Verim ve Kalitenin Geliştirilmesi** / Improvement of Crude Hazelnut Oil Yield and Quality by Aqueous Enzymatic Extraction / Özge ermiş, Canar Kazma, Duygu Kibıncı, Derya Kahveci

301-306

**Spirulina'dan (*Spirulina platensis*) Klorofil-a ve Fikosiyenin Pigment Ekstraksiyonuna Ultrasonikasyon Süresinin Etkisi** / Effects of Ultrasonication Time on Chlorophyll-a and Phycocyanin Pigment Extraction from *Spirulina platensis* / Salih Aksay, Rıdvan Arslan

307-312

■ Derleme Makaleler / Review Papers

**UHT İçme Sütlerinde Jelleşme Sorunu: Enzimlerin Etkisi** / Gelation Problem in UHT Milk: Effect of Enzymes / Firuze Ergin, Ahmet Küçükçetin

313-322

**Et ve Et Ürünlerinin Kalitesini Geliştirmede Kullanılan Yeni Teknikler** / Novel Techniques for Improving the Quality of Meat and Meat Products / Pelin Talu Özkaya, Semra Kayaardı

323-331

**Jelatin Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalar** / Gelatin Based Edible Films and Coatings / Fatma Coşkun Topuz, Gökhan Boran

332-339

**Kabuklu Deniz Ürünleri: Norovirüs Salgınları ve Sporadik Enfeksiyonlar İçin Risk** / Shellfish: Risk for Norovirus Outbreaks and Sporadic Infections / Sevinç Sökel, Mehmet Kale, Sibel Hasırcioğlu, Sibel Yayru, Oğuz Gürsoy, Kübra Kocatürk

340-350

**Gıda İçin Gelecek Öngörüler: Yıl 2050** / Foresights for Future of Food: The Year 2050 / Çağlar Gökırmaklı, Mustafa Bayram

351-360

**Tuz: Gıdalardaki Algısı, Fonksiyonları ve Kullanımının Azaltılmasına Yönelik Stratejiler** / Salt: Its Perception, Functions and Strategies to Reduce its Use in Foods / Banu Akgün, Seda Genç, Muhammet Arıcı

361-370

■ Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları / Guidelines to Authors



**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

**Editör**

Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY  
ogursoy@yahoo.com

**Yardımcı 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: 16

Sayı: 81

Temmuz - Ağustos - Eylül 2018

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 16. yayın yılının üçüncü sayısında sizlerle birlikteyiz. Bu sayımızda 8 araştırma ve 6 derleme çalışması olmak üzere toplam 14 makale yer almaktadır.

Dergimiz 2017 yılı birinci sayısından itibaren <http://www.academicfoodjournal.com> adresinin yanı sıra TÜBİTAK ULAKBİM çatısı altında, Türkiye'de yayımlanan akademik dergiler için elektronik ortamda barındırma ve editöryal süreç yönetimi hizmeti sunan DergiPark'ta, <http://dergipark.gov.tr/akademik-gida> adresinde yayımlanmaya başlamıştır. Ancak dergimize yayımlanmak üzere gönderilen makalelerin kabulü halen <http://www.academicfoodjournal.com> adresinden yapılmakta olup, DergiPark üzerindeki makale kabul süreçlerini içeren sistem kullanılmamaktadır. Bu sistem üzerinden makale kabulüne önümüzdeki yıllarda geçilmesi planlanmaktadır. Dergimizin tüm arşivine DergiPark üzerinden erişiminin sağlanması için gerekli çalışmalar TÜBİTAK ULAKBİM tarafından yapılmakta olup, bu çalışmaların kısa bir süre içerisinde tamamlanması beklenmektedir. Söz konusu çalışmalarla birlikte dergimizde yayımlanan makalelerin ulaşılabilirliğinde de önemli düzeyde artış olması beklenmektedir.

Dergimizle ilgili bir diğer yenilik makalelerin sonunda yer alan kaynaklar bölümünde kaynakların gösteriminde kısaca APA (American Psychological Association) olarak bilinen Amerika Psikoloji Derneği yazım stiline kullanılacak olmasıdır. Dergimize makale gönderecek meslektaşlarımızın bu durumu dikkate almasını ve güncellenen yazım kuralları sayfalarımızı takip etmesini rica ediyoruz.

Bu yıl ve önümüzdeki yıllarda daha fazla ulusal ve uluslararası veri tabanı ve indekste dizinlenmek ve derginin uluslararası düzeyde tanınırlığını arttırmak için çalışmalarımızı sürdürüyoruz. Dergimizin kalitesini ve uluslararası alanda saygınlığını arttırabilmemiz için etki faktörünün yükseltilmesi başlıca hedeflerimiz arasındadır. Bu nedenle siz değerli bilim insanlarından gerek dergimize ve gerekse diğer ulusal ve uluslararası dergilere gönderdiğiniz makalelerde Akademik Gıda dergisinde yayımlanan makalelere mümkün olduğunca atıf yapmanızı tekrar rica ediyoruz.

Katkılarınızla dergimizin daha iyi noktalara geleceğine yürekten inanıyoruz. Ayrıca, dergimizde araştırma makalelerinin ve İngilizce olarak yazılan makalelerin değerlendirme ve yayınlanma sürelerinin diğer makalelere kıyasla oldukça kısa olduğunu yazarlarımıza tekrar hatırlatmak istiyoruz.

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

Saygılarımla.

**Prof. Dr. Oğuz Gürsoy**

Editör

**Prof. Dr. Özer Kınık**

**Prof. Dr. Ramazan Gökçe**

**Prof. Dr. Yusuf Yılmaz**

Yardımcı Editörler

**BİLİMSEL ETKİNLİKLER****International Symposium on Food Rheology and Texture (FRTI 2018)**

Uluslararası Gıda Reolojisi ve Dokusu Sempozyumu 19-21 Ekim 2018 tarihleri arasında İstanbul'da düzenlenecektir. Sempozyumla ilgili detaylı bilgilere <http://www.foodrheology-symposium.com/> adresinden ulaşılabilir.

**13th International Conference of Food Physicists**

Uluslararası Gıda Fizikçileri Derneği ve Akdeniz Üniversitesi işbirliği ile düzenlenecek olan 13. Gıda Fizikçileri Uluslararası Konferansı 23-25 Ekim 2018 tarihleri arasında Antalya'da gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://icfp2018.org/> adresinden ulaşılabilir.

**3rd International Congress on Food Technology**

Üçüncü Uluslararası Gıda Teknolojisi Kongresi 7-9 Kasım 2018 tarihlerinde Kapadokya'da gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <http://www.intfoodtechno2018.org/> adresinden ulaşılabilir.

**2. International Congress on Food of Animal Origin**

Yakın Doğu Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü tarafından Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde 8-11 Kasım 2018 tarihlerinde Kaya Artemis Otel'de düzenlenecek olan 2. Uluslararası Hayvansal Gıdalar Kongresi ile ilgili bilgilere <http://www.foodanimalcongress2018.com/> adresinden ulaşılabilir.

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

Kimyagerler Derneği öncülüğünde çok sayıda kuruluşun katkısı ve işbirliği ile ikincisi 9-12 Kasım 2018 tarihleri arasında Arnavutluk'ta düzenlenecek olan kongre ile ilgili bilgilere <http://iscmp.org/> adresinden ulaşılabilir.

**2. Ulusal Sütçülük Kongresi**

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü, Tarım ve Ormanlık Bakanlığı Et ve Süt Kurumu Genel Müdürlüğü, Türkiye Süt, Et ve Gıda Üreticileri ve Sanayicileri Birliği (SETBİR) ve Ulusal Süt Konseyi'nin ana düzenleyicileri olduğu 2. Ulusal Sütçülük Kongresi 25-26 Nisan 2018 tarihleri arasında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Feyzi Önder Konferans Salonunda gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili detaylı bilgilere <http://www.usko2019.com> adresinden ulaşılabilir.

**4th International Conference on Food and Biosystems Engineering**

30 Mayıs-2 Haziran 2019 tarihleri arasında Yunanistan'da (Agia Pelagia, Heraklion Crete Island, Greece) dördüncüsü düzenlenecek olan Gıda ve Biyosistem Mühendisliği Uluslararası Konferansı ile ilgili detaylı bilgilere <http://www.-fabe.gr> adresinden ulaşılabilir.



## İçerikten / From the content


**Rehydration Kinetics of Sun-Dried Eggplants (*Solanum melongena* L.) at Different Temperatures**

*Güneşte Kurutulmuş Patlıcanların (*Solanum melongena* L.) Farklı Sıcaklıklardaki Rehidrasyon Kinetiği*


**Effect of Prepackaging Treatments and Different Gas Composition on Physicochemical and Sensory Properties of Hurma Olive (*Erkence* cv.)**

*Hurma Zeytinin (*Erkence* cv.) Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerinde Paketleme Öncesi Uygulamaların ve Farklı Gaz Kompozisyonlarının Etkisi*


**Farklı Maserasyon Koşullarının Öküzgözü Şaraplarının Fenolik Bileşiklerine Etkisi**

*Effect of Different Maceration Conditions on Phenolic Compounds of Öküzgözü Wines*


**Gıda Bileşen Analizine Yönelik Düşük Maliyetli Kolorimetrik Ölçüm Cihazı Geliştirilmesi ve Performansının Belirlenmesi: Glukoz ve Protein Tayini ile Model Çalışma**

*Development of a Low-cost Colorimetric Measurement Device for Food Component Analysis and Determination of its Performance: A Model Study for Glucose and Protein Assays*


**Koruk Sularının Bazı Kalite Karakteristikleri Üzerine Pastörizasyon ve Potasyum Sorbat İlavesinin Etkisi**

*Effect of Pasteurization and Sorbate Addition on Some Quality Parameters of Verjuice*


**Pirinç Sirkesi ve Çeşitli Ticari Sirkelerin Bazı Kalite Özellikleri**

*Some Quality Properties of Rice Vinegar and Various Commercial Vinegar Samples*

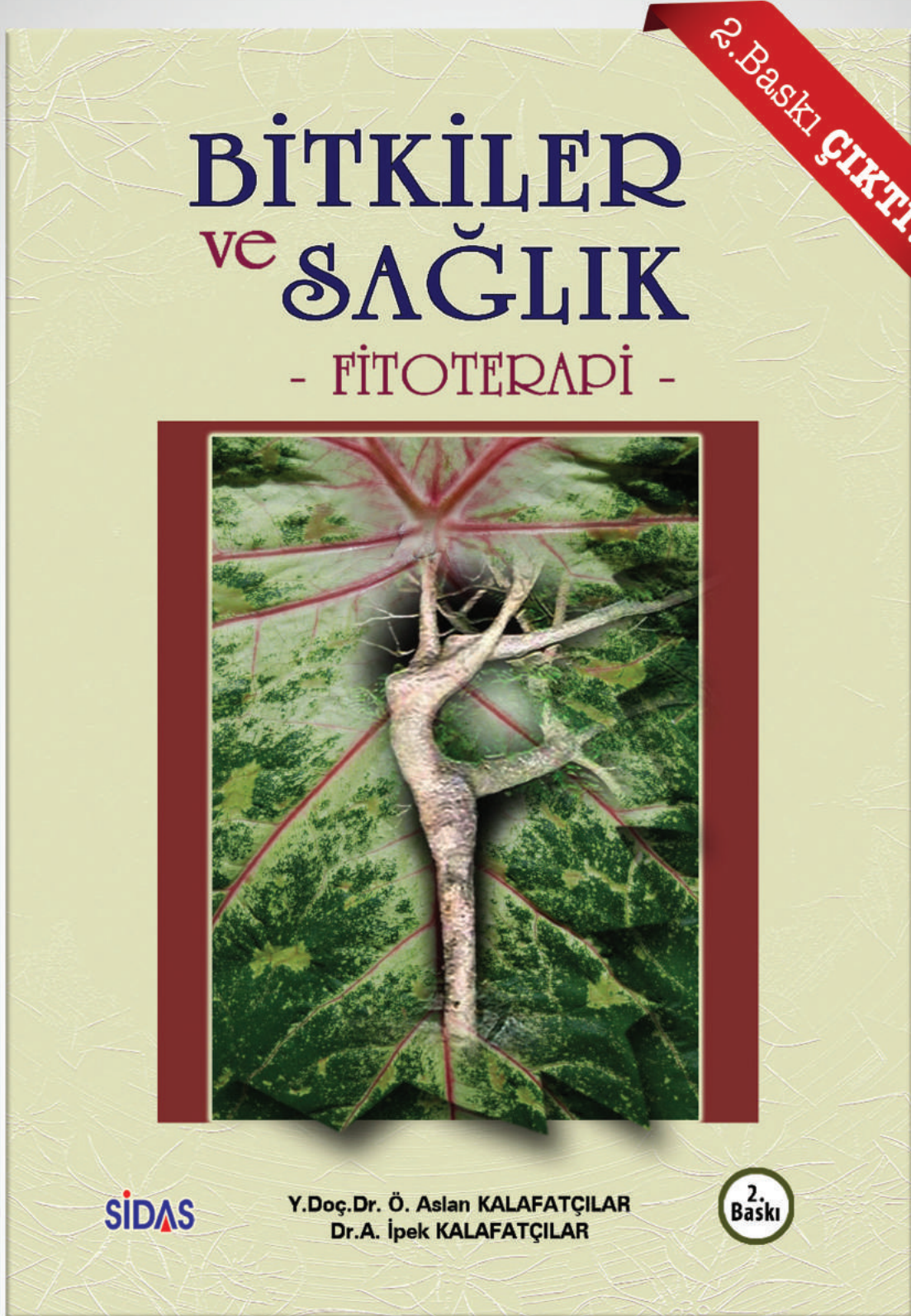

**Sulu Enzimatik Ekstraksiyon ile Fındık Yağında Verim ve Kalitenin Geliştirilmesi**

*Improvement of Crude Hazelnut Oil Yield and Quality by Aqueous Enzymatic Extraction*


**Spirulina'dan (*Spirulina platensis*) Klorofil-a ve Fikosiyenin Pigment Ekstraksiyonuna Ultrasonikasyon Süresinin Etkisi**

*Effects of Ultrasonication Time on Chlorophyll-a and Phycocyanin Pigment Extraction from *Spirulina platensis**

[www.gidakitaplari.com](http://www.gidakitaplari.com)



Fevzipaşa Bulv. Çelik İş Merkezi No:162 K:3 D:302 Çankaya / İZMİR  
Tel: 0 232 441 60 01 Fax: 0 232 441 61 06 [sidasmedya@gmail.com](mailto:sidasmedya@gmail.com)

# SİDAS MEDYA

[www.academicfoodjournal.com](http://www.academicfoodjournal.com)  
<http://dergipark.gov.tr/akademik-gida>

ISSN Online 2148-015X

ACADEMIC FOOD JOURNAL  
**AKADEMİK GIDA**<sup>®</sup>  
Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi

• Cilt/Volume:16 • Sayı/Number:3 • Yıl/Year:2018

[www.akademikgida.com](http://www.akademikgida.com)  
<http://dergipark.gov.tr/akademik-gida>

**ACADEMIC FOOD JOURNAL**  
A JOURNAL ON FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

**Akademik Gıda®** Dergisi Gıda Bilimi ve Teknolojisi alanında hazırlanmış özgün araştırma ve derleme makalelerin yayımlandığı hakemli bir dergidir. Araştırma notu ve editöre mektup gibi yazılar da yayın için değerlendirilmektedir. Dergi 3 ayda bir basılmakta olup 4 sayıda bir cilt tamamlanır. Dergide Türkçe ve İngilizce makaleler yayınlanır.

**Akademik Gıda®** dergisi CAB Abstracts®, EBSCO, Food Science and Technology Abstracts (FSTA) ve TÜBİTAK ULAKBİM Yaşam Bilimleri Veri Tabanı tarafından indekslenmektedir.

**Editör / Editor**

Oğuz Gürsoy

(Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)

**Yardımcı Editörler / Associate Editors**

Özer Kınık (Ege Üniversitesi)

Ramazan Gökçe (Pamukkale Üniversitesi)

Yusuf Yılmaz (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)

**Teknik Editör / Technical Editor**

Kübra Kocatürk (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)

**International Editorial Board / Uluslararası Yayın Kurulu**

Mohamed H. Abd El-Salam (National Research Center, Egypt)

Sibel Akalın (Ege University, Turkey)

Abdullah Akdoğan (Pamukkale University, Turkey)

Nihat Akın (Selçuk University, Turkey)

Nesimi Aktaş (Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Turkey)

Tapani Alatossava (University of Helsinki, Finland)

Patricia-Munsch Alatossava (University of Helsinki, Finland)

Muhammet Arıcı (Yıldız Technical University, Turkey)

Iuliana Aprodu (Dunarea de Jos University of Galati, Romania)

Adriana Pavesi Ariseto (State University of Campinas, Brazil)

Ahmet Ayar (Sakarya University, Turkey)

Zehra Ayhan (Sakarya University, Turkey)

Jurislav Babić (University of Osijek, Croatia)

Chockry Barbana (Canadian Food Inspection Agency, Canada)

Ali Bayrak (Ankara University, Turkey)

Noreddine Benkerroum (Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Morocco)

Yavuz Beyatlı (Gazi University, Turkey)

Kamil Bostan (Istanbul Aydın University, Turkey)

Rajka Božanić (University of Zagreb, Croatia)

Cengiz Caner (Çanakkale Onsekiz Mart University, Turkey)

Oana Emilia Constantin (Dunarea de Jos University of Galati, Romania)

Abdullah Çağlar (Afyon Kocatepe University, Turkey)

İbrahim Çakır (Abant İzzet Baysal University, Turkey)

Songül Çakmakçı (Atatürk University, Turkey)

İlyas Çelik (Pamukkale University, Turkey)

Utku Çopur (Uludağ University, Turkey)

Ahmet Hilmi Çon (Ondokuz Mayıs University, Turkey)

Mehmet Demirci (Namık Kemal University, Turkey)

Cynthia Ditchfield (University of Sao Paulo, Brazil)

Maria Elisabetta Guerzoni (University of Bologna, Italy)

Fahrettin Göğüş (Gaziantep University, Turkey)

Şebnem Harsa (Izmir Institute of High Technology, Turkey)

Arif Hepbaşlı (Ege University, Turkey)

Seda Ersus (Ege University, Turkey)

Adnan Hayaloğlu (İnönü University, Turkey)

Yekta Gökşungur (Ege University, Turkey)

Mehmet Güven (Çukurova University, Turkey)

Filiz İçier (Ege University, Turkey)

Kadir Halkman (Ankara University, Turkey)

Hasan Fenercioğlu (Çukurova University, Turkey)

Mükerrem Kaya (Atatürk University, Turkey)

Semra Kayaardı (Celal Bayar University, Turkey)

Yonca Karagül-Yüceer (Çanakkale Onsekiz Mart University, Turkey)

Harun Kesenkaş (Ege University, Turkey)

Meral Kılıç (Istanbul Technical University, Turkey)

Piotr Koczon (Warsaw University of Life Sciences, Poland)

Celalettin Koçak (Ankara University, Turkey)

Ergun Köse (Celal Bayar University, Turkey)

Ahmet Küçükçetin (Akdeniz University, Turkey)

Mine Anđ Küçüker (Istanbul University, Turkey)

Erdoğan Küçüköner (Süleyman Demirel University, Turkey)

Jung Hoon Lee (Fort Valley State University, USA)

Sebahattin Nas (Pamukkale University, Turkey)

Gülden Ova (Ege University, Turkey)

Zümrüt B. Ögel (Konya Food and Agriculture University, Turkey)

Semih Ötleş (Ege University, Turkey)

Halil Özbaş (Süleyman Demirel University, Turkey)

Beraat Özçelik (Istanbul Technical University, Turkey)

Filiz Özçelik (Ankara University, Turkey)

Sami Gökhan Özkal (Pamukkale University, Turkey)

Mustafa Zafer Özel (University of York, UK)

Barbaros Özer (Ankara University, Turkey)

Edward Pospiech (Poznan University of Life Sciences, Poland)

Konstantinos Petrotos (Technological Educational Institute of Larissa, Greece)

Pican Prabasanakar (CSIR-Central Food Technological Research Institute, India)

Jenny Ruales (Escuela Politécnica Nacional, Ecuador)

Osman Sağdıç (Yıldız Technical University, Turkey)

Saulius Satkauskas (Vytautas Magnus University, Lithuania)

Meltem Serdaroğlu (Ege University, Turkey)

Reyad R. Shaker (Jordan University of Science & Technology, Jordan)

Romeo Toledo (University of Georgia, USA)

Mahir Turhan (Mersin University, Turkey)

Yahya Tülek (Pamukkale University, Turkey)

Harun Uysal (Ege University, Turkey)

Mustafa Üçüncü (Ege University, Turkey)

Y. Sedat Veliolu (Ankara University, Turkey)

Ünal Rıza Yaman (Ege University, Turkey)

Aydın Yapar (Pamukkale University, Turkey)

Hasan Yetim (Erciyes University, Turkey)

Atıla Yetişemiyen (Ankara University, Turkey)

Metin Yıldırım (Ömer Halisdemir University, Turkey)

Ufuk Yücel (Ege University, Turkey)

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

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

Akademik Gıda 16 (3) (2018)  
**İÇİNDEKİLER / CONTENTS**

■ Editörden / Editorial

■ MAKALELER / PAPERS

■ Araştırma Makaleleri / Research Papers

**Rehydration Kinetics of Sun-Dried Eggplants (*Solanum melongena* L.) at Different Temperatures** / Güneşte Kurutulmuş Patlıcanların (*Solanum melongena* L.) Farklı Sıcaklıklardaki Rehidrasyon Kinetiği / Engin Demiryay, Yahya Tülek

257-263

**Effect of Prepackaging Treatments and Different Gas Composition on Physicochemical and Sensory Properties of Hurma Olive (*Erkence cv.*)** / Hurma Zeytinin (*Erkence cv.*) Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerinde Paketleme Öncesi Uygulamaların ve Farklı Gaz Kompozisyonlarının Etkisi / Erkan Susamcı, Özlem Tuncay, Ayşegül Yoltaş

264-270

**Farklı Maserasyon Koşullarının Öküzgözü Şaraplarının Fenolik Bileşiklerine Etkisi** / Effect of Different Maceration Conditions on Phenolic Compounds of Öküzgözü Wines / Mustafa Bayram

271-281

**Gıda Bileşen Analizine Yönelik Düşük Maliyetli Kolorimetrik Ölçüm Cihazı Geliştirilmesi ve Performansının Belirlenmesi: Glukoz ve Protein Tayini ile Model Çalışma** / Development of a Low-cost Colorimetric Measurement Device for Food Component Analysis and Determination of its Performance: A Model Study for Glucose and Protein Assays / Deniz Baş

282-286

**Koruk Sularının Bazı Kalite Karakteristikleri Üzerine Pastörizasyon ve Potasyum Sorbat İlavésinin Etkisi** / Effect of Pasteurization and Sorbate Addition on Some Quality Parameters of Verjuice / Haluk Ergezer, Ramazan Gökçe, Tolga Akcan

287-292

**Pirinç Sirkesi ve Çeşitli Ticari Sirkelerin Bazı Kalite Özellikleri** / Some Quality Properties of Rice Vinegar and Various Commercial Vinegar Samples / Mustafa Bayram, Cemal Kaya, Esra Esin Yücel, Büşra Er, Esra Gülmez, Elif Terzioğlu

293-300

**Sulu Enzimatik Ekstraksiyon ile Fındık Yağında Verim ve Kalitenin Geliştirilmesi** / Improvement of Crude Hazelnut Oil Yield and Quality by Aqueous Enzymatic Extraction / Özge ermiş, Canar Kazma, Duygu Kibırcı, Derya Kahveci

301-306

**Spirulina'dan (*Spirulina platensis*) Klorofil-a ve Fikosiyanin Pigment Ekstraksiyonuna Ultrasonikasyon Süresinin Etkisi** / Effects of Ultrasonication Time on Chlorophyll-a and Phycocyanin Pigment Extraction from *Spirulina platensis* / Salih Aksay, Rıdvan Arslan

307-312

■ Derleme Makaleler / Review Papers

**UHT İçme Sütlerinde Jelleşme Sorunu: Enzimlerin Etkisi** / Gelation Problem in UHT Milk: Effect of Enzymes / Firuze Ergin, Ahmet Küçükçetin

313-322

**Et ve Et Ürünlerinin Kalitesini Geliştirmede Kullanılan Yeni Teknikler** / Novel Techniques for Improving the Quality of Meat and Meat Products / Pelin Talu Özkaya, Semra Kayaardı

323-331

**Jelatin Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalar** / Gelatin Based Edible Films and Coatings / Fatma Coşkun Topuz, Gökhan Boran

332-339

**Kabuklu Deniz Ürünleri: Norovirüs Salgınları ve Sporadik Enfeksiyonlar İçin Risk** / Shellfish: Risk for Norovirus Outbreaks and Sporadic Infections / Sevinç Sökel, Mehmet Kale, Sibel Hasırcioğlu, Sibel Yayru, Oğuz Gürsoy, Kübra Kocatürk

340-350

**Gıda İçin Gelecek Öngörüler: Yıl 2050** / Foresights for Future of Food: The Year 2050 / Çağlar Gökırmaklı, Mustafa Bayram

351-360

**Tuz: Gıdalardaki Algısı, Fonksiyonları ve Kullanımının Azaltılmasına Yönelik Stratejiler** / Salt: Its Perception, Functions and Strategies to Reduce its Use in Foods / Banu Akgün, Seda Genç, Muhammet Arıcı

361-370

■ Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları / Guidelines to Authors



**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

**Editör**

Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY  
ogursoy@yahoo.com

**Yardımcı 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: 16

Sayı: 81

Temmuz - Ağustos - Eylül 2018

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 16. yayın yılının üçüncü sayısında sizlerle birlikteyiz. Bu sayımızda 8 araştırma ve 6 derleme çalışması olmak üzere toplam 14 makale yer almaktadır.

Dergimiz 2017 yılı birinci sayısından itibaren <http://www.academicfoodjournal.com> adresinin yanı sıra TÜBİTAK ULAKBİM çatısı altında, Türkiye'de yayımlanan akademik dergiler için elektronik ortamda barındırma ve editöryal süreç yönetimi hizmeti sunan DergiPark'ta, <http://dergipark.gov.tr/akademik-gida> adresinde yayımlanmaya başlamıştır. Ancak dergimize yayımlanmak üzere gönderilen makalelerin kabulü halen <http://www.academicfoodjournal.com> adresinden yapılmakta olup, DergiPark üzerindeki makale kabul süreçlerini içeren sistem kullanılmamaktadır. Bu sistem üzerinden makale kabulüne önümüzdeki yıllarda geçilmesi planlanmaktadır. Dergimizin tüm arşivine DergiPark üzerinden erişiminin sağlanması için gerekli çalışmalar TÜBİTAK ULAKBİM tarafından yapılmakta olup, bu çalışmaların kısa bir süre içerisinde tamamlanması beklenmektedir. Söz konusu çalışmalarla birlikte dergimizde yayımlanan makalelerin ulaşılabilirliğinde de önemli düzeyde artış olması beklenmektedir.

Dergimizle ilgili bir diğer yenilik makalelerin sonunda yer alan kaynaklar bölümünde kaynakların gösteriminde kısaca APA (American Psychological Association) olarak bilinen Amerika Psikoloji Derneği yazım stiline kullanılacak olmasıdır. Dergimize makale gönderecek meslektaşlarımızın bu durumu dikkate almasını ve güncellenen yazım kuralları sayfalarımızı takip etmesini rica ediyoruz.

Bu yıl ve önümüzdeki yıllarda daha fazla ulusal ve uluslararası veri tabanı ve indekste dizinlenmek ve derginin uluslararası düzeyde tanınırlığını arttırmak için çalışmalarımızı sürdürüyoruz. Dergimizin kalitesini ve uluslararası alanda saygınlığını arttırabilmemiz için etki faktörünün yükseltilmesi başlıca hedeflerimiz arasındadır. Bu nedenle siz değerli bilim insanlarından gerek dergimize ve gerekse diğer ulusal ve uluslararası dergilere gönderdiğiniz makalelerde Akademik Gıda dergisinde yayımlanan makalelere mümkün olduğunca atıf yapmanızı tekrar rica ediyoruz.

Katkılarınızla dergimizin daha iyi noktalara geleceğine yürekten inanıyoruz. Ayrıca, dergimizde araştırma makalelerinin ve İngilizce olarak yazılan makalelerin değerlendirme ve yayınlanma sürelerinin diğer makalelere kıyasla oldukça kısa olduğunu yazarlarımıza tekrar hatırlatmak istiyoruz.

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

Saygılarımla.

**Prof. Dr. Oğuz Gürsoy**  
Editör

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

**BİLİMSEL ETKİNLİKLER****International Symposium on Food Rheology and Texture (FRTI 2018)**

Uluslararası Gıda Reolojisi ve Dokusu Sempozyumu 19-21 Ekim 2018 tarihleri arasında İstanbul'da düzenlenecektir. Sempozyumla ilgili detaylı bilgilere <http://www.foodrheology-symposium.com/> adresinden ulaşılabilir.

**13th International Conference of Food Physicists**

Uluslararası Gıda Fizikçileri Derneği ve Akdeniz Üniversitesi işbirliği ile düzenlenecek olan 13. Gıda Fizikçileri Uluslararası Konferansı 23-25 Ekim 2018 tarihleri arasında Antalya'da gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <https://icfp2018.org/> adresinden ulaşılabilir.

**3rd International Congress on Food Technology**

Üçüncü Uluslararası Gıda Teknolojisi Kongresi 7-9 Kasım 2018 tarihlerinde Kapadokya'da gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <http://www.intfoodtechno2018.org/> adresinden ulaşılabilir.

**2. International Congress on Food of Animal Origin**

Yakın Doğu Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü tarafından Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde 8-11 Kasım 2018 tarihlerinde Kaya Artemis Otel'de düzenlenecek olan 2. Uluslararası Hayvansal Gıdalar Kongresi ile ilgili bilgilere <http://www.foodanimalcongress2018.com/> adresinden ulaşılabilir.

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

Kimyagerler Derneği öncülüğünde çok sayıda kuruluşun katkısı ve işbirliği ile ikincisi 9-12 Kasım 2018 tarihleri arasında Arnavutluk'ta düzenlenecek olan kongre ile ilgili bilgilere <http://iscmp.org/> adresinden ulaşılabilir.

**2. Ulusal Sütçülük Kongresi**

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü, Tarım ve Ormanlık Bakanlığı Et ve Süt Kurumu Genel Müdürlüğü, Türkiye Süt, Et ve Gıda Üreticileri ve Sanayicileri Birliği (SETBİR) ve Ulusal Süt Konseyi'nin ana düzenleyicileri olduğu 2. Ulusal Sütçülük Kongresi 25-26 Nisan 2018 tarihleri arasında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Feyzi Önder Konferans Salonunda gerçekleştirilecektir. Kongre ile ilgili detaylı bilgilere <http://www.usko2019.com> adresinden ulaşılabilir.

**4th International Conference on Food and Biosystems Engineering**

30 Mayıs-2 Haziran 2019 tarihleri arasında Yunanistan'da (Agia Pelagia, Heraklion Crete Island, Greece) dördüncüsü düzenlenecek olan Gıda ve Biyosistem Mühendisliği Uluslararası Konferansı ile ilgili detaylı bilgilere <http://www.-fabe.gr> adresinden ulaşılabilir.



## Rehydration Kinetics of Sun-Dried Eggplants (*Solanum melongena* L.) at Different Temperatures

Engin Demiray , Yahya Tulek 

Pamukkale University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Denizli

Received (Geliş Tarihi): 24.08.2017, Accepted (Kabul Tarihi): 15.08.2018

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [edemiray@pau.edu.tr](mailto:edemiray@pau.edu.tr) (E. Demiray)

☎ 0 258 296 30 90 📠 0 258 296 32 62

### ABSTRACT

In this study, sun-dried eggplant samples were rehydrated at three different rehydration water temperatures (25, 35 and 45°C) and the effect of rehydration kinetics were determined. Four different models were used to model the rehydration behaviors of sun-dried eggplants, and non-linear regression analysis were performed to obtain the model that gives the best fit to experimental data. The coefficients of models were calculated. According to regression analysis, Peleg model gave a better fit for all rehydration conditions applied. Additionally, the effective diffusivities were between  $3.21 \times 10^{-8}$  and  $4.06 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . Rehydration water temperature influenced rehydration rates, and moisture uptake of samples was faster at high temperatures.

**Keywords:** Eggplant, Sun drying, Rehydration, Kinetics, Peleg model

### Güneşte Kurutulmuş Patlıcanların (*Solanum melongena* L.) Farklı Sıcaklıklardaki Rehidrasyon Kinetiği

#### ÖZ

Çalışmada, güneşte kurutulmuş patlıcan örneklerinin rehidrasyonunda, üç farklı rehidrasyon suyu sıcaklığının (25, 35 ve 45°C) rehidrasyon kinetiğine etkisi incelenmiştir. Dört farklı modelle, rehidrasyonda elde edilen deneysel sonuçların uygunluğu doğrusal olmayan regresyon analizi uygulanarak karşılaştırılmış ve modellere ait katsayılar hesaplanmıştır. Deneysel sonuçlara en iyi uyum gösteren modelin Peleg modeli olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca efektif difüzyon katsayıları da belirlenmiş ve  $3.21 \times 10^{-8}$ -  $4.06 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  değerleri arasında hesaplanmıştır. Yüksek sıcaklıkta yapılan rehidrasyon işleminde nem kazanımının daha hızlı olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Patlıcan, Güneşte kurutma, Rehidrasyon, Kinetik, Peleg modeli

### INTRODUCTION

Eggplant (*Solanum melongena* L.) is a member of the Solanaceae family. Eggplant is an economically and nutritionally important crop like other solanaceous vegetables such as tomato, potato and pepper. The three cultivated species are annuals and perennials in temperate and humid tropic conditions, respectively, and have wide environmental adaptation. Eggplant is mostly produced and widely used in Asia and Africa; in

addition, it is also produced and used in Europe and America [1]. Eggplant is a good source of minerals and vitamins and can be compared with tomato in terms of total nutritional value [2, 3]. Eggplants have many ingredients such as fat, water, carbohydrate, water soluble sugar, amid protein and phenolic compounds that are beneficial for human health. Its fresh weight consists of 92.7% moisture, 4% carbohydrates and vitamins, 1.4% protein, 1.3% fiber, 0.3% fat, and 0.3% minerals [4]. It provides relevant quantities of P, K, and

Cu to the diet, with global mean values of 26.6 mg, 198.5 mg, and 0.062 mg per 100 g of fresh weight of these minerals, respectively [5]. Eggplant has a very limited shelf life for freshness, and loses water and quality when field heat is not removed quickly. Therefore, it can be preserved in some ways to extend its shelf life such as refrigeration, modified atmosphere and freezing [6, 7]. Drying is a possible method of processing eggplant, avoiding further deterioration. Dried eggplant is a valuable ingredient in different kinds of meals.

Drying is one of the oldest methods of food preservation. It is also a classical method of food preservation, which provides longer shelf-life, lighter weight for transportation and smaller space for storage [8]. Sun-drying is still one of the most widely used method but also so many types of drying systems and dryers have been developed to increase quality and energy efficiency [9, 10].

Dried fruits and vegetables are generally rehydrated before being consumed. Especially many of dried vegetables are consumed after rehydration process. Rehydration is the process of regaining water to the dried products. With rehydration, water is absorbed into the tissue and consequently the product mass is increased. But also a mass is transferred from the product into the water used for rehydration. During rehydration of the dried fruits and vegetables, while the product gains water from the rehydration medium, also components such as sugar, acid, vitamins and minerals may be transferred into the rehydration medium. Factors such as the drying method and conditions applied on the product, chemical and physical structure of the product, temperature of the water used for rehydration affect the properties of rehydration [11]. While water gaining in the dried product takes place quickly at the beginning of the rehydration, the rehydration rate decreases as the moisture content value of the product gets close to the equilibrium moisture content value [12].

Mathematical models are important in the design and optimization of drying and rehydration processes. With the mathematical model, optimal conditions for drying or rehydrating the food can be determined. Geometrical shape and structure of the food should be considered while modeling. By using mathematical models in design of the drying and rehydration processes, a significant energy saving is provided and loss of time is prevented [13]. Fick's II Law is used for creation of mathematical models. Peleg model, Weibull model, the first order model and exponential model are widely used in the literature for modeling the rehydration process [14, 15].

In this study, sun-dried eggplants were rehydrated at different temperatures and rehydration kinetics were determined by testing four different rehydration models (Peleg model, Weibull model, Exponential model and the first order model). Also, effective diffusivities for each rehydration temperature are calculated.

## MATERIAL and METHODS

### Material

Sun-dried eggplant samples to be rehydrated in the study were obtained from an herbalist in Denizli province. Dried eggplant samples were brought to the department lab in polyethylene bags and stored in such bags at room temperature until the rehydration process. Before beginning the rehydration process, moisture content of dried eggplant samples was determined according to AOAC method by being dried in a vacuum oven (JSR, JSVO-60T, South Korea) at 70°C for 24 hours [16]. Average moisture content of the samples was calculated as 0.073 kg water per kg dry matter.

### Methods

#### Rehydration

Rehydration processes were performed at three different water temperatures including 25, 35 and 45°C. A water bath was used for rehydration process. 30 minutes before beginning the rehydration process, temperature of water bath (WB-11 Model, Wisd Laboratory Instruments, Wertheim, Germany) was set to the rehydration temperature. Then, 150 mL distilled water was added into a 250 mL glass container and temperature of the water in the glass container was checked by a thermometer to be at the required operating temperature. After rehydration water reached the desired temperature value, the stringed dried eggplant samples were removed from the string, weighted to be  $5 \pm 0.11$  g and placed in a glass container in the water bath. Rehydration processes continued for 24 hours and during this process, samples were taken out from the glass container per every 30 minutes in the first 6 hours and the increase in the weight was measured with a digital balance with 0.01 g precision (TP-3002 model, Denver Instruments, Gottingen, Germany). Before weighing operation, excess water on sample surfaces was wiped with filter paper. Rehydration processes were performed in triplicates.

#### Rehydration Kinetics Modeling

During rehydration of sun-dried eggplants at different temperatures, rehydration models widely used in literature and given in Table 1 were used depending on the time, in order to determine the model that best expresses the moisture content.

Among these models, Peleg model has two parameters and used in rehydration of many dried foods [18, 20, 21]. In the equation of Peleg model,  $M_0$  is the initial moisture content of non-rehydrated sample (kg water per kg dry matter),  $M$  represents the moisture content of sample in the  $t$  time of rehydration (kg water per kg dry matter),  $t$  is the rehydration time (min.),  $k_1$  is the Peleg rate constant (min. (kg water per kg dry matter)) and  $k_2$  is the Peleg capacity constant (kg water per kg dry matter).

Table 1. Rehydration models used in the study

Models	Model Equations	References
Peleg	$M = M_0 + \frac{t}{k_1 + k_2 t}$	[17]
Weibull	$M = M_e + (M_0 - M_e) \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right]$	[18]
Exponential	$M = M_e [1 - \exp(-Ht)]$	[19]
First-order	$M = M_e + (M_0 - M_e) \exp(-Kt)$	[15]

Examining the studies in literature, many researchers stated that the model describing rehydration curves of the foods dried in various ways is the Weibull model [22, 23]. In the equation for Weibull model given in Table 1,  $M_0$  represents the initial moisture content of non-rehydrated sample,  $M$  is the moisture content of sample in the  $t$  time of rehydration,  $M_e$  is the equilibrium moisture content is given by equation 5.  $t$  is the rehydration time,  $\alpha$  is the shape parameter of Weibull model and  $\beta$  is the speed parameter of Weibull model.

$$M_e = M_0 + \frac{1}{k_2} \quad (5)$$

$H$  value in the equation of Exponential model is the rehydration kinetics constant ( $\text{min}^{-1}$ ) for the model and  $K$  value in the equation of First-order model is the rehydration kinetics constant ( $\text{min}^{-1}$ ) for the model.

### Calculating the Effective Diffusivities during Rehydration

Diffusion of water during drying of foods and rehydration of dried foods is a complex phenomenon. While a quick mass transfer is concerned at the beginning of rehydration and drying processes, the transfer rate

$$\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2}{4} \pi^2 \frac{D_{eff}}{L^2} t\right) \quad (6)$$

Where;  $D_{eff}$  represents the effective diffusivity ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ),  $M$  is the moisture content at any time  $t$ , (kg water per kg dry matter),  $M_0$  is the initial moisture content of non-rehydrated sample (kg water per kg dry matter),  $M_e$  is the equilibrium moisture content (kg water per kg dry matter),  $t$  is the rehydration time (min) and  $L$  is the half of thickness (m) of the food to be rehydrated. The value of the half-thickness ( $L$ ) is 5 mm.

The graphics for changes in dimensionless moisture values of dried eggplant samples rehydrated in water at three different temperatures were drawn in a way to have semi-logarithmic coordinates and slope ( $k$ ) values were calculated using the Equation (7).

In the study, effective diffusivities for rehydration process performed at three different temperatures were derived using calculated slopes.

decreases towards the end of the processes. Thereby diffusion of the water decreases [24, 25].

During rehydration, effective diffusivities ( $D_{eff}$ ) are calculated by 2nd Fick's law, depending on the temperature [25, 26]. While using this law, calculations are made by some assumptions. Assumptions made during rehydration process are as follows; (i) initial moisture content is uniform in dried food material. (ii) Volume and shape changes are negligible during rehydration. (iii) Moisture uptake through food surface begins with immersing food into rehydration water. (iv) external resistances to mass and heat transfer are negligible. (v) Effective diffusivity coefficient is constant during rehydration. (vi) During rehydration, it was accepted that the thickness of samples did not change. [27]. Accordingly, during rehydration of sun-dried eggplant at different temperatures, specified assumptions were made in order to calculate the effective diffusivities and the equation (6) is used because of it is shape similar to a thin plate. Indeed, in the study by Wu et al. [28], the same equation was used for calculation of effective diffusivities by the dimensionless moisture ratio, during drying the eggplants with vacuum drying under 2.5, 5 and 10 kPa absolute pressure and at 30, 40 and 50 °C.

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

### Statistical Analysis

Compatibility of rehydration models used in the study with experimental data was determined by nonlinear regression analysis using Microsoft Excel (Microsoft Office, version 2013). As the compatibility indicators, determination coefficient ( $R^2$ ) being close to 1 was taken into consideration, and also compatibility was presumed to increase by the root mean square error ( $RMSE$ ) and the low chi-square ( $\chi^2$ ) values.  $RMSE$  and  $\chi^2$  values were calculated using Equation 8 and Equation 9.

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_{exp,i} - M_{c,i})^2 \right]^{1/2} \quad (8)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (M_{exp,i} - M_{c,i})^2}{N - z} \quad (9)$$

where,  $M_{exp,i}$  experimental moisture content (kg water per kg dry matter),  $M_{c,i}$  calculated moisture content (kg water per kg dry matter),  $N$  is number of experimental data points and  $z$  is number of constant in model. The higher values of  $R^2$  and the lower values of  $\chi^2$  and  $RMSE$  are chosen as the criteria for goodness of fit.

## RESULTS and DISCUSSION

### Effect of Temperature on Rehydration of Sun-Dried Eggplants

Sun-dried eggplant samples were rehydrated in water at 25, 35 and 45°C. The samples gained water during rehydration process. In rehydration process for 24 hours, moisture content of samples increased to an average value of  $5.342 \pm 0.70$  kg water per kg dry matter from the value of 0.073 kg water per kg dry matter. Figure 1 shows the graph indicating changes in weights of samples by time.

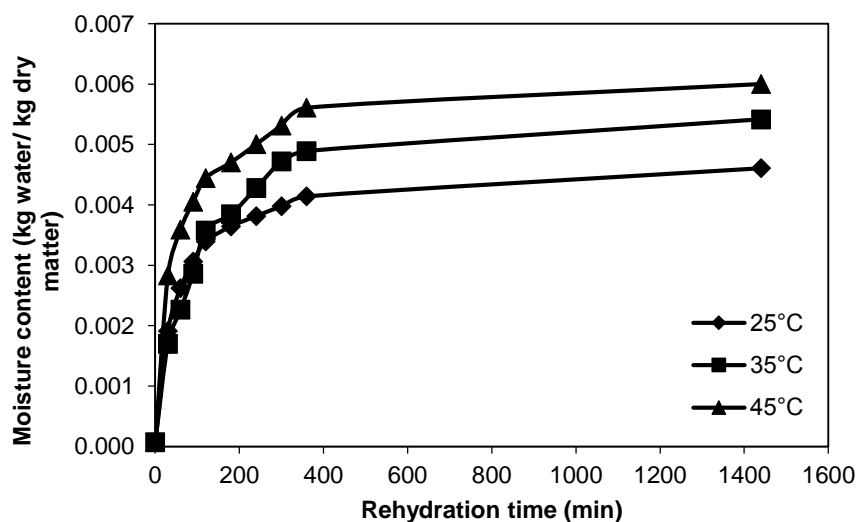


Figure 1. Changes in moisture content of dried eggplants rehydrated at different temperatures by rehydration time

It was determined that the temperature of water used during rehydration affects water gain of samples. Thus, as seen in the Figure 2, it was observed that rehydration rate increased by the increase in temperature of rehydration water. Also, while rehydration rate was higher at the beginning of all the rehydration processes, it is decreases towards the end of the processes. A similar situation can be found in several studies in the literature. For example, Singh *et al.* [29] sliced sweet potato samples at a thickness of  $8 \pm 0.3$  mm and after some pretreatments, they dried them by convective drying method at 50, 55 and 60°C. Then they rehydrated the dried sweet potato slices in pure water with temperatures of 25, 40 and 80°C. They found that the weight of the samples increased quickly at the beginning of rehydration process. They also determined that the rehydration process performed at 80°C was more rapid than one at 25°C. Doymaz [30] also achieved similar results in his study in which rehydration properties of carrot slices dried with convective method were analyzed.

### Modeling for Rehydration Kinetics

Rehydration processes of eggplant samples were continued for 24 hours in each temperature. The weight change data obtained throughout the rehydration was used on the rehydration kinetics modeling given in Table 1.

Coefficients for each model were determined by modeling studies performed using Microsoft Excel program. In addition, statistical parameters for the models were calculated and the rehydration model which best fits the experimental data was determined. The coefficients for rehydration models and the statistical parameters were given in Table 2. The determination coefficient ( $R^2$ ) is an important parameter in determining the most appropriate statistical model. In addition to  $R^2$ , the chi-square ( $\chi^2$ ) and  $RMSE$  values calculated for each model also helped identification of the most appropriate rehydration model. As a result of the studies, the model with maximum  $R^2$  value and minimum  $\chi^2$  and  $RMSE$  values was stated as the most appropriate model.

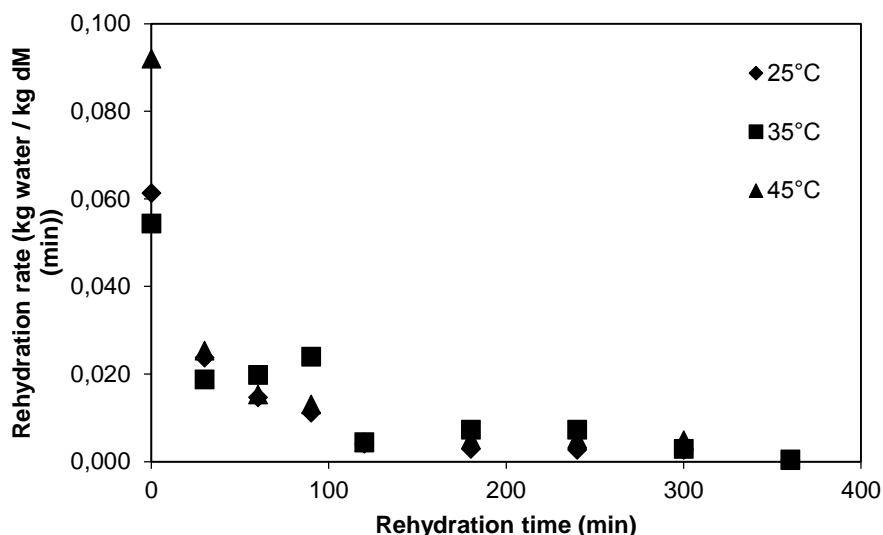


Figure 2. Changes in rehydration rates of dried eggplants rehydrated at different temperatures by rehydration time

Table 2. Estimated parameters and statistical analysis of the models at different rehydration temperatures for sun-dried eggplants

Model	Temperature (°C)	Model Parameters		Statistical Parameters		
		$k_1$	$k_2$	RMSE	$\chi^2$	$R^2$
Peleg's	25	10.177±0.05	0.2206±0.002	0.050913	0.003240	0.9993
	35	16.036±0.07	0.1652±0.005	0.110996	0.015400	0.9924
	45	7.449±0.03	0.1653±0.007	0.057553	0.004141	0.9958
Weibull		$\beta$	$\alpha$	RMSE	$\chi^2$	$R^2$
	25	0.0118±0.0001	0.5726±0.001	0.012374	0.000204	0.9912
	35	0.0056±0.0002	0.6682±0.003	1.141270	1.736664	0.9897
	45	0.0127±0.0004	0.5305±0.002	0.227688	0.069123	0.9867
First-order rehydration kinetic		$K$		RMSE	$\chi^2$	$R^2$
	25	0.0072±0.0006		1.109959	1.368900	0.6593
	35	0.0050±0.0004		1.760756	3.444736	0.8675
	45	0.0074±0.0003		1.648179	3.018327	0.7118
Exponential		$H$		RMSE	$\chi^2$	$R^2$
	25	0.0073±0.0008		1.271378	1.271378	0.6418
	35	0.0050±0.0005		1.035911	1.226414	0.8572
	45	0.0074±0.0004		1.707309	3.331320	0.6999

Based on the data obtained by modeling, as seen in Table 2, Peleg model was determined to have the maximum  $R^2$  value and minimum  $\chi^2$  and RMSE values. It was determined that Peleg better represents the increase in moisture content values determined experimentally during rehydration process with high prediction ability, in all rehydration conditions. Coherence of the experimentally obtained moisture content values for different temperatures with the moisture content values calculated by Peleg model are shown in the graphs in Figure 3.

Examining the studies on rehydration kinetics in the literature, it is observed that obtained results are similar to the results obtained by our study. Planinic *et al.* [21]

dried sliced carrot in a fluid bed dryer at different temperatures (60, 70, 80 and 90°C) and rehydrated at room temperature. They have stated that the Peleg model was more successful to represent the rehydration results. Dadali *et al.* [20] dried spinach by microwave method, rehydrated in water at different temperatures and determined that Peleg model was the one appropriate to their working conditions. Moreira *et al.* [31] cut chestnut in dimension of 10×10×15 mm and dried in a convective dryer at 65°C. Then, they rehydrated the chestnuts at four different temperatures (25, 45, 70 and 100°C). They have stated that the results obtained by Peleg rehydration model fit well enough with the experimental data.

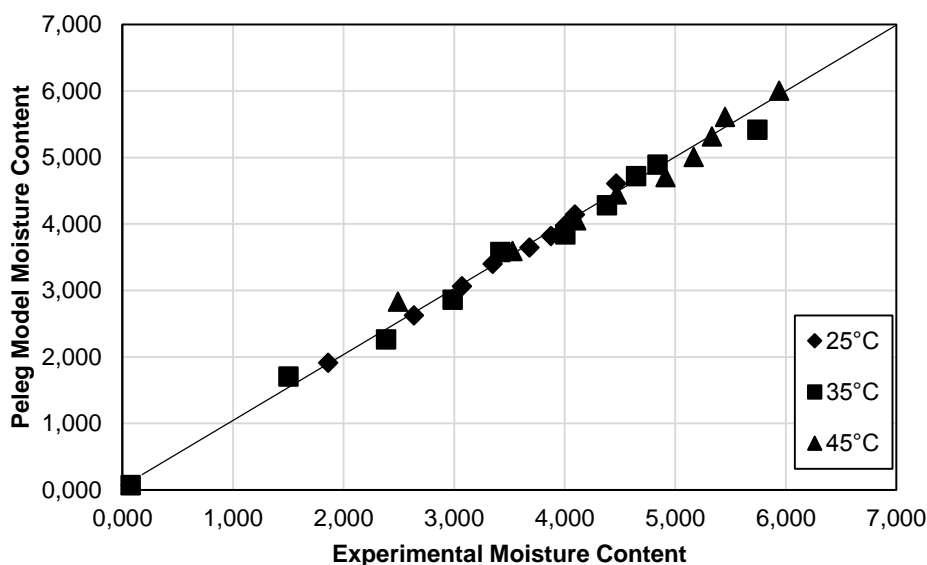


Figure 3. Coherence of experimentally moisture content values with moisture content values by Peleg model

### Effective Moisture Diffusivity during Rehydration

In order to calculate the effective moisture diffusivity of sun-dried eggplants during rehydration in water at three different temperatures, changes in dimensionless moisture values by time were drawn in a way to have semi-logarithmic coordinates. Effective diffusivities were calculated by using the obtained slope and shown in Table 3.

Table 3. Calculated effective diffusivities for different rehydration temperatures

Rehydration temperature (°C)	Effective diffusivity ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ )
25	$3.21 \times 10^{-8}$
35	$3.72 \times 10^{-8}$
45	$4.06 \times 10^{-8}$

According to the results in Table 3, water gaining of samples increased with an increase in the temperature of water used in rehydration process, thus the effective diffusivities also increased. In literature, examining the studies about rehydration of the dried fruits and vegetables, similar results were found. Indeed, Maldonado *et al.* [27] found effective diffusivity values for mango of  $1.24 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  (25°C) and  $1.60 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  (40°C). In another study, Falade and Abbo [32], dried date palm (*Phoenix dactylifera* L.) samples at temperatures between 50-80°C with hot air method and rehydrated the dried date palm samples at three different temperatures (15, 30 and 45°C). At the end of the rehydration process, they have stated that the effective diffusivities increase by the increase in the temperature of rehydration water and calculated the effective diffusivities respectively as  $1.80 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ,  $4.74 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  and  $1.15 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ .

### CONCLUSION

Following results were obtained in this study which analyzes the effect of using water at three different temperatures (25, 35 and 45°C) on rehydration kinetics of sun dried eggplants.




- It was determined that dried eggplant samples gained humidity more rapidly with the increase in temperature of the rehydration water. The increase in kinetic energy of the water molecules with the increase in temperature of the rehydration water could be stated as the reason for acceleration in water diffusion into the samples.
- When coherence of the experimental data obtained during the rehydration process with the models in literature, Peleg model had higher  $R^2$  and lower  $\chi^2$  and  $RMSE$  values compared to the other models. Therefore, Peleg model was the best model defining the rehydration kinetics of dried eggplant samples.

### REFERENCES

- [1] Daunay, M.C., Lester, R.N., Gebhardt, C., Hennart, J.W., Jahn, M., Frary, A., Doganlar, S. (2000). Genetic resources of eggplant (*Solanum melongena* L.) and allied species: a new challenge for molecular geneticists and eggplant breeders. *International Conference on the Status of Plant and Animal Genome Research*, January 09-12, 2000, San Diego, USA, Plant and Animal Genome 8. Final abstracts guide, 42p.
- [2] Kalloo, G. (1993). Eggplant *Solanum melongena* L. In *Genetic Improvement of Vegetable Crops*, Edited by G. Kalloo and B.O. Bergh, Pergamon Press, Oxford, 587-604p.
- [3] Singh, M., Kumar, R. (2007). Eggplant (*Solanum melongena* L.). In *Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement*,

- Edited by R.J. Singh, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 473-495p.
- [4] Khan, R. (1979). *Solanum melongena* and its ancestral forms. In *The Biology and Taxonomy of the Solanaceae*, Edited by J.C. Hawkes, R. N. Lester, A.D. Skelding, Academic Press, London, England, 629-636p.
- [5] Raigón, M.D., Prohens, J., Munoz-Falcon, J. E., Nuez, F. (2008). Comparison of eggplant landraces and commercial varieties for fruit content of phenolics, minerals, dry matter and protein. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 370-376.
- [6] Arvanitoyannis, I.S., Khah, E.M., Cristakou, C., Bletsos, F.A. (2005). Effect of grafting and modified atmosphere packaging on eggplant quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 311-322.
- [7] Concellon, A., Anon, M.C., Chaves, A.R. (2004). Characterization and changes in polyphenol oxidase from eggplant fruit (*Solanum melongena* L.) during storage at low temperature. *Food Chemistry*, 88, 17-24.
- [8] Lewicki, P.P. (2006). Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 153-163.
- [9] Doymaz, I. (2004). Effect of pre-treatments using potassium metabisulphide and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots. *Biosystem Engineering*, 89, 281-287.
- [10] Hammouda, I., Mihoubi, D. (2014). Comparative numerical study of kaolin clay with three drying methods: Convective, convective-microwave and convective infrared modes, *Energy Conversion and Management*, 87, 832-839.
- [11] Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 177-182.
- [12] Lee, K., Farid Nguang, S. (2006). The mathematical modelling of the rehydration characteristics of fruits. *Journal of Food Engineering*, 72, 16-23.
- [13] Krokida, M. K., Marinos-Kouris, D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 57, 1-7.
- [14] Demiray, E., Tulek, Y. (2016). Güneşte kurutulmuş bamyaların rehidrasyon kinetiği. *Akademik Gıda*, 14(4), 368-374.
- [15] Apar Kılıç, D., Demirhan, E., Ozbek, B., Dadalı, G. (2009). Rehydration kinetics of microwave-dried okras as affected by drying conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33, 618-634.
- [16] AOAC (1990). *Official Methods of Analysis*, 15th Ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- [17] Peleg, M. (1988). An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*, 53, 1216-1217.
- [18] Goula, M.A., Adamopoulos, G.K. (2009). Modeling the rehydration process of dried tomato. *Drying Technology*, 27, 1078-1088.
- [19] Kaptso, K.G., Njintang, Y.N., Komnek, A.E., Hounhouigan, J., Scher, J., Mbofung, C.M.F. (2008). Physical properties and rehydration kinetics of two varieties of cowpea (*Vigna unguiculata*) and Bambara groundnuts (*Voandzeia subterranean*) seeds. *Journal of Food Engineering*, 86, 91-99.
- [20] Dadalı, G., Demirhan, E., Özbek, B. (2008). Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach. *Food and Bioprocess Technology*, 86, 235-241.
- [21] Planinic, M., Velic, D., Tomas, S., Bilic, M., Bucic, A. (2005). Modelling of drying and rehydration of carrots using Peleg's model. *European Food Research and Technology*, 221, 446-451.
- [22] Garcia-Pasqual, P., Sanjuan, N., Melis, R., Mulet, A. (2006). *Morchella esculenta* (morel) rehydration process modelling, *Journal of Food Engineering*, 72, 346-353.
- [23] Meda, L., Ratti, C. (2005). Rehydration of freeze-dried strawberries at varying temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 28, 233-246.
- [24] Resio, A.C., Aguerre, R.J., Suarez, C. (2006). Hydration kinetics of amaranth grain. *Journal of Food Engineering*, 72, 247-253.
- [25] Markowski, M., Bondaruk, J., Blaszcak, W. (2009). Rehydration behavior of vacuum-microwave-dried potato cubes. *Drying Technology*, 27, 296-305.
- [26] Kaymak-Ertekin, F. (2002). Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. *Journal of Food Science*, 67, 168-175.
- [27] Maldonado, S., Arnau, E., Bertuzzi, M.A. (2010). Effect of temperature and pretreatment on water diffusion during rehydration of dehydrated mangoes. *Journal of Food Engineering*, 96, 333-341.
- [28] Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y., Tagawa, A. (2007). Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*, 83, 422-429.
- [29] 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, 1487-1494.
- [30] Doymaz, İ. (2017). Drying kinetics, rehydration and colour characteristics of convective hot-air drying of carrot slices. *Heat and Mass Transfer*, 53, 25-35.
- [31] Moreira, R., Chenlo, F., Chaguri, L., Fernandes, C. (2008). Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration. *Journal of Food Engineering*, 86, 584-594.
- [32] Falade, O.K., Abbo, S.E. (2007). Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*, 79, 724-730.

## Effect of Prepackaging Treatments and Different Gas Composition on Physicochemical and Sensory Properties of *Hurma* Olive (*Erkence cv.*)

Erkan Susamcı<sup>1</sup> , Özlem Tuncay<sup>2</sup> , Ayşegül Yoltaş<sup>3</sup> <sup>1</sup>Department of Food Technologies, Directorate of Olive Research Institute, Izmir, Turkey<sup>2</sup>Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ege University, Izmir, Turkey<sup>3</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Ege University, Izmir, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 08.03.2018, Accepted (Kabul Tarihi): 22.06.2018

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [esusamci@hotmail.com](mailto:esusamci@hotmail.com) (E. Susamci)

☎ 0 232 462 70 73 📠 0 232 435 70 42

### ABSTRACT

*Hurma* olive is a special olive cultivar that loses its bitter taste before harvesting, and sweetness occurs when the fruit is still on the tree. Thus, it can be directly consumed right after being harvested. Studies on the preservation of *Hurma* olive without salt have been very limited and it has not been implemented in practice yet. In this study, some quality characteristics of *Hurma* olives under different modified atmospheres were determined during storage. For this purpose, the efficacy of washing, lactic acid dip, and modified atmosphere packaging (MAP) were studied throughout 120 days at 1°C. *Hurma* olive samples were washed with tap water and dipped in lactic acid solution (0.2% w/v) for 1 minute before packaging. After the application of vacuum, samples were packaged under the atmosphere of 100% CO<sub>2</sub>, 60% CO<sub>2</sub> / 40% N<sub>2</sub>, and air combination and then stored at 1°C for 120 days. Physicochemical analyses such as acidity, reduced sugar, bitterness, color (CIE L\*, a\*, b\*) and dry matter contents along with sensory analyses were carried out at regular intervals throughout the storage period. Insignificant differences were determined among washed and unwashed *Hurma* olives in terms of their physicochemical parameters whereas unwashed olive samples retained sensory characteristics better and preferred more by sensory panelists than washed counterparts. Washed and vacuum packaged samples had more undesired values in terms of the sensory characteristics studied.

**Keywords:** *Hurma* olive, Erkence, Modified atmosphere packaging, De-bittering, Sensory

### *Hurma* Zeytinin (*Erkence cv.*) Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerinde Paketleme Öncesi Uygulamaların ve Farklı Gaz Kompozisyonlarının Etkisi

#### ÖZ

*Hurma* zeytin, meyve ağaç üzerindeyken acılığını kaybeden özel bir zeytindir. Hasattan sonra doğrudan tüketilebilir. *Hurma* zeytinin tuzsuz olarak muhafazasına yönelik çalışmalar çok sınırlı kalmış ve hayata geçirilememiştir. Bu çalışmada, depolama boyunca *Hurma* zeytinin bazı kalite özellikleri araştırılmış ve farklı gaz kompozisyonları bu zeytinde ilk defa denenmiştir. Bu amaçla 1°C'de 120 gün depolama sırasında yıkama, laktik aside daldırma ve modifiye atmosfer paketlemenin etkinliği incelenmiştir. Zeytinler paketleme öncesinde, çeşme suyu ile yıkanmış ve 1 dakika süreyle %0.2 (w/v)'lik laktik asit çözeltisine daldırılmıştır. Zeytinler vakum uygulamasından sonra %100 CO<sub>2</sub>, %60 CO<sub>2</sub> / %40 N<sub>2</sub>, ve hava şeklindeki gazlarla paketlenildikten sonra 1°C'de 120 gün depolanmıştır. Depolama boyunca asitlik, indirgen şeker, acılık, renk (CIE L\*, a\*, b\*), kuru madde gibi fizikokimyasal analizler ile duyusal analizler yürütülmüştür. Yıkanmış ve yıkanmamış zeytinler arasında fizikokimyasal analizler açısından önemli fark bulunmazken, duyusal özellikler bakımından daha iyi sonuçlar veren yıkanmamış zeytinler panelistler tarafından daha çok tercih edilmiştir. Yıkanmış ve vakumla paketlenmiş zeytinlerin duyusal açıdan daha kötü değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Hurma* zeytin, Erkence, Modifiye atmosfer paketleme, Hurmalaşma, Duyusal



## INTRODUCTION

Olive is a fruit species that is widely cultivated in Mediterranean countries. Spain, Egypt and Turkey are known to be the leading countries in table olive production [1]. It is not possible to consume olive fruit directly because of oleuropein, which is the most abundant phenolic compound in olive fruit and is responsible for the characteristic bitterness [2]. In order to remove the bitterness of the fruit, a series of processes are necessary. Alkali treatments (sodium or potassium hydroxide) or treatments without alkali such as dry salt and brine are the applications used for the purpose of removing the bitterness in olive. Spanish Style Green Olives, Ripe Black Olives [3] are known to be produced via alkali treatment, whereas brined style Turkish and Greek black olives are the most common examples for alkali-free methods among table olive processing. These methods applied to remove the bitterness in the olive fruits generally require long periods of time, which is undesirable for the producer companies because of economic concerns. Besides, the olives processed via alkali-free treatments contain high amounts of salt as a result of the applied method. Olives belonging to *Erkençe* cultivar, which are cultivated in Karaburun peninsula in Turkey, can be directly consumed after harvesting without any further treatment, since fruits are de-bitter on the trees in this cultivar. This naturally de-bittered olives are called as “*Hurma*”. Similar varieties were reported to be seen in Greece (*Thrubolea* or *Thoruba Thassos*) [4, 5] and in Tunis (*Dhokar*) [6, 7]. According to the observations of the producers in the region, the climate characteristics of the peninsula (such as wind and dew) constitutes the main effect in the formation of *Hurma* olives. They claim that natural de-bittering needs northern winds and dew. On the other hand, an ancient Greek document mentioned about a fungus, *Phoma olea*, responsible for the formation of *Hurma* olives by breaking down the oleuropein [8]. In addition to the high amount of effective compounds in terms of human health existing in olive tree and products [9], *Hurma* olive is a substantial product for those having hyper tension, since it is not processed with salt treatments and the possible consumption of *Hurma* olives right after harvest can compensate for some of the natural nutrients needed by the human metabolism [10]. Producers only apply salt treatment to *Hurma* olives in case they cannot sell the product in a short period of time after harvest. This case causes *Hurma* olives to lose their unsalted characteristic. Sozbilen and Baysal reported that *Hurma* olives seem safe for human consumption and they recommended some practices such as good handling and preventing contamination strategies to inhibit growth of microorganisms in *Hurma* olive after maturation [11].

MAP has been applied to many food products such as fruits and vegetables in order to extend their postharvest storage, marketing and shelf-life. Oxygen, nitrogen, carbon dioxide and their combinations were reported to be the most common used gases for MAP technique [12, 13, 14]. MAP was also reported to be more effective when applied with low-temperature storage techniques [12, 13]. Before packaging, several techniques such as

acetic acid steam treatment, radiation, lactic acid/sodium lactate solution treatment, use of bacteriocin [12], surface disinfection (decontamination) [15] and after packaging gamma irradiation [16] have been carried out in order to increase the efficiency of MAP. In this study, the aim was to determine the physicochemical and sensory changes in unsalted *Hurma* olives, which were treated with surface disinfection and packaged under different gases, during the storage at  $1\pm 1^\circ\text{C}$  for 120 days. To our knowledge, this is the first use of MAP for *Hurma* olives.

## MATERIALS and METHODS

### *Hurma* Olives

Since *Hurma* olives fall off the tree spontaneously after de-bittering, the samples were harvested via collecting them from the ground. *Hurma* olives belonging to *Erkençe* cultivar, which were cultivated in Guzelbahce/Izmir (latitude  $38.317561^\circ$  N, longitude  $26.924311^\circ$  E) and fell off at the beginning of December in 2009 after de-bittered on the tree, were used as fruit material.

### Processes before Packaging

Olive samples that are damaged, partly de-bittered or not de-bittered were manually separated after harvesting. After separation, the *Hurma* olives that are going to be used for the experiment were divided into two groups. The first group of the samples were packaged without applying any washing process ( $T_0$ ). The second group was washed with tap water in order to remove the coarse dirt and mud from the sample. Then the fruit samples were immersed in 0.2% lactic acid solution for 1 minute and let to drain for 10-12 hours before packaging ( $T_1$ ).

### Packaging

All the samples weighed into polyamide polyethylene vacuum bags, and each bag contained 250 g of *Hurma* olives. The properties of the polyamide polyethylene vacuum bags used in the experiment were: thickness= $90\pm 3\mu\text{m}$ ,  $\text{O}_2$  transmission rate 30 cc/24h/ $\text{m}^2/\text{atm}$ ,  $\text{N}_2$  transmission rate 130 cc/24h/ $\text{m}^2/\text{atm}$ , and vapor transmission rate 100 g/24h/ $\text{m}^2$ . The samples were packaged using a packaging unit (Baskan Mentel, Sakarya, Turkey) under vacuum, 100%  $\text{CO}_2$ , 60%  $\text{CO}_2/40\%$   $\text{N}_2$  and normal atmosphere.

### Storage

Packed olive samples were stored at  $1\pm 1^\circ\text{C}$  for 120 days in a temperature controlled storage room in Ege University. Physicochemical and sensory measurements were carried out on fruit samples before packaging and 30-day intervals during the storage. Physicochemical analyses were carried out in triplicate, whereas sensory tests were carried out each month as one session.

## Physicochemical Analyses

### Titrateable Acidity

In order to determine the titrateable acidity of *Hurma* olives, the samples were homogenized after the removal of pits with Ultra Turrax T25 D blender (IKA®-Ultra Turrax, Germany), and 10 g of homogenized sample mixed with hot distilled water and made up to 250 mL and filtered through filter paper. 10 mL of the filtrate was titrated with 0.1 N NaOH until the pH of 8.1, and results were expressed as m/m% lactic acid according to TS 1125 ISO 750 [17].

### Reduced Sugar

According to the Luff-Scroll method, 5 g of pitted and homogenized olive sample was mixed with 5 mL Potassium Ferro cyanide (15%) and 5 mL Zinc sulfate (30%) solutions. Afterwards, the mixture was made up to volume in a 100 mL volumetric flask with distilled water and set aside for a night in a closed sample container. The sample mixture was filtered on the next day and 25 mL Luff solution was added to the filtrated solution. The solution was boiled for 10 min in a heater-condenser. Then, 10 mL Potassium iodate, 25 mL Sulfuric acid (25%) and a few drops of starch solution (5%) was added to the immediately cooled sample solution. The solution was titrated with 0.1 N Sodium thiosulfate solution until the color of the solution turned into creamy yellow. The results were calculated considering the volume of the titration solution consumed for the blank sample and the dilution carried out. Then they were expressed as m/m % [18].

### Bitterness

A 50 g sample was taken from pitted and homogenized olives. It was boiled for 5 min after adding 125 mL distilled water and then filtered under vacuum. The residue on the filter paper was washed with 125 mL of distilled water and collected in a beaker. The mixture in the beaker was boiled for 5 min and filtered. The filtrates were collected and then made up to 200 mL with distilled water. 2.5 mL of the filtrate was mixed with 1 mL gelatin (1%) solution. Then, it was made up to 25 mL with acetone and stirred. 20 mL of this solution was poured into 4 g Aluminum oxide, stirred and set aside for 2 min. After the phases were separated, the absorbance of the supernatant was measured with a spectrophotometer (UV-1700 PharmaSpec, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) at 345 nm wavelength [19].

### Color

Color measurements (CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) were carried out using Minolta CR-300 Chromameter (Japan). The device was calibrated with the standard white tile. CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values of 20 olives from each package were measured and the mean  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values used for statistical analysis.  $L^*$  represents lightness, whereas  $a^*$  represents chromaticity on a green (-) to red (+) axis and  $b^*$  states chromaticity on a blue (-) to yellow (+) axis.

## Dry Matter

Dry matter was determined by drying 5 g pitted olive samples from each package in an oven at 104°C, until constant weight was obtained. The weight of the samples was measured before and after drying with a precision of 0.0001 g. Percent dry matter was calculated and expressed as percentage of the fresh sample.

## Sensory Evaluation

Sensory evaluations were carried out according to the studies of Altug and Elmaci [20] using Numerical Grading Scales with a panel working at the Olive Research Institute (Izmir, Turkey). Sensory properties of the olive samples were evaluated in terms of hardness, taste loss (panel of 7 people) and preference (panel of 18 people). The statements and scores in the hardness scale were as follows: Very soft (1), slightly soft (2), neither soft nor hard (3), slightly hard (4), very hard (5). Besides, the statements and scores in the taste loss scale were as: excessive amount of taste loss (1), too much taste loss (2), moderate amount of taste loss (3), slight amount of taste loss (4), and no taste loss (5). The statements and scores in the preference scale were as follows: dislike (1), like slightly (2), like moderately (3), like (4), like very much (5). The samples were coded randomly with 3 digit numbers and were presented to panelists as whole fruits in white color plates at room temperature.

## Statistical Analyses

The sensory properties of olives were evaluated by a panel of seven people, whereas preference evaluation was carried out with a panel of 18 people, which were considered as replications in statistical analysis. Data were subjected to ANOVA according to a split plot design with three replicates (physicochemical properties), considering pretreatments as main plot and storage period as subplot, by SPSS v11 for Windows (SPSS Inc., USA), and significantly different means were separated by Fisher's Least Significant difference (LSD) test.

## RESULTS and DISCUSSION

### Acidity

An increase was observed in the acidity levels of both washed and unwashed samples (Table 1). Acid formation as a result of carbohydrate breakdown due to microbial growth [21] and chemical reactions might be the reason for the increase in acidity. Washing process and gases used in modified atmosphere packaging were found to have insignificant effect on acidity during storage ( $P>0.05$ ). The "sour taste" and the other negative statements indicated by the panelists after the 60<sup>th</sup> day of storage can be associated with the increase in the acidity level of the olive samples. Another study reported that the pH levels of the dry-salted Thassos type olives that was stored with different MAP applications did not change significantly during storage [22].

## Bitterness

The bitterness values of *Hurma* olives before storage were determined approximately the same as the bitterness values of ready-to-eat olives processed via different applications to sweeten (the absorbance value for the unwashed olive samples was 0.527) (Table 1). *Hurma* olives could be reported to be acceptable for consumption in terms of bitterness during storage, since their bitterness values were below 1. The bitterness values for the washed and unwashed olive samples were approximately the same before and during storage (Table 1). It was found out that the modified atmosphere gases and washing process had a significant effect on bitterness during storage ( $P < 0.05$ ). According to the data obtained, there is a possible risk for bitterness formation after 90 days of storage (Figure 1b). Oleuropein is the compound responsible for bitterness formation in olives. Aktas et al. stated that the total phenolic compounds and oleuropein content of *Hurma* olives ( $0-1166.89 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) during maturation on the tree were lower compared to the amounts in bitter olives (*Erkence*) [8]. They also reported that not only was oleuropein content influenced but also all the phenolic compounds were affected by the de-bittering period. Susamcı et al. confirmed the low concentration of phenolic compounds in *Hurma* olives, particularly bitter glucoside oleuropein, in comparison with that of *Erkence* fruit [23]. In this study, the possibility for the hydrolysis of oleuropein was low since *Hurma* olive samples were not in the brine media. For this reason, insignificant difference in the bitterness content was observed until the 120<sup>th</sup> day of storage. The bitterness value of *Hurma* olive samples during storage were important in terms of regulating it at the level of consumption and at the level that may provide a good source for human health, as well [5].

## Reduced Sugar

Reduced sugar content for the unwashed olives was found 0.28% before storage (Table 1). This value is regarded as low for unprocessed raw olives. The low sugar content may be the result of the breakdown of sugar molecules microbiologically or in chemical reactions during de-bittering that occurs while the olive fruit is still on the tree. The reduced sugar contents of the samples during storage were fluctuant but close to the values obtained before storage. The effect of washing process on the reduced sugar content was found significant during storage ( $P < 0.05$ ), whereas MAP was reported to have no significant effect ( $P > 0.05$ ). However, comparatively lower reduced sugar values were determined for the washed and air packaged olive samples during storage (Figure 1c). It was reported that the concentration of glucose was also lower in *Hurma* than *Erkence* olives [23]. Sugar might be consumed by the microorganisms for fermentation during storage and this might be linked to the “fermented taste” statements indicated for some of the packages in sensory tests. Fernandez-Diez stated that a significant amount of the sugars existing in the olive fruit consisted of reduced sugars. He also reported that these sugars were converted to lactic acid by homofermentative bacteria

and to acetic acid or other metabolites in addition to lactic acid by heterofermentative bacteria, thus the acidity increased [24]. The increase in the acidity was a result of this situation.

## Color

*Hurma* olives generally have brown color. As a typical result of de-bittering, olives gain brown color, while some others are black.  $L^*$  values demonstrated a decrease in the first 60 days, whereas  $a^*$  and  $b^*$  values changed around the values obtained before storage (Table 1).  $L^*$  values of unwashed samples were found lower. The water remaining on the surface of the samples after washing is considered to contribute to the increase in the  $L^*$  values. The color values of *Hurma* olives leastwise consisted of red ( $+a^*$ ) and yellow ( $+b^*$ ) tones during storage. The effect of washing process on  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values was insignificant ( $P > 0.05$ ), whilst MAP had a significant effect on  $a^*$  values during storage ( $P < 0.05$ ). A change in color that might affect the preferences of panelists was not determined (Data not shown).

## Dry Matter

The dry matter content of washed samples increased gradually since they lost more water during storage (Table 1). The olive samples packed with 100%  $\text{CO}_2$  lost comparatively more water (Figure 1d). Vacuum occurred in package as a result of  $\text{CO}_2$  dissolution in oil is considered to be the reason of the increase in water loss creating a pressure on the samples [25, 26]. The effects of washing process and MAP on dry matter during storage was found insignificant ( $P > 0.05$ ).

## Sensory Evaluation

Sensory evaluations gave the most important results in terms of determining the consumability of *Hurma* olive samples. Before storage, the olive samples were evaluated between “slightly soft” and “neither soft nor hard” with 2.29 points. This softness was observed during storage as well. Panelists indicated that the unwashed samples were harder than the washed ones (Table 2), although the effect of washing process on hardness was insignificant ( $P > 0.05$ ). The washed olives that had been packed under vacuum were determined comparatively softer. The pressure occurred due to vacuum in the package might be the reason of the increase in the softness level. Besides, the activity of the oxidative yeasts might have caused softening in the olives [27]. The softening observed in the olive samples generally decreased the acceptability for the consumer. *Hurma* olives specifically have a completely de-bittered taste. Taste differences were determined between the samples since the olives were de-bittered naturally. Some olives had brown color, soft texture and a sour taste, whereas some had black color, hard texture with a wrinkled surface and the taste of that olive was completely de-bittered. Although not for each package or regularly for each month, “sour taste” and other unfamiliar tastes were particularly started to be stated by the panelists after the 60<sup>th</sup> day of storage. More taste

loss was generally observed in the washed and vacuum packaged olive samples (Figure 2b). Low O<sub>2</sub> levels in the packages were reported to contribute to an undesired taste formation [21, 28]. The level of taste loss was higher for the washed samples when compared to the unwashed ones, however the effect of washing process on taste loss was found insignificant (P>0.05). A slight taste loss (4 points) did not affect the consumability of *Hurma* olives, whereas the rankings below 4 points affected the preferences of the panelists

negatively. *Hurma* olive samples that were ranked in terms of preference before storage were given a score of 2.67 points. The reason for such a low preference point was a result of the changes occurred in the sensory characteristics of *Hurma* olives due to the climate conditions in that year. The preference points given for washed *Hurma* olive samples were lower than of unwashed samples, however washing process was found to have insignificant effect on preference (P>0.05).

Table 1 Effect of pretreatments (washing and dipping in lactic acid 0.2%) before packaging on physicochemical parameters (means of three replicates±standard deviation) of *Hurma* olives during storage at 1°C.

Parameters	Days*	0	30**	60	90	120
Acidity (m/m%)	T <sub>0</sub>	0.36±0.04	0.62±0.19	0.55±0.19	0.56±0.11	0.73±0.19
	T <sub>1</sub>	0.39±0.03	0.64±0.15	0.51±0.16	0.48±0.08	0.74±0.14
Bitterness (Absorbance)	T <sub>0</sub>	0.53±0.02	0.63±0.10 <sup>a</sup>	0.51±0.05	0.52±0.04	0.60±0.17 <sup>b</sup>
	T <sub>1</sub>	0.53±0.05	0.50±0.03 <sup>b</sup>	0.48±0.04	0.51±0.04	0.78±0.03 <sup>a</sup>
Reduced Sugar (m/m%)	T <sub>0</sub>	0.28±0.07	0.36±0.11	0.39±0.08	0.24±0.08	0.25±0.08
	T <sub>1</sub>	0.35±0.04	0.25±0.11	0.37±0.09	0.33±0.18	0.29±0.09
L* value	T <sub>0</sub>	32.37±0.91	31.62±1.09	31.98±1.21	32.32±1.09	33.19±1.15
	T <sub>1</sub>	33.16±1.47	32.18±1.14	32.29±0.84	33.06±1.17	34.17±0.70
a* value	T <sub>0</sub>	5.76±0.39	6.86±0.61	6.66±0.68	6.93±0.72	6.94±0.46
	T <sub>1</sub>	5.67±0.71	6.62±0.60	6.38±0.32	7.04±0.65	6.73±0.45
b* value	T <sub>0</sub>	6.47±0.93	8.19±1.12	6.22±0.91	8.79±1.11	8.94±0.85
	T <sub>1</sub>	6.81±1.63	7.87±1.27	5.57±0.93	8.61±1.32	8.31±0.84
Dry Matter (m/m%)	T <sub>0</sub>	56.41±1.59	56.11±3.31	55.78±2.95	55.48±5.40	57.22±2.85
	T <sub>1</sub>	51.31±2.06	55.26±4.36	53.70±4.67	56.19±2.75	55.91±3.34

\*T<sub>0</sub>, without applying any washing process; T<sub>1</sub>, washed+dipped lactic acid 0.2%. \*\*Different superscript letters following the values in same column indicate differences during storage period for each parameter (P<0.05)

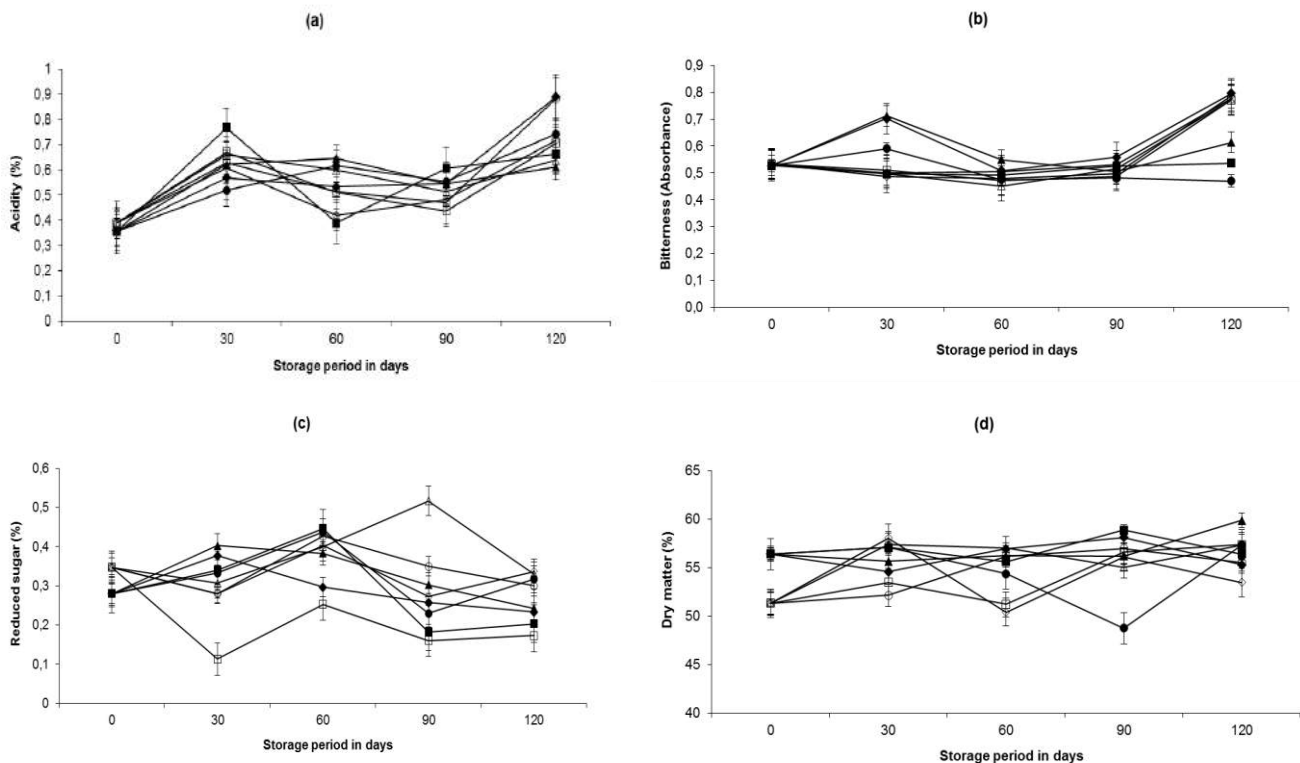


Figure 1. Effect of pretreatments before packaging in combination with MAP on (a) acidity, (b) bitterness, (c) reduced sugar and (d) dry matter of *Hurma* olives during storage at 1°C. (◆), T<sub>0</sub>+vacuum; (◇), T<sub>1</sub>+vacuum; (▲), T<sub>0</sub>+100%CO<sub>2</sub>; (△), T<sub>1</sub>+100%CO<sub>2</sub>; (●), T<sub>0</sub>+60%CO<sub>2</sub>/40%N<sub>2</sub>; (○), T<sub>1</sub>+60%CO<sub>2</sub>/40%N<sub>2</sub>; (■), T<sub>0</sub>+air; (□), T<sub>1</sub>+air. Standard error is shown on the bars.

The points for taste loss and preference were changed correspondingly during storage. Preference points given for washed and vacuum packaged olives were lower when compared to the samples in other packages, since taste loss was higher for washed ones in vacuum

packages (Figure 2c). The high loss of taste and the low preference obtained for the washed *Hurma* olives might be regarded as a disadvantage of the surface decontamination process applied before packaging [15].

Table 2 Effect of pretreatments (washing and dipping in lactic acid 0.2%) before packaging on sensory attributes of *Hurma* olives during storage at 1°C.

Sensorial attribute	Days	0	30	60	90	120
Hardness	T <sub>0</sub>	2.29±0.90	2.96±1.00	2.82±0.82	2.46±0.74	2.86±0.85
	T <sub>1</sub>	2.29±0.90	2.29±0.81	2.21±0.92	2.43±0.63	2.46±0.79
Taste loss	T <sub>0</sub>	4.14±0.85	3.89±1.17	4.11±1.03	4.00±0.90	3.75±0.80
	T <sub>1</sub>	4.14±0.85	3.50±1.40	3.75±1.08	3.75±1.08	3.32±0.98
Preference	T <sub>0</sub>	2.67±0.95	2.75±0.96	2.83±0.99	2.83±1.02	2.39±1.01
	T <sub>1</sub>	2.67±0.95	2.39±0.99	2.44±1.05	2.61±0.86	2.14±0.89

T<sub>0</sub>, without applying any washing process; T<sub>1</sub>, washed+dipped lactic acid 0.2%.

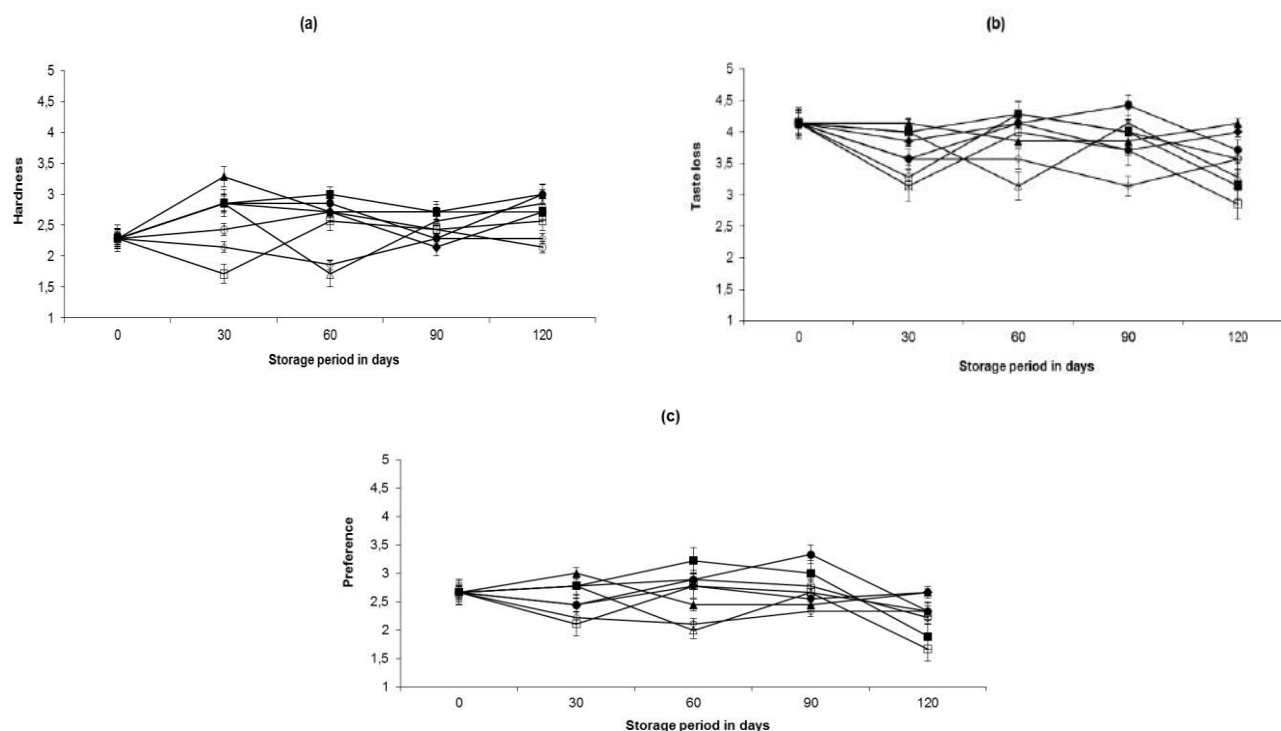


Figure 2. Effect of pretreatments before packaging in combination with MAP on (a) hardness, (b) taste loss and (c) preference of *Hurma* olives during storage at 1°C. (♦), T<sub>0</sub>+vacuum; (◇), T<sub>1</sub>+vacuum; (▲), T<sub>0</sub>+100%CO<sub>2</sub>; (Δ), T<sub>1</sub>+100%CO<sub>2</sub>; (●), T<sub>0</sub>+60%CO<sub>2</sub>/40%N<sub>2</sub>; (○), T<sub>1</sub>+60%CO<sub>2</sub>/40%N<sub>2</sub>; (■), T<sub>0</sub>+air; (□), T<sub>1</sub>+air. Standard error is shown on the bars.

## CONCLUSIONS

The effect of washing process, lactic acid treatment (0.2% w/v) and MAP (vacuum, 100% CO<sub>2</sub>, 60% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub>, air) on the physicochemical and sensory properties of *Hurma* olives was studied. Washing and dipping into lactic acid solution did not cause a significant change during storage in the physicochemical properties of samples, except for bitterness and reduced sugar contents. The sensory properties of *Hurma* olive samples that were washed and dipped into lactic acid solutions were poorer; in particular, vacuum packaged samples among this group were found to have more undesired values in terms of sensory characteristics. The data obtained in this study might provide the basics

for marketing *Hurma* olives that were packed with MAP and stored at 1°C for 120 days.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the Project TAGEM/GY/10/03/01/170 (Republic of Turkey, Ministry of Agriculture and Forestry).

## REFERENCES

- [1] IOC, (2018). World table olive figures. International Olive Council, Madrid, Spain. <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/132-world-table-olive-figures>, (Access date: 10/01/2018).

- [2] Omar, S.H. (2010). Oleuropein in olive and its pharmacological effects. *Scientia Pharmaceutica*, 78, 133-154.
- [3] Sánchez Gómez, A.H., García García, P., Rejano Navarro, L. (2006). Elaboration of table olives. *Grasas y Aceites*, 57, 86-94.
- [4] Panagou, E.Z. (2006). Greek dry-salted olives: Monitoring the dry-salting process and subsequent physico-chemical and microbiological profile during storage under different packing conditions at 4 and 20°C. *LWT-Food Science and Technology*, 39, 322-329.
- [5] Zoidou, E., Melliou, E., Gikas, E., Tsaibopoulos, A., Magiatis, P., Skaltsounis, A.L. (2010). Identification of *Throuba Thassos*, a traditional Greek table olive variety, as a nutritional rich source of oleuropein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 46-50.
- [6] Jemai, H., Bouaziz, M., Sayadi, S. (2009). Phenolic composition, sugar contents and antioxidant activity of Tunisian sweet olive cultivar with regard to fruit ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 2961-68.
- [7] Rigane, G., Salem, R.R., Sayadi, S., Bouaziz, M., 2011. Phenolic composition, isolation, and structure of a new deoxyloganic acid derivative from *Dhokar* and *Gemri-Dhokar* olive cultivars. *Journal of Food Science*, 76, C965-C973.
- [8] Aktas, A.B., Ozen, B., Tokatli, F., Sen, I. (2014). Phenolics profile of a naturally debittering olive in comparison to regular olive varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 691-698.
- [9] El S.,N., Karakaya, S. (2009). Olive tree (*Olea europaea*) leaves: potential beneficial effects on human health. *Nutrition Reviews*, 67, 632-638.
- [10] Susamcı, E., Ozturk Gungor, F., Irmak, S., Ataol Olmez, H., Tusu, G. (2016). A study on the nutritional value of *Hurma* olives (*Erkence cv.*) that lose the bitterness on the tree. *Journal of Agricultural Sciences*, 22, 471-479.
- [11] Sozbilen, G.S., Baysal, A.H. (2016). Microbial profile and bacterial characterization of naturally debittered *Hurma* olives compared to non-debittered *Erkence* variety during ripening period. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 2099-2105.
- [12] Phillips, C.A. (1996). Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *International Journal of Food Science and Technology*, 31, 463-479.
- [13] Farber, J.N., Harris, L.J., Parish, M.E., Beuchat, L.R., Suslow, T.V., Gorney, J.R., Garrett, E.H., Busta, F.F. (2003). Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 142-160.
- [14] Ucherek, M. (2004). An integrated approach to factors affecting the shelf life of products in modified atmosphere packaging (MAP). *Food Reviews International*, 20, 297-307.
- [15] Beuchat, L.R. (1998). Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: A review. Food Safety Unit World Health Organization, WHO/FSF/FOS/98.2, <http://apps.who.int/iris/handle/10665/64435> (Access date:8/3/2018).
- [16] Irmak, S., Tokusoglu, O. (2017). Saturated and unsaturated fatty acids composition of olive oils obtained from less salty black table olives preserved with vacuum, map and gamma irradiation technologies. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 7, 582.
- [17] Anonymous, (2002). TS 1125 ISO 750 Fruit and vegetable products-Determination of titratable acidity. Turkish Standards Institute, Ankara, Turkey.
- [18] Uylaser, V., Basoglu, F. (2000). Gıda Analizleri I-II Uygulama Kılavuzu. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Kılavuzu No: 9, Bursa, Turkey.
- [19] Diez, M.J.F., Fernandez, A.L., Cancho, F.C., Quintana, M.C.D., Casanovas, J.L.C. (1972). Elaboracion de acaitunas negrasde me. *Grasas y Aceites*, 23, 91-93.
- [20] Altuğ, T., Elmacı, Y. (2005). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Meta Basım, İzmir, Turkey.
- [21] Jacxsens, L., Devlieghere, F., Ragaert, P., Vanneste, E., Debevere, J. (2003). Relation between microbiological quality, metabolite production and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh-cut produce. *International Journal of Food Microbiology*, 83, 263-280.
- [22] Panagou, E.Z., Tassou, C.C., Katsaboxakis, K.Z. (2002). Microbiological, physicochemical and organoleptic changes in dry-salted olives of *Thassos* variety stored under different modified atmospheres at 4 and 20°C. *International Journal of Food Science and Technology* 37: 635-641.
- [23] Susamcı, E., Romero, C., Tuncay, O., Brenes, M. (2017). An explanation for the natural de-bittering of *Hurma* olives during ripening on the tree. *Grasas y Aceites* 68: e182.
- [24] Tuna, S. (2006). The Effect of Lye Treatment and Enzymatic Methods on Physico-chemical Characteristics in Black Table Olive Fermentation. M.Sci, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Turkey.
- [25] Üçüncü, M. (2000). Gıdaların Ambalajlanması. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, Turkey.
- [26] Esturk, O., Ayhan, Z. (2009). Effect of modified atmosphere packaging and storage time on physical and sensory properties of sliced salami. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33, 114-125.
- [27] Panagou, E.Z. (2004). Effect of different packing treatments on the microbiological and physicochemical characteristics of untreated green olives of the *Conservolea* cultivar. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 84, 757-764.
- [28] 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, 341-353.

## Farklı Maserasyon Koşullarının Öküzgözü Şaraplarının Fenolik Bileşiklerine Etkisi

Mustafa Bayram 

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Geliş Tarihi (Received): 06.07.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 01.10.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [mustafa.mbayram@gop.edu.tr](mailto:mustafa.mbayram@gop.edu.tr) (M. Bayram)

☎ 0 356 252 16 16 📠 0 356 252 17 29

### ÖZ

Bu çalışmada, 2009 ve 2010 yıllarında hasat edilen Öküzgözü üzüm çeşidinden 4 farklı maserasyon (klasik maserasyon, enzim ilaveli klasik maserasyon, soğuk uygulamalı maserasyon, enzim ilaveli soğuk maserasyon) uygulamasıyla elde edilen şarapların çeşitli kimyasal özellikleri, toplam fenolik madde içeriği, toplam antosiyanin içeriği, bazı bireysel fenolik ve antosiyanin bileşikleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, en yüksek toplam fenolik madde içeriği 2009 ve 2010 yıllarında sırasıyla "enzim ilaveli soğuk maserasyon" (1165.45 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/L) ve "enzim ilaveli klasik maserasyon" (2075.91 mg GAE/L) şaraplarında belirlenmiştir. Öküzgözü şaraplarında en yüksek toplam antosiyanin içeriği 2009 ve 2010 yıllarında sırasıyla "enzim ilaveli soğuk maserasyon" (140.60 mg malvidin-3-O-glikozit eşdeğeri (ME)/L), "soğuk maserasyon" (374.89 mg ME/L) örneklerinde saptanmıştır. "Soğuk maserasyon" ve "enzim uygulamalı soğuk maserasyon" proseslerinin her iki yıl şarapları için genel olarak yüksek malvidin 3-glikozit içeriği verdiği belirlenmiştir. Şıra ve şaraplarda en yüksek oranda bulunan fenolik bileşik flavanoller grubuna dahil olan (+)-kateşindir. Şaraplarda, (+)-kateşinden sonra en fazla bulunan fenolik bileşikler sırasıyla gallik asit ve (-)-epikateşin olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Öküzgözü, Fenolik, Antosiyanin, Maserasyon

### Effect of Different Maceration Conditions on Phenolic Compounds of Öküzgözü Wines

#### ABSTRACT

In this study, total phenolic content, total anthocyanin content and some individual phenolic and anthocyanin compounds were determined in Öküzgözü wines produced by the application of four kinds of maceration techniques (classical maceration, classical maceration with enzyme added, cold maceration, cold maceration with enzyme added) in the years of 2009 and 2010. According to results, in 2009 and 2010, the highest total phenolic contents were determined in "cold maceration with enzyme added" (1165.45 mg GAE/L) wines and "classic maceration with enzyme added" (2075.91 mg GAE/L) wines, respectively. The highest total anthocyanin contents in the wines of 2009 and 2010 were found in "cold maceration with enzyme added" (140.60 mg ME/L) and "cold maceration" (374.89 mg ME/L) wines respectively. Processes of "cold maceration" and "enzyme-applied cold maceration" generally resulted in high malvidin 3-glucoside levels in wines every two years. The phenolic compound with the highest content in must and wines was (+)-catechin, which is included in the flavanols group. In wines, the most abundant phenolic compounds after (+)-catechin were gallic acid and (-)-epicatechin respectively.

**Keywords:** Öküzgözü, Phenolic, Anthocyanin, Maceration

## GİRİŞ

Üzümün bileşimi çeşit farklılığına ve üzümün yetiştiği coğrafyaya göre farklılık gösterir. Üzümler, sofralık, kurutmalık ve şıralık-şaraplık çeşitler olmak üzere üç grup olarak sınıflandırılırlar. Ancak, bu gruplar arasındaki ayırım çok kesin değildir [1]. Şarap üretiminde kullanılan ve kaliteli şarap verdikleri bilinen Cabernet sauvignon, Merlot, Chardonnay vb. çeşitler dünyada şarapçılığın gelişmiş olduğu farklı bölgelerde yetiştirilmektedir [2]. Diğer yandan, geçmişten günümüze üzüm yetiştiriciliğinin fazla olduğu bazı ülkelerde kaliteli şaraplar veren yerli çeşitler de vardır [3]. Ülkemize özgü Öküzgözü, Boğazkere ve Kalecik Karası çeşitleri buna örnek olarak verilebilir.

Fenolik bileşikler üzümün bileşiminde bulunan karmaşık kimyasal yapıya sahip bileşiklerdir. Üzümün kabuk ve çekirdek kısmında yüksek miktarda bulunurken, etli kısmında azdır [4]. Kaliteli şarap üretimi hammaddeye bağlı olup şarap bileşimini üzüm çeşidi, üzümün yetiştiği iklim koşulları ve üretim yöntemleri etkilemektedir. Şarap üretiminde hammaddenin özelliklerinin bilinmesi prosesin doğru yönlendirilmesini, dolayısıyla şarabın daha kaliteli üretimini sağlar. Şarabın kalitesi üzerinde üretimde uygulanan teknolojik işlemlerin etkisi de oldukça fazladır. Yıllar süren teknolojik araştırmalar, bir bölgede yetiştirilen herhangi bir üzümün şaraba nasıl işleneceği konusunda bilgi birikimini ortaya çıkarmıştır. Fenolik bileşiklerin şıraya ve şaraba geçmesi için yapılan cibre fermantasyonu/maserasyon genellikle kırmızı şarap üretiminde uygulanan bir işlemdir [6,7]. Maserasyon esnasında şaraba geçen fenolik bileşikler şarabın olgunlaştırılması sırasında meydana gelen birçok kimyasal reaksiyonla da değişime uğrayarak şarabın kendine has özelliklerini ortaya çıkarır [8,9]. Üzüm çeşidine göre farklı tekniklerle maserasyon uygulaması yapılmaktadır. Şarap üretiminde klasik, soğuk, karbonik, termovinifikasyon gibi farklı maserasyon teknikleri uygulanabilmektedir. Şıra ve şaraptaki fenol bileşikleri ile maserasyon sıcaklığı ve süresi arasında sıkı bir ilişki vardır. Sıcaklığın yükselmesi, renkli ve renksiz fenol bileşikleri miktarını arttırır [8,10]. Sıcaklığın etkisiyle üzümün katı kısımlarındaki hücreler parçalanır ve bu hücrelerdeki maddelerin çözünmesi kolaylaşır. Yüksek sıcaklık uygulanan maserasyonlarda fenolik bileşik miktarı artarken, yüksek sıcaklık oksidatif enzim aktivitesinde artışa yol açıp şarabın rengi üzerinde olumsuz etkiye de neden olabilmektedir. Şaraplarda bu durumun önlenmesi ile ilgili yapılan çeşitli araştırmalarda soğuk maserasyon uygulamasının etkili bir teknik olduğu belirtilmiştir [10].

Günümüzde, şarap üretimi yapılan birçok işletme, üretimlerinde çeşit veya bölge farkı gözetmeksizin aynı üretim prosesini kırmızı şarap üretiminde uygulamakta ve bu durum bazı şaraplarda önemli kalite kayıpları getirmektedir. Diğer gıda ürünlerinden farklı olarak şarap; kalitesine göre çok farklı fiyatlardan değer bulabilen bir üründür. Kaliteli şarap üretiminin temel ilkesi; doğru çeşit seçimi yanında, hasat edilen çeşit için kalite kaybını en az düzeye indirecek doğru işleme yönteminin uygulanmasıdır. Çünkü her bir çeşidin

kendine özgü bir fenolik bileşimi ve duyuşal özelliği vardır ve bir çeşit için yapılan doğru uygulama, diğer bir çeşit için kalite kaybı getirebilir. Nitekim dünyanın ileri şarap üretici ülkelerinde çeşit ve bölge farkı dikkate alınarak üretim prosesleri kurgulanmakta ve bu konuda daha iyiye ulaşabilme amacıyla yeni teknikler geliştirilmektedir.

Bu çalışmada da, Türkiye’de yaygın olarak şarap üretiminde kullanılan, kaliteli şaraplık özellikleriyle tanınan Öküzgözü üzüm çeşidine farklı şarap üretim prosesleri uygulanarak, proses farklılığının şarapların fenolik yapısı üzerindeki etkisini incelemek ve Öküzgözü çeşidi için uygun işleme yöntemini veya yöntemlerini araştırmak amaçlanmıştır. Diğer yandan, Avrupa Birliği ülkelerinde olduğu gibi şarap üretiminde “terroir” (toprak ve iklim) kavramının önemini vurgulamak ve hızla gelişen Türk şarap endüstrisi için kalitenin artırılabilmesi amacıyla farklı proses yöntemlerinin önerilmesi öngörülmüştür.

## MATERYAL ve METOT

### MATERYAL

Çalışmada Tokat Yöresi Dimes A.Ş.’ye ait “Vasfi Diren Çiftliği” bağlarından 2009 ve 2010 döneminde hasat edilmiş Öküzgözü üzüm çeşidi kullanılmıştır. Üzümler 2009 ve 2010 yılı için sırasıyla 09 Ekim ve 28 Eylül tarihlerinde hasat edilmiştir.

### METOT

#### Şarap Üretimi

Üretim uygulamasında 4 farklı maserasyon (cibre fermantasyonu) yöntemiyle şarap üretilmiştir;

1. Klasik maserasyon,
2. Enzim uygulaması (pektolitik ezim) yapılmış klasik maserasyon,
3. Ön soğuk uygulamalı maserasyon,
4. Enzim uygulaması (pektolitik ezim) yapılmış ön soğuk uygulamalı maserasyon.

Üzümlerin şaraba işlenmesi Diren Şarapları A.Ş Tokat tesislerinde gerçekleştirilmiştir. 25 kg’lık kasalarla işletmeye getirilen üzümler, “Ünsa” marka mekanik sap ayırma makinasından geçirildikten sonra 20000 L kapasiteli, paslanmaz çelik, sıcaklık kontrollü, karıştırma düzenekli fermantasyon tanklarında 4 farklı yöntem uygulanarak fermantasyona bırakılmıştır:

- Klasik maserasyonda; sapsarı ayrılan üzümlere patlatma işlemi yapılmış, şıra ve cibre 24±2°C’de 10 gün boyunca maserasyona bırakılmış, maserasyondan sonra cibre Bucher marka 10000 L kapasiteli hidrolik presle sıkılarak ve yine sıcaklık kontrollü paslanmaz çelik tanklarda fermantasyonları 20°C’de tamamlanmıştır.
- Enzim uygulamalı maserasyonda da aynı proses yöntemi izlenmiş, maserasyon 24±2°C’de 10 gün süre ile uygulanmış, klasik maserasyondan farklı



olarak maserasyon başlangıcında şıraya 20 g/hL oranında pektolitik enzim (Erbslöh, Almanya) ilavesi yapılmıştır.

- Ön soğuk uygulamalı maserasyonda; maserasyon sıcaklığı 96 saat boyunca 4-6°C'de tutulmuş, ardından maya katımı yapılarak maserasyon ve fermantasyon gerçekleştirilmiş 10.gün sonunda cibre şıradan ayrılmıştır. Fermantasyon tanklarında ~20°C sıcaklıkta fermantasyon tamamlanmıştır.
- Enzim uygulamalı soğuk maserasyonda ise; aynı soğuk maserasyonda olduğu gibi, maserasyon sıcaklığı 96 saat boyunca 4-6°C' de tutulmuş, ardından maya ve enzim ilavesi yapılarak diğer maserasyon tiplerinde olduğu gibi alkol fermantasyonu işlemine geçilmiştir.

Şarapların tümünde fermantasyon başlangıcı olarak 20 g/hL düzeyinde, yurtdışından sağlanan *Saccharomyces cerevisiae* (kuru aktif maya, Oenoferm Rouge, Erbslöh Gerseheim) kullanılmıştır. Kuru aktif maya kullanımından önce, maya ılık su ve şıra (1:1) karışımında 20 dakika süre ile aktive edilmiştir. Üzümler işletmeye getirilip, sapları ayrıldıktan sonra, maserasyon tanklarına alınıp, fermantasyon başlangıcında 30 mg/L düzeyinde kükürtlenmiştir. Fermantasyon bitiminde, tortu ayırma işleminden sonra, kükürt düzeyleri kontrol edilmiş ve tüm şaraplara malolaktik fermantasyon bitiminde 50 mg/L SO<sub>2</sub> ilave edilmiştir. Aktarma işleminden sonra şaraplara durultma uygulanmış ve şaraplar şişelenmiştir.

### Analizler

Toplam asit, pH, indirgen şeker, yoğunluk, alkol, uçar asit, serbest ve toplam SO<sub>2</sub> tayini Ough ve Amerine [11]'e göre yapılmıştır.

### Toplam Fenolik Madde İçeriği Tayini

Şarapların toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir. Örneklerin absorbansına karşılık gelen toplam fenolik madde içeriği, gallik asit kullanılarak çizilen standart grafikte belirlenip (R<sup>2</sup>=0.9979), gallik asit eşdeğeri olarak (GAE) mg GAE/L olarak ifade edilmiştir [11,12]

### Toplam Antosiyanin İçeriği Tayini

Şarap örneklerinin toplam antosiyanin içerikleri Giusti ve Wrolstad [13] tarafından geliştirilen pH-differansiyel yöntemi ile saptanmıştır. Sonuçlar malvidin-3-O-glikozit eşdeğeri olarak verilmiştir.

### Bazı Fenolik Bileşiklerin Tayini

Şaraplarda fenolik asitlerden, p-kumarik asit, kafeik asit, ferulik asit, hidroksisinamik asit, vanilik asit, gallik asit flavonoidlerden ise kateşin, epikateşin ve kuersetin (Sigma, Almanya) kantitatif olarak Özkan ve Göktürk Baydar'ın [14] kullandığı HPLC yöntemi modifiye edilerek belirlenmiştir. Gradient sistem çözücü akış konsantrasyonu Tablo 1'de verilmiştir. Standartların stok çözeltileri metil alkol ile 1 mg/mL olacak şekilde hazırlanmıştır. 100 mL şarap örneği 0.45 µm'lik (Millex-HV) membran filtreden süzölmüş ve filtratlardan 20 µL HPLC cihazına enjekte edilmiştir.

Analizlerde kullanılan HPLC cihazı Shimadzu marka olup DGU-20 A5 degazöre, 1C-20 AT Prominence pompaya, CBM-20A Prominence kontrol ünitesine, SPD-M10AVP DAD dedektöre, SIL-10AXL otomatik örnek enjeksiyon ünitesine, CTO-10A kolon fırınına sahiptir. Çalışmada Intersil ODS-3 ters faz (5 µm-25x4.6mm) kolon kullanılmıştır. Standartların alıkonma zamanları, maksimum absorbans ve R<sup>2</sup> değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Fenolik bileşikler için gradient sistem çözücü akış konsantrasyonu\*

Süre(dk.)	A Konsantrasyon(%)	B Konsantrasyon(%)
0	0	100
3	5	95
18	20	80
25	20	80
30	25	75
35	30	70
40	40	60
55	50	50
65	60	40
67	0	100
68	0	100

\*: Çözücü A: Metanol, Çözücü B: %2 Asetik Asit

### Malvidin-3-Glikozit Tayini

Şaraplarda malvidin-3-glikozit (Extrasynthese, Fransa) kantitatif olarak HPLC ile belirlenmiştir (Tablo 3). Malvidin-3-glikozit standardına ait alıkonma zamanı, maksimum absorbans ve R<sup>2</sup> değerleri sırasıyla 20.132 dakika, 520nm ve 0.9999 olarak belirlenmiştir. HPLC analizlerinde International Organisation of Vine and

Wine (OIV)'nin şaraplarda antosiyan bileşiklerini tespit ettiği metot modifiye edilerek uygulanmıştır [15].

### İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen sonuçlar SPSS 17.0 İstatistik Paket Programı kullanılarak Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Tablo 2. Fenolik bileşik standartlarına ait alıkonma zamanı, maksimum absorbans ve R<sup>2</sup> değerleri

Fenolik Asit Standartları	Alıkonma Zamanı (dakika)	Maksimum ABS (nm)	R <sup>2</sup>
Gallik Asit	9.500	280	0.9997
(±)-kateşin	22.614	280	0.9998
Vanilik Asit	29.879	280	0.9994
Kafeik Asit	31.144	320	0.9994
(-)-Epikateşin	33.479	280	0.9988
p-Kumarik asit	41.233	320	0.9954
Ferulik Asit	43.509	280	0.9975
trans-2- Hidroksisinamik Asit	49.091	360	0.9994
Kuersetin-hidrat	62.238	360	0.9995

Tablo 3. Malvidin-3-glikozit analizinde kullanılan gradient sistem çözücü akış konsantrasyonu\*

Süre(dakika)	A Konsantrasyon %(h/h)	B Konsantrasyon %(h/h)
0	94	6
15	70	30
30	50	50
35	40	60
41	94	6

\*: Çözücü A: Su/Formik Asit/Asetonitril (87:10:3); Çözücü B: Su/Formik Asit/Asetonitril (40:10:50)

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Şıra ve Şarapların Bazı Fizikokimyasal Özellikleri

Şıra ve şarapların bazı fizikokimyasal kimyasal özellikleri Tablo 4 ve 5'te verilmiştir.

Çalışmada klasik maserasyon yöntemiyle üretilen Öküzgözü şaraplarının yoğunluğu 2009 yılında 0.9927, 2010 yılında 0.9831, "enzim ilaveli klasik maserasyonda"; 2009 yılında 0.9928, 2010 yılında 0.9931, "soğuk maserasyonda"; 2009 yılında 0.9927, 2010 yılında 0.9931, ve "enzim ilaveli soğuk maserasyonda"; 2009 yılında 0.9928, 2010 yılında ise 0.9831 olarak saptanmıştır.

Tablo 4. Üzüm şıralarının bazı fizikokimyasal kimyasal özellikleri\*

	2009	2010
Yoğunluk(g/mL)	1.088±0.001	1.092±0.001
Toplam Asitlik (g/L)**	4.61±0.02	5.09±0.10
pH	3.61±0.030	3.56±0.008
Toplam Fenol (mg GAE/L)	329.09±6.47	501.10±12.36
Toplam Antosiyan (mg/L)	10.68±0.15	25.06±0.58

\*: Sonuçlar ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. \*\*Tartarik asit cinsinden.

Öküzgözü şaraplarında, "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" yöntemlerinin hacmen alkol oranları 2009 yılında sırasıyla %13.30, 13.21, 13.30, 13.21, 2010 yılında ise %12.60, 12.73, 12.80, 12.90 aralığında olduğu görülmektedir. 2009 yılında yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Şarap Tebliğine göre; "şarabın hacmen gerçek alkol miktarı en az %9, toplam alkol miktarı en fazla %15 olmalıdır" [16]. Çeşitli araştırmalarda Öküzgözü şaraplarında alkol miktarının %10.65 ile 13.92 arasında değiştiği bildirilmiştir [17,18]. Çalışmada üretilen Öküzgözü şaraplarının alkol miktarlarının bu değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Öküzgözü çeşidinden elde edilen şaraplarda pH değerleri 2009 yılında 3.63-3.67, 2010 yılında 3.70-3.78 aralığında, toplam asitlik miktarı ise 2009 yılında 4.23 g/L-4.51 g/L arasında, 2010 yılında ise 4.52 g/L-4.91 g/L aralığında saptanmıştır. Anlı ve ark. [19], Öküzgözü üzümünden elde edilen şaraplarda pH değerini 3.45-3.50, toplam asitlik değerini tartarik asit cinsinden 4.30 g/L-4.50 g/L aralığında belirlemişlerdir. Kelebek ve ark. [20], soğuk maserasyon uygulaması ile elde edilen şaraplarda pH değerini 3.56, kontrol örneklerinde ise

3.42 olarak belirtmişlerdir. Çalışmada farklı maserasyon teknikleri uygulanarak yapılan Öküzgözü şaraplarının toplam asitliği ve pH değerlerinin bu değerlerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Öküzgözü şaraplarında, "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" yöntemlerinin toplam uçur asit miktarları asetik asit cinsinden 2009 yılında sırasıyla 0.32, 0.33, 0.34, 0.32 g/L, 2010 yılında ise 0.61, 0.66, 0.56, 0.53 g/L olduğu görülmektedir. Uçur asitler alkol fermantasyonu sırasında oluşurlar ve bunların önemli bir kısmını asetik asit oluşturur. Oluşan uçur asit oranı şıranın bileşimine (asit, şeker, azotlu madde miktarı), maya suşuna ve fermantasyon koşullarına bağlıdır [11]. Türk Gıda Kodeksi'nin 2009 yılında yayınlanan şarap tebliğine göre, "uçur asit miktarı asetik asit cinsinden kısmen fermente olmuş üzüm şırası için 18 meq/L, beyaz ve pembe/roze şaraplar için 18 meq/L, kırmızı şaraplar için 20 meq/L'den fazla olamaz." Çalışmada elde edilen bulgular literatür verileriyle uyumlu olup şarap tebliğinde belirtilen değer altındadır [16].

Tablo 5. Şarapların bazı fizikokimyasal kimyasal özellikleri (ortalama±standart hata)

Parametre	Klasik		Klasik + Enzim		Soğuk		Soğuk + Enzim	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Yoğunluk (g/mL)	0.9927	0.9931	0.9928	0.9931	0.9927	0.9931	0.9928	0.9931
Toplam asitlik (g/L)*	4.46±0.03	4.52±0.1	4.51±0.10	4.71±0.03	4.23±0.01	4.91±0.05	4.31±0.05	4.86±0.05
pH	3.63±0.01	3.78±0.01	3.67±0.10	3.72±0.01	3.59±0.00	3.75±0.04	3.61±0.10	3.70±0.04
Serbest SO <sub>2</sub> (mg/L)	42.0±0.58	31.66±0.57	39.50±0.50	32.66±0.58	40.33±0.58	31.0±0.0	39.66±0.58	31.66±0.58
Toplam SO <sub>2</sub> (mg/L)	81.00±0.10	53.0±1.0	79.20±0.20	52.50±0.10	78.66±0.58	52.50±1.0	77.50±0.50	52.50±0.10
İndirgen şeker (g/L)	1.90±0.0	1.63±0.06	1.83±0.06	1.80±0.0	2.0±0.10	1.60±0.0	1.76±0.12	1.70±0.0
Alkol(%h/h)	13.30±0.0	12.60±0.1	13.21±0.0	12.73±0.15	13.30±0.0	12.80±0.0	13.21±0.0	12.90±0.0
Uçar asit (g/L)**	0.32±0.02	0.61±0.04	0.33±0.0	0.66±0.03	0.34±0.01	0.56±0.01	0.32±0.00	0.53±0.02

\*Tartarik asit cinsinden, \*\*Asetik asit cinsinden

Öküzgözü "klasik maserasyon" örneklerinde şişeleme sonunda indirgen şeker içeriği 2009 yılında 1.90 g/L, 2010 yılında 1.63 g/L; "enzim ilaveli klasik maserasyon" uygulanarak üretilen örneklerde 2009 yılında 1.83 g/L, 2010 yılında 1.80 g/L; "soğuk maserasyon" uygulanarak üretilen örneklerde 2009 yılında 2.0 g/L, 2010 yılında 1.60 g/L; "enzim ilaveli soğuk maserasyon" uygulanarak üretilen örneklerde 2009 yılında 1.76 g/L, 2010 yılında 1.70 g/L olarak saptanmıştır. Fermantasyon sonunda kalan şeker oranlarına göre şaraplar; sek (0-4 g/L), dömi-sek (4-12 g/L), yarı tatlı (12-48 g/L) ve tatlı (>48 g/L) olarak sınıflandırılırlar [16]. Buna göre çalışmada üretilen şarapların tümü fermantasyonlarını tamamlamış sek şaraplar olarak nitelendirilebilir.

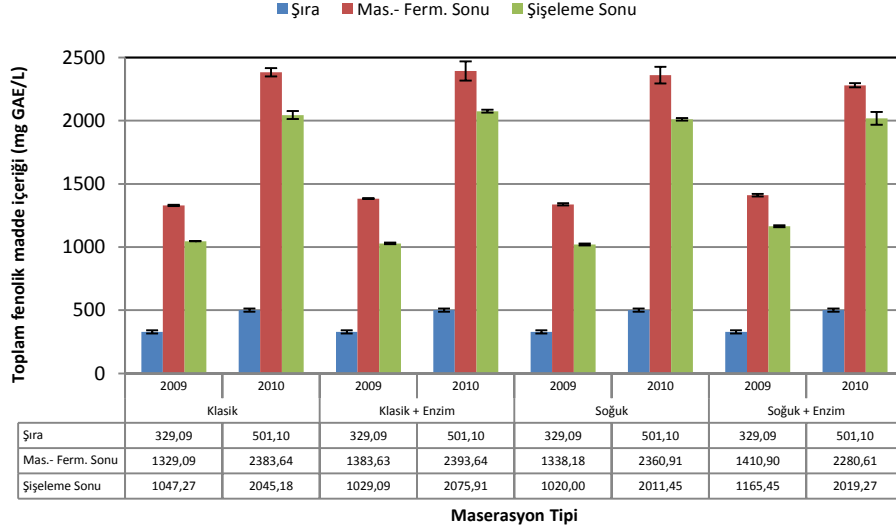
### Toplam Fenolik Madde İçeriği

Öküzgözü şaraplarında, "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" yöntemlerinin toplam fenolik madde içeriği üzerindeki etkisi irdelendiğinde; 2009 yılı örneklerinde toplam fenolik madde içeriklerinin sırasıyla 1047.27-1329.09, 1029.09-1383.63, 1020.00-1138.18, 1165.45-1410.90 mg GAE/L, 2010 yılı örneklerinde ise sırasıyla 2045.18-2383.64, 2075.91-2393.64, 2011.45-2360.91, 2019.27-2280.61 mg GAE/L aralığında olduğu görülmektedir.

2009 yılı değerleri ele alındığında en yüksek toplam fenolik madde içeriğinin 1165.45 mg/L ile "enzim ilaveli soğuk maserasyon", 2010 yılı örneklerinde ise 2075.45 mg/L değeriyle "klasik maserasyon" şaraplarında bulunduğu görülmektedir. Bununla birlikte, soğuk maserasyon uygulaması 2009 yılı için ekstrem bir durum gösterse de, "klasik maserasyon" ve "enzim uygulamalı klasik maserasyon" proseslerinin her iki yıl örnekleri için genel olarak yüksek toplam fenolik madde içeriği verdiği saptanmıştır. Kuşkusuz, daha yüksek sıcaklıkta uzun süreli maserasyon şıraya geçebilecek toplam fenol düzeyini artırıcı etki yapmaktadır. Nitekim, Öküzgözü şarapları üzerine yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş, klasik maserasyon prosesi toplam fenol düzeyini artırmıştır [21]. Ancak, yıla bağlı olarak üzümün yapısında (fenolik yapı, metal iyonları vd) ve pH'sında olan değişimler fenolik maddelerin şıraya geçişi konusunda etkili olmaktadır. Diğer yandan, her dört maserasyon uygulamasında da toplam fenol madde içeriğinin fermantasyon sonu aşamadan itibaren

uygulanan proses işlemlerine (durultma, filtrasyon) bağlı olarak azaldığı görülmektedir (Şekil 1). Buna göre; uygulanan proses sonunda her iki yıl için toplam fenolik madde içeriği düzeyleri fermantasyon sonunda istatistiksel olarak anlamlı azalma göstermiştir [22]. Bu azalma 2009 yılında "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" uygulamalarında sırasıyla %21.3, 25.6, 23.8, 17.4, 2010 yılında ise %14.19, 13.29, 14.79, 11.45 düzeyinde belirlenmiştir. Ayrıca yıllara bağlı olarak şarapların toplam fenolik bileşik içerikleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır (P<0.05).

Elde edilen bulgulardan anlaşılacağı gibi; Öküzgözü çeşidinde klasik ve enzim ilaveli klasik maserasyon uygulamalarının toplam fenolik madde miktarını artırdığı saptanmıştır. Benzer sonuçlar farklı üzüm çeşitleriyle önceki çalışmalarda da bulunmuştur. Anlı [21], Kalecik Karası çeşidinde 5 farklı maserasyon tipi kullanarak yaptığı çalışmada tanen, fenol indisi ve toplam antosiyanin değerlerini araştırmış, tanen miktarı ve toplam fenol indisi, enzim ilaveli klasik maserasyonda klasik maserasyon ve soğuk maserasyona kıyasla daha yüksek belirlenmiştir. Radeka ve ark. [23] yaptıkları çalışmada iki yıl süre ile iki farklı maserasyon yönteminin Malvasia şarapları içerisindeki toplam fenollerin derişimine etkisini incelemişlerdir. Tanık olarak alınan şaraplarda maserasyon işlemi 20°C'de 10, 20 ve 30 saat süre ile uygulamışlar, soğuk maserasyon uygulamasını ise 7°C'de 10, 20 ve 30 saat süre ile gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre; soğuk maserasyon uygulanan şarapta toplam fenol madde içeriği daha düşük düzeyde bulunmuştur. Salinas ve ark. [24], Monastrell üzümlerinde 5,10 ve 15°C'de 8 saat süren soğuk maserasyon uygulamalarının fenolik bileşikler ve renk maddeleri üzerine etkilerini araştırmışlar, maserasyon sıcaklığı düşükçe toplam polifenol indisinin ve tanen miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar düşük maserasyon sıcaklıklarının fenol bileşiklerinin azalmasına yol açtığını vurgulamışlardır. Joscelyne [25], Shiraz çeşidinde uygulanan soğuk maserasyon uygulaması ile elde edilen şaraplarda toplam renk pigmentlerini (25.80 au), toplam fenolik madde miktarını (50.56 au) olarak belirlerken, kontrol şaraplarındaki toplam renk pigment (25.85 au) ve toplam fenolik madde miktarını (51.56 au) olduğunu belirtmişlerdir.



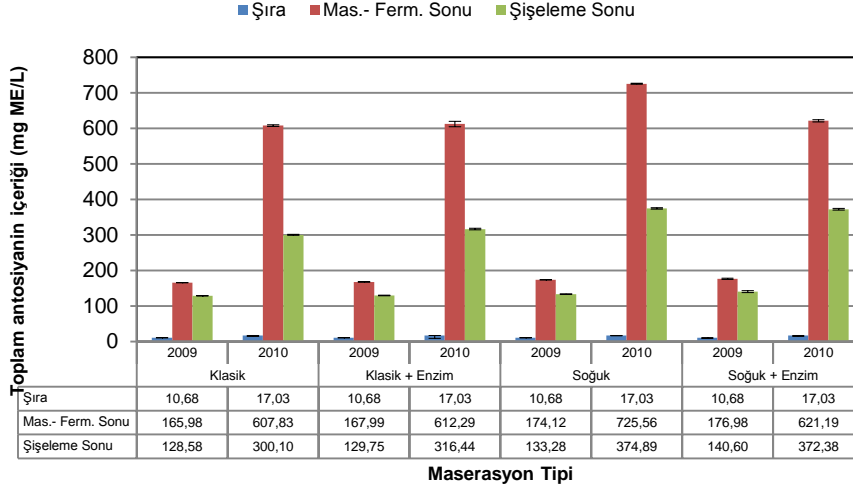
Şekil 1. Şarapların toplam fenolik madde içeriği

### Toplam Monomerik Antosiyenin İçeriği

Şıra ve şarapların toplam monomerik antosiyenin içeriği Şekil 2'de verilmiştir. Öküzgözü şaraplarının farklı proses aşamalarında, "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" için 2009 yılında toplam monomerik antosiyenin içerikleri sırasıyla 128.58-165.98, 129.75-167.99, 133.28-174.131, 140.60-176.98 mg ME/L aralığında belirlenmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi 2009 yılında şişelenen ürün açısından değerlendirildiğinde enzim ilaveli soğuk maserasyonda en yüksek toplam monomerik antosiyenin içeriği elde edilmiş ve bunu sırasıyla soğuk maserasyon, enzim ilaveli klasik maserasyon ve klasik maserasyon örnekleri izlemiş, değerler arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).

Öküzgözü şaraplarının farklı proses aşamalarında, "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" için 2010 yılında toplam monomerik antosiyenin içerikleri sırasıyla 300.10-607.83, 316.44-612.29, 374.88-725.56, 372.38-621.19 mg ME/L aralığında belirlenmiştir. 2010 yılı şişeleme sonrası örneklerinde en yüksek toplam monomerik antosiyenin miktarı "soğuk maserasyon" uygulamasıyla üretilen şarap örneklerinde belirlenmiş bunu "enzim ilaveli soğuk maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon" ve "klasik maserasyon" örnekleri izlemiştir. "Enzim ilaveli soğuk maserasyon" şarapları ile soğuk maserasyon şaraplarının toplam monomerik antosiyenin değeri birbirine istatistiksel açıdan benzerlik göstermiş ( $P > 0.05$ ), "enzim ilaveli klasik maserasyon" ve "klasik maserasyon" şaraplarının toplam monomerik antosiyenin değerleri ile aralarındaki fark da istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Ayrıca yıllara bağlı olarak şarapların toplam monomerik antosiyenin miktarları arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $P < 0.05$ ). Benzer sonuçlar Hereidia

ve ark. [26]'ın soğuk maserasyon uygulamasının Syrah şaraplarının renk ve fenolik bileşikleri üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada da belirlenmiştir. Araştırmacılar soğuk maserasyon uygulamasının şarapların antosiyenin ve flavonoller gibi renkli fenol bileşiklerini istatistiksel olarak önemli düzeylerde artırdığını bildirmişlerdir. Diğer yandan uygulanan dört farklı maserasyon işleminde toplam monomerik antosiyenin içeriğinin fermantasyon sonu aşamadan itibaren uygulanan proses işlemlerine (durultma, filtrasyon) bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Buna göre; uygulanan proses sonunda her iki yıl için toplam monomerik antosiyenin düzeyleri fermantasyon sonunda istatistiksel olarak anlamlı azalma göstermiştir. Bu azalma 2009 yılında "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" uygulamalarında sırasıyla %22.43, 22.76, 23.56, 20.46, 2010 yılında ise %50.58, 48.37, 48.42, 40.10 düzeyinde belirlenmiştir. Toplam monomerik antosiyenin içeriğindeki bu azalma antosiyenin molekülünün stabil olmamasına ve şarap yapımı esnasında bir kısmının proses gereği uzaklaşması ile açıklanabilir [27]. Şaraplardaki antosiyenin içeriğinin şarapların olgunlaştırma aşamasında her yıl yaklaşık %50 oranında azalabileceği belirtilmiştir [28]. Çalışmada toplam monomerik antosiyenin içeriğindeki bu azalma temel olarak antosiyeninlerin polimerizasyonu sonucu meydana gelmiştir. Şaraplarda olgunlaştırma esnasında flavanol-3-ol'lerin antosiyeninler ve flavonollerle polimerize olabileceği ve bunun sonucunda polimerik pigmentler oluşturabileceği belirtilmiştir. Bu reaksiyonların proantosiyanidinlerin polimerizasyonu ve antosiyeninlerin ve flavonollerin kondensasyonu sonucu oluştuğu ifade edilmiştir [27,29]. Bunun yanı sıra şarap teknolojisinde kullanılan durultma ajanlarının da antosiyenin miktarındaki düşüşte etkili olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir [22].



Şekil 2. Şarapların toplam antosiyanin içerikleri

### Bazı Bireysel Fenolik Bileşikler

Fermentasyon sonu aşamasında şarapların “klasik”, “enzim ilaveli klasik”, “soğuk” ve “enzim ilaveli soğuk maserasyon” uygulamalarında gallik asit içeriği 2009 yılında sırasıyla 12.62, 12.79, 10.93, 12.23 mg/L; 2010 yılında ise 20.55, 21.52, 16.87, 16.50 mg/L olarak belirlenmiştir. Şişeleme aşamasının sonunda ise gallik asit içeriği 2009 yılında 14.48, 15.86, 12.27, 13.37 mg/L; 2010 yılında ise 26.38, 27.52, 29.29 ve 23.85 mg/L olarak belirlenmiştir. 2010 yılı gallik asit içeriği 2009 yılına kıyasla daha yüksek bulunmuş ve yapılan istatistik analizlerde aradaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 6 ve 7). 2009 yılında Öküzgözü şarapları fermentasyon sonu aşamasında kateşin içeriği “klasik”, “enzim ilaveli klasik”, “soğuk” ve “enzim ilaveli soğuk” maserasyonda sırasıyla 39.50, 39.33, 34.01, 34.70 mg/L; 2010 yılında ise 61.19, 66.72, 61.80, 54.72 mg/L olarak belirlenmiştir. Şişeleme aşaması şaraplarında ise kateşin içeriği 2009 yılında 27.25, 29.44, 23.05, 24.85 mg/L; 2010 yılında ise 46.02, 48.15, 47.73 ve 44.540 mg/L olarak belirlenmiştir. Öküzgözü çeşidi fermentasyon aşamasının sonunda epikateşin içeriği 2009 ve 2010 yılında sırasıyla “klasik maserasyonda” 6.89, 9.29 mg/L, “enzim ilaveli klasik maserasyonda” 6.41, 8.50 mg/L, “soğuk maserasyonda” 6.27, 9.51 mg/L, “enzim ilaveli soğuk maserasyonda” ise 8.89, 9.56 mg/L olarak belirlenmiştir. Şişeleme sonunda ise bu değerler yıllara göre sırasıyla 4.59, 6.32 mg/L; 4.72, 8.02 mg/L; 3.38, 6.660 mg/L ve 3.40 mg/L olarak belirlenmiştir.

2009 ve 2010 yılı değerleri ele alındığında en yüksek miktardaki fenolik bileşik kateşin olarak belirlenmiştir. Kateşini sırasıyla gallik asit ve epikateşin takip etmiştir. 2009 ve 2010 yılında en yüksek kateşin içeriği toplam fenolik madde içeriğine paralel olarak “klasik maserasyon” ve “enzim uygulamalı klasik maserasyon” şaraplarında saptanmıştır. Yapılan farklı çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiş, kateşin Öküzgözü şaraplarında en yüksek fenolik bileşik olarak belirlenmiştir [30]. Çalışmada en yüksek miktarda bulunan bireysel fenolik bileşiklerden kateşin, epikateşin

ve hidroksisünamik asit miktarı zamana bağlı olarak azalırken gallik asit miktarında artma meydana gelmiştir. Kateşin ve epikateşin kombinasyonlarından oluşan proantosiyaninler şaraba maserasyon, presleme ve fermentasyon aşamalarında geçerler [29]. Gómez-Plaza ve ark. [31], farklı cibre fermentasyonu süresinin (4, 5 ve 10 gün) fenol bileşiklerinin çözünürlüğü üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, cibre fermentasyonu süresi uzun olan şaraplarda kateşin, prosiyanidin, antosiyanin bileşiklerinin ve renk yoğunluğunun arttığını ve polimer yapılı bileşik içeriğinin yüksek olduğunu açıklamışlardır. Depolama ve sarabın yıllandırılması sırasında, proantosiyanidin ve antosiyanin miktarları sürekli olarak değişir [29]. Şişeleme aşamasının sonunda kateşin, epikateşin, hidroksisünamik asit, kafeik asit içeriğindeki azalma bu bileşiklerin monomerik antosiyaninlerle kondanse olmasıyla, gallik asit içeriğindeki artış ise hidrolize edilebilir tanenlerin hidrolizi yoluyla gallik asit oluşumu ile açıklanabilir.

### Malvidin-3-glikozit

Şarapların malvidin-3-glikozit içeriği Şekil 3'te verilmiştir. 2009 yılında Öküzgözü şaraplarının farklı proses aşamalarında, “klasik maserasyon”, “enzim ilaveli klasik maserasyon”, “soğuk maserasyon”, “enzim ilaveli soğuk maserasyon” için malvidin-3-glikozit içerikleri sırasıyla 59.33-82.36, 53.62-81.49, 68.96-87.75, 70.56-89.14 mg/L aralığında belirlenmiştir. Öküzgözü şaraplarının farklı proses aşamalarında, “klasik maserasyon”, “enzim ilaveli klasik maserasyon”, “soğuk maserasyon”, “enzim ilaveli soğuk maserasyon” için malvidin 3-glikozit içerikleri 2010 yılında sırasıyla 135.89-210.10, 130.38-240.01, 148.48-263.18, 125.48-239.97 mg/L aralığında belirlenmiştir. 2009 yılı değerleri ele alındığında en yüksek malvidin 3-glikozit içeriği 87.75 mg/L ile “soğuk maserasyon” ve 89.14 mg/L ile “enzim ilaveli soğuk maserasyon” şaraplarında saptanmış, 2010 yılında ise “soğuk maserasyon” şaraplarında belirlenmiştir. Ayrıca yıllara bağlı olarak şarapların malvidin-3-glikozit içerikleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $P < 0.05$ ).

Tablo 6. 2009 yılında üretilen Öküzgözü şaraplarına ait bazı bireysel fenolik bileşik içerikleri (mg/L)

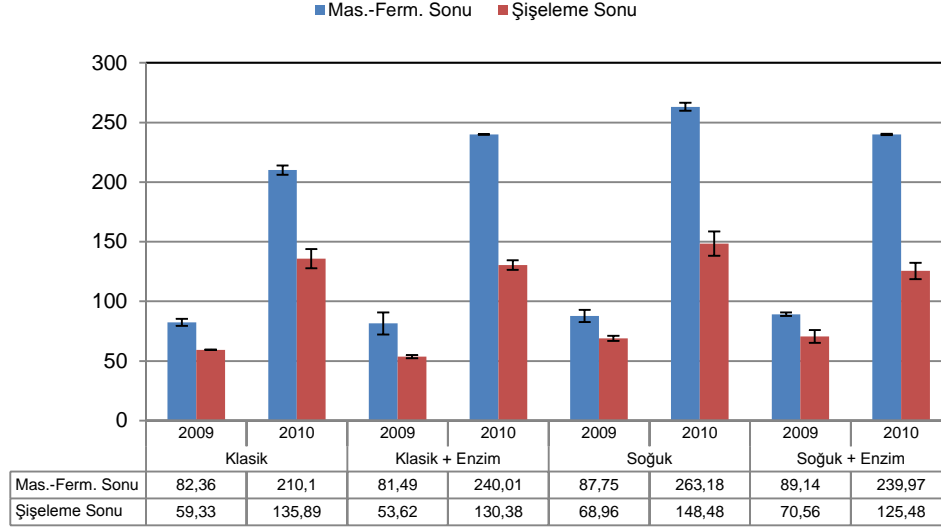
Bileşik	Klasik*	Klasik + Enzim	Soğuk	Soğuk + Enzim
Gallik Asit	12.62±0.63a	12.79±0.17b	10.93±0.83a	12.23±0.47a
Kateşin	39.5±2.07b	39.33±1.77b	34.01±1.93a	34.7±1.17a
Vanilik Asit	<LOQ**	<LOQ	<LO	<LOQ
Kafeik Asit	0.46±0.06a	0.3±0.04a	0.29±0.09a	0.27±0.03a
Epikateşin	6.89±0.31a	6.41±0.38a	6.27±0.71a	8.98±0.95a
p-Kumarik Asit	1.28±0.01b	1.26±0.12b	0.88±0.05a	1.08±0.03ab
Ferulik Asit	0.48±0.00a	0.45±0.03a	0.51±0.02a	0.49±0.09a
Hidroksisiamik	3.33±0.74a	1.54±0.27a	3.128±1.19a	2.26±0.75a
Kuersetin	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Gallik Asit	14.48±0.74ab	15.86±0.14b	12.27±1.00a	13.36±0.29ab
Kateşin	27.25±0.44bc	29.44±0.18c	23.05±0.91a	24.85±1.20ab
Vanilik Asit	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kafeik Asit	0.48±0.03b	0.22±0.04a	0.22±0.01a	0.19±0.01a
Epikateşin	4.95±0.07c	4.75±0.27bc	3.73±0.23ab	3.23±0.46a
p-Kumarik Asit	1.15±0.05b	1.3±0.00b	1.06±0.08a	1.35±0.07b
Ferulik Asit	0.37±0.03a	0.37±0.05a	0.56±0.05b	0.54±0.01b
Hidroksisiamik	2.76±0.14c	1.65±0.03b	1.07±0.17a	1.18±0.17ab
Kuersetin	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

\*Aynı satırdaki küçük harfler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre maserasyon tipleri arasındaki farkı göstermektedir (P<0.05). \*\*LOQ: Tayin edilebilir limitin altında

Tablo 7. 2010 yılında üretilen Öküzgözü şaraplarına ait bazı bireysel fenolik bileşik içerikleri (mg/L)

Bileşik	Klasik*	Klasik + Enzim	Soğuk	Soğuk + Enzim
Gallik Asit	20.55±1.99b	21.52±0.65b	16.87±1.65a	16.50±0.15a
Kateşin	61.19±3.41b	66.72±2.02b	61.80±5.50b	54.72±0.12a
Vanilik Asit	<LOQ**	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kafeik Asit	1.96±0.24a	1.44±0.38a	1.95±0.14a	1.00±0.07a
Epikateşin	9.29±0.61a	8.50±1.75a	9.51±0.16a	9.56±0.41a
p-Kumarik Asit	1.62±0.11ab	1.40±0.80a	1.53±0.04a	1.67±0.13a
Ferulik Asit	0.48±0.05a	0.52±0.034ab	0.47±0.02a	0.61±0.02b
H.sinamik Asit	3.54±0.14a	4.541±1.23a	1.81±1.03a	2.37±0.33a
Kuersetin	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Gallik Asit	31.31±0.28d	27.52±0.50b	29.29±0.17c	23.85±0.00a
Kateşin	46.07±0.69bc	48.15±0.55c	43.73±0.24a	44.54±0.59ab
Vanilik Asit	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kafeik Asit	0.07±0.01ab	0.01±0.00a	0.72±0.04c	0.14±0.02b
Epikateşin	6.32±0.15b	8.02±0.03c	6.66±0.01b	5.73±0.15a
p-Kumarik Asit	1.26±0.57a	1.35±0.22a	1.21±0.01a	1.19±0.01a
Ferulik Asit	0.57±0.03a	0.60±0.01a	0.50±0.03a	0.52±0.03a
H.sinamik Asit	2.39±0.23ab	3.48±0.70b	1.50±0.17a	1.00±0.15a
Kuersetin	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

\* Aynı satırdaki küçük harfler duncan çoklu karşılaştırma testine göre maserasyon tipleri arasındaki farkı göstermektedir (P<0.05). \*\*LOQ: Tayin edilebilir limitin altında



Şekil 3. Şarapların malvidin-3-glikozit içerikleri

“Soğuk maserasyon” ve “enzim uygulamalı soğuk maserasyon” proseslerinin her iki yıl şarapları için genel olarak yüksek malvidin 3-glikozit içeriği verdiği saptanmıştır. Soğuk maserasyon uygulaması üzerine yapılan farklı çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiş, soğuk maserasyon prosesi antosiyanin düzeyini artırmıştır [20]. Malvidin-3-glikozit antosiyaninler içerisinde en baskın bulunan bileşik olup Mazza [32], Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah ve Tempranillo üzümlerinden elde ettiği şaraplarda malvidin-3-glikozitin oranının %44.4-69.4 arasında değiştiğini bildirmiştir. Benzer şekilde Gomez-Plaza ve ark. [31], Monastrell şaraplarında antosiyaninlerin önemli bir kısmını glikozitlerin oluşturduğunu ve bu bileşiklerin içerisinde malvidin-3-glikozitin %62-65 arasında değiştiğini saptamışlardır.

Çalışmada uygulanan proses sonunda her iki yıl için malvidin-3-glikozit düzeyleri fermentasyon sonunda istatistiksel olarak önemli azalma göstermiştir ( $P < 0.05$ ). Bu azalma 2009 yılında “klasik maserasyon”, “enzim ilaveli klasik maserasyon”, “soğuk maserasyon”, “enzim ilaveli soğuk maserasyon” uygulamalarında sırasıyla %28.05, 34.57, 21.84, 21.35, 2010 yılında ise %35.72, 45.84, 43.73, 47.70 düzeyinde belirlenmiştir. Toplam monomerik antosiyanin sonuçlarına benzer olarak meydana gelen bu azalma antosiyaninlerin polimerizasyonu sonucu meydana gelmiştir. Şaraplarda olgunlaştırma esnasında flavanol-3-ol’lerin antosiyaninler ve flavonollerle polimerize olabileceği ve bunun sonucunda polimerik pigmentler oluşturabileceği belirtilmiştir [27,29]. Bakker ve ark. [33], tarafından yapılan bir çalışmada şarapların temel renk bileşiği olan malvidin-3-glikozit içeriğindeki azalmanın olgunlaştırma esnasında ortamda asetaldehit varlığında çok yüksek olabileceği ifade edilmiştir.

## SONUÇ

Elde edilen sonuçlara göre; farklı maserasyon yöntemleri çeşitlerin gerek kimyasal yapılarında, gerekse fenolik ve duyuşal özelliklerinde, önemli farklılıklar meydana getirmektedir. Çalışma amacıyla da belirtildiği gibi belli bir “terroir” yani belli bir coğrafyadaki bağda yetişen yerli bir üzüm çeşidine dört farklı maserasyon uygulaması denenmiştir. Bu nedenle, çalışmada tanımlanan bölgeden elde edilen Öküzgözü çeşidi için farklı maserasyon uygulamasının şarabın fenolik ve duyuşal kalitesinin geliştirilmesi için gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Dünyada şarap prosesini geliştirmek amacıyla farklı süre ve sıcaklıklarda yapılan denemelerde; şarabın aromatik yapısının zenginleştirilmesi, özellikle de kırmızı meyve aromaları bakımından güçlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Çalışmada, Öküzgözü çeşidinde “soğuk maserasyon” uygulamasının “klasik maserasyon” uygulamasına göre toplam fenolik madde içeriği daha düşük, buna karşın, antosiyanin içeriği daha yüksek şaraplar verdiği saptanmıştır. Ayrıca, Öküzgözü çeşidinde “soğuk maserasyon” ve “enzim uygulamalı soğuk maserasyon” uygulamalarının “klasik maserasyon” şaraplarına göre meyvensi karakteri daha güçlü şaraplar verdiği görülmüştür. Bunun yanı sıra şarapların renkli ve renksiz fenolik bileşiklerinin yıllara bağlı olarak değiştiği saptanmıştır. Daha net hükümlere varabilmek için; ülkemizin önemli siyah şaraplık çeşitlerinden Öküzgözü ve Boğazkere ile dünyada verdiği kaliteli şaraplarla bilinen Cabernet Sauvignon vb. çeşitler, benzer şekilde, farklı bölgelerde değişik süre ve sıcaklıklarda farklı proses uygulamalarıyla denenmeli ve bu şekilde çeşitlerin genel karakteristik özellikleri belirlenmelidir. Bunun yanı sıra, bu ve benzer çalışmalarda ortaya çıkan veriler endüstri ile paylaşılarak Anadolu şaraplarının dünya pazarına kalite açısından daha güçlü açılması için yol gösterici olunmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Jackson, R.S. (2000). Wine Science. Academic Press, Elsevier Science, USA.
- [2] Kerridge, G. and Antcliff, A. (1999). Wine grape varieties. Csiro Publishing, Collingwood Vic, Australia.
- [3] Anonymous. (1990). Recueil des Methodes Internationales D'Analyse des Vins et des Mouts, Office International de la Vigne et du Vin, Paris, France.
- [4] Akin, A., Altındışli, A. (2010). Emir, Gök Üzüm ve Kara Dimrit üzüm çeşitlerinin çekirdek yağlarının yağ asidi kompozisyonu ve fenolik madde içeriklerinin belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 8(6), 19-23
- [5] Ribéreau-Gayon, P. (1982). The anthocyanins of grapes and wines. Anthocyanins as food colors. Academics Pres, Inc., Orlando, FL. 209-243.
- [6] Farkas, J. (1988). Technology and Biochemistry of Wine. Volume I, Gordon and Breach Sci. Publications, New York, USA.
- [7] Freitas, V., Cruz, H., Silvia, C., Machado, J.M. (1998). Compositional changes of condensed tannins and anthocyanidins in grapes of red Vitis vinifera varieties from Douro vineyard. Polyphénols Communications 98. *XIXèmes Journées Internationales d'Etude des Polyphénols*. Lille, France, 379-380p.
- [8] Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Doneche, B., Lanvoud, A. (2000). Handbook of Enology, Volume I: The Microbiology of Wine and Vinification. John Wiley and Sons Ltd., Southern Gate, Chichester, West Sussex, England.
- [9] Sims, C.A., Bates, R.P. (1994). Effect of skin fermentation time on the phenols, anthocyanins, ellagic acid sediment and sensory characteristics of a red Vitis rotundifolia wine. *American Society for Enology and Viticulture*, 45(1), 56-62.
- [10] Rotter, B., 2008. Prefermantation cold maceration. [www.brsquared.org/wine](http://www.brsquared.org/wine). (Erişim tarihi: Temmuz 2018).
- [11] Ough C.S., Amerine, M.A. (1988). Methods for analysis of must and wines. John Wiley and Sons. New York, USA.
- [12] Slinkard, K., Singleton, V.L. (1977). Total Phenolanalyses: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28, 49-55.
- [13] Giusti, M.M., Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: Wrolstad, R.E, Editor. Current protocols in food analytical chemistry. John & Wiley, Inc. P F1.2.1-F1.2.13 New York, USA.
- [14] Özkan, G., Göktürk Baydar, N. (2006). A Direct RP-HPLC determination of phenolic compounds in Turkish red wines. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 229-234
- [15] OIV. (2003). Resolution Oeno 22/2003 HPLC-Determination of nine major anthocyanins in red and rosé wine.
- [16] Anonim. (2009). Türk Gıda Kodeksi Şarap Tebliği, Tebliğ No: 2008/67.
- [17] Topaloğlu, F. (1984). Gaziantep ekolojik koşullarına uygun bazı yerli ve yabancı şaraplık üzüm çeşitlerinin şaraplık değerleri üzerinde araştırmalar. Tekel Enstitüleri Yayın No: 301 EM/11. İstanbul.
- [18] Canbaş, A., Cabaroğlu, T., Erten, H., Deryaoğlu, A., Ünal, Ü.M., Selli, S. (2001). Öküzgözü ve Boğazkere üzümlerinin ve bunlardan elde edilen şarapların genel özellikleri. *GAP II. Tarım Kongresi*. 24-26 Ekim, Şanlıurfa, Türkiye, 225- 234p.
- [19] Anlı, R.E., Vural, N., Demiray, S. (2006). Transveratrol and other phenolic compounds in Turkish red wines with HPLC. *Journal of Wine Research*, 17(2), 117-125.
- [20] Kelebek, H., Selli, S., Canbaş, A. (2010). Öküzgözü maserasyon uygulamasının antosiyaninler üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 16, 287-294.
- [21] Anlı, R.E. (2004). Farklı şarap işleme yöntemlerinin Kalecik Karası şarabının fenol bileşimi ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 29(6), 451-455.
- [22] Stankovic, S., Jovic, S., Zivkovic, J. (2004). Bentonite and gelatine impact on the young red wine coloured matter. *Food Technology and Biotechnology*, 42(3), 183-188.
- [23] Radeka, S., Herjavec, S., Persuric, D., Lukic, I., Sladonja, B. (2008). Effect of different maceration treatments on free and bound varietal aroma compounds in wine of *Vitis vinifera* L. cv. Malvazlia istarska bijela. *Food Technology and Biotechnology*, 46, 86–92.
- [24] Salinas, M.R., Garija, J., Pardo, F., Zalacain, A., Alonso, G.L. (2005). Influence of prefermentative maceration temperature on the colour and the phenolic and volatile composition of rosé wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1527-1536.
- [25] Joscelyne, V.L. (2009). Consequences of extended maceration for red wine colour and phenolics. Doctore Thesis, Adelaide University, 245 p.
- [26] Hereidia, F.J., Escudero-Gilete, M.L., Hernanz, D., Gordilo, B., Melendez-Martinez, A.J., Vicario, I.M., Gonzalez-Miret. M.L. (2010). Influence of the refrigeration technique on the colour and phenolic composition of syrah red wines obtained by prefermentative cold maceration. *Food Chemistry*, 118, 377-383.
- [27] Akalın, A.C. (2011). Nar şaraplarında antioksidan fenolik bileşiklerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 57s.
- [28] Canbaş, A. (1983). Şaraplarda fenol bileşikleri ve bunların analiz yöntemleri. Tekel Enstitüleri. Yayın no: Tekel 279 EM/003, 167s. İstanbul, Türkiye.
- [29] He, F., Pan, Q.H., Shi, Y., Duan, C.Q. (2008). chemical synthesis of proanthocyanidins in vitro and their reactions in aging wines. *Molecules*, 13, 3007-3032.
- [30] Kelebek, H. (2009). Değişik bölgelerde yetiştirilen öküzgözü, Boğazkere ve Kalecik Karası üzümlerinin ve bu üzümlerden elde edilen şarapların fenol bileşikleri profili üzerinde



araştırmalar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 259s.

- [31] Gomez-Plaza, E., Gil-Munoz, R., Lopez-Roca, J.M., Martinez- Cutilas, A. Fernandez-Fernandez, J.I. (2002). Maintenance of color composition of a red wine during storage. Influence of prefermentative practices maceration time and storage. *Lebensm Wiss Technology*, 35, 46-53.

[32] Mazza, G. (1995). Anthocyanin in grape and grape products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(4), 341-371.

- [33] Bakker, J., Picinelli, A., Bridle, P. (1993). Model wine solution: colour and composition during aging. *Vitis*, 32, 111-118.

## **Gıda Bileşen Analizine Yönelik Düşük Maliyetli Kolorimetrik Ölçüm Cihazı Geliştirilmesi ve Performansının Belirlenmesi: Glukoz ve Protein Tayini ile Model Çalışma**

Deniz Baş 

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çankırı

*Geliş Tarihi (Received): 19.11.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 28.07.2018*✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): denizbas@gmail.com (D. Baş)*

☎ 0 376 218 95 35 / 8354 📠 0 376 218 95 36

### **ÖZ**

Gıda bileşen ve bulaşanlarının hassas ve güvenilir bir şekilde analiz edilmeleri modern toplum için vazgeçilmez bir gerekliliktir. Gıda endüstrisinin günümüz koşulları düşük analiz ve yatırım maliyetine sahip, yerinde (in-situ) ve hızlı analizlere gereksinim duymaktadır. Bu çalışma kapsamında, konvansiyonel spektrofotometrelere alternatif olacak taşınabilir ve düşük maliyetli LED tabanlı optoelektronik bir cihaz geliştirilmiştir. LED-tabanlı cihazın performans testlerinde kolorimetrik analizler içerisinde yaygın olarak kullanılan glukoz ve protein analizleri model olarak seçilmiştir. Bu iki kolorimetrik analiz, konvansiyonel spektrofotometre ile eşzamanlı olarak gerçekleştirilmiş ve LED-tabanlı cihazın performansı belirlenmiştir. LED-tabanlı cihazda tayin limiti değerleri glukoz analizi için 1.25 mM glukoz, protein analizi için 0.084 mg/mL protein olarak saptanmıştır. Konvansiyonel spektrofotometrede elde edilen tayin limiti değerleri sırasıyla 0.70 mM glukoz ve 0.101 mg/mL protein olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, geliştirilen optoelektronik cihazın maliyet ve performans açısından konvansiyonel cihaza önemli bir alternatif olabileceği görülmüş, model analizlerde kullanılabilirliği diğer analizlere de uygulanabilirliğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda bileşeni, Glukoz, Protein, Optoelektronik, Kolorimetrik analiz

### **Development of a Low-cost Colorimetric Measurement Device for Food Component Analysis and Determination of its Performance: A Model Study for Glucose and Protein Assays**

#### **ABSTRACT**

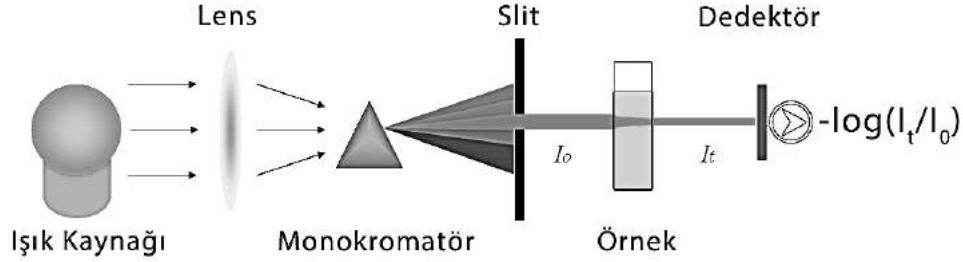
Reliable determination of food components and contaminants is a crucial necessity for a modern society. Moreover, Current food industry demands in-situ and rapid methods with low analysis and investment costs. In this study, a portable and low-cost LED-based optoelectronic device was developed as an alternative to conventional spectrophotometric methods. The performance of a LED-based device was determined by performing two common colorimetric assays as a model, namely glucose and protein. These two colorimetric assays were performed simultaneously with a conventional spectrophotometer, and the analytical performance of a LED-based device was determined. Limit of detection (LOD) values of the LED-based analysis were 1.25 mM for glucose and 0.084 mg/mL for protein determinations. LOD values of a conventional spectrophotometer were 0.70 mM glucose and 0.101 mg/mL protein. As a result, this low-cost optoelectronic device has a potential as a competitive and promising alternative to conventional spectrophotometers, and performance analysis on model assays indicates that it can be also used for assays other than glucose and protein.

**Keywords:** Food component, Glucose, Protein, Optoelectronic, Colorimetric assay

## GİRİŞ

Spektrofotometrik analiz; başta klinik tanı olmak üzere gıda ve çevre analizlerinde kullanılan nitel ve nicel ölçüme olanak tanıyan dolaylı bir analiz yöntemidir. Söz konusu yöntem, molekül veya atomların yaydığı veya absorbladığı (soğurduğu) ışık miktarının ölçülmesi temeline dayanmaktadır. Ölçüm Beer-Lambert yasası olarak adlandırılan absorpsiyon yasasına uygun olarak gerçekleştirilmektedir. Beer-Lambert Yasası, ışığın örnek içinde kat ettiği yol ve analit derişimi arasındaki ilişkiyi ortaya koymakta ve nicel analizin temelini

oluşturmaktadır. Bu yasa uyarınca, analit ile etkileşen ışık demetinin şiddeti örnek içerisinde azalmaktadır. Işık şiddetindeki azalma analit derişimi ile doğru orantılı olarak gerçekleşmekte, böylece nicel analize olanak tanımaktadır [1]. Konvansiyonel anlamda, spektroskopik analiz spektrofotometre adı verilen cihazlar ile gerçekleştirilmektedir. Spektrofotometrik cihazlar beş ana kısımdan oluşmaktadır: (1) kararlı bir ışık kaynağı (2) dalga boyu seçici, (3) numune kabı, (4) ışık dedektörü (ışık enerjisini ölçülebilir sinyale dönüştürür) ve (5) sinyal işleyici (Şekil 1).



Şekil 1. Konvansiyonel spektrofotometrenin bileşenleri ( $I_0$ : örneğe ulaşan ışığın şiddeti,  $I_t$ : detektöre ulaşan ışığın şiddeti,  $-\log(I_t/I_0)$ : absorbans değeri)

Şekil 1'de şematik olarak gösterilen bileşenler içerisinde işlevselliği ve maliyeti açısından en önemli kısım, hedef analitin soğurduğu dalga boyu aralığında ışığın elde edilmesine olanak tanıyan dalga boyu seçicidir. Dalga boyu seçici, geniş spektrumlu (polikromatik) kararlı ışık kaynağından gelen ışın demetini bir prizma yardımıyla sınırlı sayıda dalga boyunda (dar bantlı) ışın ihtiva eden ışığa dönüştüren cihaz veya düzeneklerdir.

Spektrofotometrik analiz açısından bakıldığında, her bir analiz yöntemi belirli bir dalga boyunda gerçekleştirilmekte ve hedef analitin absorbladığı dalga boyundaki ışığın şiddetindeki azalma ile nicel analiz yapılmaktadır. Bu noktada hedef analite özel düşük maliyetli, taşınabilir cihazların geliştirilmesi için belirli bir bant genişliğinde kararlı ve devamlı ışın demeti oluşturan, yarıiletken teknoloji ile geliştirilmiş olan Işık Yayan Diyotların (Light Emitting Diodes, LED) kullanılması önemli avantajlar yaratmaktadır. Işık yayan diyotların kullanılması ile ışık kaynağı maliyetinin azaltılmasının yanı sıra dalga boyu seçici gibi maliyeti oldukça yüksek düzeneklere olan gereksinim de ortadan kalkmaktadır. Böylece oldukça basit bir düzeneğe sahip ölçüm cihazının geliştirilmesi mümkün olabilmektedir. Bunlara ek olarak, LED ışık kaynakları yüksek verimleri, uzun ömürleri ve düşük maliyetli olmaları açısından son yıllarda oldukça popülerdir ve gelecek vaat etmektedirler.

Yapılan literatür incelenmesinde, LED tabanlı spektrofotometrelerin geliştirilmesi açısından sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmaların pek çoğunda ışık kaynağı olarak kullanılan LED'e ek olarak ikinci bir LED, fotodiyot veya diğer bir deyişle dedektör olarak kullanılmıştır. O'Toole ve arkadaşları, biri ışık kaynağı diğeri dedektör olarak kullanılan iki farklı LED içeren bir sistem geliştirmişler ve kolorimetrik akış analizi ile bromkresol yeşili varlığında spektrofotometrik

titrasyon yapmışlardır [2]. Benzer şekilde, Lau ve arkadaşları bromkresol yeşili indikatörü ile performans testi gerçekleştirmişlerdir [3]. Model çözeltiler ile gerçekleştirilen çalışmalara ek olarak, hemoglobin analizi [4], serum alkalın fosfotaz aktivite tayini [5] ve pestisit miktarı ve asetil kolin esteraz aktivitesi [6] üzerine çalışmalar rapor edilmiştir. İkinci LED'in dedektör amacıyla kullanılması maliyetin düşürülmesi açısından faydalı olsa da ışık kaynağı olarak tasarlanmış olan LED'ler ışık sensörü olarak kullanıldığında kararlı ve yüksek performans gösterememektedirler. Bu noktada, dedektör olarak ışık-frekans dönüştürücülerin kullanılması önemli bir alternatif yaratmaktadır. Literatürde ışık-frekans dönüştürücülerin kullanıldığı çalışmalar sınırlı sayıdadır [7, 8]. Yeh ve arkadaşları, timol mavisi, bromkresol yeşili ve fenol kırmızısı gibi indikatörler ile performans testi gerçekleştirmişlerdir [7]. Diğer bir çalışmada ise glukoz analizi yapılarak performans karşılaştırılması yapılmıştır [8]. Performans testi kapsamında dört farklı glukoz derişimi için yüzde hata hesaplanmış ancak analitik olarak önem taşıyan tespit limiti değeri hakkında bilgi verilmemiştir.

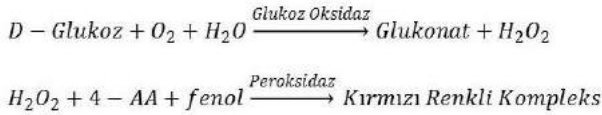
Bu çalışma kapsamında, konvansiyonel spektrofotometrelere alternatif olarak bir veya birkaç dalga boyunda ışık yayan diyotların ışın kaynağı olarak kullanıldığı LED tabanlı optoelektronik ölçüm cihazı endüstriyel işbirliği ve teknoloji transferi kapsamında geliştirilmiştir. Cihaz gıda analizleri ve klinik tanı açısından önemli bir yere sahip olan glukoz ve protein analizlerinin kolorimetrik olarak gerçekleştirilmesine olanak tanıyacak şekilde tasarlanmıştır. Bilindiği üzere kolorimetrik glukoz tayini nişasta (toplam nişasta/zedelenmiş nişasta/dirençli nişasta) ve disakkarit (laktöz/sukroz/maltoz) analizlerinin temelini oluşturmakta ve standart yöntemler (AACC, AOAC ve ICC gibi) arasında yer almaktadır. Kolorimetrik protein analizi ise

düşük maliyeti, uygulama kolaylığı ve yaygınlığı nedeniyle önem taşımaktadır. Glukoz ve protein analizleri, konvansiyonel bir spektrofotometre ve geliştirilen cihaz ile eşzamanlı olarak gerçekleştirilmiş, böylece cihazın spektrofotometre ile karşılaştırılması mümkün olmuştur. Sonuç olarak; geliştirilen optoelektronik ölçüm cihazı, düşük güç gereksinimi dolayısıyla taşınabilir olacağından yerinde (in-situ) analize olanak tanıyacaktır. Buna ek olarak, düşük yatırım maliyeti nedeniyle gelişmekte olan ekonomiler ve KOBİ'ler için önemli bir alternatif analiz yöntemi sunacağı düşünülmektedir.

## MATERYAL ve METOT

D-Glukoz, sığır serum albümin (BSA), glukoz oksidaz (*A. niger*), peroksidaz (yaban turbu), 4-aminoantipirin, fenol, coomassie brilliant blue protein analiz çözeltisi, sodyum hidrojen fosfat ve sodyum dihidrojen fosfat Sigma-Aldrich'den (Almanya) temin edilmiş ve tüm çözeltiler MilliQ kalite deiyonize su kullanılarak hazırlanmıştır.

Glukoz analizi Trinder tarafından ortaya konulan ve iki aşamada gerçekleşen kolorimetrik reaksiyon ile yapılmıştır [9]. Yöntemin ilk aşaması; D-glukozun glukoz oksidaz enzimi katalizöründe  $O_2$  ve  $H_2O$  varlığında oksitlenmesi sonucunda glukonat ve hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) oluşmasıdır. Oluşan  $H_2O_2$ , ikinci aşamada peroksidaz enzimi katalizöründe 4-aminoantipirin (4-AA) ve fenol ile reaksiyona girerek 505 nm'de maksimum absorbans yapan kırmızı renkli bir kompleks (Quinoneimine) oluşturmaktadır (Şekil 2). Oluşan kırmızı renkli bileşiğin miktarı, glukoz miktarı ile doğru orantılıdır.

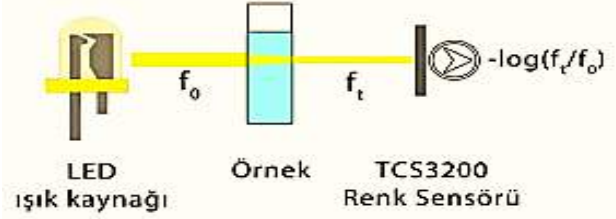


Şekil 2. Glukoz ölçümü reaksiyon mekanizması

Protein analizi, Bradford protein analiz yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir [10]. Yöntem kısaca; coomassie brilliant blue G-250 isimli boyanın proteinler ile etkileşimi sonucunda absorbans spektrumundaki kaymanın saptanması esasına dayanmaktadır. Asidik koşullarda kırmızı renkli olan boyanın rengi protein ile kompleks oluşturması sonucunda mavime dönüşmektedir ve 595 nm'de absorbans yapmaktadır. Artan protein miktarı ile 595 nm'deki absorbans değeri artmakta ve örnekte protein miktarı nicel olarak belirlenebilmektedir.

Optoelektronik sistem Hacettepe Teknokent A.Ş. bünyesinde faaliyet gösteren ARTEC İleri Araştırma Teknolojileri ve Ticaret Ltd. Şirketi ile birlikte yürütülen endüstriyel işbirliği çerçevesinde tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Sistem temelde ışık kaynağı olarak cyan ( $\lambda_{max} = 500 \text{ nm}$ ) ve turuncu ( $\lambda_{max} = 590 \text{ nm}$ ) LED'ler ve TCS3200 renk sensöründen oluşmaktadır (Şekil 3). Renk sensörü, ışık şiddetini frekansa dönüştürmekte ve kırmızı, yeşil, mavi ve nötral olmak üzere dört farklı

frekans değeri elde edilmektedir. Cihazın güç beslemesi ve veri aktarımı USB bağlantısı ile yapılmaktadır.



Şekil 3. LED tabanlı optoelektronik ölçüm cihazının bileşenleri ( $f_0$ : örneğe ulaşan ışığın frekansı,  $f_t$ : detektöre ulaşan ışığın frekansı,  $-\log(f_t/f_0)$ : absorbans eşdeğeri)

Glukoz analizi cyan LED, protein analizi ise turuncu LED aktif iken gerçekleştirilmiş, böylece dalga boyu seçici kullanılmasına gerek kalmamıştır. Fotodetektör tarafından üretilen kırmızı kanala ait frekans değerleri glukoz analizi, mavi kanala ait frekans değerleri de protein analizi için kullanılmıştır. Örneklerdeki analit miktarının artması, absorblanan ışığın miktarını arttırmakta böylece ilgili kanaldaki frekans değerinde azalma olmaktadır. Bu durum spektroskopik analiz temel olgusu transmittans (geçirgenlik) kavramı ile tamamen aynı olup, nicel analize olanak tanımaktadır.

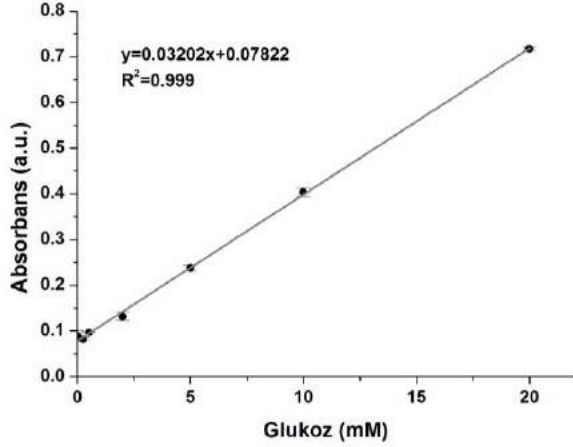
Performans Testleri: Optoelektronik sistem ile yapılan glukoz ve protein analizleri eş zamanlı olarak konvansiyonel spektrofotometre ile gerçekleştirilmiş ve cihazın performansı incelenmiştir. Bu amaçla Agilent Cary 60 UV-Vis spektrofotometre (Agilent Technologies, Santa Clara, California) kullanılarak glukoz analizi 505 nm'de, protein analizi de 595 nm'de absorbans ölçümü yapılarak gerçekleştirilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

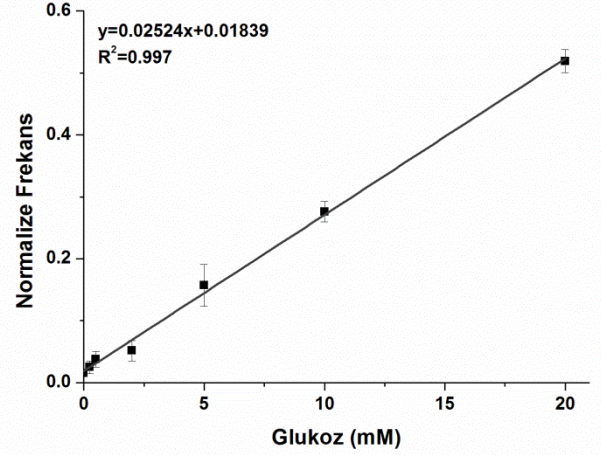
### Glukoz Analizi

Trinder tarafından önerilen enzimatik glukoz analiz yöntemi [9] kullanılarak glukoz analizi gerçekleştirilmiştir. Ölçümler konvansiyonel spektrofotometre ve LED tabanlı ölçüm cihazı ile eşzamanlı olarak yapılmıştır. Konvansiyonel spektrofotometre ile elde edilen glukoz kalibrasyon grafiği Şekil 4'te verilmektedir. Grafik 0.25 mM ve 20 mM glukoz derişim aralığında doğrusaldır ve  $R^2$  değeri 0.999 olarak hesaplanmıştır. Konvansiyonel spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilen glukoz analizinin tespit limiti 0.70 mM glukoz olarak saptanmıştır.

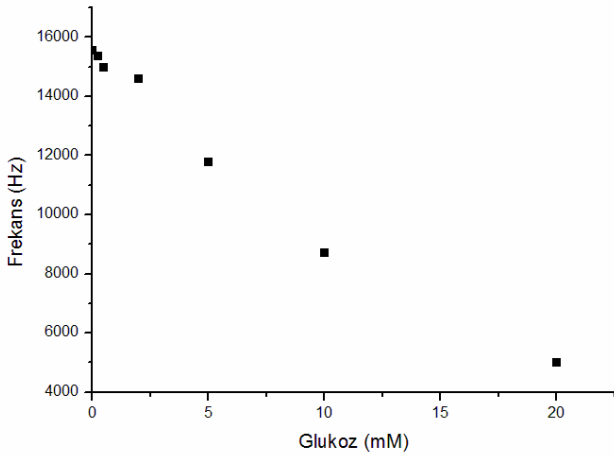
LED tabanlı ölçüm cihazı ile kullanılarak glukoz örneklerinde yapılan eşzamanlı okuma sonucunda ışığın frekansının artan glukoz derişimi ile azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 5). Elde edilen frekans değerleri, glukoz içermeyen kontrol örneğinde elde edilen frekans değerine bölünmüş ve eksi logaritması hesaplanmıştır. Hesaplanan değer normalize frekans değeri olarak adlandırılmıştır. Normalize frekans değeri, absorbans eşdeğeri olarak kullanılarak, glukoz derişimine karşı grafiğe geçirilmiş (Şekil 6) ve elde edilen glukoz kalibrasyon grafiğinin  $R^2$  değeri 0.997 olarak hesaplanmıştır. Glukoz tespit limiti ise 1.25 mM olarak saptanmıştır.



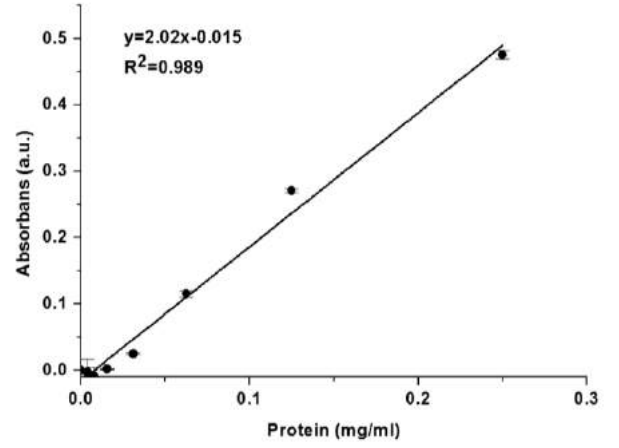
Şekil 4. Konvansiyonel spektrofotometre ile gerçekleştirilen glukoz analizi kalibrasyon grafiği (n=2)



Şekil 6. Glukoz derişimi – normalize frekans grafiği: LED tabanlı ölçüm cihazı ile elde edilen kalibrasyon grafiği (n=2)



Şekil 5. Glukoz derişimi-frekans grafiği: artan glukoz ile ışığın frekansındaki azalma (n=2)

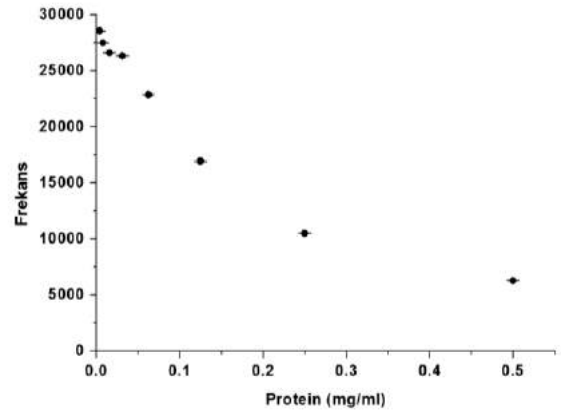


Şekil 7. Konvansiyonel spektrofotometre ile gerçekleştirilen protein analizi kalibrasyon grafiği (n=2)

### Protein Analizi

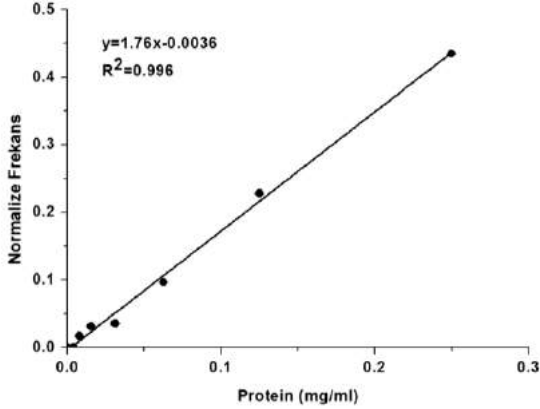
Konvansiyonel spektrofotometre ile elde edilen protein kalibrasyon grafiği Şekil 7'de verilmektedir. Analiz 0.004 mg/mL ve 0.5 mg/mL albümin derişimi aralığında gerçekleştirilmiş olup, grafik 0.25 mg/mL albümin derişimine kadar doğrusaldır ve  $R^2$  değeri 0.989 olarak hesaplanmıştır. Konvansiyonel spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilen protein analizinin tespit limiti 0.101 mg/mL olarak saptanmıştır.

LED tabanlı ölçüm cihazı ile kullanılarak protein örneklerinde yapılan eşzamanlı okuma sonucunda ışığın frekansının artan albümin derişimi ile azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 8). Elde edilen frekans değerleri, protein içermeyen kontrol örneğinde elde edilen frekans değeri kullanılarak daha önce anlatıldığı gibi normalize frekans değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan normalize frekans değerleri, absorbans eşdeğeri olarak kullanılarak, albümin derişimine karşı grafiğe geçirilmiştir (Şekil 9). Normalize frekans değeri ile elde edilen albümin kalibrasyon grafiğinin  $R^2$  değeri 0.996 olarak hesaplanmıştır. Albümin tespit limiti ise 0.084 mg/mL olarak saptanmıştır.



Şekil 8. Protein derişimi-frekans grafiği: artan protein ile ışığın frekansındaki azalma (n=2)

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda LED tabanlı ölçüm cihazının gıda bileşeni olan glukoz ve protein tayininde başarıyla kullanılabileceği gözlemlenmiştir. LED tabanlı ölçüm cihazı, yatırım maliyeti oldukça yüksek olan konvansiyonel spektrofotometre ile kıyaslandığında glukoz ve protein analizlerinde düşük maliyeti ve karmaşık olmayan yapısıyla rekabetçi bir performans göstermiştir.



Şekil 9. Protein derişimi – normalize frekans grafiği: LED tabanlı ölçüm cihazı ile elde edilen kalibrasyon grafiği (n=2)

Cihaz modüler ve basit yapıya bir yapıya sahiptir ve farklı dalga boylarında LED ışık kaynakları ile kolaylıkla konfigüre edilebilme potansiyeli taşımaktadır. Böylece, 400-700 nm dalga boyu aralığında ölçüm alınan kolorimetrik analizlerin tamamının bu cihazla gerçekleştirilmesi mümkün olabilecektir. Kolorimetrik analizlerin önemli bir kısmı enzimatik reaksiyonlar kullanılarak gerçekleştirildiği için geliştirilen cihazın konvansiyonel spektrofotometre karşısında dezavantaja sahip olması söz konusu değildir. Bilindiği üzere, kolorimetrik analizler dolaylı analiz yöntemleri sınıfına girmekte ve seçicilik enzimatik reaksiyonların kullanılması veya spesifik renkli komplekslerin oluşması ile sağlanmaktadır. Nişasta, laktoz, sukroz, maltoz, hidrojen peroksit, etanol, beta-galaktozidaz aktivitesi, alfa-amilaz aktivitesi ve peroksidad aktivitesi tayini gibi pek çok analiz glukoz tayin yöntemi ile aynı prensibe dayandığından 500-510 nm aralığındaki dalga boyunda ölçüm alınması gerekmektedir. Bunlara ek olarak, laktik asit ve malik asit gibi dehidrogenaz enzimlerinin substratlarının kolorimetrik olarak tayini 430-450 nm aralığında gerçekleştirilmektedir. Bu bilgiler doğrutusunda, geliştirilen cihazın konvansiyonel spektrofotometrelerde olduğu gibi geniş spektrumlu ışık kaynaklarına gereksinimi yoktur. Bu nedenlerden ötürü, cihaz kolorimetrik analizlerin gerçekleştirilmesi için önemli bir alternatif olabilecektir. Devam eden Ar-Ge çalışmalarımız kapsamında cihazın performansında artışın ortaya konulması hedeflenmiş olup, güvenilir sonuç veren düşük maliyetli bir cihazın, öncelikli olarak ülkemiz ekonomisine katkı sağlaması beklenmektedir.

## SONUÇ

Geliştirilen LED tabanlı optoelektronik ölçüm cihazının, sıklıkla kullanılan glukoz ve protein analizlerinin yanı sıra diğer kolorimetrik analiz yöntemlerine de uyarlanması hedeflenmektedir. Böylece, düşük yatırım maliyeti ile KOBİ'ler ve gelişmekte olan ekonomiler için kolaylıkla temin edilebilir bir cihaz arz edilmiş olacaktır. Cihaz düşük maliyetine ek olarak taşınabilir olması sebebiyle, saha analizlerinde de kullanılabilme

potansiyeli taşıdığından, gerek süreç kontrolü gerekse de gıda kontrolü (kalite ve güvenlik) için önemli bir kullanım alanı bulacaktır. Günümüz gıda endüstrisi, otoriteler tarafından getirilen kısıtlamalar nedeniyle sürecin hızlı ve güvenilir bir şekilde takip edilmesi zorunluluğu ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle taşınabilir, düşük maliyetli ve güvenilir ölçüm cihazlarına olan gereksinim ve talep artmaktadır. Sonuç olarak geliştirilen cihaz, güvenilir analitik performans, düşük maliyet ve taşınabilirlik gibi özellikleri ile denetim otoritesi ve sektörün ihtiyaçlarını karşılayabilecek niteliktedir.




## TEŞEKKÜR

Yazar, ARTEC İleri Araştırma Teknolojileri San. ve Tic. Ltd. Şirketi Teknik Müdürü ve Kurucu Ortağı olan Elektrik-Elektronik Yüksek Mühendisi Sayın Turan ŞENCİL'e katkı ve desteklerinden dolayı teşekkür etmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Gündüz, T. (2007). İnrümental Analiz. Gazi Kitabevi, Ankara.
- [2] Toole, M.O., Lau, K.T., Diamond, D. (2005). Photometric detection in flow analysis systems using integrated PEDDs. *Talanta*, 66, 1340-1344.
- [3] Lau, K.-T., Baldwin, S., O'toole, M., Shepherd, R., Yerazunis, W.J., Izuo, S., Ueyama, S., Diamond, D. (2006). A low-cost optical sensing device based on paired emitter-detector light emitting diodes. *Analytica Chimica Acta*, 557, 111-116.
- [4] Mieczkowska, E., Koncki, R., Tymecki, Ł. (2011). Hemoglobin determination with paired emitter detector diode. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 399, 3293-3297.
- [5] Strzelak, K., Koncki, R., Tymecki, Ł. (2012). Serum alkaline phosphatase assay with paired emitter detector diode. *Talanta*, 96, 127-131.
- [6] Bueno, D., Alonso, G., Muñoz, R., Marty, J.L. (2014). Low-cost and portable absorbance measuring system to carbamate and organophosphate pesticides. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 203, 81-88.
- [7] Yeh, T.-S., Tseng, S.-S., 2006. A low cost LED based spectrometer. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 53, 1067-1072.
- [8] Mohammad, K.A., Zekry, A., Abouelatta, M. (2015). LED Based Spectrophotometer can compete with conventional one. *International Journal of Engineering & Technology*, 4(2), 399-407.
- [9] Trinder, P. (1969). Determination of blood glucose using an oxidase-peroxidase system with a non-carcinogenic chromogen. *Journal of Clinical Pathology*, 22(2), 158-161.
- [10] Bradford, M.M. (1976). Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.

## Koruk Sularının Bazı Kalite Karakteristikleri Üzerine Pastörizasyon ve Potasyum Sorbat İlavesinin Etkisi

Haluk Ergezer , Ramazan Gökçe , Tolga Akcan 

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

*Geliş Tarihi (Received): 18.01.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 10.08.2018*

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

☎ 0 258 296 31 11 📠 0 258 296 32 62

### ÖZ

Koruk suyu ülkemizde sevilerek tüketilen ekşimsi tatta ve ferahlatıcı geleneksel bir içecektir. Üretimi standart olmadığından, koruk suyu her yörede farklı bir şekilde üretilmekte ve bu nedenle sınırlı bir raf ömrüne sahiptir. Bu çalışmada Yediveren çeşidi üzümünden (*Vitis vinifera*) üretilen koruk sularının bazı fizikokimyasal (renk, pH, toplam asitlik, °Briks ve bulanıklık) ve duyu kalite karakteristikleri üzerine pastörizasyon (85°C'de 15 dakika) ve potasyum sorbat (300 mg/L) uygulamasının etkisi 2°C'de 7 gün boyunca incelenmiştir. Pastörizasyon ve potasyum sorbat ilavesi koruk sularının pH ve bulanıklık değerleri üzerinde etkili bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) ve depolama boyunca tüm gruplarda pH artarken bulanıklık azalış göstermiştir. Örneklerin °Briks değeri gruplar arasında ve depolama boyunca değişiklik göstermemiştir. Pastörizasyon ya da potasyum sorbat uygulamasının örneklerin sarılık değeri üzerine etkisi görülmezken, parlaklık ve kırmızılık bu uygulamalardan önemli derecede etkilenmiştir ( $p < 0.05$ ). Örneklerin aroma puanları 3.2-4.0 arasında ve genel beğeni puanları 3.4-3.8 arasında bulunmuş olup bu değerler ortalamasının üzerindedir. Sonuç olarak, koruk suyunun raf ömrü pastörize edilerek ve/veya mevzuatın izin verdiği ölçüde antimikrobiyal katkı maddeleri ilave edilerek artırılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Koruk suyu, Pastörizasyon, Potasyum sorbat

### Effect of Pasteurization and Sorbate Addition on Some Quality Parameters of Verjuice

#### ABSTRACT

Verjuice is a sour taste and refreshing traditional drink which is favorably consumed in Turkey. Some people often produce this drink for their own consumption at homes without any technological application, which might be a reason for its limited shelf life. In this study, the effect of pasteurization (15 minutes at 85°C) and potassium sorbate addition (300 mg/L) on some physicochemical (color, pH, total acidity, °Brix and turbidity) and sensory quality characteristics of verjuice samples produced from Yediveren grapes (*Vitis vinifera*) and stored at 2°C for 7 days were evaluated. Pasteurization and potassium sorbate addition had a significant effect on pH and turbidity values of verjuice ( $p < 0.05$ ) while turbidity decreased and pH increased in all groups during storage. Brix value of samples did not show any differences between groups and during storage. Lightness and redness were significantly influenced by these applications ( $p < 0.05$ ) while there was insignificant differences in yellowness of samples between the treatments of pasteurization and potassium sorbate addition. Aroma scores of samples ranged from 3.2 to 4.0 and the overall acceptability score was between 3.4-3.8, above the average scores. As a result, the shelf life of verjuice can be increased by pasteurization and/or by adding antimicrobial additives to the extent permitted by the legislation.

**Keywords:** Verjuice, Pasteurization, Potassium sorbate

## GİRİŞ

Ülkemizde sevilerek tüketilen meyvelerden biri olan, üzümün (*Vitis vinifera L.*) yaklaşık 1200 çeşidi topraklarımızda yetiştirilebilmektedir. 2016-2017 sezonunda ülke genelinde 4 milyon ton civarında üzüm üretilmiş olup üretiminin %50'den fazlası Ege Bölgesi'nde gerçekleştirilmiştir Türkiye'de üretilen üzümlerin yaklaşık %40'ı kurutulularak, %25'i sofralık, %20'si sirke, pekmez ve pestil yapılarak ve %15'i de alkollü içki sanayinde değerlendirilmektedir [1]. Dünya genelinde alkollü içecek, meyve suyu, kurutulmuş ve sofralık olarak tüketilen üzüm, ülkemize özgü şekilde pekmez, pestil, sucuk, köfter, koruk ekşisi ve koruk suyu şeklinde tüketilmektedir [2]. Koruk en yalın haliyle olgunlaşmamış üzümlerin sıkılmasıyla elde edilen üzüm suyu olarak bilinmektedir. Koruk elde edildikten sonra kaynatılır ve içerisine tuz ilave edilirse elde edilen ürün "koruk ekşisi" olarak bilinir. Koruk ekşisi salatalar ve çeşitli yemekler için sos olarak değerlendirilmektedir. Şayet ham koruk hafif sulandırılır ve içerisine belirli oranda şeker ilave edilirse bu ürüne "koruk suyu" denir ve ülkemizde yöresel olarak pek çok bölgemizde özellikle yaz aylarında ferahlatıcı bir içecek olarak tüketilmektedir [3]. Koruk suyu; düşük pH değerine sahip, buruk ve ekşimsi bir tatta ve fenolik madde miktarı oldukça yüksek bir içecektir [4]. Gıda olarak tüketiminin yanı sıra tıbbi amaçla tansiyon ve kolesterolü düşürücü, sindirime yardımcı ve ülser tedavi edici olarak da kullanılmaktadır [5]. Koruk suyunun ülkemizde içmelik olarak kayda değer bir ticari üretimi söz konusu değildir. Üretim daha çok geleneksel metotlarla, ve sınırlı bir raf ömrü dahilinde yapılmaktadır. Üretimin aseptik koşullarda gerçekleştirilmemesi nedeniyle yabani maya ve küllerle kolaylıkla kontamine olabilen koruk suyu, hızla fermente olarak tüketilemeyecek duruma gelebilmektedir. Yine herhangi bir berraklaştırma işlemi uygulanmadığı için bekleme sırasında bulanıklaşım çökelti de oluşturmaktadır [2]. Raf ömrü kısa bu türden gıda maddelerinde ısı işlem uygulaması ve/veya antimikrobiyal katkı maddeleri ilavesi ile raf ömrünü uzatabilmek mümkündür. Meyve suyu gibi sıvı gıdalarda etkili antimikrobiyal uygulamalardan biri pastörizasyon ve bir diğeri de izin verilen antimikrobiyal katkı maddesi olarak potasyum sorbat ilavesidir [2]. Bu çalışmada pastörizasyon ve potasyum sorbat uygulamasının koruk suyunun bazı kalite karakteristikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Koruk Suyu Üretimi

Koruk suyu üretimi için İzmir/Ödemiş yöresinde yetiştirilen Yediveren çeşidi olgunlaşmamış üzümler kullanılmıştır. Salkım halinde elle toplanan üzümler soğuk zincir altında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesislerine ulaştırılmış ve daha sonra koruk suyu üretimi şu şekilde gerçekleştirilmiştir: Salkımlar (3 kg) plastik bir küvet içerisinde tahta bir tokmak yardımıyla iyice ezilmiştir. Ezilmiş karışım içerisine üzüm ağırlığının %50'i kadar (1.5 kg) şeker ilave edilmiş ve karışım kendi haline bırakılarak 1 saat dinlendirilmiştir. Dinlendirme sırasında

şekerin üzüm tanelerine ozmotik basınç uygulayarak koruk suyunun verimini arttırması amaçlanmıştır. Ardından bu karışıma kaynama sıcaklığında 2 L içme suyu ilave edilerek üzüm salkımları el ile iyice sıkılmış ve elde edilen karışım mutfak tipi kaba bir plastik süzgeçten süzölmüştür. Süzöntü ayrı bir ölçülü kaba alınarak kalan cibre üzerine 1 L ılık içme suyu ilave edilerek elle sıkma ve süzme tekrar gerçekleştirilmiştir. İşleme 10 L koruk suyu elde edilene kadar devam edilmiş ve elde edilen süzöntü doğal koruk suyu olarak isimlendirilmiştir [2,3]. Bu aşamadan sonra doğal koruk suyu 5 L'lik iki eşit hacme bölünmüş ve bunlardan birine 300 mg/L düzeyinde potasyum sorbat (Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği hükümlerine göre) ilave edilerek potasyum sorbat ilaveli koruk suyu; diğere ise herhangi bir katkı ilave edilmemiştir. Potasyum sorbat ilave edilmiş ve edilmemiş örnekler tekrar iki eşit hacme bölünerek bunlardan bir tanesi 85°C sıcaklıkta 15 dakika süreyle sıcak su banyosunda pastörize edilmiş, diğere ise pastörize edilmemiştir. Sonuçta pastörize doğal (P), pastörize edilmemiş doğal (NP), pastörize potasyum sorbatlı (PS) ve pastörize edilmemiş potasyum sorbatlı (NPS) olmak üzere 2.5 L'lik 4 farklı grup oluşturulmuştur. Koruk suyu üretimi sonrası örnekler 500 ml lik şişelere (Isolab polipropilen steril şişe) alınarak buzdolabında (2°C) 7 gün süreyle (yöresel tüketim koşulları) depolanmıştır.

### Metot

### Fizikokimyasal Analizler

Koruk suyu örneklerinin renk değerleri renk ölçüm cihazı (Hunter Lab Miniscan XE Plus, ABD) ile CIELAB sistemi referans alınarak belirlenmiştir. Sonuçlar açıklık-koyuluk (L\*), kırmızılık (+a\*) ve sarılık (+b\*) değerleri kullanılarak saptanmıştır[6]. pH ölçümü koruk sularında direkt olarak pH metre ile (Crison Basic 20, İspanya) gerçekleştirilmiştir [7]. Örneklerin suda çözünür kuru madde değerleri (°Briks) refraktometre (RFM 340, İngiltere) kullanılarak [7], titre edilebilir asitlik (tartarik asit eşdeğeri, %) 0.1 N NaOH çözeltisi ile titrasyon yoluyla belirlenmiştir [7]. Örneklerde bulanıklık değerleri türbidimetre (HACH 2100Q, ABD) aracılığı ile cihazın okuyabileceği aralığa göre seyreltilerek belirlenmiş ve sonuçlar "NTU (Nephelometric Turbidity Unit)" değeri ile ifade edilmiştir [7].

### Duyusal Analizler

Koruk suyu örneklerinin duysal değerlendirmesinde hedonik test kullanılmıştır. Panelist olarak yaş aralığı 18-25 olan Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencileri arasından seçilmiş 15 kişilik (8 bayan, 7 erkek) bir gruptan faydalanılmıştır. Bu amaçla örnekler renk, aroma, genel beğeni (5; çok beğendim, 1;hiç beğenmedim) ve ekşilik (5; çok ekşi, 1; hiç ekşi değil) açısından değerlendirilmiştir. Koruk suyu örnekleri soğutulmuş olarak (4-6°C) ve rastgele seçilen 3'er basamaklı sayılarla kodlanarak sunulmuştur. Her örnek grubu test edildikten sonra bir sonraki test için ağız içinin nötrlenmesi amacıyla ılık su kullanılmıştır [8].



## İstatistiksel Analizler

4 farklı grupta değerlendirmeye alınan her gruptan 3 örnekte analizler 2 tekrar 3 paralel ve 3 farklı depolama periyodunda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında sonuçlar ANOVA (Varyans Analizi) kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testiyle değerlendirilmiş ve uygulama grupları arasında farklılık olup olmadığı SPSS istatistik paket programı kullanılarak test edilmiştir [9].

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Koruk suyu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre örneklerin pH değerleri 2.74-2.94 arasında değişiklik göstermiştir. 0.günde PS grubunda en yüksek pH değeri tespit edilirken bunu NPS grubu takip etmiş ve bu örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Fakat P ve NP örnekleri benzer bulunmuştur. 3. günde 0. güne benzer en yüksek pH değeri PS grubunda tespit edilirken, diğer örnekler arasında istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ). 7.günde ise pastörizasyon ya da potasyum sorbat ilavesinin koruk suyu örnekleri üzerine etkili olmadığı belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca PS grubunda pH değişimi gözlenmemiştir. NPS örneklerinde 0 ve 3. günler benzer bulunurken 7. günde pH az da olsa artış göstermiştir. P ve NP gruplarında ise pH değişimi günler arasında farklı, gruplar arasında ise paralellik arz etmiştir. 0. günden 7. güne doğru gidildiğinde tüm örneklerin pH değerleri kısmi bir artış göstermiş olup bu durumun üretim sırasında berraklaştırma işlemi uygulanmamasına bağlı olarak ortamda kalması muhtemel tampon bileşiklerin varlığından ileri geldiği düşünülmektedir. Koruk suyu ile ilgili olarak daha önce yapılmış çalışmalarda pH değerlerinin 2.40–2.80 [10], 2.90–3.00 [2], 2.10–2.70 [3], 2.60-2.90 [4] arasında olduğu belirlenmiş ve bu değerlerin çalışmamızla benzer olduğu görülmüştür. Koruk suyu örneklerinin suda çözünür toplam kuru madde miktarları ( $^{\circ}$ Briks) 8-9 arasında değişiklik göstermiş olup örnekler ve günler arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). Farklı zamanlarda hasat edilmiş ve olgunlaşma düzeyleri farklı üzümlerden elde edilen koruk sularının incelendiği bir çalışmada  $^{\circ}$ Briks değerleri 3.30-9.90 arasında değişiklik göstermiş olup olgunlaşma düzeyi arttıkça  $^{\circ}$  Briks değerinin de arttığı gözlenmiştir [4]. Başka bir çalışmada yediveren çeşidi üzümlerde  $^{\circ}$ Briks değeri 4.50 olarak tespit edilmiştir [2]. 10 farklı üzüm çeşidinden elde edilen koruk sularının incelendiği diğer bir çalışmada ise yine yediveren çeşidi üzümlerin  $^{\circ}$ Briks değerleri 3.21-3.68 arasında bulunmuştur [3]. Çalışmalar arasındaki  $^{\circ}$ Briks farklılıklarının hasat zamanı, hasat çeşidi, olgunlaşma düzeyi gibi faktörlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Koruk suyu örneklerine üretim sırasında herhangi bir berraklaştırma işlemi uygulanmamış ve örneklerin bulanıklık değerleri 57.40-68.50 arasında bulunmuştur. Meyve sularında ortaya çıkan bulanıklığın meyvenin yapısında doğal olarak

bulunan başta fenolik madde, protein, nişasta, bakır ve demir gibi bileşenlerden kaynaklandığı belirtilmektedir [11]. 0. günde en düşük bulanıklık NPS grubunda bulunmuştur. Diğer örnekler arasında ise bulanıklık yönünden herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). 3. günde bulanıklık 0. güne göre P ve NP gruplarında kısmen azalırken ( $p<0.05$ ), PS ve NPS gruplarında ise istatistiksel bir değişiklik gözlenmemiştir. 7. günde bulanıklığın en yüksek PS grubunda olduğu gözlenirken, diğer grupların bulanıklığı arsında önemli bir farklılık görülmemiştir. NPS grubunda depolama boyunca bulanıklıkta değişiklik görülmemesine rağmen diğer gruplarda depolamanın sonunda bulanıklığın azaldığı gözlenmiştir. Buzdolabında depolama boyunca bulanıklığın azalması bulanıklık oluşturan bileşenlerin kompleks oluşturarak çökmesiyle açıklanabilmektedir. Ayrıca aynı günler içerisinde pastörizasyon ve/veya potasyum sorbat uygulaması bulanıklık üzerinde etkili bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Yediveren üzümlerinden üretilen koruk suları ile ilgili bir çalışmada pastörizasyon sonrası oda sıcaklığında depolamaya kıyasla soğukta depolama sırasında bulanıklığın azaldığı belirtilmiştir [2]. Başka bir çalışma da bu çalışmaya benzer şekilde pastörizasyon sırasında sıcaklığın etkisiyle bulanıklık oluşturan bileşiklerin çökeldiği belirtilmiştir [3].

Malik ve tartarik asidin üzümde hakim organik asitler olduğu bildirilmektedir [12]. Bu çalışmada koruk sularının asitlik değerinin malik asit cinsinden %0.42-0.52 arasında olduğu belirlenmiştir. Bu konuda yapılmış farklı çalışmalar incelendiğinde koruk sularının malik asit cinsinden asitlik değerleri %2.48 -3.00, [2], %1.74-3.88 [4], %3.27-3.98 [13] arasında bulunmasına rağmen bu çalışmada asitliğin çok düşük kalmış olması örneklerin sulandırılmış olmasıyla ilişkilendirilebilir. Tablo 1 incelendiğinde tüm analiz günlerinde örnekler arasında herhangi bir farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Depolama boyunca PS ve NPS gruplarında 0. günde asitlik birbirine benzer olan ( $p>0.05$ ) 3 ve 7. günlere göre daha yüksek bulunmuştur. NP grubunda asitlik 0 ve 7. günlerde benzer bulunurken, 3. günde daha düşük tespit edilmiştir. P grubunda ise asitlik dalgalı bir seyir izlemiştir. Genel olarak depolama başlangıcında daha asidik bulunan örneklerdeki asitlik, depolamanın sonuna doğru azalış göstermiştir.

Koruk suyu örneklerine ait renk değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Örneklerin parlaklık değeri 14.34-17.56 arasında değişiklik göstermiştir. 0, 3 ve 7. günlerde gruplar arasında farklılık gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Bu durum pastörizasyon ya da potasyum sorbat uygulamasının parlaklık üzerinde etkili olmadığını ortaya koyması açısından önemlidir. Depolama boyunca parlaklığın tüm gruplarda önemli derecede azaldığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Soğukta depolama sırasında parlaklığın azalışı az da olsa enzimatik reaksiyonlara bağlanabilmektedir [14]. Özellikle fenolik bileşiklerce zengin üzümlerde polifenolik oksidaz enzimi büyük önem taşımakta ve şarap üretiminde kahverengileşmeden sorumlu tutulmaktadır [15, 16].

Tablo 1. 7 gün boyunca 2°C'de depolanan koruk sularının bazı fizikokimyasal özellikleri

Uygulama*	Depolama süresi (Gün)**		
	0***	3	7
	pH		
P	2.76±0.09 <sup>cB</sup>	2.86±0.34 <sup>bAB</sup>	2.91±0.23 <sup>aA</sup>
NP	2.74±0.12 <sup>cB</sup>	2.83±0.15 <sup>bAB</sup>	2.91±0.18 <sup>aA</sup>
PS	2.92±0.34 <sup>aA</sup>	2.93±0.07 <sup>aA</sup>	2.94±0.17 <sup>aA</sup>
NPS	2.83±0.07 <sup>bB</sup>	2.87±0.11 <sup>bB</sup>	2.91±0.26 <sup>aA</sup>
	° Briks		
P	8.50±0.26 <sup>aA</sup>	8.00±0.27 <sup>aA</sup>	8.50±0.56 <sup>aA</sup>
NP	8.50±0.32 <sup>aA</sup>	8.00±0.33 <sup>aA</sup>	9.00±0.67 <sup>aA</sup>
PS	8.50±0.41 <sup>aA</sup>	8.00±0.42 <sup>aA</sup>	8.50±0.89 <sup>aA</sup>
NPS	8.00±0.45 <sup>aA</sup>	8.00±0.21 <sup>aA</sup>	9.00±0.85 <sup>aA</sup>
	Bulanıklık (NTU=Nephelometric Turbidity Unit)		
P	64.7±0.11 <sup>aA</sup>	57.5±0.08 <sup>bB</sup>	57.4±0.21 <sup>bB</sup>
NP	68.5±0.23 <sup>aA</sup>	61.4±0.64 <sup>bB</sup>	58.3±0.17 <sup>bC</sup>
PS	66.7±0.09 <sup>aA</sup>	66.8±0.56 <sup>aA</sup>	65.1±0.34 <sup>aB</sup>
NPS	57.4±0.11 <sup>bA</sup>	59.8±0.27 <sup>bA</sup>	57.8±0.09 <sup>bA</sup>
	Asitlik (malik asit eq %)		
P	0.50±0.07 <sup>aA</sup>	0.43±0.05 <sup>aB</sup>	0.46±0.10 <sup>aAB</sup>
NP	0.48±0.09 <sup>aA</sup>	0.42±0.08 <sup>aB</sup>	0.45±0.09 <sup>aA</sup>
PS	0.51±0.06 <sup>aA</sup>	0.46±0.07 <sup>aB</sup>	0.43±0.12 <sup>aB</sup>
NPS	0.52±0.08 <sup>aA</sup>	0.42±0.09 <sup>aB</sup>	0.45±0.09 <sup>aB</sup>

\*Pastörize doğal (P), pastörize edilmemiş doğal (NP), pastörize sorbatlı (PS) ve pastörize edilmemiş sorbatlı (NPS); \*\*± Standart sapma;\*\*\* a-c Aynı sütundaki ve A-C aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05).

Koruk sularının a\* değerlerinin negatif değerler almış olması bunların yeşilimsi tonlarda olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Örneklerin a\* değerleri -0.81 ile -0.29 arasında bulunmakla birlikte 0. günde pastörizasyon yeşilimsi renk yoğunluğunun azalmasına neden olmuştur. 3. günde de 0. güne benzer şekilde ısı işlem uygulanmış örneklerde yeşilimsilik daha düşük seviyede bulunmuştur. Depolama sonunda NPS grubu diğer örneklerle göre daha yeşilimsi bulunurken NP ve PS grupları ise benzer bulunmuştur (p>0.05). Depolama boyunca NPS grubunun a\* değerleri değişmezken diğer gruplarda depolamanın son gününde başlangıç değerlerine göre yeşilimsilikte azalma gözlenmiştir (p<0.05). Üzüm sularında arzu edilen rengin sarımsı yeşil renk olduğu belirtilmekle birlikte çeşitli çalışmalarda farklı tür üzümlerden elde edilen ve farklı teknolojik işlemler uygulanmış koruk suyu örneklerinde renk değerleri de farklılık göstermiştir [2–4]. Bu çalışmada ne pastörizasyon ne de potasyum sorbat uygulaması koruk örneklerinin sarılık değerleri üzerinde etkili bulunmamış ve aynı zamanda depolama süresinin de sarılık üzerine etkili olmadığı tespit edilmiştir (p>0.05).

Koruk suyu örneklerinin duyu analizi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Koruk sularının renk puanları 3.8-4.4 arasında değişiklik göstermiş olup aynı gün içerisinde gruplar arasında ve depolama boyunca günler arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir (p>0.05). Örneklerin aroma puanları 3.2-4.0 arasında değişmekle birlikte 0, 3 ve 7. günlerde ısı işlem uygulaması ve potasyum sorbat ilavesi önemli bir etki göstermemiştir. Yine depolama boyunca P grubu hariç örneklerin aromasında herhangi bir değişiklik tespit edilmemiştir.

Depolama sonunda aromanın başlangıca göre kısmen daha yüksek puanlar aldığı gözlenmiş ve bu durumun ekşiliğin artışıyla paralellik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 3). Koruk sularında duyu olarak ekşiliğin depolama boyunca hissedilir şekilde arttığı görülmekle birlikte bu artışın P ve NP gruplarında önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Ayrıca 0. gün PS grubunda ekşilik en yüksek seviyede algılanmış, diğer günlerde ise örnekler arasında ekşilik açısından farklılık tespit edilmemiştir (p>0.05).

Koruk suları genel beğeni açısından değerlendirildiğinde 0. günde en yüksek beğeni PS grubu alırken diğer gruplar benzer bulunmuştur (p>0.05). P ve NPS grupları 3. günde en yüksek beğeni puanlarını alırken en düşük puan ise PS grubunda tespit edilmiştir. 7. günde örnekler arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir. Genel olarak tüm günlerde ve depolama boyunca genel beğeni puanları ortalama 3.8 civarında olup bu değer 2.5 seviyesinin oldukça üzerindedir. Kabarcık ve Yediveren çeşidi üzümlerden elde edilen koruk sularının kıyaslandığı bir çalışmada çalışmamıza benzer şekilde Yediveren çeşidi koruk suları panelistler tarafından daha çok tercih edilmiştir [2]. Başka bir çalışmada ise duyu özellikleri üzerine hasat zamanı, potasyum sorbat ilavesi gibi faktörlerin etkili olduğu ayrıca koruk sularında ekşimsi, buruk, tatlı, baharatlımsı, eriğimsi aromaların algılandığı belirtilmiştir [4]. Bu çalışmada da bazı panelistler temel duyu özelliklerinin yanı sıra koruk sularında hafif bir burukluk ve ekşim elma aroması hissettiklerini belirtmişlerdir.

Tablo 2. 7 gün boyunca 2°C'de depolanan koruk sularının renk değerleri

Uygulama*	Depolama süresi (Gün)**		
	0***	3	7
	L*(Parlaklık)		
P	16.76±0.04 <sup>aA</sup>	15.26±0.05 <sup>aB</sup>	14.64±0.06 <sup>aC</sup>
NP	17.04±0.07 <sup>aA</sup>	16.42±0.07 <sup>aAB</sup>	14.92±0.08 <sup>aB</sup>
PS	17.43±0.03 <sup>aA</sup>	16.66±0.07 <sup>aB</sup>	15.53±0.11 <sup>aC</sup>
NPS	17.56±0.09 <sup>aA</sup>	16.55±0.08 <sup>aB</sup>	14.34±0.17 <sup>aC</sup>
	a*(Kırmızılık)		
P	-0.68±0.09 <sup>bA</sup>	-0.44±0.06 <sup>cB</sup>	-0.58±0.09 <sup>bAB</sup>
NP	-0.76±0.12 <sup>aA</sup>	-0.81±0.07 <sup>aA</sup>	-0.39±0.07 <sup>cB</sup>
PS	-0.45±0.13 <sup>cB</sup>	-0.55±0.07 <sup>cA</sup>	-0.29±0.07 <sup>cC</sup>
NPS	-0.76±0.10 <sup>aA</sup>	-0.75±0.03 <sup>bA</sup>	-0.72±0.08 <sup>aA</sup>
	b*(Sarılık)		
P	3.75±0.07 <sup>aA</sup>	3.79±0.09 <sup>aA</sup>	3.81±0.06 <sup>aA</sup>
NP	3.56±0.08 <sup>aA</sup>	3.76±0.07 <sup>aA</sup>	3.58±0.10 <sup>aA</sup>
PS	3.94±0.06 <sup>aA</sup>	3.58±0.08 <sup>aA</sup>	3.57±0.08 <sup>aA</sup>
NPS	3.56±0.07 <sup>aA</sup>	3.73±0.07 <sup>aA</sup>	3.51±0.09 <sup>aA</sup>

\*Pastörize doğal (P), pastörize edilmemiş doğal (NP), pastörize sorbatlı (PS) ve pastörize edilmemiş sorbatlı (NPS); \*\*± Standart sapma;\*\*\* a-c Aynı sütundaki ve A-C aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05).

Tablo 3. 7 gün boyunca 2°C'de depolanan koruk sularının duyu analizi sonuçları

Uygulama*	Depolama süresi (Gün)**		
	0***	3	7
	Renk****		
P	4.00±1.02 <sup>aA</sup>	3.80±0.65 <sup>aA</sup>	4.20±0.18 <sup>aA</sup>
NP	3.80±0.90 <sup>aA</sup>	3.80±0.60 <sup>aA</sup>	4.00±0.25 <sup>aA</sup>
PS	4.20±0.85 <sup>aA</sup>	4.20±0.89 <sup>aA</sup>	4.20±0.29 <sup>aA</sup>
NPS	4.00±0.95 <sup>aA</sup>	4.40±1.02 <sup>aA</sup>	4.00±0.23 <sup>aA</sup>
	Aroma		
P	3.2±0.09 <sup>aB</sup>	3.8±0.07 <sup>aA</sup>	4.0±0.21 <sup>aA</sup>
NP	3.2±0.07 <sup>aA</sup>	3.6±0.09 <sup>aA</sup>	3.6±0.26 <sup>aA</sup>
PS	3.6±0.10 <sup>aA</sup>	4.0±0.11 <sup>aA</sup>	3.4±0.14 <sup>aA</sup>
NPS	3.2±0.08 <sup>aA</sup>	3.8±0.06 <sup>aA</sup>	3.6±0.21 <sup>aA</sup>
	Ekşilik		
P	2.8±0.64 <sup>bB</sup>	3.2±0.06 <sup>aA</sup>	3.8±0.21 <sup>aA</sup>
NP	2.8±1.21 <sup>bB</sup>	3.2±0.08 <sup>aA</sup>	3.4±0.24 <sup>aA</sup>
PS	3.6±1.16 <sup>aA</sup>	3.0±0.07 <sup>aA</sup>	3.2±0.38 <sup>aA</sup>
NPS	3.0±1.20 <sup>bA</sup>	3.0±0.08 <sup>aA</sup>	3.2±0.55 <sup>aA</sup>
	Genel Beğeni		
P	3.4±0.10 <sup>bA</sup>	4.0±0.16 <sup>aA</sup>	3.6±0.20 <sup>aA</sup>
NP	3.6±0.10 <sup>bA</sup>	3.8±0.23 <sup>abA</sup>	3.8±0.15 <sup>aA</sup>
PS	4.0±0.07 <sup>aA</sup>	3.4±0.18 <sup>bB</sup>	3.4±0.11 <sup>ab</sup>
NPS	3.4±0.09 <sup>bA</sup>	4.2±0.10 <sup>aA</sup>	3.8±0.14 <sup>aA</sup>

\*Pastörize doğal (P), pastörize edilmemiş doğal (NP), pastörize sorbatlı (PS) ve pastörize edilmemiş sorbatlı (NPS); \*\*± Standart sapma;\*\*\* a-c Aynı sütundaki ve A-C aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05);\*\*\*\* "renk - aroma- genel beğeni" 1: hiç beğenmedim 5: çok beğendim, "ekşilik" 1: hiç ekşi değil 5: aşırı ekşi

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre pastörizasyon ve potasyum sorbat katkılama işleminin koruk suyu üretiminde fizikokimyasal, renk ve duyu özellikler üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığı bilakis koruk suyu üretiminde olumlu sonuçlar ortaya koyabileceği görülmüştür. Özellikle yaz aylarında soğuk olarak tüketilen ve ferahlatıcı nitelikleri nedeniyle fazlaca tercih edilen koruk suyunun burada elde edilen bilgiler ışığında pastörize edilebileceği ve mevzuatın izin verdiği ölçüde antimikrobiyal katkılarınca desteklenebileceği düşünülmektedir. Ancak elde edilen bulguların mikrobiyolojik verilerle desteklenmesinde büyük yarar

olacaktır. Sonuç olarak, geleneksel bir içecek olan koruk suyunun ticari olarak üretilebilme potansiyeli bulunmaktadır ve çalışma sonuçları, ürünün ticarileştirilme konusunda girişimde bulunacak kişilere faydalı olabilecek niteliktedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Anonim, 2017. Tarım ürünleri piyasa raporları; üzüm verileri TAGEM yayınları 4s. <https://arastirma.tarim.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasa-Raporlari> (Erişim Tarihi: 10.01.2018).

- [2] Hayoğlu, İ., Kola, O., Kaya, C., Özer, S., Türkoğlu, H. (2009). Chemical and sensory properties of verjuice, a traditional turkish non-fermented beverage from Kabarcık and Yediveren grapes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33, 252–263.
- [3] Öncül, N., Karabıyıklı, Ş. (2015). Factors affecting the quality attributes of unripe grape functional food products. *Journal of Food Biochemistry*, 39, 689–695.
- [4] Dupas de Matos, A., Curioni, A., Bakalinsky, A.T., Marangon, M., Pasini, G., Vincenzi, S. (2017). Chemical and sensory analysis of verjuice: an acidic food ingredient obtained from unripe grape berries. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 44, 9–14.
- [5] Shojaee-Aliabadi, S., Hosseini, S.M., Tiwari, B., Hashemi, M., Fadavi, G., Khaksar, R. (2013). Polyphenols content and antioxidant activity of Ghure (unripe grape) marc extract: Influence of extraction time, temperature and solvent type. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 412–418.
- [6] Hunter Associates Laboratory I, (1996). CIE L\* a\* b\* Color Scale. Vol 8 8:1–4.
- [7] AOAC, (2007). Official Methods of Analysis of AOAC International. *Association of Official Analysis Chemists International*.
- [8] Choi, S.E., Sarah, C., Merrigan, J.M. (2014). Sensory Evaluation. In: *Food Science: An Ecological Approach*, Edited by Sari Edelstein, Academic Press, USA, pp 84–113.
- [9] IBM, (2012). IBM SPSS Advanced Statistics 20. IBM 184.
- [10] Karapınar, M., Şengün İ.Y. (2007). Antimicrobial effect of koruk (unripe grape-*Vitis vinifera*) juice against *Salmonella typhimurium* on salad vegetables. *Food Control*, 18, 702–706.
- [11] Cerreti, M., Liburdi, K., Benucci, I., Esti, M. (2016). The effect of pectinase and protease treatment on turbidity and on haze active molecules in pomegranate juice. *LWT-Food Science and Technology*, 73, 326–333.
- [12] Soyer, Y., Koca, N., Karadeniz, F. (2003). Organic acid profile of Turkish white grapes and grape juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 629–636.
- [13] Vasile Simone, G., Montevecchi, G., Masino, F., Matrella, V., Imazio, S.A., Antonelli, A., Bignami, C. (2013). Ampelographic and chemical characterization of Reggio Emilia and Modena (northern Italy) grapes for two traditional seasonings: “Saba” and “Agresto.” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 3502–3511.
- [14] Wu, S. (2014). Glutathione suppresses the enzymatic and non-enzymatic browning in grape juice. *Food Chemistry*, 160, 8–10.
- [15] Singleton, V.L., Salgues, M., Zaya, J., Trousdale, E. (1985). Caftaric acid disappearance and conversion to products of enzymic oxidation in grape must and wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36, 50–56.
- [16] Yemiş, O., Arslantürk, H.K. (2016). Berrak nar suyu ve konsantrelerinde bulanıklık oluşumu. *Akademik Gıda*, 14(3), 275-283.

## Pirinç Sirkesi ve Çeşitli Ticari Sirkelerin Bazı Kalite Özellikleri

Mustafa Bayram , Cemal Kaya , Esra Esin Yücel , Büşra Er , Esra Gülmez , Elif Terzioğlu 

<sup>1</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat

*Geliş Tarihi (Received): 11.03.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 20.04.2018*

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): mustafa.mbayram@gop.edu.tr (M. Bayram)*

☎ 0 356 252 1616/28 86 📠 0 356 252 17 29

### ÖZ

Bu çalışmada geleneksel yöntemle üretilen ve Türkiye’de ilk defa bilimsel olarak araştırılan pirinç sirkesi, yerel marketten temin edilen ticari üzüm ve elma sirkeleri ve geleneksel yöntemle üretilen ev yapımı üzüm sirkesi kullanılmıştır. Sirkelerde yoğunluk, alkol, kuru madde, toplam asit, uçur asit, pH, kül, renk, toplam fenolik madde analizleri yapılmıştır. Analizi yapılan sirke örneklerinden sadece tarafımızdan üretimi yapılan pirinç sirkesi toplam asit miktarı bakımından TS 1880 EN 13188 standardında belirtilen alt limit olan 40 g/L’nin üzerinde kalarak standarda uygunluk göstermiştir. Ticari sirkelerinin toplam toplam fenolik madde içeriği 0-692.93 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/L aralığında saptanmıştır. Pirinç sirkesinde ise 514.61 mg GAE/L olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pirinç, Sirke, Ticari, Standart

### Some Quality Properties of Rice Vinegar and Various Commercial Vinegar Samples

#### ABSTRACT

Rice vinegar produced by a traditional method and studied scientifically for the first time in Turkey, apple and wine vinegar samples obtained from a local supermarket and homemade wine vinegar were used in this study. Density, alcohol, dry matter content, total acidity, volatile acidity, pH, ash, color and total phenolic content analyses were performed in vinegar samples. Conformance of the vinegars to TS 1880 EN 13188 standard was also investigated. Results showed that only rice vinegar had a total acidity value higher than the lowest limit specified in the TS 1880 EN 13188 standard (40 g/L), being in good conformance with the standard among 9 vinegars. Total phenolic content of commercial and homemade vinegars were in the range of 0-692.93 mg gallic acid equivalent (GAE)/L. In addition, the total phenolic content of rice vinegar was 272.53 mg GAE/L.

**Keywords:** Rice, Vinegar, Commercial, Standard

### GİRİŞ

Fermente gıda üretimi, bilinen gıda işleme tekniklerinin en eskilerinden biridir. Tüketici bilincinin ve sağlıklı gıdalara eğilimin artması fermente ürünlere ilginin artmasına neden olmuştur [1]. Fermente ürünlerden birisi olan sirke TS 1880 Standardına göre, “tarım kökenli sıvılar veya diğer maddelerden, iki ayrı fermantasyonla (alkol ve asetik asit fermantasyonu) biyolojik yoldan üretilen, kendine özgü ürün” olarak

tanımlanmıştır. Bu standartta sirke çeşitleri, üretiminde kullanılan hammaddelere göre; şarap sirkesi, meyve sirkesi, meyve şarabı sirkesi, elma şarabı sirkesi, alkol sirkesi, tahıl sirkesi, malt sirkesi, aromalı sirke ve diğer sirkeler olarak verilmiştir [2]. Sirke FAO/WHO gıda standartlarına göre şöyle tanımlanmaktadır: “sirke, iki fermantasyon prosesi yani etil alkol ve asetik asit fermantasyonu ile, nişasta ve/veya şeker içeren tarımsal kökenli hammaddelerden üretilen, insan tüketimi için uygun olan bir sıvıdır” [3].

Sirke, mayalar tarafından fermente olabilir şekerlerin etanol fermentasyonunu takiben, etanolün *Acetobacter*, *Gluconobacter* ve *Gluconacetobacter* gibi asetik asit bakterileri tarafından aerobik koşullarda asetik aside oksidasyonu sonucu üretilen üründür [4]. Asetik asit bakterileri tarafından etil alkolden asetik asit üretimi, aerobik [oksidatif] bir olaydır. Bu nedenle sirke üretimi mikrobiyolojik açıdan bir fermentasyon olmamasına karşın, endüstride sirke fermentasyonu olarak adlandırılmaktadır [5].

Sirke etil alkolden asetik asit fermentasyonu sonucu elde edildiğine göre, alkol elde edilebilen şekerli ürünlerden, şekere dönüşebilen hububat gibi nişastalı hammaddelerden veya ispirotodan da sirke üretilebilmektedir. Kullanılacak hammaddenin seçimi sirke üretilecek bölgedeki yetiştirilen ürün miktarı ve fiyatlarına bağlıdır [4]. Dünyada farklı hammadde ve teknolojiler kullanılarak çeşitli sirke tipleri üretilmektedir. Pirinç sirkesi, uzakdoğu kökenli bir sirke türüdür. Çin, Japonya ve Kore'de kullanılan geleneksel bir üründür. Pirinç sirkesi fermente pirinç şarabından (sake) üretilir. Pirinç sirkesi üretiminde fermentasyon yöntemi olarak çoğunlukla geleneksel yöntemler kullanılmakla birlikte son zamanlarda kültür yöntemleri de geliştirilmiştir [6]. Japonya'da kullanılan pirinç sirkelerinden Komesu, neredeyse renksiz veya açık sarı renkli bir görünüme ve sade bir tada sahiptir. Çin'de daha yaygın kullanılan Kurozu ise daha koyu renkli bir görünüme sahiptir. Kurozu'nun Komesu pirinç sirkesinden daha güçlü bir lezzeti vardır. Her ikisi de içerdiği aminoasit ve vitaminlerden dolayı sağlıklı ürünlerdir. Bu pirinç sirkeleri Asya piyasalarında ve bazı Avrupa pazarlarında satılmaktadır [6]. Sirkenin kimyasal bileşiminde organik asitler, alkoller, fenolik bileşenler, aminoasitler, tat ve uçucu bileşenler bulunmaktadır [7]. Sirke yapımında kullanılan hammadde, bileşen içeriğindeki fenolik ve organik madde kompozisyonunu belirler. Sirkenin bileşimi doğal ve yapay sirkelerin ayrımı bakımından önemlidir [8,9].

Bu çalışmada geleneksel yöntemle üretilen ve Türkiye'de ilk defa bilimsel olarak araştırılan pirinç sirkesinin ve bunun yanı sıra ülkemizde ticari olarak piyasada satılan çeşitli sirkelerin bazı kalite özelliklerinin ve standarda uygunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Araştırmada pirinç sirkesi üretimi için hammadde olarak yerel bir süpermarketten temin edilen "Baldo" pirinç çeşidi kullanılmıştır. Pirincin sakkarifikasyon aşamasında enzim olarak glukoamilaz (AG300L, Novozyme, Danimarka), etil alkol fermentasyonu için maya olarak *Saccharomyces cerevisiae* (Laffort, Fransa), asetik asit fermentasyonu için kültür olarak Özkaleli A.Ş.'den (Tokat/Türkiye) temin edilen fermentasyonu devam etmekte olan ham üzüm sirkesi kullanılmıştır. Pirinç sirkesi üretimi 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Ayrıca Tokat ilindeki yerel bir marketten temin edilen elma sirkesi (S1, S3, S5), üzüm sirkesi (S2, S4), katkısız elma sirkesi (S7), organik elma sirkesi (S8), ev yapımı elma sirkesi (S6) örnekleri S1'den S8'e

kodlanarak analizleri yapılmış ve elde edilen bulgular üretimi yapılan pirinç sirkesinin (S9) analiz bulgularıyla ve TS 1880 EN 13188 sirke standardında belirtilen değerlerle karşılaştırılmıştır.

### Metot

### Sirke Üretimi

Pirinç sirkesi üretiminde geleneksel yöntem kullanılmıştır. Ayıklama ve temizleme işlemi uygulandıktan sonra pirinçlere ağırlığının 2 katı kadar su ilavesi yapılmış ve otoklavda 110°C'de 7 dakika ısı işlem uygulanarak nişastanın çirşlendirilmesi sağlanmıştır. Bu işlemde sonra pirinçlere yine başlangıç ağırlığının 2 katı kadar su ilavesi yapılarak homojenize edilmiştir. Elde edilen lapaya 0.3 g/L olacak şekilde glukoamilaz ilave edilerek etüvde 55°C'de sakkarifikasyon işlemine bırakılmıştır. Sakkarifikasyon aşamasının sonunda elde edilen mayşeye 0.3 g/L olacak şekilde maya [*Saccharomyces cerevisiae* (Laffort, Fransa)] ilavesi yapılmış ve 30°C'de etil alkol fermentasyonu gerçekleştirilmiştir. Sirke üretiminin ikinci aşaması olan asetik asit fermentasyonunun başlaması için mayşeye 1/10 oranında ham sirke ilave edilmiş ve alkollü mayşe 30°C'de fermentasyona bırakılmıştır. Asetik asit fermentasyonu sonucu oluşan pirinç sirkesi 60-65°C'de 30 dakika pastörize edilerek, filtrasyon işlemi uygulanmış ve analiz edilinceye kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir.

### Analizler

Çalışmada sakkarifikasyon, etil alkol fermentasyonu, asetik asit fermentasyonu aşamalarında ve üretilen pirinç sirkesinde aşağıdaki analizler yapılmıştır. Toplam kuru madde tayini, örnekler 105°C'de etüvde kurutulularak yapılmıştır. Sonuçlar g/100g olarak verilmiştir [4]. Örneklerde pH değerleri Inolab marka pH metre kullanılarak belirlenmiştir [4]. 0.1N NaOH kullanılarak pH 8.5 oluncaya kadar titre edilen örneklerin toplam asit miktarı asetik asit cinsinden g/L olarak verilmiştir [4]. Uçar asit miktarı, toplam asit miktarından, uçmayan asit miktarı çıkarılarak bulunmuştur. Sonuçlar asetik asit cinsinden, g/L olarak verilmiştir [4]. Örneklerin özgül ağırlıkları, 20°C'de piknometre ile tayin edilmiştir [10]. Örneklerin indirgen şeker miktarı Luff-Schoorl yöntemine göre belirlenmiştir ve sonuçlar g/L olarak verilmiştir [4]. Alkol miktarı örneklerin damıtılmasıyla elde edilen alkollü sıvının yoğunluğu piknometre ile belirlenmesiyle önce ağırlık (g/L), sonra da hacim (% h/h ) alkol olarak ifade edilmiştir [4]. Kül miktarı tayini 500-525°C'de kül fırınında yapılmıştır. Sonuçlar % olarak verilmiştir [4]. Serbest mineral asitleri tayini etil alkol eklenen sirke örneklerine indikatör eklenerek renk değişimi gözlemlenerek belirlenmiştir [4].

### Toplam Fenolik Madde İçeriği Tayini

Toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu yöntemine göre saptanmıştır. Örneklerin absorbanasına karşılık gelen toplam fenol bileşikleri miktarı, gallik asit kullanılarak çizilen standart grafikte belirlenmiş, gallik asit cinsinden (GAE) mg/L olarak ifade edilmiştir [11].

## Renk Tayini

Renk analizleri Hunter Kolorimetre renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk okumadan önce cihaza ait standart kalibrasyon skalası ile cihaz kalibre edilmiştir. Örnekler beyaz bir zemine konularak renk (CIE L\*, a\*, b\* değeri) ölçümü yapılmıştır [12].

## İstatistiksel Analiz

Araştırma sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi SPSS (versiyon 20.0) istatistik paket programı yardımıyla Duncan testi kullanılarak yapılmıştır.

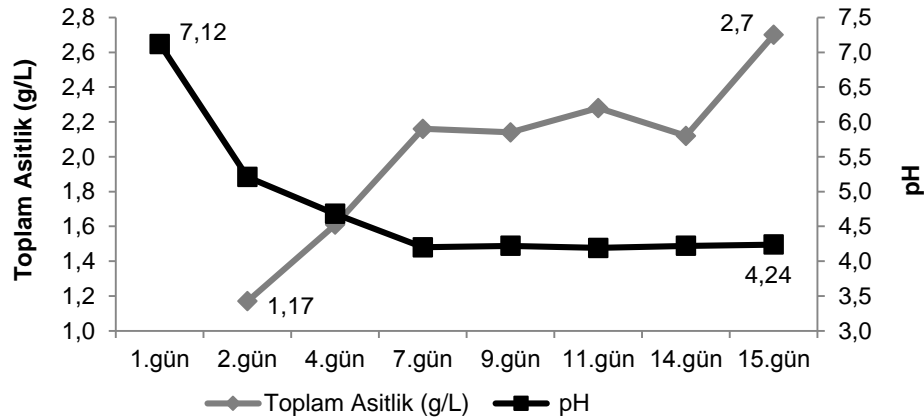
## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Pirinçlerin Şekerlendirilmesi Aşamasında pH Değeri ve Toplam Asit

Sıvılaştırma ve şekerlendirme aşaması sonunda pirinç mayşesinde indirgen şeker miktarı 18.8 g/L olarak belirlenmiştir. Pirinç, mısır, buğday, sorgum ve arpa gibi tahıllar ekme mayası tarafından doğrudan fermente

edilebilir şeker içermeyip, şekerin bir formu olan nişasta ihtiva ederler. Nişastadan etanol üretimi için öncelikle mayanın kullanabileceği glikoz molekülleri elde edilmeli ve fermantasyon ortamına bırakılmalıdır. Bunun için pirincin yapısında bulunan nişasta zincirlerinin parçalanması gerekmektedir. Nişasta sakkarifikasyonu için öncelikle ısı işlem uygulanarak nişasta jelatinizasyonu sağlanmaktadır. Jelatinize nişasta  $\alpha$ -amilaz tarafından parçalanarak sıvılaştırma sağlanmakta ve ardından glukoamilaz ile fermente edilebilir şekerler açığa çıkarılmaktadır. Bu işlem nişastanın viskozitesini düşürür ve çözünürlüğünü artırır [13,14]. Örneklerin sıvılaştırma ve şekerlendirme aşamasındaki asit ve pH değişimleri Şekil 1'de verilmiştir.

Sakkarifikasyon sürecinde örneklerin toplam asitlik miktarı artarken pH değeri azalmıştır. Örneklerin 1. günde toplam asit miktarı 1.17 g/L iken, 15. gün sonunda örneklerin toplam asit miktarı 2.7 g/L olarak belirlenmiştir. Toplam asitlik miktarındaki artışa bağlı olarak pH değeri 1.gün pH 7.12 olarak belirlenmiş olup bu değer 15. gün sonunda 4.24 olarak saptanmıştır.



Şekil 1. Pirinçlerin sıvılaştırılması ve şekerlendirilmesi aşaması süresince pH değeri ve toplam asit miktarındaki değişim

### Etil Alkol Fermantasyon Süresince pH Değeri, Toplam Asit ve Alkol Miktarı

#### pH ve Toplam Asit

Sıvılaştırma ve şekerlendirme aşamasında elde edilen mayşe maya ilave edilerek etil alkol fermantasyonuna bırakılmıştır. Şekil 2'de etil alkol fermantasyonu süresince pirinç mayşesinin günlere bağlı olarak toplam asitlik miktarı ve pH değerleri verilmiştir. Mayşenin etil alkol fermantasyonu 9 gün sürmüştür. Pirinç mayşesinin toplam asitlik miktarı 1. gün 2.7 g/L olarak saptanmış olup bu değer 9. günün sonunda 3.88 g/L olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan pirinç mayşesinin pH değeri

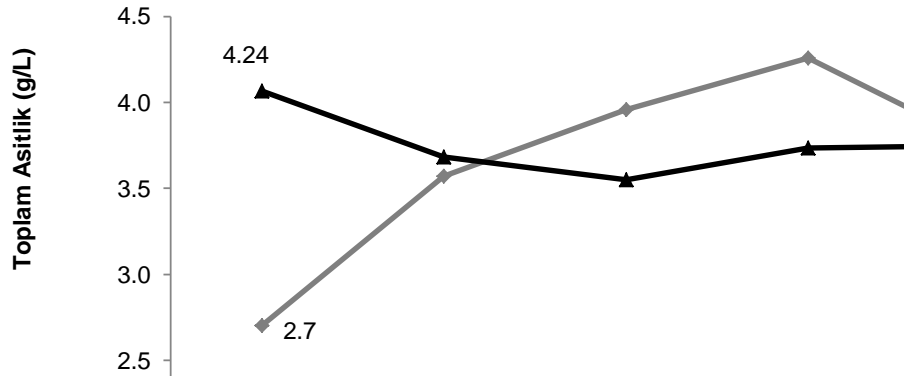
1. ve 9. günlerde sırasıyla 4.24 ve 3.42 olarak saptanmıştır.

#### Alkol

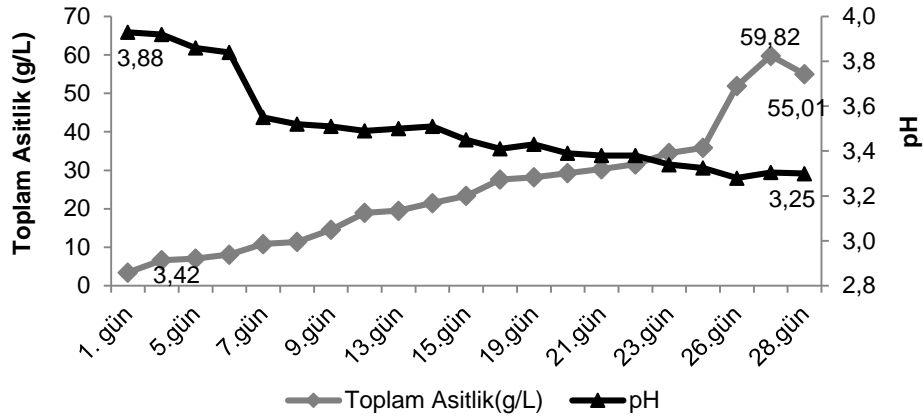
Pirinç mayşesinin etil alkol fermantasyonundan sonra etil alkol oranı %9.62 (v/v) olarak belirlenmiştir.

### Asetik Asit Fermantasyonu Süresince pH ve Toplam Asit

Sirkeleştirilmek istenen alkollü sıvının asetik asit fermantasyonu aşamasında toplam asitlik ve pH değerleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Etil alkol fermantasyonu aşamasında belirlenen toplam asit miktarı ve pH değişimi



Şekil 3. Asetik asit fermantasyonu sürecinde toplam asit miktarı ve pH değerlerindeki değişimler

TS 1880 EN 13188 sirke standardına ek olarak çıkan, Nisan 2004 tarihli tadilin Türkiye başlıklı sapmasında ülkemizde üretilen sirkelerin toplam asit içeriğinin (suda serbest asetik asit cinsinden) 40 g/L'den (4 g/100 mL) az olmaması gerektiği belirtilmektedir [2]. Sirkeleşmenin tamamlandığını tam olarak anlamak için sıvı içeriğindeki alkol ve asit miktarları saptanmaktadır. Sirkeleştirilecek örneğin asetik asit fermantasyonu 28 gün boyunca devam etmiştir. Fermantasyonun başlangıcında toplam asit miktarı 3.42 g/L ve pH değeri 3.88 olarak tespit edilmiştir. 27. gün sonunda toplam asitlik 59.82 g/L, pH 3.25 olarak belirlenmiştir. Ortamda alkol kalmayınca sirke bakterileri ihtiyaçları olan enerjiyi sağlayabilmek için asetik asidi parçalamaya başlarlar buna 'üst oksidasyon' denir. Üst oksidasyonun önüne geçmek için sirkeleştirilen sıvıdaki alkol oranı %0.5'e düştüğünde sirkeleşmeye son verilir [15, 16]. Sirkeleşmenin sonunda üst oksidasyonu, yani asetik asidin parçalanmasını engellemek için 28. günde yapılan yapılan toplam asitlik analizinde asitlik miktarının (55.01 g/L) azaldığı tespit edilmiş ve asetik asit fermantasyonuna son verilmiştir.

### Pirinç Sirkesinin ve Piyasadan Temin Edilen Ticari Sirkelerin Bazı Özellikleri

#### pH Değeri ve Toplam Asit

Üretimi yapılan pirinç sirkelerinin piyasadaki ticari sirkelerde karşılaştığımızda elde edilen pH değerleri Tablo 1'deki gibidir. Sirke örneklerinin pH değerleri 2.78

ile 3.39 arasında değişmiştir. Gerbi ve ark. [17], 65 farklı sirke örneğinde yaptıkları çalışmada sirkelerin pH değerlerinin 2.36-3.0 aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Ünal [18], şarap sirkelerinin pH'larının 2.65-2.85 arasında olduğunu bildirmiştir. Pirinç sirkesinin ticari sirkelerle karşılaştırılmasında toplam asitlik değerleri Tablo 1'de görüldüğü gibidir.

Sirkelerde bulunan organik asitlerin çeşit ve düzeyi kullanılan hammadde ve seçilen üretim yöntemine bağlıdır. Sirkelerde bulunan en önemli organik asit asetik asittir. Sirke, değişik hammaddelerden farklı yöntemlerle elde edilen bir fermantasyon ürünüdür. Sirke denildiğinde asetik asit fermantasyonu ile alkolün asetik aside dönüştürüldüğü fermantasyon ürünü anlaşılmaktadır [4, 19]. Etil alkol *Acetobacter* veya *Gluconobacter* türleri tarafından oksidasyona uğratılır ve asetik asit fermantasyonunda miktarı giderek azalır. Asitlik sirkelerde titrasyon yoluyla belirlenir ve sirkede serbest halde bulunan mineral ve organik asitlerin (asetik asit, tartarik asit, malik asit, süksinik asit vb.) miktarını verir [20]. TS 1880 EN 13188 sirke standardına göre, toplam asit miktarları şarap (üzüm) sirkesinde (suda serbest asitlik cinsinden) 60 g/L'den, diğer sirkelerde ise 50 g/L'den az olmamalıdır [2]. Ancak aynı standarda ek olarak çıkan, Nisan 2004 tarihli tadilin Türkiye başlıklı sapmasında, "Ülkemizde üretilen sirkelerin toplam asit içeriği (suda serbest asetik asit cinsinden) litrede 40 gramdan az olmamalıdır" şeklinde ifade edilmektedir. ABD'deki standartlara göre de asetik



asit içeriği en az %4 olmalıdır. Şişelenmiş İngiltere sirkeleri genelde %5 asetik asit içermesine rağmen, İngiltere Gıda Standartları için %4'lük asit seviyesi tavsiye edilmiştir [20]. Bu çalışmada analizi yapılan sirkelerin toplam asit miktarları 5.04 (S5) ile 49,1 g/L (S9); uçar asitlik miktarları ise 4.66 ile 48.97 g/L arasında değişmiştir. Analizi yapılan sirke örneklerinde sadece tarafımızdan üretimi yapılan pirinç sirkelerinin toplam asit miktarı TS 1880 EN 13188 standardında belirtilen alt limit olan 40 g/L'nin üzerinde kalarak standarda uygunluk göstermiştir. S1, S2 ve S5 kodlu sirke örneklerinin toplam asit miktarları (39.78-39.34-38.71 g/L) standartta belirtilen bu değerlerin çok az altında kalmıştır. Sirke üretimi amacıyla fermantasyon

esnasında şeker azalmakta önce etil alkole sonra asetik aside dönüşmektedir. Örneklerde bulunan doğal asitin yanı sıra asetik asit fermantasyonu ile oluşan asetik asit ortamdaki asitlik oranını arttırmıştır. Akbaş ve Cabaroğlu [22], piyasadan temin ettikleri 12 farklı firmaya ait ticari sirkelerin standarda uygunluğunu belirlemiştir. Analiz edilen sirkelerin toplam asit içerikleri 3.96 ile 5.36 g/100 mL arasında, uçar asit içerikleri 3.56 ile 5.21 g/100 mL arasında ve uçmayan asit içerikleri ise 0.07 ile 0.45 g/100 mL arasında değişmiştir. Sirkelerin uçmayan asit içeriklerinin ise 0.006 ile 0.34 g/L arasında dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Kılıç [10], tarafından yapılan çalışmada sirkelerde uçmayan asit miktarları %0.02-0.46 aralığında saptanmıştır.

Tablo 1. Sirke örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri

Örnek No	pH*	Toplam Asitlik (g/L)	Uçar Asit (g/L)	Kuru Madde (g/L)	Özgül Ağırlık	Kül (%)	Alkol (%)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/L)
1	3.2±0.02b	39.78±0.05e	38.08±0.45e	7.82±0.05g	1.040±0.001	2.99±0.04d	<0.05	338.41±5.99c
2	2.78±0.005a	39.34±0.05e	38.33±0.10e	1.77±0.002c	1.018±0.002	1.96±0.08b	<0.05	354.66±14.99c
3	2.79±0.02a	33.73±0.02d	32.30±0.42d	2.26±0.03e	1.029±0.001	0.89±0.09a	<0.05	0
4	3.38±0.02d	30.76±0.08c	29.20±0.57c	2.32±0.02e	1.019±0.002	3.74±0.09f	<0.05	403.38±11.01d
5	3.18±0.02b	38.71±0.94e	36.83±0.63e	5.79±0.04	1.032±0.002	2.88±0.05d	<0.05	236.01±1.49a
6	3.39±0.02d	5.04±0.05a	1.60±0.05a	2.48±0.02f	1.025±0.002	5.20±0.18g	<0.05	526.97±36.47e
7	3.31±0.01c	29.91±0.05c	29.16±0.08c	1.03±0.03a	1.026±0.003	2.13±0.07b	<0.05	283.33±21.64b
8	3.35±0.005d	18.53±0.22b	17.92±0.23b	1.67±0.03b	1.026±0.002	3.31±0.002e	<0.05	692.93±32.98f
9	3.28±0.07bc	44.89±1.215f	43.55±1.53f	2.10±0.04d	1.036±0.001	2.33±0.01c	<0.05	514.61±39.08e

\*Küçük harfler aynı sütundaki değerler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (P<0.05).

### Toplam Kuru Madde

Toplam kuru madde açısından karşılaştırılan sirkelerin % toplam kuru madde içerikleri Tablo 1'de verilmiştir. Ticari sirke örneklerinin ve üretimi yapılan pirinç sirkelerinin kuru madde içerikleri 1.03 g/L ile 7.82 arasında belirlenmiştir. S1 ve S5 kodlu elma sirkelerinin kuru madde içeriği diğer sirkelere göre daha yüksek miktarda bulunmuştur. 2003 yılı sirke standardının da (TS 1880 EN 13188) kuru madde ile ilgili herhangi bir sınır değeri belirtilmemiştir [2].

### Özgül Ağırlık

Pirinç sirkesi ve ticari sirkelerin özgül ağırlık değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Sirke örneklerinin özgül ağırlık değerleri 1.018-1.040 (20°C/20°C) aralığında belirlenmiştir. Plessi [19], tarafından sirkelerin yoğunlukları üzerine yapılan çalışmada sirkelerin yoğunluklarının, şarap sirkelerinde 1.0130-1.0200g/cm<sup>3</sup>, balzamik sirkelerde 1.042-1.361 g/cm<sup>3</sup> ve elma sirkelerinde 1.013-1.024 g/cm<sup>3</sup> aralığında değiştiği belirlenmiştir. Şahin ve ark. [23], tarafından yapılan çalışmada öğütülmüş kuru üzümde elde edilen sirkelerde özgül ağırlıkların 1.0100-1.0119 (20°C/20°C) arasında olduğu belirlenmiştir. Ünal [18], şarap sirkelerinde yapılan çalışmada sirkelerin yoğunluklarının 1.0110-1.0135 g/cm<sup>3</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir. Gerbi ve ark. [17], 65 farklı sirke örneğinde yaptıkları çalışmada sirkelerin yoğunluklarını 1.0103-1.0136 g/cm<sup>3</sup> arasında tespit etmişlerdir. Çalışmada saptanan değerler literatür verileriyle uyum içerisinde.

### Kül

Karşılaştırmada yapılan diğer bir analiz kül miktarı tayinidir. Sirkelerin kül içerikleri Tablo 1'de verilmiştir. Sirkede yanmayan maddelerin toplamı olan kül organik yapıda anyonik ve katyonik iyonlardır. Kül içinde, potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, alüminyum, demir, bakır, kurşun, çinko, arsenik; katyonik iyonlar ve fosfatlar, sülfatlar karbonat ve klorürler; anyonik iyonlar olarak yer alırlar [24]. Yapılan çalışmada sirke örneklerinin kül içerikleri 0.9 ve 5.2 g/L arasında bulunmuştur. Örnekler içerisinde S3 kodlu elma sirkesi örneğinin 0.9 g/L ile kül içeriğinin oldukça düşük olduğu saptanmıştır. 2003 yılı sirke standardında (TS 1880 EN 13188) kül içerikleriyle ilgili herhangi bir sınır belirlenmemesine rağmen 1988 yılında çıkan eski standarda (TS 1880) üzüm sirkesinde kül içeriğinin en az 0.8 g/L olması gerektiği belirtilmiştir. Gerbi ve ark. [17], araştırmalarında inceledikleri şarap ve elma sirkelerindeki kül içeriğinin 2.03-2.25 g/L aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Ünal, [18] çalışmasında üretimi yaptığı sirke örneklerinde kül içeriğinin 1.70-1.79 g/L aralığında olduğunu bildirmiştir. Akbaş ve Cabaroğlu [22], yaptıkları çalışmada 12 farklı firmaya ait ticari sirkelerin standarda uygunluğunu belirlemiştir. Analiz edilen sirkelerin kül içerikleri 0.74 ile 3.56 g/L arasında bulunmuştur.

### Alkol

Sirke örneklerinin tamamında alkol miktarı hacimce %0.5'in altında tespit edilmiştir. Alkol miktarı sirkenin kalite ve verimliliğini ifade eden önemli parametrelerden biridir. Kusursuz sürdürülen bir asetik asit

fermantasyonun da alkolün tamamı sirke asidine okside olur. Konsantrasyon verimi %95 ile %98 olarak normaldir, eksik kalan kısım %2-5 ise büyük oranda gaz halinde kaçan kısımdır [4]. TS 1880 EN 13188'e göre kalıntı alkol oranı şarap sirkeleri dışındaki sirkelerde hacimce %0.5'den, şarap sirkelerinde ise hacimce %1.5'den fazla olmamalıdır [2]. Bu değerlere göre, tüm örnekler alkol miktarı bakımından standarda (TS 1880 EN 13188) uygun bulunmuştur. Ünal [18], tarafından yapılan çalışmalarda şarap sirkelerinde alkol miktarı hacimce %1'in altında tespit edilmiştir. Yine Gerbi ve ark. [17], tarafından sirkede yapılan çalışmada alkol oranının hacimce %0.2 ile 0.5 arasında değiştiği saptanmıştır. Şahin ve Kılıç [25], 23 şarap sirkesi örneği üzerinde yaptığı çalışmada 6 örnekte alkol miktarının hacimce %1.5'in üzerinde olduğunu bildirmiştir.

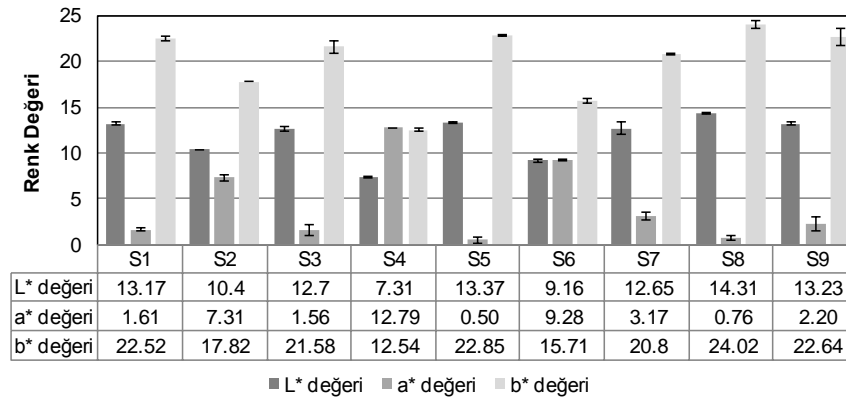
### Toplam Fenolik Madde İçeriği

Pirinç sirkesi ve ticari sirkelerin toplam fenolik madde içerikleri Tablo 1'de verilmiştir. Sirke örnekleri içerisinde en yüksek fenolik madde içeriğine sahip sirkenin S8 kodlu elma sirkesi (692.93 mg/L) olduğu belirlenmiştir. Üretimi yapılan pirinç sirkelerinin (S9) fenolik madde içeriği ise 514.61 mg/L olarak saptanmıştır. S3 kodlu ticari elma sirkesi örneğinde fenolik madde tespit edilememiş olması üretiminde taşış yapılmış olduğunu düşündürmektedir. Sirkenin %80 gibi büyük bir kısmını su oluşturmaktadır, geriye kalan %20'lik kısım ise organik asitler, alkoller, polifenoller, aminoasitler vb.'den oluşmaktadır [7]. Zengin polifenolik madde içeriği sebebi ile meyve, sebze ve bunlardan üretilen gıdalar insan sağlığı için önemlidir [26]. Doğal ve yapay sirkelerin ayrımı bakımından sirkenin bileşiminin belirlenmesi

oldukça önemlidir [8, 9]. Sirkelerin fenolik bileşik içeriği hammadde ve yöntemden etkilenmektedir [26]. Doğal sirkeler fermentasyon yoluyla elde edilir ve yapay sirkelerden bileşimlerinin belirlenmesiyle kolaylıkla ayırt edilebilir. Çünkü konsantre asetik asitin sulandırılması ile elde edilen yapay sirkenin kullanımı pek çok ülkede yasaktır. Yapay sirke, su ve asetik asitten başka herhangi bir madde içermediğinden renksizdir [8]. Bununla birlikte asetik asit fermentasyonu sırasında oluşan bazı fermentasyon yan ürünleri de içermediğinden yapay sirke ile doğal sirke kolayca belirlenebilir [9]. Araştırmacılar sirkeleri coğrafi kökenlerine ve üretim yöntemlerine göre ayırt etmede fenolik maddelerin kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır. Gerbi ve ark. [17], İtalyan, Fransız, İspanyol ve İsveç marketlerinden toplanan elma, şarap ve alkol sirkelerini kimyasal bileşimlerini (yoğunluk, toplam asit, uçur asit, kuru madde, kül ve kül alkaliliği, pH) incelemişler ve bu sirkeleri bileşimlerine göre tanımlamışlardır. Fenol bileşikleri bakımından ise en zengin olan sirkenin elma sirkesi olduğunu açıklamışlardır. Yapılan başka bir çalışmada ise toplam fenolik madde Sherry sirkesinde 200-1000 mg GAE/L aralığında belirlenmiştir [28]. Ancak bu çalışmada sadece 2 adet elma sirkelerinin (S6 ve S8) ve pirinç sirkelerinin (S9) miktarı toplam fenolik madde içeriği bakımından üzüm sirkelerinden yüksek bulunmuştur.

### Renk Değeri

Pirinç sirkesi ve ticari sirkelerin renkleri karşılaştırıldığında elde edilen analiz sonuçları Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Sirke örneklerinin renk değerleri

Pirinç sirkelerinin L\* değeri 13.23, a\* değeri 2.20 ve b\* değeri ise 22.64 tür. Elma ve üzüm sirkeleriyle karşılaştırıldığında pirinç sirkesi (S9), elma sirkelerine (S1, S3, S5, S7, S8) daha çok benzerlik göstermiştir.

### Serbest Mineral Asit İçeriği

Tablo 2'de pirinç sirkesi ve ticari sirkelerin serbest mineral asit içerikleri Var/Yok analizi yapılarak karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Serbest mineral asit sonuçları

Örnek	Var/ Yok
S1	Yok
S2	Yok
S3	Yok
S4	Yok
S5	Yok
S6	Yok
S7	Yok
S8	Yok
S9	Yok

Gıdalarda doğal olarak birçok organik asit bulunmaktadır. Bunlar ya tabii olarak yani yapısal bir bileşik halinde gıdada bulunur ya da fermantasyon yoluyla oluşurlar. Dışarıdan mineral asit ilavesi sirkenin doğal ya da yapay olduğu anlamak için kullanılır. S1 'den S9'a kadar kodlu sirke örneklerinde yapılan var/yok analizlerinde hiçbir örnekte serbest mineral asit varlığına rastlanılmamıştır.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada geleneksel yöntemle üretilen pirinç sirkesi ve çeşitli ticari sirkelerin (ısıl işlem görmemiş elma sirkeleri ve geleneksel yöntemle üretilen ev yapımı sirke, yerel marketten alınan elma ve üzüm sirkeleri) bazı kalite özellikleri saptanmıştır. Analiz sonuçlarına göre üretilen pirinç sirkesinin TS 1880 Sirke Standardı'na uygun olduğu belirlenmiştir. Pirinç sirkesinin toplam fenolik madde içeriği de, analizleri yapılan üzüm ve elma sirkeleriyle kıyaslandığında dikkat çekicidir. Ülkemizde üretilen yapılmayan pirinç sirkesi fenolik bileşik içeriğiyle pirinç sanayi atıklarının kullanılması için alternatif bir ürün olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca bu çalışmanın devamında kusurlu ve kırık pirinçlerde sirke üretimi denenerek ıskartaya çıkabilecek pirinçlerin değerlendirilme potansiyelleri araştırılmalıdır. Sonuçta bu çalışma Türkiye'de pirinç sirkesi ile yapılan ilk bilimsel çalışma olması açısından oldukça önemli olup bundan sonra yapılacak daha detaylı çalışmalara yardımcı olacak ve literatür katkısı sağlayacak niteliktedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Yelikaya, O., Açu, M., Kınık, Ö. (2011). Ülkemizde üretilen fermente süt içeceklerine bir bakış. *Food Sektör*, 61, 68-70.
- [2] Anonim, (2003). TSE-Sirke-Tarım Kökenli Sıvılardan Elde Edilen Ürün-Tarifler, Özellikler ve İşaretleme, TS 1880 EN 13188, Türk Standartları Enstitüsü Necatibey Cad. 112, Ankara.
- [3] Anonim, (2000). Proposed Draft Revised Regional Standard For Vinegar, Codex Alimentarius Commission, FAO, WHO, Rome.
- [4] Aktan, N., Kalkan, H. (1998). Sirke Teknolojisi II. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- [5] Kittelmann, M., Stamm, W., Follmann, H., Trüper, H.G. (1989). Isolation and classification of acetic acid bacteria from high percentage vinegar fermentation. *Applied Microbiology*, 30, 47-52.
- [6] Solieri, L., Giudici, P. (2009). Vinegars of the World. *Italy*, 121-133.
- [7] Casale, M., Abajo, M.J.S., Saiz, J.M.G., Pizarro, C., Forina, M. (2006). Study of the aging and oxidation processes of vinegar samples from different origins during storage by near-infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 557, 360-366.
- [8] Şahin, İ. (1982). Asit Fermantasyonları (Sirke, Laktik ve Sitrik asit Fermantasyonları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu, Teksir No. 78, 142s.
- [9] Kirk, R.S., Sawyer, R. (1991). Pearson's Composition and Analysis of Foods. 9th Edition, Longman Scientific & Technical, England, 708s.
- [10] Kılıç, O. (1976). Piyasada satılan sirkelerin bileşimleri üzerinde bir araştırma. *Gıda*, 1(4/5), 121-125.
- [11] Singleton, V.L., Rossi, J.L. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- [12] Cemeröğlu, B. (2010). Gıda Analizleri, Genişletilmiş 2. Baskı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34 Bizim Grup Basımevi. Ankara, 1-86.
- [13] Aggarwal, N.K., Nigam, P., Singh, D., Yadav, B.S. (2001). Process optimization for the production of sugar for the bioethanol industry from sorghum, a non-conventional source of starch. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 17, 411-415.
- [14] Meral, R., Saydan Kanberoğlu, G. (2012). Tahıllardan etanol üretimi. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(3), 61-68.
- [15] Türker, İ. (1963). Sirke teknolojisi ve teknikte laktik asit fermantasyonları. Ankara Üniversitesi Basımevi, 181s. Ankara.
- [16] Özkaya, H., Şahin, E., Türker, İ. (1991). Gıda bilimi ve teknolojisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı, Ankara, 443-467.
- [17] Gerbi, V., Zeppa, G., Beltramo, R., Carnacini, A., Antonelli, A. (1998). Characterization of white vinegars of different sources with artificial neural networks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78, 415-425.
- [18] Ünal, E. (2007). Dimrit üzümünden değişik yöntemlerle sirke üretimi üzerinde bir araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- [19] Plessi, M. (2003). Vinegar. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, Caballero B, Trugo L.C, Finglas P.M. (eds), Academic Press, Oxford, pp. 5996-6003.
- [20] Canbaş, A. (2008). Şarap Teknolojisi Ders Notları, (Yayınlanmamış), Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Balcalı, Adana. 165s.
- [21] Wood, B.J.B. (1985). Microbiology of fermented foods. *Elsevier Applied Science Publishers Ltd., England*, 1, 1-47.
- [22] Akbaş, M., Cabaroğlu, T. (2010). Ülkemizde üretilen bazı üzüm sirkelerinin bileşimleri ve gıda mevzuatına uygunlukları üzerine bir araştırma. *Gıda*, 35(3), 183-188.
- [23] Şahin, İ., Yavaş, İ., Kılıç, O. (1977). Kuru üzüm sirkesi üretiminde öğütme ve çeşitli katkı maddelerinin fermantasyon süresi ve verime etkileri. *Gıda*, 2(3), 95-110.
- [24] Cabaroğlu, T. (1991). Nevşehir Ürgüp bölgesinde yetiştirilen şaraplık beyaz Emir üzümü üzerinde teknolojik araştırma. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 37s.
- [25] Şahin, İ., Kılıç, O. (1981). Kuru üzüm ve şarap sirkelerinin bileşimleri ve kontrol yöntemleri üzerinde araştırma. *Gıda*, 6(6), 5-13.

- [26] Budak, H.N., Güzel-Seydim, Z.B. (2012). Sirke üretimi ve bazı fonksiyonel özellikleri [http://www.gidateknolojisi.com.tr/haber/2012/10/sirke-uretimi-ve-bazi-fonksiyonel-ozellikleri\\_](http://www.gidateknolojisi.com.tr/haber/2012/10/sirke-uretimi-ve-bazi-fonksiyonel-ozellikleri_)
- [27] Garcia-Parilla, M.C., Heredia, F.J., Troncoso, A.M. (1999). Sherry wine vinegar: Phenolic composition changes during aging. *Food Research International*, 32, 433-440.
- [28] Alonso, A.M., Castro, R., Rodriguez, M.C., Guillen, D.A., Barroso, C.G. (2004). Study of the antioxidant power of brandies and vinegars derived from Sherry wines and correlation with their content in polyphenols. *Food Research International*, 37, 715–721.
-

## Sulu Enzimatik Ekstraksiyon ile Fındık Yağında Verim ve Kalitenin Geliştirilmesi

Özge Ermiş , Caner Kazma , Duygu Kıbcı , Derya Kahveci 

Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34755 İstanbul

*Geliş Tarihi (Received): 20.01.2017, Kabul Tarihi (Accepted): 29.06.2018*

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): derya.kahveci@yeditepe.edu.tr (D.Kahveci)*

☎ 0 216 578 04 18 📠 0 216 578 04 00

### ÖZ

Son on yılda, endüstriyel yemeklik yağ üretiminde yaygın olarak kullanılan çözgen ekstraksiyon yöntemi yerine daha sağlıklı ve yağda kalite kaybını en aza indirebilecek yöntemlerin arayışı hız kazanmıştır. Sulu enzimatik ekstraksiyon, çözgen ekstraksiyon yöntemine alternatif olarak öne çıkan yöntemlerdendir. Bu çalışmada, ham fındıktan 50°C'de fındığın kütlesine göre %2 Pectinex® ya da %2 Viscozyme® enzimleri ile bu iki enzimin eşit oranda karışımı eklenerek ham yağ elde edilmiştir. Sulu enzimatik ekstraksiyon yönteminin yağ verimi ve elde edilen yağın kalite özellikleri çözgen ekstraksiyon (kloroform:metanol) yöntemi kullanılarak elde edilen yağ ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla yağların serbest asitlik ve peroksit değeri belirlenmiştir. Ham yağ ekstraksiyonu için kullanılan farklı yöntemlerin ham yağ verimi ile elde edilen yağların serbest asitlik ve peroksit değerleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). Bu denemeler sonucunda en yüksek verim  $70.74\pm 2.68$  ile Pectinex® ve Viscozyme® enzimlerinin ikili karışımı ile yapılan ekstraksiyonda sağlanmıştır. En düşük serbest asitlik ve peroksit sayısı değerleri ise Viscozyme® enzimi tek başına kullanılarak elde edilen yağlarda belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yağ ekstraksiyonu, Sulu enzimatik ekstraksiyon, Selüloz, Pektinaz

### Improvement of Crude Hazelnut Oil Yield and Quality by Aqueous Enzymatic Extraction

#### ABSTRACT

In the last decade, search for healthier methods that can minimize the loss of oil quality has increased instead of a solvent extraction method, which is commonly used in the production of edible oils in food industry. Aqueous enzymatic extraction is a potential alternative to solvent extraction. In this study, hazelnut oil was extracted from raw hazelnuts at 50°C by using 2% Pectinex®, 2% Viscozyme® or their equal mixture (2% based on hazelnut weight). The oil yield and the quality characteristics of extracted oils were compared with oils obtained by solvent extraction (chloroform:methanol). For this purpose, free acidity and peroxide values of extracted oils were determined. Results indicated that methods used for crude oil extraction had a significant effect on crude oil yield and the free acidity and peroxide values of extracted oils ( $p<0.05$ ). The highest yield ( $70.74\pm 2.68\%$ ) was obtained in the extraction containing equal mixtures of Pectinex® and Viscozyme®. The lowest free acidity and peroxide values were determined in oils obtained by Viscozyme® enzyme alone.

**Keywords:** Oil extraction, Aqueous enzymatic extraction, Cellulase, Pectinase

## GİRİŞ

Fındık, *Corylus avellana* L. ailesine ait, sert kabuklu bir meyve olarak tanımlanabileceği gibi, ağaçların çekirdeğinin içerisindeki yenilebilir kısım olarak da tanımlanabilir. Fındık yetiştiriciliği, dünyada yaygınlık açısından bademden sonra ikinci sırada gelmektedir. Fındık, en yaygın olarak, Türkiye, İtalya, İspanya, Amerika Birleşik Devletleri, Çin, İran, Yunanistan, Fransa, Azerbeycan, Rusya, Kırgızistan, Portekiz, Beyaz Rusya, Moldova, Tacikistan, Gürcistan, Ukrayna, Tunus, Macaristan, Kıbrıs ve Kamerun'da yetiştirilmektedir. Son 5 yıllık süreçte dünya fındık üretimi ortalama 778 kabuklu/bin tona çıkmıştır. Türkiye, bu üretimin %68'ini (530 kabuklu/bin ton) gerçekleştirmektedir [1]. Gıda endüstrisinde iç fındığın %80'i bisküvi, şekerleme, dondurma, pasta ve tatlı yapımında kullanılmaktadır. Üretilen fındığın iç piyasada ve ihracatta değerlendirilmeyen kısmı ise yağlık fındık olarak değerlendirilmektedir [2].

Fındık yağı tekli doymamış yağ asitlerince zengin olması nedeniyle fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmektedir. Türkiye'de üretilmiş yedi fındık çeşidi üzerinde yürütülmüş olan bir analizde, fındığın yağ asidi miktarının yetiştiği yere, kullanılan gübreye, toplanma zamanına, mevsime ve sıcaklığa göre değiştiği belirtilmiştir [3,4]. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı verilerine göre, 100 gram fındık yağında 66.04 g toplam tekli doymamış yağ asidi, 21.7 8g çoklu doymamış yağ asidi, 7.65 g toplam doymuş yağ asidi bulunmaktadır. Ayrıca fındık yağının içeriğinde palmitik asit, stearik asit, araşidik asit, behenik asit, lignoserik asit, palmitoleik asit, oleik asit ve birçok yağ asidi bulunmaktadır. Bunların yanında 100 gram fındığın içeriğinde, insan sağlığına olumlu yönde etkisi bulunan 55.25 IU E vitamini ve 37.08 mg alfa tokoferol bulunmaktadır [5,6].

Endüstride bitkisel kaynaklardan yağ eldesi için çeşitli ekstraksiyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin zaman alıcı olmaları (Soxhlet, ultra ses), pahalı olmaları (süperkritik ekstraksiyon), düşük verime sahip olmaları (presleme), yüksek enerji gereksinimleri, çevreye zararlı olmaları gibi dezavantajları bulunmaktadır [4,7]. Devazantajları bulunmasına rağmen, çözgen ekstraksiyonu, ekspeller baskı ve hidrolik presleme endüstride en çok kullanılan yöntemlerdir. Çözgen ekstraksiyonu, hızlı olması ve yağda kalıntı bırakmaması nedeniyle tercih edilmektedir [4].

Enzimler, reaksiyonların gerçekleşebilmesi için alternatif bir metabolik yolda ilerleyip reaksiyonu gerçekleştirdikten sonra herhangi bir bozulmaya uğramadan çıkmaktadırlar. Bozulmaya uğramadıkları için, birden fazla reaksiyonda tekrar tekrar kullanılabilen ve böylelikle proses maliyetlerini düşürmektedirler. Ayrıca substrata has olmaları sayesinde yalnızca hedef reaksiyonu gerçekleştirmektedirler. Proses sonrası atık su ile doğaya karışan verimi azalmış enzimler, çevre dostu şekilde amino asitlerine ayrılıp doğaya karışmaktadırlar. Bu gibi avantajları sayesinde enzimler endüstriyel reaksiyonlarda kullanılmaktadırlar [8].

Yağlı tohumlardan yağ eldesinde sulu enzimatik ekstraksiyon teknolojisi, diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre doğaya dost olmasından dolayı tercih edilebilmektedir. Ayrıca substrata özel olmaları, yağ eldesinde verimi yükseltebilmektedir [9, 10]. Enzimatik proses, yağlı tohum hücrelerinin hücre çeperlerini veya proteinleri metabolize eder [9]. Böylelikle sulu enzim ve yağlı tohumların hidroliz edilmiş kısımları reaksiyon ortamında çöktürüldüğünde, tohumların yağ kısmı elde edilmiş olur. Fakat yağlı tohumların kompleks karbonhidrat olması ve su fazının yağ ile oluşturmuş olduğu emülsiyon sistemi sebebiyle, yağın tamamını ilk seferde ve tek enzim çeşidi ile almak mümkün olmayabilir.

Bu çalışmada, sulu enzimatik ekstraksiyonu gerçekleştirmek amacıyla ticari olarak kullanılan iki enzim çeşidi (Viscozyme® ve Pectinex®) ve bunların kombinasyonu kullanılmış olup, çözgen ekstraksiyonu ile sulu enzimatik ekstraksiyonun yağ verimleri ve elde edilen yağların kalitesi karşılaştırılmıştır. Elde edilen yağların kalite özelliklerini belirlemek amacıyla serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerleri ölçülmüştür.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Deneylerde Türkiye'de yetiştirilmiş, içinde taş ve toz gibi yabancı madde bulunmayan kabuksuz fındık (*Corylus avellana*) kullanılmıştır. Fındık yağı ekstraksiyonunda Novozymes (Bagscaerd, Danimarka) firmasından bağışlanan Pectinex® Ultra SP-L (ksilanaz, pektinaz ve selülaz içerir) ve Viscozyme® -L (arabinaz, selülaz, beta glukanaaz, hemiselülaz ve ksilanaz içerir) enzimlerinden yararlanılmıştır. Kullanılan diğer bütün kimyasallar Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir.

### Metot

#### Sulu Enzimatik Yöntem İle Fındık Yağı Ekstraksiyonu

Öğütücüde (IKA A11 Basic, Almanya) öğütülen fındıktan 90 g tartılmış ve 500 mL amber şişelerde üzerine 200 mL saf su eklenerek, 1.8 g (fındık ağırlığının %2 si olacak şekilde) Viscozyme, Pectinex ve bu iki enzimin eşit oranda karışımı eşliğinde 50°C sıcaklıkta 4 saat boyunca 450 rpm hız ile karıştırma yapılarak ekstraksiyona bırakılmıştır. Belirlenen enzim konsantrasyonu, benzer çalışmalarda kullanılan aralıklar göz önüne alınarak, verimli yağ eldesini mümkün kılacak ve ekonomik üretim sağlayacak en düşük değer olarak seçilmiştir. Reaksiyon sıcaklığı, her iki enzimin optimum sıcaklık aralıkları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Tüm ekstraksiyonlar 3 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

#### Ekstraksiyon Karışımından Fındık Yağının Ayrıştırılması

Ekstraksiyon sonrasında santrifüj tüplerine alınan karışım, 20°C sıcaklıkta 8000 rpm dönüş hızında 10 dakika boyunca santrifüj işlemine (Sigma 3-30K,

Almanya) tabii tutulduktan sonra, üst fazda bulunan yağ pastör pipeti yardımıyla alınmıştır. Fındığın yapısında bulunan ve emülgatör özelliğine sahip fosfolipitler tarafından tutulan yağların alınması amacıyla karışım -20°C'de dondurulmuş ve 16 saat sonrasında çözündürme yapılarak tekrar 20°C sıcaklıkta 8000 rpm dönüş hızında 10 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve üst

fazda bulunan yağlar alınmıştır. Dondurma-çözündürme işlemleri bir kez daha tekrar edilmiş ve elde edilen bütün yağlar oksidasyonu engellemek amacıyla karanlık ortamda ve -20°C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Elde edilen yağ verimini hesaplamak için 1 numaralı denklem kullanılmıştır:

$$\% \text{ Yağ verimi} = \frac{\text{Ekstraksiyon sonucu elde edilen yağ miktarı}}{\text{Ekstraksiyona giren fındık miktarı}} \times 100 \quad (1)$$

### Çözgen ile Fındık Yağı Ekstraksiyonu ve Fındık Yağının Karışımdan Ayırılması

Çözgen ile yağ ekstraksiyonu için Bligh & Dyer yönteminden faydalanılmıştır [11]. 90 g öğütülmüş fındık, 500 mL amber şişelerde 200 mL kloroform:metanol (2:1) karışımı eşliğinde oda sıcaklığında 450 rpm karıştırma hızı ile 2 saat boyunca karıştırılmış ve karışım pompa yardımı ve buchner hunisine filtre kağıdı yerleştirilerek süzülmüştür. Bu işlem sonrasında elde edilen karışımdaki çözgen, 45°C sıcaklıkta dönerli buharlaştırıcıda (BUCHI, Almanya) 250 mbar basınçta uzaklaştırılmış ve elde edilen fındık yağı -20°C sıcaklıkta karanlık ortamda muhafaza edilmeden önce 0.2 g sodyum sülfat eklenmiştir. Tüm ekstraksiyonlar 3 tekrarlı olacak şekilde

gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yağ verimini hesaplamak için 1 numaralı denklem kullanılmıştır.

### Fındık Yağında Serbest Yağ Asidi Miktarının Belirlenmesi

Çözgen ve enzimatik ekstraksiyon sonucunda elde edilen fındık yağından 2.5 g, 50 mL hacmindeki erlene tartılmış, 50 mL etil alkol kullanılarak yağın çözünmesi sağlanmış, daha sonra 1 mL %1'lik fenoltalein indikatörü eşliğinde 0.05 N NaOH ile titrasyon yapılmıştır [12]. Serbest yağ asitliği sonucu % oleik asit cinsinden ifade edilmiş ve sonuçlar hesaplanırken 2 numaralı denklemden faydalanılmıştır. Tüm analizler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

$$\% \text{ oleik asit cinsinden serbest yağ asitliği} = \frac{V \times N \times 282}{m} \times 100 \quad (2)$$

V: Sarf edilen NaOH miktarı (mL)  
N: NaOH çözeltisinin normalitesi (mol/L)  
282: Oleik asitin molekül ağırlığı (g/mol)  
m: Analiz edilen yağın miktarı (g)

### Fındık Yağında Peroksit Miktarının Belirlenmesi

Fındık yağındaki peroksit değerinin belirlenmesinde IDF (74A:1991) metodu kullanılmıştır [13]. Öncelikle FeCl<sub>2</sub> çözeltisi hazırlamak için 0.2 g baryum klorür dihidrat 25 mL saf suda çözülmüştür, daha sonra bu çözelti yavaş bir şekilde ve karıştırma eşliğinde 0.25 g FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ve 25 mL su ile hazırlanan demir(II) sülfat çözeltisine eklenmiştir. Bu işlemin devamında, bu çözeltiye 2 mL 10 N HCl eklenmesi sonucu çöken baryum sülfat filtre kağıdıyla 3 kez süzülüş, böylece berrak bir demir (II) çözeltisi elde edilmiştir. Elde edilen bu demir (II) çözeltisi amber şişe ve karanlık bir ortamda muhafaza edilmiştir. Diğer taraftan analizde kullanılan başka bir çözelti olan amonyum tiyosiyanat çözeltisini hazırlamak için 1.5 g amonyum tiyosiyanat saf suda çözülmüş ve hacmi 5 mililitreye tamamlanmıştır. Fındık yağının peroksit sayısını belirlemek için cam bir tüpe 0.3 g fındık yağı tartılmış, üzerine 9.8 mL kloroform:metanol (7:3, v/v) çözeltisi eklendikten sonra 2-4 saniye vortekle karıştırılmıştır. Daha sonra bu çözeltiye 50 µL amonyum tiyosiyanat çözeltisi eklenerek tekrar 2-4 saniye vortekste karıştırıldıktan sonra üzerine 50 µL demir (II) çözeltisi eklenerek bir kez daha vortekste 2-4 saniye karıştırma işlemi yapılmıştır. Son olarak, bu karışım 5 dakika boyunca karanlıkta bekletilmiş ve 500 nm dalga boyunda yağ hariç bütün kimyasalları içeren kör çözeltiye karşı spektrofotometrede (Thermo Evolution

220, Almanya) analiz edilmiş ve absorbans değerleri belirlenmiştir. Bütün bu işlemler loş ışıkta, 10 dakika içinde ve 3 paralelli olarak yapılmıştır. Peroksit sayısının hesaplanmasında 3 numaralı denklemden faydalanılmıştır:

$$\text{Peroksit Sayısı} = \frac{(A_s - A_b) \times m}{55.84 \times m_o \times 2} \quad (3)$$

A<sub>s</sub>: Yağ örneğinin absorbans değeri  
A<sub>b</sub>: Kör çözeltinin absorbans değeri  
m: Kalibrasyon eğrisinin eğimi (Bu IDF metoduna göre 41.52 olarak belirlenmiştir.)  
55.84: Demir elementinin molekül ağırlığı (g/mol)  
m<sub>o</sub>: Yağ örneğinin miktarı (g)

### İstatistiksel analiz

Tüm deneyler 3 tekrarlı olarak yapılmış ve sonuçlar ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir. Farklı yöntemlerle elde edilen verim, serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerleri, SPSS programında ANOVA testine tabii tutulmuş ve p<0.05 düzeyinde farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Yağ verimlerinin karşılaştırılması

Yöntem seçiminde en önemli parametre olarak görülen yağ veriminin kullanılan çözgen ve sulu enzimatik ekstraksiyon yöntemleri ile değişimi, Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı yöntemlerle elde edilen fındık yağı verimleri<sup>1</sup>

Ekstraksiyon Yöntemi	Yağ Verimi (%)
Çözgen	36.27±2.09 <sup>ab</sup>
Pectinex®	25.61±6.82 <sup>b</sup>
Viscozyme®	35.73±4.80 <sup>ab</sup>
Pectinex® & Viscozyme®	42.45±1.60 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Her ekstraksiyon 3 tekrarlı yapılmış ve veriler ortalamaya±standart sapma şeklinde verilmiştir. Sütündeki farklı harfler, ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkları ifade etmektedir ( $p<0.05$ ).

En yüksek verim Pectinex® ve Viscozyme® enzimlerinin birlikte kullanılmasıyla yapılan ekstraksiyonda, en düşük verim ise yalnızca Pectinex® enzimiyle yapılan ekstraksiyonda elde edilmiştir. Bu iki ekstraksiyon koşuluyla elde edilen verimler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Hücre çeperine etki eden enzimlerden Viscozyme® içerisindeki arabinaz, selülaz, beta glukanz, hemiselülaz ve ksilanaz enzimlerinin, Pectinex® içerisindeki silanz, pektinaz ve selülaz enzim karışımından daha yüksek yağ verimi sağladığı görülmektedir. Bu durum, endüstriyel üretimde stok kısıtı durumunda, Viscozyme® kullanımına öncelik sağlanması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca iki enzim karışımı farklı yüzdelerde kullanılarak, en yüksek yağ eldesinin sağlandığı yüzde belirlenerek verim yüzdesi ileriki çalışmalarda konu edilecektir.

En yüksek verimin iki farklı enzimin birlikte kullanılmasıyla elde edilmiş olması, beklenen bir sonuçtur. Viscozyme® enzimi selülaz, hemiselülaz, arabinaz gibi enzimleri içerdiğinden fındık hücre duvarlarını parçalayarak hücre içinde hapsolmuş yağ partiküllerinin sulu ortama geçişini kolaylamıştır [14]. Diğer yandan, Pectinex® enziminin hücre duvarında bol miktarda bulunan ve fındık yağının ortama geçişini engelleyici özelliğe sahip olan pektin bileşenini

parçalama yeteneğinden faydalanılmıştır. Böylece en yüksek verim elde edilmiştir. Pectinex® ya da Viscozyme® enzimleri tek başına kullanıldığında çözgen (kloroform:metanol) ile elde edilen verime ulaşamamıştır. Bunun en büyük sebeplerinden biri, kullanılan çözgenlerin yağı çözebilme gücünün suya göre daha fazla yüksek olmasıdır. Bir diğer deyişle, fındık hücreleri ve çözgen arasındaki yağın kütle transfer hızı suya göre oldukça yüksektir. Bu nedenle hücre duvarı ya da pektin parçalama özelliği olmadan da yüksek miktarda yağ elde etmek mümkündür. Yapılan bir çalışmada da, susamdan hekzan kullanılarak Soxhlet ekstraksiyon ile elde edilen yağ verimi, Vizcozyme ile elde edilen verimden yüksek bulunmuştur [15].

Sudan arındırılmış ayçiçeği küspesinin sulu enzimatik ekstraksiyonunu etkileyen parametrelerin incelendiği bir çalışmada, proteaz (Protex® 7L) ve selülaz (Multifect CX 13L) enzimleri değişik miktarlarda kullanılmış, her iki enzimin 0.02 oranında kullanıldığı ekstraksiyonda verimin %40 ile en yüksek değerine ulaştığı belirtilmiştir [16]. Bu çalışmada, fındık yağı ekstraksiyonu için yukarıda verilen sonuçları destekleyici şekilde, iki farklı enzimin karışımı kullanılarak, enzimlerin tek başına kullanıldığı duruma göre daha yüksek verim sağlanmıştır. Benzer bir çalışmada Jatropha (Hint fıstığı) tohumu yağı üretimi amacıyla, proteaz (Protizyme®), pullulanaz (Promozyme®) ve pektinaz (Pectinex® Ultra SP-L) ile fermentasyon ile elde edilmiş ve saflaştırılmamış selülaz enzimleri ve bu enzimlerin karışımı ile yapılan sulu enzimatik ekstraksiyon sonucunda elde edilen yağ verimini incelenmiştir. En yüksek verim, %49 ile bu dört enzimin birlikte kullanıldığı ekstraksiyonda elde edilmiştir [17]. Bu çalışmada da mevcut çalışmadaki sonuçları destekler nitelikte bulgular elde edilmiştir. Yağın hücrelerden transferine direnç gösteren farklı yapılar ne kadar çok parçalanırsa yağ verimi de o denli artış göstermektedir.

### Fındık yağının kalite özelliklerinin karşılaştırılması

Serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerleri, yağlarda kalitenin belirlenmesinde en önemli karakteristik özelliklerdir. Çözgen ve sulu enzimatik ekstraksiyon sonucunda elde edilen yağların kalitesinin karşılaştırılması amacıyla serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı analiz edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı yöntemlerle elde edilen fındık yağında kalite özellikleri<sup>1</sup>

Parametre	Ekstraksiyon yöntemi			
	Çözgen	Pectinex®	Viscozyme®	Pectinex® & Viscozyme®
Serbest yağ asidi içeriği (% oleik asit)	0.53 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.26 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.33 ± 0.02 <sup>c</sup>
Peroksit sayısı (mEq/kg)	0.958 ± 0.248 <sup>a</sup>	0.148 ± 0.059 <sup>b</sup>	0.093 ± 0.023 <sup>b</sup>	0.084 ± 0.018 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Her ekstraksiyon 3 tekrarlı yapılmış ve veriler ortalamaya±standart sapma şeklinde verilmiştir. Satırdaki farklı harfler, ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkları ifade etmektedir ( $p<0.05$ ).

Çözgen ekstraksiyonu ile elde edilen fındık yağının en yüksek asitliğe sahip olduğu ve onu sırasıyla Pectinex®, Pectinex® & Viscozyme® ve Viscozyme® enzimleriyle yapılan ekstraksiyonların izlediği tespit edilmiştir. Ayrıca

enzimatik ekstraksiyon ile elde edilen yağların serbest asitlik değerlerinin, çözgen ekstraksiyonu ile elde edilen yağın değerlerine göre istatistiksel olarak önemli derecede düşük olduğu görülmüştür. Bu da enzimatik



ekstraksiyonun elde edilen yağın kalitesini büyük oranda koruduğunu gözler önüne sermiştir. Soğuk çözgenle yağ eldesinde kullanılan metanol-kloroform karışımı, farklı polarlıktaki (kloroform: 4,1 ; metanol: 5,1) solventlerin çözme yeteneğinin yüksek oluşundan dolayı çift fazlı olarak kullanılmıştır [18]. Metanolla fındık içerisinde su fazında çözünebilen biyoyararlı kısım elde edilirken, yağ fazında çözünen kısım ise kloroform ile elde edilmektedir. Çift fazlı solvent ekstraksiyonu, elde edilen yağ kalitesini ölçmek için daha sonraki çalışmalar için altyapı oluşturmaktadır [18,19]. Literatürde benzer çalışmalarda farklı sonuçlar rapor edilmiştir. Örneğin kamelya çekirdek yağı üretiminde hekzan kullanılarak Soxhlet ekstraksiyon ile elde edilen yağın serbest yağ asidi miktarı, sulu enzimatik ekstraksiyon ile elde edilen yağa kıyasla daha düşük çıkmıştır [20]. *Pinus pumila* çekirdek yağının eldesinde sulu enzimatik ekstraksiyon ile Soxhlet ekstraksiyon karşılaştırıldığında, serbest yağ asidi miktarları oldukça yakındır (sırasıyla 2.88 ve 2.72 mg KOH/g) [21]. Diğer yandan, çözgen ekstraksiyonuna kıyasla daha düşük serbest yağ asidi içeren yağ eldesine olanak sağlayan sulu enzimatik ekstraksiyon prosedürleri de rapor edilmiştir [15,22-25]. Bu çalışmalarda enzimatik yöntem, yüksek sıcaklıkta hekzan ile yapılan çözgen ekstraksiyonu ile karşılaştırılmış olduğundan, serbest yağ asidi miktarının düşük olması, ılımlı reaksiyon koşullarına bağlanmıştır. Mevcut çalışmada çözgen ekstraksiyonu oda sıcaklığında yapılmışsa da, yağ ve çözgen fazlarının birbirinden ayrılması amacıyla yapılan distilasyon işleminde asitliğin bir miktar atmış olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 2'de verilen peroksit sayısı sonuçlarına göre, çözgen ekstraksiyonu ile elde edilen yağın peroksit sayısı, farklı enzimlerle elde edilen yağa kıyasla 9 ila 10 kat daha yüksektir. En düşük peroksit sayısının, aynı zamanda en fazla yağ veriminin elde edildiği Pectinex & Viscozyme enzimlerinin karışımı ile yapılan ekstraksiyon sonucunda elde edilen fındık yağında olduğu görülmüştür. Ayrıca peroksit sayısı bakımından çözgen ekstraksiyonu ile enzimatik ekstraksiyon arasında istatistiksel olarak önemli derecede bir fark olduğu görülmektedir. Literatürde hekzan kullanılarak Soxhlet ekstraksiyon ile elde edilen yağ, sulu enzimatik ekstraksiyon ile elde edilen yağ ile kıyaslandığında, mevcut sonuçlara benzer şekilde peroksit sayısının enzimatik üretim ile düşürülebildiği belirtilmiştir [15,20-23,26]. Ayrıca soğuk pres ile sulu enzimatik ekstraksiyonun karşılaştırıldığı çalışmalarda da enzimatik yöntem ile daha düşük peroksit sayısına sahip yağ elde edilebilmiştir [22,23,26]. Burada etken olan özelliğin, peroksit sayısı tayininde miktarı ölçülen hidroperoksit bileşiklerin suda çözünür olmaları ve buna bağlı olarak yağda ölçülen değer düşmesi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Türkiye'de yetiştirilen fındık çeşitlerinde antioksidan karaktere sahip olan alfa tokoferol miktarının, yetiştirildiği coğrafyaya göre değişkenlik gösterse de, yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir [27]. Bu bakımdan fındık yağı ekstraksiyonunda kullanılan, pektin ve hücre duvarını parçalayıcı özelliğe sahip olan enzimlerin, yağda çözünen alfa tokoferol ve diğer antioksidan özelliğe sahip bileşenlerin yağa geçişini artırarak yağda

oksidasyonu azalttığı bilinmektedir [26]. Enzimatik ekstraksiyonun çözgen ekstraksiyonuna göre daha yüksek sıcaklıkta ve uzun süreli yapılması ve buna rağmen peroksit değerinin enzimatik ekstraksiyonda daha düşük çıkması, antioksidan özellikteki bileşenlerin yağı oksidasyondan korumasıyla ilişkilendirilebilir.

## SONUÇ

Fındık yağı üretiminde çözgen ekstraksiyonuna alternatif olarak sulu enzimatik ekstraksiyon yöntemi kullanılarak hem daha yüksek verimde yağ elde edilmiş, hem de elde edilen yağın kalitesi serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerleri bakımından iyileştirilmiştir. Enzimatik ekstraksiyonda az miktarda enzim kullanılması ve çözgen kullanılmaması, bu yöntemi daha çevre dostu bir uygulama yapmaktadır. Bu avantajlarının yanı sıra kullanılan enzimatik ekstraksiyonun büyük ölçekte kullanılmasını zorlaştıracak yönlerinden biri, emülsiyon oluşumu sebebiyle ekstraksiyon karışımından yağın ayrıştırılmasının güçlüğü olmakla beraber, mevcut çalışmada kullanılmış olan dondurma-çözündürme metodunun yanı sıra emülsiyonun tekrar enzimatik hidrolize tabi tutulması yoluna gidilebilir. Elde edilen yağın kalite kriterleri, enstrumental analizlerle yağ asidi kompozisyonu ve biyoyararlı maddeler belirlenerek çalışma geliştirilebilir. Tüm kalite kriterleri sağlandıktan sonra, metanol:kloroform karışımı ve enzim ile muamele edilmiş fındık örnekleri duyuşsal olarak değerlendirilerek raf ömrü çalışmalarına katkı sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Anonim, (2015). Fındık sektör raporu, 2014, Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [2] Yavuz G.G., Polat, K. (2012). Durum ve Tahmin Fındık 2011/2012, *TEPGE* Yayın No: 1918 ISBN: 978-975-407-338-6 ISSN: 1306-0260, T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ankara.
- [3] Taş, N.G., Gökmen V. (2015). Profiling triacylglycerols, fatty acids and tocopherols in hazelnut varieties grown in Turkey, *Journal of Food Composition and Analysis*, 44, 115-121.
- [4] Tunç, İ., Çalışkan, F., Özkan, G., Karacabey, E. (2014). Mikroalga destekli Soxhlet cihazı ile fındık yağı ekstraksiyonunun yanıt yüzey yöntemi ile optimizasyonu. *Akademik Gıda Dergisi*, 12(1), 20-28.
- [5] Fındık yağı (Türkomp Gıda Kodu: 05.02.0004), Sıvı ve Katı Yağlar, Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı verisi (Son erişim: 15.11.2016).
- [6] Kavrulmuş Fındık, İç (Türkomp Gıda Kodu: 09.02.0057), Meyve ve Meyve Türleri, Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı Verisi (Son erişim: 15.11.2016).
- [7] Kwaku, T., Ohta, Y. (1997). Aqueous extraction of coconut oil by an enzyme-assisted. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 497-502.
- [8] Holum, J. (1968). Elements of General and Biological Chemistry, 2nd edition, Wiley, New York, 377p.
- [9] Rosenthal, A., Pyle, D.L., Niranjan, K. (1996). Aqueous and enzymatic processes for edible oil

- extraction. *Enzyme and Microbial Technology*, 19(6), 402-420.
- [10] Singh, R.K., Sarker, B.C., Kumbhar, B.K., Agrawal, Y.C., Kulshreshtha, M.K. (1999). Response surface analysis of enzyme assisted oil extraction factors for sesame, groundnut and sunflower seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 36(6), 511-514.
- [11] Bligh, E.G., Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911-917.
- [12] Leitgeb, M., Knez, Ž. (1990). The influence of water on the synthesis of n-butyl oleate by immobilized *Mucor miehei* lipase. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67(11), 775-778.
- [13] Shantha, N.C., Decker, E.A. (1994). Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal of AOAC International*, 77(2), 421-424.
- [14] Concha, J., Soto, C., Chamy, R., Zuniga, M.E. (2004). Enzymatic pretreatment on rose-hip oil extraction: hydrolysis and pressing conditions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(6), 549-552.
- [15] Latif, S., Anwar, F. (2011). Aqueous enzymatic sesame oil and protein extraction. *Food Chemistry*, 125, 679-684.
- [16] Campbell, K.A., Vaca-Medina, G., Glatz, C.E., Pontalier, P.Y. (2016). Parameters affecting enzyme-assisted aqueous extraction of extruded sunflower meal. *Food Chemistry*, 208, 245-251.
- [17] Shah, S., Sharma, A., Gupta, M.N. (2005). Extraction of oil from *Jatropha curcas* L. seed kernels by combination of ultrasonication and aqueous enzymatic oil extraction. *Bioresource Technology*, 96(1), 121-123.
- [18] Anonim, (2017). Polarity Index, Louisiana State University, USA. <http://macro.lsu.edu/HowTo/solvents/Polarity%20index.htm> (Erişim Tarihi: 01.11.2016).
- [19] E.Choek., Min D.B. (2009). Mechanisms of Antioxidants in the Oxidation of the Food, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 345, 358.
- [20] Fang, X., Fei, X., Sun, H., Jin, Y. (2016). Aqueous enzymatic extraction and demulsification of camellia seed oil (*Camellia oleifera* Abel.) and the oil's physicochemical properties. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118, 244-251.
- [21] Chen, F., Zhang, Q., Gu, H., Yang, L. (2016). An approach for extraction of kernel oil from *Pinus pumila* using homogenate-circulating ultrasound in combination with an aqueous enzymatic process and evaluation of its antioxidant activity. *Journal of Chromatography A*, 1471, 68-79.
- [22] Mehanni, A.E.S., El-Reffaei, W.H.M., Melo, A., Casal, S., Ferreira, I.M.P.L.V.O. (2017). Enzymatic extraction of oil from *Balanites aegyptiaca* (desert date) kernel and comparison with solvent extracted oil. *Journal of Food Biochemistry*, 41, e12270-e12275.
- [23] Tan, Z.J., Yang, Z.Z., Yi, Y.J., Wang, H.Y., Zhou, W.L., Li, F.F., Wang, C.Y. (2016). Extraction of oil from flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) using enzyme-assisted three-phase partitioning. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 179, 1325-1335.
- [24] Latif, S., Diosady, L.L., Anwar, F. (2008). Enzyme-assisted aqueous extraction of oil and protein from canola (*Brassica napus* L.) seeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(10), 887-892.
- [25] Li, X.J., Li, Z.G., Wang, X., Han, J.Y., Zhang, B., Fu, Y. J., Zhao, C. J. (2016). Application of cavitation system to accelerate aqueous enzymatic extraction of seed oil from *Cucurbita pepo* L. and evaluation of hypoglycemic effect. *Food Chemistry*, 212, 403-410.
- [26] Ezech, O., Niranjana, K., Gordon, M.H. (2016). Effect of enzyme pre-treatments on bioactive compounds in extracted tiger nut oil and sugars in residual meals. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93, 1541-1549.
- [27] Ozdemir, M., Ackurt, F., Kaplan, M., Yildiz, M., Loker, M., Gurcan, T., Seyhan, F.G. (2001). Evaluation of new Turkish hybrid hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties: fatty acid composition,  $\alpha$ -tocopherol content, mineral composition and stability. *Food Chemistry*, 73(4), 411-415.

## Spirulina'dan (*Spirulina platensis*) Klorofil-a ve Fikosiyanin Pigment Ekstraksiyonuna Ultrasonikasyon Süresinin Etkisi

Salih Aksay  , Rıdvan Arslan 

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 33343, Mersin

Geliş Tarihi (Received): 17.09.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 10.10.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [saksay@mersin.edu.tr](mailto:saksay@mersin.edu.tr) (S. Aksay)

☎ 0 324 361 00 01 📠 0 324 361 00 32

### ÖZ

Mikroalgelere olan ilgi protein, elzem yağ asitleri, vitaminler ve pigmentler gibi besinsel bileşenler yönünden oldukça zengin olmaları nedeniyle giderek artmaktadır. *Spirulina platensis*'in rengi mavi fikosiyanin ve yeşil klorofil pigmentlerinden ileri gelmekte olup bu pigmentler süt ürünleri, jöle ve sakız gibi gıda ürünleri ile eczacılıkta renklendirici olarak kullanılabilir. Spirulinadan pigment ekstraksiyonunda çözümlerle ekstraksiyon, süperkritik akışkan, dondurma/çözdürme, sonikasyon ve enzimasyon gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada farklı sürelerde ultrasonikasyon uygulamasının (1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45 ve 60 dakika) metanol ve sulu sodyum nitrat çözeltisiyle (%1.5 NaNO<sub>3</sub>) klorofil-a ve fikosiyanin ekstraksiyonuna ve elde edilen pigmentlerin antioksidan aktivitesine (FRAP: Ferric İndirgeme Antioksidan Potansiyel) etkisi incelenmiştir. Ultrasonikasyon sonrası metanol ve sodyum nitratla çözümlerle ekstraksiyonu 120 dakika boyunca manyetik karıştırıcıyla ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Klorofil-a derişimi kontrol örneğinde 6.75 mg/g kuru spirulina olarak bulunurken; sonikasyon uygulama süresiyle artarak 30. dakikada 7.70 mg/g kuru spirulina derişime ulaşmış ve sonrasında sabit kalmıştır. Kontrol örneğinin fikosiyanin derişimi 34.52 mg/g spirulina bulunurken, sonikasyon uygulama süresiyle artarak 45. dakikada 51.83 mg/g kuru spirulina derişime ulaşmış ve sonrasında sabit kalmıştır. En yüksek antioksidan aktivite 60 dakika sonikasyon ardından çözümlerle ekstraksiyonda elde edilmiş ve klorofil-a ile fikosiyanin için sırasıyla 15.74 mg/g ve 11.98 mg/g olarak bulunmuştur. Sonuç olarak klorofil-a metanol ekstraksiyonu öncesi 30 dakika ultrasonikasyon, fikosiyanin sodyum nitrat ekstraksiyonu öncesi 45 dakika ultrasonikasyon işlem süreleri önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Spirulina platensis*, Ultrasonikasyon, Klorofil-a, Fikosiyanin, Antioksidan aktivite

### Effects of Ultrasonication Time on Chlorophyll-a and Phycocyanin Pigment Extraction from *Spirulina platensis*

#### ABSTRACT

Interest on microalgae has increased in food, pharmacy and cosmetic industries because of their high nutrient contents such as proteins, essential oils, vitamins and pigments. Phycocyanin and chlorophyll, which are responsible for blue and green pigments in *Spirulina*, are used as colorants in foods such as dairy products, chewing gums and jellies, and pharmacy. For pigment extraction from *Spirulina*, various methods are used such as solvent extraction, supercritical solvent, freezing/thawing, sonication and enzymation. In this study, the effect of ultrasonication process time on the extraction of phycocyanin and chlorophyll-a prior to the application of solvent extraction with methanol and aqueous sodium nitrate solution (1.5% NaNO<sub>3</sub>), and the antioxidant activity (FRAP, Ferric Reducing Ability of Plasma) of extracts were determined. Ultrasonication for 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45, and 60 minutes were applied prior to methanol and NaNO<sub>3</sub> solvent extraction for 120 minutes at room temperature. Chlorophyll-a concentration with 6.75 mg/g dry spirulina for control sample increased to 7.70 mg/g dry spirulina by 30 minute sonication process, and it remained constant at further sonication times. Moreover, phycocyanin concentration with 34.52 mg/g dry spirulina for

control sample increased to 51.83 mg/g dry spirulina up to 45 minute sonication process and remained constant at further sonication. Antioxidant activity of chlorophyll-a and phycocyanin were 15.74 mg/g and 11.98 mg/g, respectively for 60 minutes sonic application followed by solvent extraction. In conclusion, prior to solvent extraction, 30 minute sonication process is recommended for chlorophyll-a while 45 minute process for phycocyanin.

**Keywords:** *Spirulina platensis*, Ultrasonication, Chlorophyll-a, Phycocyanin, Antioxidant activity

## GİRİŞ

Mikroalgler zengin besin içeriği ve sağlık üzerindeki etkileri nedeniyle farklı alanlarda kullanılmakta olup, insanlar tarafından yüzyıllardır gıda ve gıda katkıları olarak tüketilmektedir. Mikroalglerin besin kompozisyonu, karbonhidratlar, proteinler, vitaminler, lipidler, antioksidanlar ve diğer iz elementler gibi farklı kimyasal ve biyolojik bileşiklerden oluşmaktadır. Mikroalglerin içerdikleri bileşiklerin biyoaktif özellikleri sayesinde, sağlık üzerindeki yararları etkileri; antiviral, antikanser, antidiyabetik, antibiyotik, antioksidan, prebiyotik, probiyotik, bağışıklık sistemi güçlendiricisi, kardivasküler sistem koruyucusu, hipokolesterolemik ve antiaterojenik şeklinde sıralanabilir. Bunların yanında, antibiyotik ve antibakteriyel olarak kullanılan farklı ürünler de alglerden elde edilebilmektedir [1]. Endüstriyel açıdan değerli olan birçok bileşiğin özellikle pigmentlerin elde edilmesinde, gıda endüstrisinde sağlık amaçlı, proteince zengin ve fonksiyonel besleyici özelliğe sahip, düşük kalorili gıda üretiminde de mikroalglerin kullanımı bulunmaktadır [2-4]. Ayrıca mikroalglerin toprak zenginleştirme, hayvan yemi, atık su arıtım, biyodizel üretimi, hidrojen üretimi, losyon, cilt kremi, pigment üretimi gibi kullanımları da bulunmaktadır [5-8].

Mikroalgler (*Chlorella*, *Dunaliella* ve *Spirulina* gibi) sadece gıda üretimi için değil, aynı zamanda pigment gibi ticari önemi olan kimyasalların elde edilmesi açısından da önemli canlılardır. Üretilen pigment türüne göre değişkenlik gösterirken, genel olarak mikroalg hücre kuru ağırlığının %0.5-1.5'i kadar klorofil, %0.1-0.2'si kadar karotenoid ve %14-20'si kadar fikobiliprotein gibi pigmentleri üretebilmektedirler. Yalnız *Dunaliella* türü kuru ağırlığının yaklaşık %14'üne kadar  $\beta$ -karoten üretebilmektedir. Ticari olarak üretimi yapılan mikroalgler *Dunaliella salina* ve *Scenedesmus acutus*'tan  $\beta$ -karoten, *Spirulina sp.*'den fikosiyanın, *Haematococcus pluvialis*'ten astaksantin, *Nannochloropsis oculata*'dan ksantofil, *Muriellopsis sp.*'den Lutein ve *Porphyridium cruentum*'dan Fikoeritrin üretilmektedir. *Spirulina platensis*'ten elde edilen mavi renkli fikosiyanın pigmenti, bir antioksidan olarak bağışıklık sistemini güçlendirici ve anti-inflamatuar etkiye sahiptir. Fikosiyanın, stabilitesi nedeniyle kozmetik formülasyonlarda ve gıda renklendiricisi olarak da kullanılabilirliği belirtilmiştir [2, 9-11].

*Spirulina platensis*, genellikle birkaç milimetre uzunluğunda ve çapı 3-12  $\mu$ m silindirik hücrelerden oluşan, spiral şekilli bir prokaryotik organizma olup, yüksek sıcaklıklarda (35-38°C) ve yüksek alkali ortamda üreyebilmektedir. Özellikle Asya, Güney Amerika ve Afrika kıtalarında beslenme amacıyla ve besin destek maddesi olarak kullanılan *Spirulina*, modern

biyoteknolojik yöntemler kullanılarak dünyada ticari anlamda en fazla üretimi yapılan bir siyanobakteridir. *Spirulina platensis* %55-70 protein oranında içeren, esansiyel aminoasit ve yağ asitleri, Fe ve Ca minerallerince ve vitamince zengin, biyoaktif özellikteki klorofil, karoten ve mavi renkli fikosiyanın pigmentlerini yüksek miktarlarda yapılarında bulundurmaktadır. Spirulinadan pigment ekstraksiyonunda çözümlerle ekstraksiyon, süperkritik akışkan, dondurma/çözdürme, sonikasyon ve enzimasyon gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır [4, 5, 12, 13].

Bu çalışmada farklı sürelerde ultrasonikasyon uygulamasının (1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45 ve 60 dakika) metanol ve sulu sodyum nitrat çözeltisiyle (%1.5 NaNO<sub>3</sub>) klorofil ve fikosiyanın ekstraksiyonuna ve elde edilen pigmentlerin antioksidan aktivitesine (FRAP: Ferric Reducing Ability of Plasma) etkisi incelenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

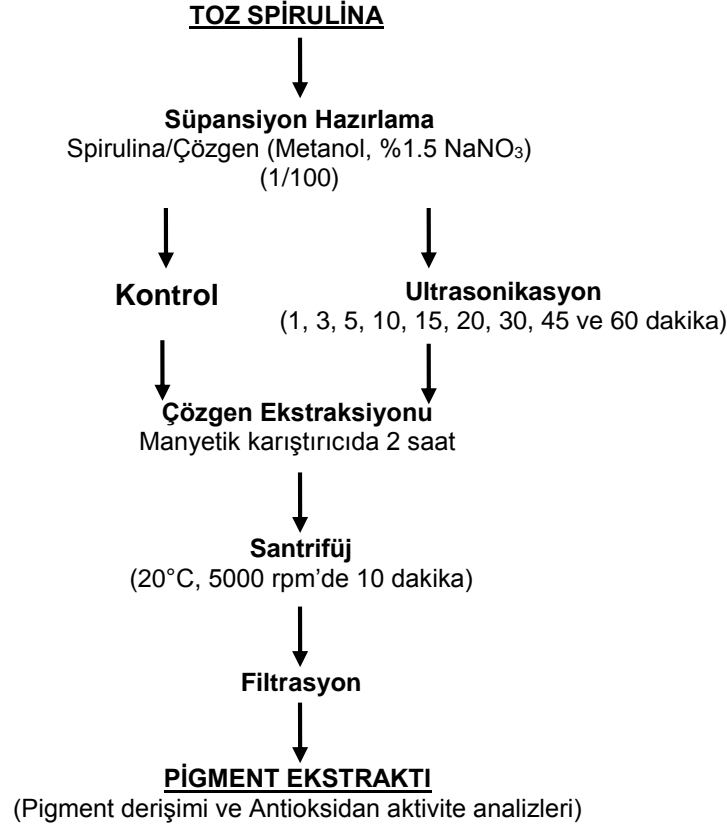
Çalışma materyali olarak, CN Lab Nutrition Asian Group (Shaanxi, Çin) işletmesinden temin edilen %100 *Spirulina platensis* tozu kullanılmıştır. Toz spirulina materyali kullanım süresince -20°C derin dondurucuda saklanmıştır.

### Pigment Ekstraksiyonu

*S. platensis*'den klorofil-a ekstraksiyonu Macías-Sánchez ve ark. [14] önerdiği saf metanol, fikosiyanın ekstraksiyonu Boussiba ve Richmond [15] önerdiği %1.5'lik sodyum nitrat sulu çözeltileri kullanılarak yapılmıştır. Kontrol olarak kullanılan çözen ekstraksiyonu uygulamasında 0.5 g toz *Spirulina* tartılarak 50 mL çözen içerisinde (katı/sıvı oranı 1/100 olarak kullanılmıştır) süspansiyon hazırlanmıştır. Süspansiyon ortam sıcaklığında 2 saat manyetik karıştırıcıda karıştırma işleminden sonra 20°C sıcaklıkta 5000 rpm'de santrifüj (J.P. Selecta Medifriger BL-S, İspanya) edilmiştir. Klorofil-a derişimi berrak metanol pigment çözeltisi filtre edildikten sonra spektrofotometrede (Agilent Cary 60 UV-Vis, Malezya) 666 nm dalga boyundaki absorbans değeri ölçülerek hesaplanmıştır (Klorofil-a (mg/g) = 13.9 x A<sub>666</sub>). Fikosiyanın derişimi ise santrifüj sonrası berrak sodyum nitrat çözeltisinin spektrofotometrede 620 nm dalga boyundaki absorbans değeri ölçülerek hesaplanmıştır (Fikosiyanın (mg/g) = 137 x A<sub>620</sub>). Ultrasonikasyon sürelerinin pigment ekstraksiyonunun etkisini incelemek için hazırlanan *Spirulina* süspansiyonu 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45 ve 60 dakika süreyle 53 kHz ultrasonik banyoda (Kudos, Ultrasonic Cleaner, SK1200H, 53 kHz, 50W) tutulmuştur. Ultrasonikasyon sonrasında çözenle

manyetik karıştırıcıda karıştırma işlemi 2 saate tamamlanarak kontrol örnekleriyle aynı işlemler uygulanmış, klorofil-a ve fikosiyenin derişimleri hesaplanmıştır. Ekstraksiyon ve pigment analizleri ikişer

tekrar ve iki paralel olarak yapılmıştır. Şekil 1'de Toz *Spirulina platensis*'ten çözgen ve ultrasonikasyon işlemiyle pigment ekstraksiyonu akım şeması verilmiştir.



Şekil 1. Toz *Spirulina platensis*'ten çözgen ve ultrasonikasyon uygulamalarıyla pigment ekstraksiyonu

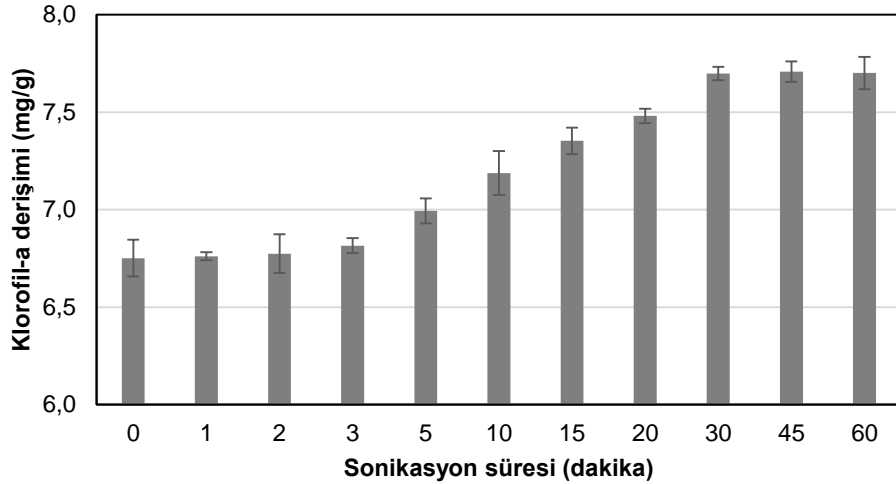
### Antioksidan Aktivite

Antioksidan aktivite tayini Benzie and Strain [16] önerdikleri FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) yöntemine göre yapılmıştır. 0.3 M asetat tamponu (pH 3.6), TPTZ çözeltisi (23.4 mg 2,4,6-tripiridil-s-triazin 7.5 mL 40 mM HCl içerisinde çözülürülerek hazırlanan) ve 20 mM Ferrik çözeltisi (0.541 g FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O tartılıp distile suyla 100 mL'ye tamamlanmıştır) 10:1:1 oranında olacak şekilde karıştırılıp FRAP çözeltisi hazırlanmıştır. FRAP çözeltisi analiz antioksidan aktivite belirlenmesi sırasında günlük olarak taze hazırlanmıştır. Uygun oranda seyreltilmiş pigment ekstraktlarının antioksidan aktivite analizi için, 200 µL örnek ve 1.8 mL FRAP çözeltisi karıştırıldıktan sonra 10 dakika 37°C'deki su banyosunda inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon süresi sonunda örneklerin, 593 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Agilent Technologies, Cary 60–UV-Vis, Malezya) absorbansları ölçülmüştür. Sonuçlar 0-100 ppm ile hazırlanan standart grafik yardımıyla ppm FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O cinsinden hesaplanarak verilmiştir.

Antioksidan aktivite analizleri 3 paralel olarak yapılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

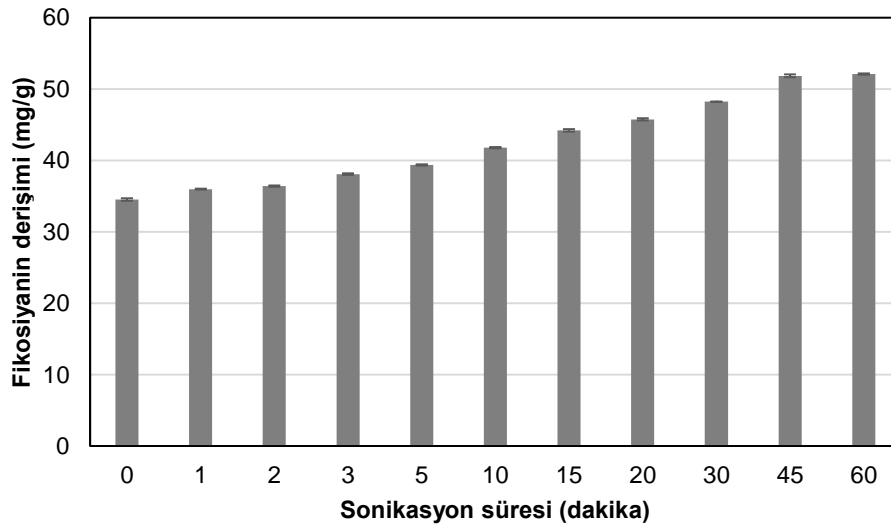
Ultrasonikasyon uygulamadan saf metanol kullanarak manyetik karıştırıcıda iki saatlik karıştırma sonunda 6.751±0.094 mg/g spirulina klorofil-a ekstrakte edilmiştir. Ultrasonikasyon uygulama süresiyle orantılı olarak sonik uygulama ve ardından metanol ekstraksiyonunda klorofil-a derişimi artmış ve 30. dakikada yaklaşık 7.70±0.035 mg/g spirulina değerine ulaşmıştır (Şekil 2). Bu süreden sonra 45 ve 60 dakika ultrasonikasyon uygulamalarında derişim 7.70 mg/g spirulina civarında sabit kalmıştır. Saf metanol kullanılarak yapılan Saf metanol kullanılarak yapılan kontrol ekstraksiyonuna göre 30 dakikalık ultrasonikasyon ile klorofil-a derişimi yaklaşık %14 daha fazla bulunmuştur. Farklı spirulina türlerinde yapılan ekstraksiyon çalışmalarında klorofil-a derişiminin 9.26-13 mg/g spirulina arasında olduğu, yaş örneklerde ekstraksiyon veriminin kuru örneklerle göre daha düşük olduğu belirlenmiştir [4, 13, 17].



Şekil 2. Ultrasonikasyon süresinin ekstrakte edilen klorofil-a derişimine etkisi

Sodyum nitrat çözeltisiyle 2 saatlik kontrol ekstraksiyonunda fikosiyenin derişimi  $34.52 \pm 0.169$  mg/g spirulina olarak bulunmuştur. Fikosiyenin derişimi ultrasonikasyon uygulama sürene paralel olarak artış göstermiş ve 10 dakika sonikasyon ve ardından çözgen ekstrasyonu uygulamasında  $41.783 \pm 0.068$  mg/g spirulina değerinin ulaşmıştır. Otuz dakikalık ultrasonikasyon sonrasında  $48.221 \pm 0.023$  mg/g spirulina derişimine ulaşırken ekstraksiyondaki artış yavaşlamış, 45. dakikada  $51.831 \pm 0.207$  mg/g spirulina derişime, 60 dakika sonikasyonda çok fazla artış olmamış ve  $52.096 \pm 0.096$  mg/g spirulina derişimde yataya gelmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi 45 dakika ultrasonikasyon sonrasında sodyum nitrat çözeltisiyle yapılan ekstraksiyon sonrasında derişimde önemli bir

artış olmadığı ancak kontrol ekstraksiyonuna göre sonik uygulamada fikosiyenin derişiminin yaklaşık %50 daha yüksek olduğu söylenebilir. Sonikasyon uygulaması sonrasında spirulinedan klorofil-a ekstraksiyonu yaklaşık %0.77 civarında literatürdeki ortalama %1 değerinden daha az bulunurken fikosiyenin miktarı literatürde verilen %4.26'dan daha yüksek yaklaşık %5.2 civarında bulunmuştur. Moraes ve ark. [18] dondurma çözündürme, sonikasyon, enzimasyon ve asit uygulamalarının fikosiyenin ekstraksiyonuna etkisini inceledikleri çalışmada benzer olarak en yüksek verimi sonik uygulamada dondurma çözündürme uygulamasına göre yaklaşık %57 verim artışı olduğunu rapor etmişlerdir.



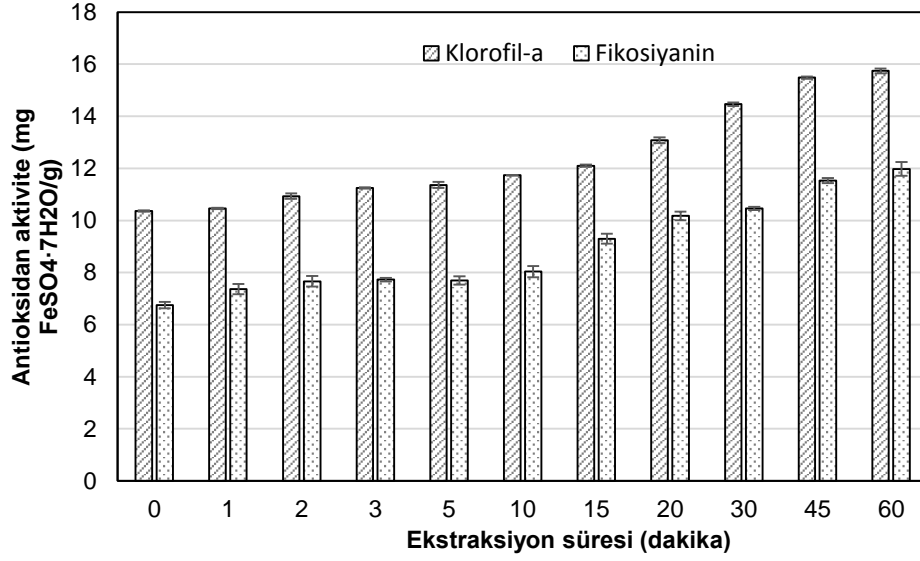
Şekil 3. Ultrasonikasyon süresinin ekstrakte edilen fikosiyenin derişimine etkisi

Ultrasonikasyon süresinin ekstrakte edilen klorofil-a ve fikosiyenin pigmentlerinin antioksidan aktivitelerine etkisi Şekil 4'de gösterilmiştir. Kontrol olarak kullanılan çözgen ekstraksiyonlarında klorofil-a ve fikosiyenin pigmentlerinin antioksidan aktiviteleri sırasıyla  $10.365 \pm 0.025$  mg/g ve  $6.749 \pm 0.121$  mg/g olarak bulunmuştur. Sonikasyon süresiyle doğru orantılı olarak antioksidan aktivite artış

göstermiş ve 60 dakika sonikasyon sonunda klorofil-a  $15.745 \pm 0.094$  mg/g, fikosiyenin pigment ekstraksiyonunda  $11.977 \pm 0.267$  mg/g değerine çıkmıştır. Heriki kontrol ve sonik uygulamasında da klorofil-a pigmentinin fikosiyenine göre antioksidan aktivite değerinin daha yüksek olduğu söylenebilir. Kuatrakul ve ark. [19] taze *Spirulina* örneğini kullanarak

sıcak hava ve mikroalga vakumlu kurutma sonrasında antioksidan aktiviteleri 5.17-9.65 mg FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O/g kuru ağırlık olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmamızda

sonikasyon etkisiyle doku parçalanmasına bağlı olarak daha fazla pigment ekstraksiyonunun antioksidan aktiviteyi de arttırdığı söylenebilir.



Şekil 4. Ultrasonikasyon süresinin ekstrakte edilen klorofil-a ve fikosiyanin pigmentlerinin antioksidan aktivitelerine etkisi

## SONUÇ

Sadece çözgen ekstraksiyonuna göre ultrasonikasyon uygulaması ve ardından çözgen ekstraksiyonuyla daha yüksek pigment ekstraksiyonun elde edilebildiği gözlenmiştir. Sonikasyon uygulama süresi ile pigment ekstraksiyon verimi ve elde edilen pigmentlerin antioksidan aktiviteleri orantılı olarak artış göstermiştir. En yüksek antioksidan aktivite 60 dakikalık sonikasyon uygulamasında elde edilmiş olsa da çözgen ekstraksiyonu öncesi klorofil-a için 30 dakika, fikosiyanin ekstraksiyonunda 45 dakika sonikasyonun yeterli olabileceği söylenebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nce 2017-1-TP2-2246 Proje Numarası ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR



- [1] Demiriz, T. (2008) Bazı Alglerin Antibakteriyel Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2008.
- [2] Kavas, G., Kavas, N. (2009) Fonksiyonel gıdalarda mikroalglerin nutrasötik olarak kullanılması. *Dünya Gıda Dergisi*, 7, 96-98.
- [3] Venugopal, V. (2009). Marine Products for Healthcare: Functional and Bioactive Nutraceutical Compounds from the Ocean, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 528s.
- [4] Yılmaz, H.K., Duru, M.D. (2011). Syanobakteri *Spirulina platensis*'in besin kimyası ve mikrobiyolojisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 4(1), 31-43.

- [5] Richmond, A. (2004). Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology. Blackwell Science Ltd., New Jersey, USA, 588s.
- [6] Gouveia, L. (2008). Microalgae in Novel Food Products. In Food Chemistry Research Developments, Edited by K.N. Papadopoulos, Nova Science Publishers Inc. New York, USA, 75-111s.
- [7] Eliçin, K., Koç, C., Gezici, M., Gürhan, R. (2013). Biyoyakıt amaçlı mikroalg üretimi için bazı yetiştirme parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9(2), 99-107.
- [8] Gökpınar, Ş., Işık, O., Göksan, T., Durmaz, Y., Uslu, L., Ak, B., Önalın, S.K., Akdoğan, P. (2013). Algal biyoteknoloji çalışmaları. *Yunus Araştırma Bülteni*, 13(4), 21-26.
- [9] Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2), 87-96.
- [10] Duru, M.D., Yılmaz, H.K. (2013). Mikroalglerin pigment kaynağı olarak balık yemlerinde kullanımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2), 112-118.
- [11] Raposo, M.F.J., Morais, R.M.S.C., Morais, A.M.M.B. (2013). Health applications of bioactive compounds from marine microalgae. *Life Sciences*, 93, 479-486.
- [12] Habib, M.A.B., Parvin, M., Huntington, T.C., Hasan, M.R. (2008). A review of culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1034 Rome.
- [13] Soundarapandian, P., Vasanthi, B. (2008). Effects of chemical parameters on *Spirulina platensis* biomass production: Optimized method for phycocyanin extraction. *International Journal of Zoological Research*, 4(1), 1-11.

- [14] Macías-Sánchez, M.D., Mantell, C., Rodríguez, M., Ossa, E.M., Lubián, L.M., Montero, O. (2005). Supercritical fluid extraction of carotenoids and chlorophyll a from *Nannochloropsis gaditana*. *Journal of Food Engineering*, 66(2), 245–251.
- [15] Boussiba, S., Richmond, A. (1979). Isolation and characterization of phycocyanin from the blue-green algae *Spirulina platensis*. *Archives of Microbiology*, 120(2), 155-159.
- [16] Benzie, I.F.F., Strain, J.J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70- 76.
- [17] Koru, E. (2012). Earth Food Spirulina (Arthrospira): Production and Quality Standarts. In Food Additive. Edited by El-Samragy, In Tech. Croatia, 256s.
- [18] Moraes, C.C., Sala, L., Cerveira, G.P., Kalil, S.J. (2011). C-Phycocyanin extraction from *Spirulina platensis*. *Wet Biomass*, 28(1), 45–49.
- [19] Kuatrakul, I., Kuarthongsri, P., Yabuuchi, C., Somsai, K., Utama-ang, N. (2017). Sensory descriptive analysis and physicochemical properties of *Spirulina platensis* from different drying processes: Hot air drying and microwave vacuum drying. *Current Applied Science and Technology Journal*, 17(2), 191–199.
-



## UHT İçme Sütlerinde Jelleşme Sorunu: Enzimlerin Etkisi

Firuze Ergin , Ahmet Küçükçetin 

Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

Geliş Tarihi (Received): 15.07.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 05.10.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [kucukcetin@akdeniz.edu.tr](mailto:kucukcetin@akdeniz.edu.tr) (A. Küçükçetin)

☎ 0 242 310 65 69 📠 0 242 310 63 06

### ÖZ

Sütün raf ömrünü uzatmak için endüstride kullanımı en yaygın ısıtma işlemi UHT (Ultra High Temperature - Çok Yüksek Sıcaklık Uygulaması) işlemidir. Ancak, depolama sırasında enzimatik ve fiziksel etkilere bağlı olarak meydana gelen jel oluşumu UHT içme sütlerinin raf ömrünü kısaltmaktadır. Çiğ sütte bulunan psikrotrofik bakteriler tarafından üretilen yüksek sıcaklığa dirençli proteinazlar ile sütün yapısında doğal olarak bulunan plazmin ve plazmin sistemi enzimleri UHT içme sütlerinde jel oluşumuna neden olmaktadır. Söz konusu enzimler, sütün en önemli proteini olan kazeine farklı şekilde etki etmekte ve UHT içme sütlerinde farklı metabolitler üretmektedir. Bu derlemede, UHT içme sütlerinde meydana gelen jelleşmenin oluşum mekanizması ve oluşumunu etkileyen enzimler hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** UHT içme sütü, Jelleşme, Proteinaz, Plazmin

### Gelation Problem in UHT Milk: Effect of Enzymes

#### ABSTRACT

The most prevalent heat treatment method used in the industry to extend shelf life of milk is UHT (Ultra High Temperature) process. However, the gel formation occurred depending on enzymatic and physical effects during storage shortens the shelf life of UHT milk. Heat-stable proteinases produced by psychotropic bacteria, and the native plasmin and plasmin system enzymes in raw milk cause gel formation in UHT milk. These enzymes differently affect casein, which is the most important milk protein, and produce different metabolites in UHT milk. In this review, it is aimed to give information about the mechanism of gelation and enzymes affecting its formation in UHT milk.

**Keywords:** UHT milk, Gelation, Proteinase, Plasmin

#### GİRİŞ

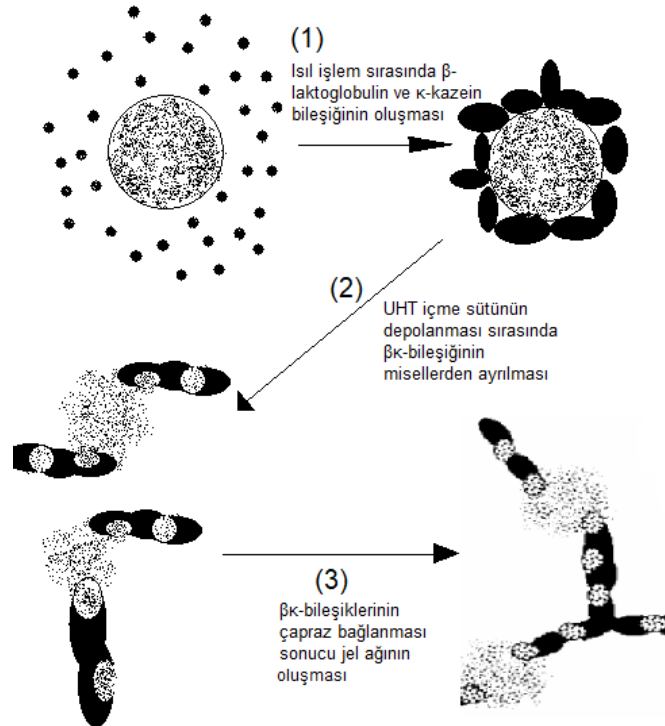
Başta protein, karbonhidrat ve yağ olmak üzere mineral maddeler ve vitaminler ile zengin bir bileşimine sahip olan süt, bireylerin dengeli ve yeterli beslenmesinde önemli bir yere sahiptir [1, 2]. Bununla birlikte süt; içerdiği besin öğeleri, yüksek su miktarı ve yaklaşık nötr pH değerine sahip olması ile mikroorganizmaların gelişimi için de uygun bir ortam oluşturmaktadır [3]. Sağlık açısından güvenilirliğini sağlamak ve raf ömrünü uzatmak için süte endüstride pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısıtma işlemleri uygulanmaktadır [4]. Türk

Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği'ne göre ısıtma işlemi görmüş içme sütü; pastörizasyon, UHT veya sterilizasyon işlemlerinden biriyle ısıtma işlemi görerek tüketiciye sunulan süt olarak tanımlanmaktadır [5]. Patojen mikroorganizmaların vejetatif formlarının tamamının, diğer mikroorganizmaların büyük bir kısmının yok edilmesi ile elde edilen pastörize içme sütlerinin 6°C'yi geçmeyecek sıcaklarda depolanması gereksinimi ve raf ömrünün kısa olması, çiğ sütün büyük kısmının UHT içme sütü üretiminde kullanılmasına yol açmaktadır [5, 6]. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2017 yılında ülkemizde

pastörize içme sütü ve UHT içme sütü olarak toplam 1548880 ton içme sütü üretilmiştir [7]. UHT içme sütü; oda sıcaklığında saklanabilen ticari olarak steril bir ürün üretmek amacı ile çiğ sütün kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerinde en az değişikliğe yol açarak bozulma yapabilen tüm mikroorganizmaları ve bunların sporlarını yok eden, en az 135°C'de 1 saniye veya benzer etkiyi oluşturabilecek sıcaklık-süre kombinasyonlarında gerçekleştirilen ve yüksek sıcaklıkta kısa süreli sürekli akış altında uygulanan ısıl işlem uygulanmış süt olarak ifade edilmektedir [5]. UHT içme sütleri oda sıcaklığında 6-9 ay muhafaza edilebilse de, ısıl işlem uygulaması ve muhafazası sırasında sütün yapısında fiziksel ve biyokimyasal reaksiyonlar meydana gelmekte ve süt bileşiminde bulunan protein, karbonhidrat, yağ ve vitaminlerin yapısı değişebilmektedir [8, 9]. Söz konusu değişimler UHT içme sütlerinde jelleşmeye, çökelmeye, yağ ayrılmasına, kötü kokuya ve renk değişimlerine neden olmaktadır [10, 11]. UHT içme sütlerinin depolanması sırasında jel oluşumunu etkileyen temel faktörler; enzim aktiviteleri, UHT işleminin değişkenleri, depolama sıcaklığı ve süt bileşimi ile kalitesi olarak sıralanabilmektedir [12]. Bu derlemede UHT içme sütlerinde meydana gelen jelleşmenin oluşum mekanizmasının ve oluşumunu etkileyen enzimatik faktörlerin açıklanması amaçlanmaktadır.

## UHT İÇME SÜTLERİNDE JELLEŞMENİN OLUŞUM MEKANİZMASI

UHT içme sütlerinin raf ömrünü kısaltan jelleşme, 20°C'deki sütün viskozite değerinde 10 mPa.s'den fazla bir artış olması ve sütün akıcılığını yitirmesi olarak ifade edilmektedir [13]. Süte 70°C ve üzerindeki sıcaklık değerlerinde ısıl işlem uygulanması sırasında  $\beta$ -laktoglobulin denatüre olmaktadır. Denatürasyonun ilk aşamasında  $\beta$ -laktoglobulinin tersiyer globüler yapısı açılmakta, serbest hale gelen tiyol grupları ve hidrofobik etkileşimler ile monomerler arasında dönüşümlü reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Denatürasyonun ikinci aşamasında ise, dönüşümsüz olarak sülfidril grupları ve hidrofobik etkileşimler ile  $\beta$ -laktoglobulin agregatları oluşabileceği gibi,  $\beta$ -laktoglobulin ile  $\kappa$ -kazein veya süt yağı globül membranındaki proteinler gibi diğer sülfidril içeren moleküller arasında disülfid bağları da oluşabilmektedir [14, 15]. Isıl işlem sonucunda oluşan  $\beta$ -laktoglobulin ve  $\kappa$ -kazein bileşiği ( $\beta\kappa$ -bileşiği), UHT içme sütünün depolanması sırasında kazeinden kısmen veya tamamen ayrılarak aralarında çapraz bağlar yapmaktadır. Jel yapısı, peyniraltı suyu proteinlerinin özellikle de  $\beta$ -laktoglobulinin  $\kappa$ -kazein ile etkileşime girmesi ve depolama sırasında bileşikler arasındaki çapraz bağlanmalar sonucu oluşan üç boyutlu protein ağından meydana gelmektedir (Şekil 1) [16].



Şekil 1. UHT içme sütlerinde jelleşme modeli (McMahon'den [17] uyarlanmıştır.)

Depolama sırasında sütte gerçekleşen jelleşmenin mekanizması tam olarak belirlenemese de, yapılan çalışmalar enzimatik ve enzimatik olmayan fizikokimyasal tepkimelerin jelleşmeye neden olabileceğini ortaya koymaktadır [18]. Maillard reaksiyonunun UHT içme sütlerinde jelleşme oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada; çiğ süttten, UHT süttten ve 30°C'de 11 ile 27 ay depolanan UHT

içme sütlerinden asit çöktürme yöntemiyle ayrılan kazeinin toplam çökelme katsayıları sırasıyla 7.3, 7.6, 13.4 ve 13.7 s olarak tespit edilirken,  $\text{NH}_2$  içerikleri sırasıyla 100, 95.9, 95.7 ve 77.8  $\text{NH}_2/\text{mg}$  kazein olarak belirlenmiştir. Çalışmada, UHT işlemi ve artan depolama süresi ile birlikte farklı sütlardan elde edilen kazeinin  $\text{NH}_2$  içeriğinde azalma olduğu, söz konusu durumun maillard reaksiyonundan kaynaklandığı belirtilmiştir.

Maillard reaksiyonu sonucunda polipeptit zincirlerindeki net yükün değişimiyle spesifik grupların etkileşime girmesinin, sütün koloidal yapısını bozabileceği ve jelleşmeye neden olabileceği bildirilmiştir [19]. Yapılan başka bir çalışmada ise, laktoz oranı %0.05'in altına düşürülen sütlere %3 ve %6 oranlarında laktoz veya sakkaroz eklendikten sonra 140°C'de 4 saniye UHT işlemi uygulanmıştır. Aseptik koşullarda dolmuştur yapılan sütler 4, 20 ve 35°C'lerde 22 hafta süresince depolanmıştır. Depolama süresinin 21. haftasında 4 ve 20°C'lerde depolanan tüm sütlerde jelleşme olduğu, 35°C'de depolanan sütlerde ise depolama süresince jelleşme meydana gelmediği; ancak 40. haftadan sonra sütün çökelti ve serum olmak üzere iki faza ayrıldığı tespit edilmiştir. Depolama süresince 4 ve 20°C'lerde depolanan sütler ile 35°C'de depolanan ve sakkaroz içeren sütlerin renginde değişim gözlenmezken, 35°C'de depolanan ve laktoz içeren sütlerde kahverengi rengin gözlemlendiği belirtilmiştir. Şeker içerikleri farklı olmasına rağmen, jelleşme görülen tüm sütlere ait elektron mikroskopu görüntülerinin benzer olduğu saptanmıştır. Çalışma sonunda, yüksek sıcaklıkta depolanan ve laktoz içeren sütlerde maillard reaksiyonu sonucunda kahverengi bileşenlerin oluştuğu; ancak maillard reaksiyonu ve jel oluşumu arasında korelasyon olmadığı belirlenmiştir [20]. Jelleşme ile sonuçlanan diğer bir fizikokimyasal tepkime de ısı işlemi ile birlikte kazein misellerinin potansiyel enerjilerinin değişimidir. Potansiyel enerjideki farklılıklar, kazein misellerin kümeleşmesini hızlandırmakta ve depolama sırasında sütün viskozitesini arttırmaktadır [21]. Manji ve Kakuda [22] ise, depolama sırasında sütlerde oluşan jelleşmenin iki aşamada gerçekleştiğini; ilk aşamada enzimlerin etkisi ile sütte değişimler meydana geldiğini ve ikinci aşamada ise fizikokimyasal tepkimeler sonucunda sütün stabilitesini kaybederek jel oluşumu gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

## UHT İÇME SÜTLERİNİN ENZİMLERİN ETKİSİYLE JELLEŞMESİ

Sütün doğal enzimlerinden olan plazmin ve yüksek sıcaklığa dirençli bakteri proteinazları UHT içme sütlerinde jelleşme sorununa neden olmaktadır. Proteolitik enzimler, kazein miselinden  $\beta$ k bileşiminin ayrılmasını hızlandırarak ve kazeini proteolitik hidrolize uğratarak sütün jelleşmesine etki etmektedir. Plazmin ve bakteriyel proteinazlar direkt olarak  $\beta$ k-bileşiklerine etki etmese de, bağlı oldukları  $\alpha$ <sub>s1</sub>-kazein gibi diğer kazein fraksiyonlarına etki ederek  $\beta$ k- bileşiklerinin misellerden ayrılmasını sağlamaktadır. Serbest hale geçen  $\beta$ k-bileşiklerinin birleşmesi ve kritik yoğunluğa ulaşması ile yarı katı jel oluşmaktadır [17].

### Bakteri Proteinazları

Çiğ süt, mezofilik bakterilerin gelişimini engellemek ve kaliteyi korumak için işleninceye kadar geçen sürede çiftliklerde ya da süt işleme tesislerinde soğukta depolanmaktadır [23]. Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği'ne göre, içme sütü üretiminde kullanılacak olan çiğ sütler üretim tesisinde sütün kabulünden sonra 4 saat içinde işlenmeyecekse,

6°C'yi geçmeyen bir sıcaklığa soğutulmalı ve ısı işlem uygulanıncaya kadar bu sıcaklıkta tutulmalıdır [5]. Çiğ sütün uzun süre soğukta depolanması doğal mikrobiyotasının değişmesine neden olmaktadır. Soğutulmuş çiğ sütte başlangıçta Gram pozitif mezofilik aerobik bakteriler baskın olarak bulunurken, depolama süresinin uzamasıyla Gram negatif ve Gram pozitif psikrotrofik bakteriler baskın duruma geçmektedir [24]. Psikrotrofik bakteriler, 7°C veya daha düşük sıcaklık değerlerinde gelişebilen ve metabolik faaliyetlerini optimum 20-30°C sıcaklık değerleri arasında gösteren bakteriler olarak tanımlanmaktadır [25]. Süte uygulanan ısı işlem sıcaklıklarında psikrotrofik bakteriler inaktif hale gelmektedir. Bununla birlikte, söz konusu bakterilerin sütte ürettikleri enzimler yüksek sıcaklığa karşı direnç göstererek içme sütlerinde bozulmaya neden olmaktadır [26].

Soğukta depolanan çiğ sütlerde psikrotrofik bakterilerden *Pseudomonas* cinsine ait suşların baskın mikrobiyotayı oluşturduğu bildirilmektedir [27]. Almanya'da yapılan bir çalışmada, 10 farklı çiftlik ve süt işletmesinden toplam 20 çiğ süt örneği alınarak 2 ile 4 gün süresince 4°C'de depolanmıştır. Depolama sonunda çiğ sütlerdeki toplam bakteri sayıları 30, 15 ve 6°C sıcaklık değerlerinde sırasıyla 5, 7 ve 10 gün inkübasyondan sonra belirlenmiştir. Inkübasyon sonrası çiğ süt örneklerinde toplam 2906 bakteri izolasyonunun tanımlanması yapılmıştır. Çiğ sütlerde en yaygın olarak *Pseudomonas*, *Lactococcus* ve *Acinetobacter* cinslerinin bulunduğu ve söz konusu cinslerin toplam bakteri izolasyonlarının %66'sını oluşturduğu saptanmıştır. Proteolitik ve lipolitik aktivitenin tespiti için 6°C'de agar difüzyon yöntemiyle 966 bakteri izolatu incelenmiş ve bakteri izolasyonlarının %22'sinin proteolitik, %16'sının lipolitik, %20'sinin ise hem proteolitik hem de lipolitik aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Tanımlanan *Pseudomonas* cinsine ait izolasyonların tümünün proteolitik ya da lipolitik aktiviteye sahip olduğu, tanımlanan *Acinetobacter* cinsine ait izolasyonların ise tamamına yakınının lipolitik aktivite gösterdiği tespit edilmiştir [27]. Yapılan diğer bir çalışmada, Avustralya'da bulunan üç farklı süt çiftliğinden (A, B ve C) bir yıl boyunca her ay toplanan çiğ sütler 2, 4, 6, 8 ve 10°C sıcaklık değerlerinde 10 gün depolanmıştır. Çiğ sütlerde psikrotrofik bakteri sayısının  $5.75 \times 10^2$  ile  $6.72 \times 10^3$  kob/mL arasında değiştiği belirlenmiştir. Çiğ sütlerdeki psikrotrofik bakteri sayısının en yüksek olduğu aylar Avustralya için kış mevsiminin yaşandığı Haziran, Temmuz ve Ağustos olarak saptanırken, en düşük olduğu aylar ise yaz mevsiminin yaşandığı Aralık, Ocak ve Şubat olarak tespit edilmiştir. MALDI-TOF MS ile yapılan çalışmalar sonucunda çiğ sütlerde toplam 604 bakteri izolatu tanımlanmıştır. Filogenetik analizler ile söz konusu bakterilerin *Alphaproteobacteria*, *Betaproteobacteria*, *Gammaproteobacteria*, *Bacilli*, *Actinobacteria*, *Flavobacteria* ve *Sphingobacteria* sınıflarına ait oldukları ve *Gammaproteobacteria* (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Hafnia*), *Bacilli* (*Bacillus*, *Paenibacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*) ile *Actinobacteria* (*Microbacterium*, *Micrococcus* ve *Rhodococcus*) sınıflarına ait bakterilerin toplam

psikrotrofik bakterilerin %89'unu oluşturdukları belirlenmiştir. A ve C çiftliklerinden toplanan çiğ sütlerde *Pseudomonas* cinsinin de içinde bulunduğu *Gammaproteobacteria* sınıfına ait bakteriler %82 oranında baskın olarak bulunurken, B çiftliğinden toplanan çiğ sütlerde bakterilerin %44'ünün *Bacilli* sınıfına ait olduğu tespit edilmiştir. Depolama sıcaklığı 2 ve 4°C olan çiğ sütlerde *Pseudomonas* (özellikle *Pseudomonas fluorescens*) ile *Bacillus* cinsine ait bakterilerin sayısında artış olduğu saptanırken, 6°C ve üzerindeki sıcaklıklarda depolanan çiğ sütlerde ise mezofilik özellik gösteren bakterilerinin sayısında artış olduğu belirlenmiştir. İzole edilen *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Microbacterium*, *Lactococcus*, *Acinetobacter* ve *Hafnia* cinslerine ait bakterilerin sırasıyla %62.5, %53.3, %70.2, %5.3, %25.6 ve %40'ının proteaz aktivitesine sahip olduğu; sırasıyla %58.3, %50.1, %65.2, %1.3, %19.8 ve %34.2'sininin 142°C'de 4 saniye UHT uygulamasından sonra proteaz aktivite gösterdiği saptanmıştır. Çalışma sonucunda, çiğ sütlerin elde edildiği aylara ve bölgelere göre psikrotrofik bakteri sayısı ile mikroorganizma çeşitliliğinin değiştiği, proteaz aktivitesinin UHT işleminin sonrasında da devam ettiği belirlenmiştir.

Stoeckel ve ark. [28] yaptıkları çalışmada, *Pseudomonas weihenstephanensis* DSM 29166, *Pseudomonas proteolytica* 691 ve *Pseudomonas* sp. W15a bakterilerinin raf ömrü süresince UHT içme sütlerinin stabilitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Çiğ süt, 60°C'de 32 saniye süresince uygulanan termizasyon işleminden sonra üç kısma ayrılmış ve 10<sup>4</sup> kob/mL olacak şekilde sırasıyla *Pseudomonas* sp. W15a, *P. weihenstephanensis* DSM 29166 ve *P. proteolytica* 691 bakterileri aşılansak 4-5 gün süresince 6°C'de bekletilmiştir. UHT işlemi öncesi bakteri aşılansak 6°C'de bekletilmiş sütleri bakteri aşılansak ve 6°C'de bekletilmemiş sütlerin belirli oranlarda eklenmesi ile elde edilen süt karışımlarından, UHT işlemi öncesi bakteri aşılansak 6°C'de bekletilmiş sütlerden ve bakteri aşılansak 6°C'de bekletilmemiş sütlerden 140°C'de 8.4 saniye ısıtım uygulanması ile üretilen UHT içme sütleri 4 ay süresince 20°C'de depolanmıştır. Depolama süresi sonunda bakteri aşılansak sütün üretilen kontrol grubu UHT içme sütlerinde herhangi bir proteolitik aktivite tespit edilmezken, *P. weihenstephanensis* DSM 29166 aşılansak ve bakteri aşılansak süt içermeyen 6°C'de bekletilmiş sütün üretilen UHT içme sütlerinde 0.35 picokatal/mL (pkat/mL) ile en yüksek proteolitik aktivite değeri saptanmıştır. Çalışmada depolama süresince UHT içme sütlerine ait acılık, krema tabakası, partikül, çökelti ve jel oluşumu değerleri incelenmiştir. Kontrol grubu UHT içme sütlerinde söz konusu kusurlardan herhangi biri tespit edilememiştir. Proteolitik aktivite değeri 0.05 pkat/mL ve üstünde olan tüm UHT içme sütlerinde acılık belirlenmiş olup, *P. weihenstephanensis* DSM 29166 aşılansak 6°C'de bekletilmiş süte bakteri aşılansak sütün 1:1 oranında eklenmesi ile elde edilen karışımdan üretilen UHT içme sütlerinde ve *P. weihenstephanensis* DSM 29166 aşılansak ve bakteri aşılansak süt içermeyen 6°C'de bekletilmiş sütün üretilen UHT içme sütlerinde üretimden hemen sonra acılık saptanmıştır. *Pseudomonas* sp. W15a aşılansak 6°C'de bekletilmiş ve

bakteri aşılansak süt içermeyen sütün üretilen UHT içme sütlerinde ve *P. weihenstephanensis* DSM 29166 aşılansak sütlerden üretilen tüm UHT içme sütlerinde depolama süresinin sonunda çökelti oluşum değerlerinin %100 olduğu tespit edilmiştir. Proteolitik aktivite değeri 0.07 pkat/mL'den yüksek olan UHT içme sütlerinin yüzeyinde 1 cm'den daha kalın bir krema tabakasının oluştuğu belirlenirken, proteolitik aktivite değeri 0.16 pkat/mL değerine ulaşan UHT içme sütlerinde depolama süresinin sonunda jelleşme meydana geldiği saptanmıştır. Çalışmada, depolama süresince *Pseudomonas* cinsi bakteriler tarafından üretilen peptidazların süt serumunda ve yağ globül membranında bulunan kazeine etki ederek acı tadın, krema tabakasının ve çökeltinin oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir.

*Pseudomonas* cinsi bakteriler, her bir molekülünde altı ile sekiz adet kalsiyum ve bir adet çinko iyonu bulduran, metalloenzim karakterde serralisin ailesine ait ve AprX olarak adlandırılan proteazlar sentezleyebilmektedir [29, 30]. *Pseudomonas* cinsi bakteriler tarafından sentezlenen metaloproteazların molekül ağırlıkları, optimum aktivite gösterdikleri pH ve sıcaklık değerleri, ortamda bulunan Ca<sup>2+</sup> gibi iyonların konsantrasyonları ile termal dirençleri farklılıklar göstermektedir [31]. AprX proteinin yapısında kalsiyum ve çinko ile S-S (disülfid) bağlarının olmasından dolayı yüksek sıcaklık değerlerine karşı direnç gösterebildiği bildirilmektedir [32].

*Pseudomonas* LBSA1 bakterisinin UHT içme sütlerinin stabilitesi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada çiğ süt, 5x10<sup>4</sup> kob/mL olacak şekilde *P. LBSA1* aşılansak sonra 6°C'de 72 saat bekletilmiştir. *P. LBSA1* ile kontamine süt ve bakteri içermeyen kontrol grubu süt UHT işlemine tabi tutulduktan sonra 90 gün süresince 20°C'de depolanmıştır. Kontamine sütün üretilen UHT içme sütlerinde depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde kazein olmayan azot miktarları sırasıyla 2.9, 4.7, 7.0 ve 8.0 g/kg olarak belirlenirken, protein olmayan azot miktarları ise sırasıyla 1.2, 2.9, 3.9 ve 4.7 g/kg olarak saptanmıştır. Kontrol grubu UHT içme sütlerinde ise kazein olmayan azot ve protein olmayan azot değerlerinin sırasıyla 3.1 ve 1.3 g/kg olduğu ve her iki değer de depolama süresince değişmediği tespit edilmiştir. Kontamine sütün üretilen UHT içme sütlerinde negatif yüklü kazein misellerinin ve partikül hidrasyonunun depolama süresince azaldığı belirlenmiş olup, söz konusu durumun sütte gerçekleşen proteoliz sonucu kazein misellerinin arasındaki itme kuvvetinin azalması ve agregatların oluşmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Çalışmada, ayrıca *P. LBSA1* tarafından sentezlenen proteaz enzimi tanımlansak, enzimin çalışma koşulları ve kazeine olan etkisi araştırılmıştır. Yapılan gen dizilimi analizi sonucunda *P. LBSA1* tarafından sentezlenen proteaz enziminin 49 kDa molekül ağırlığına sahip AprX olduğu, en yüksek aktiviteyi pH 9.0'da ve 40°C'de gösterdiği saptanmıştır. Sodyum kazeinat, sodyum kazeinattan elde edilen saf kazein miseli ve peyniraltı suyu proteini çözültülerine 0.07 µg/mL olacak şekilde saflaştırılmış AprX enzimi ilave edildikten sonra 37°C'de 24 saat süresince inkübe edilmiştir. Peyniraltı suyu proteinlerinin AprX'den

etkilenmediği, misel haldeki kazeinin sodyum kazeinata göre daha yavaş hidrolize olduğu belirlenmiştir. İnkübasyonun ilk 4 saatinde sodyum kazeinat çözeltisinde  $\beta$ -kazeinin tamamının parçalandığı,  $\kappa$ -kazeinin  $\alpha_s$ -kazeine göre hidrolize karşı daha dirençli olduğu tespit edilmiştir. Misel haldeki kazein çözeltisinde ise  $\beta$ - ve  $\kappa$ -kazeinin  $\alpha_s$ -kazeine göre daha hızlı parçalandığı saptanmıştır. İnkübasyonun sonunda sodyum kazeinat ve misel haldeki kazein çözeltilerinde sadece 3 ve 16 kDa molekül ağırlığına sahip iki molekülün tespit edildiği ve 16 kDa ağırlığındaki molekülün peynir yapımı sırasında  $\kappa$ -kazeinin parçalanmasıyla oluşan para- $\kappa$ -kazein olduğu belirlenmiştir [30]. Konu ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise, mikrofiltrasyon işlemi uygulanarak somatik hücre sayısı  $10^4$  somatik hücre/mL'nin altına ve toplam bakteri sayısı 10 kob/mL'ye düşürülen çiğ süt iki kısma ayrılmıştır. Bir kısım süte *Pseudomonas fluorescens* F bakterisinden elde edilen ve 45 kDa molekül ağırlığına sahip AprX enziminden 0.2 mg/L ilave edilirken, kontrol grubunu oluşturan diğer kısma ise enzim ilavesi yapılmamıştır. Her iki süt grubu  $140^\circ\text{C}$ 'de 4 saniye süresince UHT işlemine tabi tutulduktan sonra  $20^\circ\text{C}$ 'de 90 gün depolanmıştır. Depolama sonunda kontrol grubu sütün stabilitesinin bozulmadığı, akışkanlığını ve homojenliğini koruduğu belirlenirken, enzim içeren sütlerin bulunduğu şişelerin diplerinde beyaz çökelti tabakasının oluştuğu saptanmıştır. Enzim ilavesi yapılan sütte kazein olmayan azot miktarının depolamanın 8. ve 90. günlerinde sırasıyla 9.2 ve 18.5 g/kg, protein olmayan azot miktarının ise sırasıyla 6.2 ve 13.9 g/kg olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu sütlerde depolama süresince kazein olmayan azot (3.1 g/kg) ile protein olmayan azot (1.4 g/kg) miktarının değişmediği belirlenmiştir. Enzim içeren sütlerde depolama boyunca kazein olmayan azot fraksiyonuna ait peptitler kromatografik yöntemlerle tanımlanmış ve orijinlerine göre peptit sayısının  $\beta$ - >  $\alpha_{s1}$ - >  $\kappa$ - >  $\alpha_{s2}$ - kazein olacak şekilde sıralandığı saptanmıştır. Kontrol grubu sütün zeta potansiyel değerinin -17.3 mV olduğu ve depolama sonuna kadar sabit kaldığı belirlenmiş olup, enzim içeren sütlerde zeta potansiyel değerinin ilk 8 gün içinde -13.9 mV'a düştüğü tespit edilmiştir. Enzim içeren sütlere ait partikül boyutu değerlerinin depolamanın 8. ve 30. günlerinde sırasıyla 0.7 ile 9  $\mu\text{m}$  ve 2 ile 700  $\mu\text{m}$  arasında değiştiği saptanmıştır. Sütün zeta potansiyel değerinin düşmesi ile birlikte kazein miselleri arasındaki itme kuvvetinin azaldığı ve söz konusu durumun sütte partikül oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir [32].

Soğukta depolanan çiğ sütlerde *Pseudomonas* türleri dışında *Serratia*, *Aeromonas* ve *Erwinia* türlerinde de AprX enziminin sentezini yöneten apr geninin bulunduğu bildirilmesiyle birlikte, konu ile ilgili diğer türlere ait detaylı çalışmalar yapılmıştır [33]. Machado ve ark. [34] çiğ süttten izole edilen 17 farklı *Serratia liquefaciens* suşları ile *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas fragi* ve *Pseudomonas lundensis* bakterilerini  $10^4$  kob/mL düzeyinde aşılacakları çiğ sütlerin proteoliz değerlerini  $7^\circ\text{C}$ 'de 2 ve 4 gün ile  $5^\circ\text{C}$ 'de 5 gün depoladıktan sonra ölçmüşlerdir. *S. liquefaciens*, *P. fluorescens* ve *P. lundensis* bakterilerinin sayısının  $7^\circ\text{C}$ 'de 2 gün depolanan sütlerde  $10^6$ - $10^7$  kob/mL düzeyine ulaştığı ve proteoliz değerlerinin 0.2  $\mu\text{mol}$

glisin eşdeğeri/mL değerinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Proteoliz değerlerinin  $7^\circ\text{C}$ 'de 2 gün,  $7^\circ\text{C}$ 'de 4 gün ve  $5^\circ\text{C}$ 'de 5 gün bekletilen sütlerde sırasıyla 0-0.514, 0.147-28.685 ve 0.043-27.159  $\mu\text{mol}$  glisin eşdeğeri/mL arasında değiştiği saptanmıştır. Yüksek proteolitik aktivite değerine sahip *S. liquefaciens* L53 ve *S. liquefaciens* L98 suşlarına ait yüksek sıcaklığa direnç gösteren proteaz enzimlerinin tespiti için yapılan elektroforez analizi sonucunda, 52 kDa molekül ağırlığında sadece bir tane protein belirlenmiştir. Söz konusu proteinin yapısında kalsiyum ve çinko bulduran bir metalloproteaz olduğu ve sentezinin ser2 geni tarafından gerçekleştiği saptanmıştır. Çalışmada, ser2 ve apr genlerinin nükleotid dizilerinde benzerlik bulunmadığı; ancak her iki genin de, yapılarında kalsiyum ve çinko bağlanma bölgelerini içeren M10 peptidaz ailesine ait olduğu belirtilmiştir.

Baglinere ve ark. [35] yaptıkları bir çalışmada,  $5 \times 10^4$  kob/mL olacak şekilde *Serratia liquefaciens* L53 ve *Serratia liquefaciens* L64 aşılacakları çiğ sütü  $7^\circ\text{C}$ 'de 72 saat bekletmişlerdir. Bakteri aşılardan sütler ile bakteri aşılardan kontrol grubu sütler  $140^\circ\text{C}$ 'de 4 saniye UHT işlemine tabi tutulduktan sonra  $20^\circ\text{C}$ 'de 90 gün depolanmıştır. Kontrol grubu UHT içme sütü ve *S. liquefaciens* L64 aşılardan süttten üretilen UHT içme sütünün depolama süresi sonunda akışkanlığını koruduğu, *S. liquefaciens* L53 aşılardan süttten üretilen UHT içme sütünün bulunduğu şişelerin diplerinde ise beyaz tortu tabakasının oluştuğu belirlenmiştir. Kontrol grubu UHT içme sütünde, *S. liquefaciens* L64 ve *S. liquefaciens* L53 aşılardan sütlerden üretilen UHT içme sütlerinde kazein olmayan azot miktarları 90 günlük depolama sonunda sırasıyla 3.3, 3.4 ve 8.3 g/kg; protein olmayan azot miktarları ise sırasıyla 1.4, 1.5 ve 4.3 g/kg olarak tespit edilmiştir. Kazein olmayan azot fraksiyonlarının, kontrol grubu UHT içme sütünde 145  $\beta$ -kazein, 54  $\alpha_{s1}$ -kazein, 22  $\alpha_{s2}$ -kazein ve 19  $\kappa$ -kazein orijinli peptit olduğu, *S. liquefaciens* L64 aşılardan sütlerde ise 346  $\beta$ -kazein, 191  $\alpha_{s1}$ -kazein, 56  $\alpha_{s2}$ -kazein ve 96  $\kappa$ -kazein orijinli peptit bulunduğu saptanmıştır. *S. liquefaciens* L64 aşılardan süttten üretilen UHT içme sütünde  $\kappa$ -kazeinin 95-105 aminoasit dizilimine sahip, kazeinomakropeptitten türeyen peptitler belirlenmiş olup, *S. liquefaciens* L64 tarafından sentezlenen Ser2 proteaz enziminin rennet benzeri etki göstererek süt stabilizasyonunu bozduğu belirtilmiştir.

Sütün bakteriyel proteazların etkisi sonucunda jelleşmesi ile peynir yapımı sırasında rennetle koagüle olması birbirine benzetilse de, çeşitli farklılıklar bulunmaktadır. Bakteriyel proteazlar ile rennet arasındaki temel fark; rennet sadece  $\kappa$ -kazeinin 105.-106. aminoasitleri arasındaki peptit bağına etki ederken, bakteriyel proteazlar düşük etki özgülüğüne sahiptir. Bir diğer farklılık ise bakteriyel proteazların etkisi ile  $\kappa$ -kazein sadece %5-10 oranında hidrolize uğrarken, rennet etkisi ile  $\kappa$ -kazeinin hidroliz oranının %80-90'lara ulaşmasıdır. Peynir yapımındaki koagülasyon süresi ile karşılaştırıldığında UHT içme sütlerinde jelleşme daha uzun sürede meydana gelmektedir [13, 36].

## Plazmin

Sütte doğal olarak bulunan plazmin enzimi, UHT içme sütlerinde jelleşme sorununa neden olabilmektedir [37]. Plazmin, sütte baskın olarak bulunan, pH 7.5 ve 37°C'de optimum düzeyde aktivite gösteren ve kan kaynaklı tripsin benzeri bir serin proteinazdır [38]. Plazmin, inaktif formdaki plazminojen, plazminojen aktivatörleri ve inhibitörlerini içeren karmaşık bir sistemin parçasıdır. Süt ve süt ürünlerinde, plazmin sistemini oluşturan bileşenler proteolizi aktive veya inhibe etmek için birbirleriyle ve diğer süt bileşenleriyle etkileşime girmektedir. Plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörleri sütün kazein fraksiyonunda; plazmin inhibitörleri ile plazminojen aktivatör inhibitörleri ise serum fraksiyonunda yer almaktadır. Sütte, doku-tipi ve ürokinaz-tipi olmak üzere sırasıyla kazein ve somatik hücrelerle ilişkili olarak bulunan iki tip plazminojen aktivatör bulunmaktadır. Söz konusu aktivatörler plazminojenin arjinin-izolösin (Arg557-Ile558) peptitleri arasındaki bağı hidroliz ederek plazmine dönüşmesini sağlamaktadır. Plazminojen aktivatör inhibitörleri ile plazmin inhibitörleri de plazminojenin plazmine dönüşümünü ve plazminin kazeini hidrolizini engellemektedir. Yüksek sıcaklığa karşı plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörlerinin stabil olduğu, plazminojen aktivatör inhibitörleri ile plazmin inhibitörlerinin ise hassas olduğu bildirilmektedir [21, 39]. Saint Denis ve ark. [40] yaptıkları bir çalışmada, sütte plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörlerinin 60 ve 140°C sıcaklık değerleri arasındaki inaktivasyon kinetiklerini incelemişlerdir. Enzimin %90'ının inaktif olması için gereken süre değeri olan D değerinin plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörü için 70°C'de sırasıyla 11700, 8040 ve 9960 saniye; 140°C'de ise sırasıyla 13, 11 ve 16 saniye olduğu belirlenmiştir. Plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörü için aktivasyon enerjileri 70-90°C arasındaki sıcaklık değerleri için sırasıyla 244, 230 ve 241 kJ/mol olarak tespit edilirken, 95-140°C arasındaki sıcaklık değerleri için sırasıyla 29, 35 ve 24 kJ/mol olarak saptanmıştır. Plazminojen aktivatörünün plazmin ve plazminojene göre sıcaklığa karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca 1, 2, 3, 4 ve 5 g/mL olacak şekilde  $\beta$ -laktoglobulin eklenen kazein çözeltileri 90°C'ye ısıtılarak  $\beta$ -laktoglobulinin plazmin ve plazminojen aktivatörü üzerine etkisi araştırılmıştır.  $\beta$ -laktoglobulin eklenmeyen kazein çözeltisinde plazmin ve plazminojen aktivatörü için D değerinin sırasıyla 833 ve 1180 saniye olduğu, 5 g/mL  $\beta$ -laktoglobulin eklenen kazein çözeltisinde ise sırasıyla 101 ve 160 saniye olduğu tespit edilmiştir. Kazein çözeltisindeki  $\beta$ -laktoglobulin miktarının artışına bağlı olarak söz konusu enzimlerin inaktivasyonları için gereken sürenin azaldığı belirlenmiştir. Plazminojenin yapısında 48 sistein, 23 disülfid bağı ve 2 serbest tiyol grubu mevcutken,  $\beta$ -laktoglobulinin yapısında 2 sülfid bağı ve 1 serbest tiyol grubu bulunmaktadır [41, 42]. Plazmin ile plazminojen 50-70°C'ler arasında,  $\beta$ -laktoglobulin ise 70°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda denatüre olmaya başlamakta ve yapılarında bulunan tiyol grupları serbest hale gelerek reaksiyona girebilmektedir [14, 43]. Plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörünün

sıcaklık ile dönüşümsüz inaktivasyonu, içerdikleri serbest tiyol grupları ile  $\beta$ -laktoglobulin ve ortamdaki diğer denatüre plazmin sistemi enzimlerinin tiyol grupları arasında tekrardan disülfid bağlarının meydana gelmesi ile gerçekleşmektedir [42].

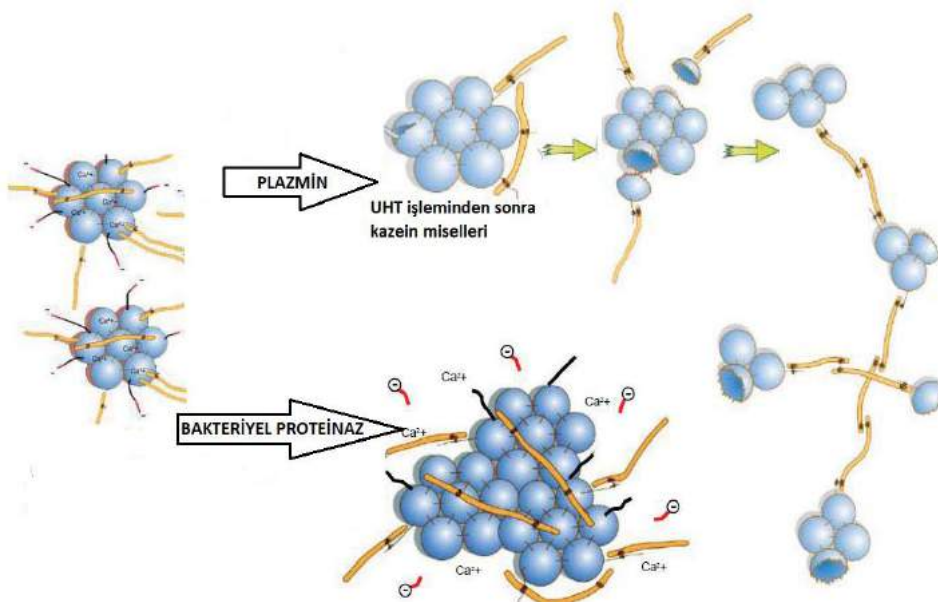
UHT işlemi ile içme sütlerinde plazmin, plazminojen ve plazmin aktivatörü tamamen inaktive edilememekte ve depolama süresince UHT içme sütlerinde bozulmaya neden olmaktadır. Çiğ sütün yapısında yaklaşık 0.3 mg/L plazmin ile 9.0 mg/L plazminojen olduğu ve plazminin aktivitesi sonucu oluşan bozulmayı engellemek için sütte bulunan mevcut plazminin %99.9'unun inaktive edilmesi gerektiği bildirilmiştir [13, 42]. Yapılan bir çalışmada, 134.4°C'de 14.2 saniye UHT işlemi uygulanarak doğal plazmin aktivitesi tamamen inhibe edilen sütlere steril ortamda 0.15 mg/L olacak şekilde plazmin ilave edilmiştir. Plazmin ilavesi yapılmayan kontrol grubu UHT içme sütleri ile plazmin ilaveli UHT içme sütlerinin 23°C'de 181 gün depolanması süresince fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Depolamanın 27. gününde plazmin ilave edilen UHT içme sütlerinde hafif sarı renk ve süt yüzeyinde küçük partiküller belirlenirken, depolamanın 100. gününde süt yüzeyinde pıhtı yapısının, dibinde ise saydam, yumuşak ve kolay bozulabilen jel yapısının oluştuğu saptanmıştır. Kontrol grubu UHT içme sütlerinde depolamanın sonunda jelleşme olmadığı belirlenmiştir. Plazmin ilaveli UHT içme sütleri ile kontrol grubu sütlerin viskozite değerlerinin depolamanın 56. gününe kadar eşit (4 cP) olduğu; ancak sonrasında plazmin ilaveli UHT içme sütlerinin viskozite değerinin artarak depolama sonunda yaklaşık 36 cP'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Elektroforez ile yapılan analizler sonucunda, plazmin ilaveli UHT içme sütlerinde  $\beta$ -kazeinin  $\alpha$ -kazeine göre daha hızlı hidrolize uğradığı, 23 hafta sonunda  $\alpha$  ve  $\beta$ -kazeinin tamamının hidrolize olduğu,  $\kappa$ -kazeinin ise tespit edilebildiği belirlenmiştir. Çalışma sonunda düşük konsantrasyonda plazmin varlığının UHT içme sütlerinde jelleşmeye neden olduğu değerlendirilmiştir [44]. Plazmin aktivitesinin UHT içme sütlerindeki jelleşme sorununa etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada, 72 ve 95°C'lerde 180 saniye ön ısıtma işlemi uygulanan sütler 150°C'de 0.2 saniye tutulduktan sonra aseptik paketlenerek 20°C'de 16 hafta depolanmıştır. UHT işleminden sonra yapılan analizlerde, 72°C'de ön ısıtma uygulanan UHT içme sütlerinde plazmin ve plazminojen aktivitelerinin sırasıyla %30.9 ve %14.0 olduğu, 95°C'de ön ısıtma uygulanan UHT içme sütlerinde ise plazmin ve plazminojen aktivitesinin olmadığı belirlenmiştir. Ön ısıtma işlemi 72°C'de uygulanan UHT içme sütlerinde depolama süresince plazminojen aktivitesinde azalış; plazmin aktivitesinde ise artış olduğu saptanmıştır. Söz konusu durumun plazminojen aktivatörlerinin sıcaklığa karşı dirençli, plazmin ve plazminojen aktivatör inhibitörlerinin ise hassas olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Depolamanın 6. haftasında 72°C'de ön ısıtma işlemi uygulanan UHT içme sütlerinde acılaşıma başladığı, 10. haftadan sonra sütlerin bulunduğu şişelerin dibinde yumuşak ve kırılğan bir jel tabakasının oluştuğu ve 16. haftadan sonra sütün tamamen jelleştiği tespit edilmiştir. Depolama süresinin sonunda 95°C'de

ön ısıtma işlemi uygulanan UHT içme sütlerinin viskozite değerlerinin değişmediği, jelleşme ve çökelti sorununun olmadığı saptanmıştır. UHT işleminden sonra 72 ve 95°C'de ön ısıtma uygulanan sütlerin viskozite değerleri sırasıyla 2.0 ve 2.5 mPas olarak belirlenirken, 72°C'de ön ısıtma işlemi uygulanan UHT içme sütlerinde 10. haftanın sonunda ortalama viskozite değeri 13.6 mPas olarak tespit edilmiştir. Kromatografik analizler sonucunda, 72°C'de ön ısıtma uygulanan UHT içme sütlerinde en hızlı parçalanmanın  $\beta$ -kazein A<sup>1</sup> fraksiyonunda olduğu ve bunu sırasıyla  $\alpha_{s1}$ -kazein ile  $\beta$ -kazein A<sup>2</sup>'nin takip ettiği belirlenmiştir. Ön ısıtma işlemi 72°C'de uygulanan UHT içme sütlerinde meydana gelen jelleşmenin  $\beta$ -kazein A<sup>1</sup> ve  $\alpha_{s1}$ -kazeinin %95'inin parçalanmasından sonra; acı tadın ise  $\beta$ -kazeinin yaklaşık %75'inin ve  $\alpha_{s1}$ -kazeinin %70'inin parçalanmasından sonra olduğu tespit edilmiştir.  $\beta$ - ve  $\alpha_{s1}$ -kazein orijinli polipeptitlerin jel kısmında sütün sıvı kısmına göre daha fazla miktarda bulunduğu,  $\kappa$ -kazein ve peyniraltı suyu proteinlerinin ise jel ve sıvı kısmında hemen hemen aynı miktarlarda olduğu saptanmıştır.  $\kappa$ -kazein ve peyniraltı suyu proteinlerinin jel yapısında diğer kazein fraksiyonlarına göre daha düşük miktarlarda bulunmasından dolayı jel oluşumunun temel nedeninin serbest hale geçen  $\beta$ -bileşiklerinin olmayabileceği bildirilmiştir [45]. Plazminin aktivitesi sonucu UHT içme sütlerinde oluşan acılaşmaya ve jelleşmeye neden olan peptitlerin tanımlanmasının amaçlandığı başka bir çalışmada ise, süte önce 74°C'de 180 saniye ön ısıtma işlemi sonrasında ise 150°C'de 0.2 saniyeden daha kısa süre UHT işlemi uygulanmıştır. UHT işlemi uygulanan sütler aseptik ambalajlanarak 14 hafta süresince 20°C'de depolanmıştır. Depolama süresince UHT içme sütlerinde 36 adet  $\alpha_{s2}$ -kazein, 31 adet  $\alpha_{s1}$ -kazein ve 17 adet  $\beta$ -kazein orijinli olmak üzere toplam 84 farklı peptit belirlenirken, 66 peptidin sadece plazmin aktivitesi sonucu olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu peptitlerin 23'ünün UHT içme sütlerinde acılaşmaya neden olabileceği ve  $\alpha_{s1}$ -kazein ile  $\alpha_{s2}$ -

kazein orijinli peptitlerin acı tat oluşturma potansiyellerinin  $\beta$ -kazein orijinli peptitlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, kazein miselinin iç kısmında oransal olarak daha fazla bulunan  $\beta$ -kazein ile  $\alpha_{s2}$ -kazeinin depolanmanın ilk 4 haftasında UHT içme sütlerinde yüksek oranda parçalanmasının tespiti ile plazminin kazein miseli içerisine nüfuz edebilme yeteneğine sahip olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca, plazminin etki etmek için kazein miselinin sütün serum fazı ile temas halinde olan hidrofilik bölgelerine yüksek; hidrofobik ve fosforilize bölgelerine ise daha az ilgi gösterdiği saptanmıştır. Plazminin kazein-kazein ve kazein-kalsiyum fosfat bağlarının bulunduğu bölgeleri hidrolize etmesi ile misel yapısının stabilitesinin bozulmasının ve misellerin bir araya gelmesinin UHT içme sütlerinde jelleşme nedeni olabileceği bildirilmiştir [46].

### Plazmin ve Bakteri Proteinazları

Plazmin ile bakteri kaynaklı proteinazlar, UHT içme sütlerinde farklı hidroliz ürünlerinin ve jel yapısının oluşumuna yol açmaktadır. Bakteriye proteinazlar, UHT içme sütlerinde koyu kıvamlı pıhtı ve jel tabakasının oluşumuna neden olurken, plazmin etkisi ile süt yüzeyinde önce kremamsı bir tabaka oluşmakta sonrasında ise bu tabaka kalınlaşarak teleme benzeri yapıya dönüşmektedir. Plazminin neden olduğu jel yapısı kısmen parçalanmış kazein miselleri ve zayıf misel bağlantılarından oluşmaktadır. Bakteriye proteinazlarının etkisi ile oluşan jel yapısı ise plazminin neden olduğu jel yapısına göre daha sıkı bir protein ağına sahip olmakla birlikte, daha fazla kazein miseli ve misel agregatları içermektedir (Şekil 2). Plazmin ve bakteriye proteinazların kazein üzerine farklı etkileri sonucunda oluşan parçalanma ürünleri çeşitli kromatografik ve elektroforetik yöntemlerle analiz edilerek UHT içme sütlerinde jelleşmenin kaynağı tespit edilebilmektedir [13].



Şekil 2. Plazmin ve bakteriye proteinaz enzimlerinin kazeine etkisi (Anonim [48]'den uyarlanmıştır.)

UHT içme sütlerinde plazmin ve bakteriyel proteinaz olan AprX enziminin süt proteinleri üzerine gösterdiği farklı hidrolitik etkilerin araştırıldığı bir çalışmada; farklı oranlarda AprX enzimi (10, 20 ve 50 µg/mL) ilave edilen UHT içme sütleri oda sıcaklığında ve 42°C'de, plazmin (0.8, 1.6 ve 2.4 µL/mL) ilave edilen UHT içme sütleri ise oda sıcaklığında ve 37°C'de 6 hafta süresince depolanmıştır. Oda sıcaklığında depolanan, 20 µg/mL AprX enzimi ve 1.6 µL/mL plazmin içeren UHT içme sütlerinin her ikisinde de 4. haftada jel yapısının oluştuğu, artan enzim konsantrasyonu ve depolama sıcaklığı ile birlikte jel yapısının oluşması için gereken sürenin kısaldığı belirlenmiştir. AprX enziminin etkisi ile oluşan jel yapısının plazminin etkisi ile oluşan jel yapısına göre daha sert, serum kısmının ise daha az opak olduğu saptanmıştır. Enzim ilave edilmeyen UHT içme sütlerinde partikül boyutu dağılım yoğunluğunun ortalama 200 nm olduğu ve depolama sonuna kadar değişmediği, bununla birlikte depolama süresince AprX içeren UHT içme sütlerinde partikül boyutunun arttığı ve dağılım yoğunluğunun 500 nm ile 1 µm arasında olduğu belirlenmiştir. Plazmin içeren UHT içme sütlerinde ise depolamanın 3. haftasında partikül boyutu yoğunluğunun 200 nm'den küçük, 200 nm ile 1 µm arası ve 1 µm'den büyük olmak üzere üç farklı aralıkta dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan kromatografik analizler sonunda, AprX enzimi ilave edilen UHT içme sütlerinde κ-kazeinin depolama süresince tamamen hidrolize uğradığı ve AprX enziminin sırasıyla en fazla κ-, β-, α<sub>s1</sub>-kazeine etki ettiği saptanmıştır. Plazmin ilave edilen UHT içme sütlerinde jel yapısının oluşmaya başlamasıyla birlikte β-kazein A<sup>1</sup> ve α<sub>s1</sub>-kazein 9P fraksiyonlarının tamamen hidrolize olduğu ve jelleşmenin başlaması için toplam β- ve α<sub>s1</sub>-kazeinin %60'ının hidrolize olması gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, AprX enzimi ve plazmin ilave edilen UHT içme sütlerinde jel yapısının oluşması için enzim konsantrasyonu ve depolama sıcaklığından bağımsız olarak toplam protein hidroliz derecelerinin sırasıyla yaklaşık olarak %1.3 ve %2.1 olduğu ortaya konulmuştur [47]. Yapılan başka bir çalışmada, UHT içme sütlerine 200 mL/L bakteriyel proteinaz ve 100 mg/mL plazmin eklendikten sonra 40°C'de 3 saat inkübe edilmiştir. Hem enzim eklenmiş UHT içme sütlerinin hem de enzim ilave edilmeyen kontrol grubu UHT içme sütlerinin inkübasyondan sonra %12'lik trikloroasetik asit (TCA) ile pH 4.6'da çözünen protein fraksiyonları RP-HPLC (Ters faz yüksek basınç sıvı kromatografisi) kullanılarak incelenmiştir. Bakteriyel proteinaz içeren UHT içme sütlerinde pH 4.6'da çözünen protein fraksiyonlarına ait kromatogramda sadece analizin ilk 20 dakikasında kolonu terk eden metabolitlerin bulunduğu; plazmin eklenen UHT içme sütlerinde ise analizin 20 ile 40. dakikaları arasında da kolonu terk eden metabolit grubunun olduğu saptanmıştır. Analizin ilk 20 dakikasında belirlenen metabolitlerin, 20 ile 40. dakikalar arasında belirlenen metabolitlere göre asitle daha iyi çözüldüğü, daha az hidrofobik özellikte ve daha küçük molekül ağırlığında olduğu belirtilmiştir. Enzim ilavesi yapılmayan kontrol grubu UHT içme sütleri ile plazmin ilave edilen UHT içme sütlerinin TCA'da çözünen protein fraksiyonlarına ait kromatogramların benzer olduğu tespit edilirken, UHT içme sütlerinde plazmin aktivitesi sonucu oluşan metabolitlerin TCA'da

çözünmediği belirtilmiştir. Bununla birlikte, bakteriyel proteinaz ilave edilen UHT içme sütlerinde TCA'da çözünen protein fraksiyonlarına ait kromatogramda analizin ilk 20 dakikasında kolonu terk eden metabolitlerin olduğu saptanmıştır. Çalışmada ayrıca 100, 500, 1000 ve 2000 mg/mL plazmin eklenen UHT içme sütlerinde floresamin yöntemiyle belirlenen TCA'da çözünen protein fraksiyonları miktarlarının sırasıyla 0.09, 0.12, 0.16 ve 5.0 mmol/L; pH 4.6'da çözünen protein fraksiyonları miktarlarının ise sırasıyla 3.4, 4.1, 5.8 ve 11.6 mmol/L olduğu tespit edilmiştir. Düşük konsantrasyonlarda plazmin içeren UHT içme sütlerinde TCA'da çözünen protein fraksiyonlarının önemsenmeyecek miktarlarda olduğu; ancak yüksek konsantrasyondaki plazmin etkisi ile UHT sütlerde fazla miktarda TCA'da çözünebilir aminoasit ve küçük molekül ağırlıklı peptit üretiminin gerçekleştiği belirtilmiştir [49].

## SONUÇ

Süt endüstrisinde UHT işlemi, düşük enerji tüketimine sahip olmasının yanında, sütlerin uzun süre muhafaza edilebilmesini ve ortam sıcaklığında depolanabilmesini sağladığı için diğer ısı işlem yöntemlerine göre daha fazla tercih edilmektedir. UHT içme sütleri oda sıcaklığında 6-9 ay muhafaza edilebilse de, süttün doğal enzimlerinden olan plazmin ve plazmin sistemi enzimleri ile yüksek sıcaklığa dirençli bakteri proteinazları UHT içme sütlerinde depolama süresince jelleşme sorununa yol açmaktadır. Jel oluşumu ile viskozitesi artan UHT içme sütlerinde proteoliz sonucu oluşan bileşiklerin neden olduğu acılaşıma meydana gelmekte ve sonuç olarak sütün raf ömrü kısalmaktadır. UHT içme sütlerinin raf ömrünü etkileyen diğer faktörler; yaş, laktasyon dönemi ve hastalık durumu gibi sütün elde edildiği hayvana özgü özellikler ile mevsimsel değişikliklere bağlı olarak farklılık gösteren sütün bileşimi ve mikrobiyal kalitesi, UHT işleminin değişiklikleri ve depolama sıcaklığı olarak sıralanabilmektedir. Konu ile ilgili yapılacak çalışmalarda, UHT içme sütlerinin muhafaza sürelerini uzatabilmek için söz konusu tüm faktörlerin etkisinin detaylı olarak incelenmesi ve enzimlerin neden olduğu proteolitik etkilerin engellenmesine veya kontrol altında alınmasına yönelik uygulamaların araştırılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Ünal, R., Besler, H.T. (2008). Beslenmede sütün önemi. Sağlık Bakanlığı Yayın No:727. Ankara.
- [2] Hodgkinson, A.J., Wallace, O.A.M., Boggs, I., Broadhurst, M., Prosser, C.G. (2018). Gastric digestion of cow and goat milk: Impact of infant and young child *in vitro* digestion conditions. *Food Chemistry*, 245, 275-281.
- [3] Claeys, W.L., Cardoen, S., Daube, G., De Block, J., Dewettinck, K., Dierick, K., De Zutter, L., Huyghebaert, A., Imberechts, H., Thiange, P. (2013). Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits. *Food Control*, 31(1), 251-262.
- [4] Muñoz, I., Gou, P., Picouet, P.A., Barlabé, A., Felipe, X. (2018). Dielectric properties of milk



- during ultra-heat treatment. *Journal of Food Engineering*, 219, 137-146.
- [5] Anonim, (2000). Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği. T.C. Resmi Gazete. 23964 (2000/6), Ankara.
- [6] Gunnar, R., Jens, K. (2006). Extended shelf life milk-advances in technology. *International Journal of Dairy Technology*, 59(2), 85-96.
- [7] Anonim, (2018). Süt ve süt ürünleri üretimi miktarı ve değişim oranları. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- [8] Richards, M., De Kock, H.L., Buys, E.M. (2014). Multivariate accelerated shelf-life test of low fat UHT milk. *International Dairy Journal*, 36(1), 38-45.
- [9] Urgan, M., Saatli, T.E., Türk, A., Koca, N. (2017). Isıl işlem görmüş içme sütlerinde (Pastörize, UHT ve Laktozsuz UHT Süt) hidrokümetilfurfural içeriğinin belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 15(3), 249-255.
- [10] Richards, M., Buys, E.M., De Kock, H.L. (2016). Survival analysis, consumer perception and physico-chemical analysis of low fat UHT milk stored for different time periods. *International Dairy Journal*, 57, 56-61.
- [11] D'Incecco, P., Rosi, V., Cabassi, G., Hogenboom, J.A., Pellegrino, L. (2018). Microfiltration and ultra-high-pressure homogenization for extending the shelf-storage stability of UHT milk. *Food Research International*, 107, 477-485.
- [12] Deeth, H. (2017). High Temperature Processing of Milk and Milk Products. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 261p.
- [13] Datta, N., Deeth, H. (2001). Age gelation of UHT milk-a review. *Food and Bioprocess Technology*, 79(4), 197-210.
- [14] Wolz, M., Mersch, E., Kulozik, U. (2016). Thermal aggregation of whey proteins under shear stress. *Food Hydrocolloids*, 56, 396-404.
- [15] Loveday, S.M. (2016).  $\beta$ -Lactoglobulin heat denaturation: A critical assessment of kinetic modelling. *International Dairy Journal*, 52, 92-100.
- [16] Vaghela, K.D., Chaudhary, B.N., Mehta, B.M. (2018). A review on proteolysis rate in UHT milk: Its mechanism, pattern, assessment and enzymatic changes during storage. *Research & Reviews: Journal of Dairy Science and Technology*, 6(3), 1-16.
- [17] McMahon, D.J. (1996). Age-gelation of UHT milk: Changes that occur during storage, their effect on shelf life and the mechanism by which age-gelation occurs. Heat treatments and alternative methods. IDF Symposium, Vienna Austria, 315p.
- [18] Malmgren, B., Ardö, Y., Langton, M., Altskär, A., Bremer, M.G., Dejmek, P., Paulsson, M. (2017). Changes in proteins, physical stability and structure in directly heated UHT milk during storage at different temperatures. *International Dairy Journal*, 71, 60-75.
- [19] Andrews, A., Cheeseman, G. (1972). Properties of aseptically packed ultra-high-temperature milk: II. Molecular weight changes of the casein components during storage. *Journal of Dairy Research*, 39(3), 395-408.
- [20] Venkatachalam, N., McMahon, D.J., Savello, P. (1993). Role of protein and lactose interactions in the age gelation of ultra-high temperature processed concentrated skim milk. *Journal of Dairy Science*, 76(7), 1882-1894.
- [21] Chavan, R.S., Chavan, S.R., Khedkar, C.D., Jana, A.H. (2011). UHT milk processing and effect of plasmin activity on shelf life: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(5), 251-268.
- [22] Manji, B., Kakuda, Y. (1988). The role of protein denaturation, extent of proteolysis, and storage temperature on the mechanism of age gelation in a model system. *Journal of Dairy Science*, 71(6), 1455-1463.
- [23] Alves, M.P., Salgado, R.L., Eller, M.R., Dias, R.S., Oliveira de Paula, S., Fernandes de Carvalho, A. (2018). Temperature modulates the production and activity of a metalloprotease from *Pseudomonas fluorescens* 07A in milk. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 992-999.
- [24] Samaržija, D., Zamberlin, Š., Pogačić, T. (2012). Psychrotrophic bacteria and milk and dairy products quality. *Mljekarstvo*, 62(2), 77-95.
- [25] Akan, E., Yerlikaya, O., Kınık, Ö. (2014). Psikrotrof bakterilerin çiğ süt ve süt ürünleri kalitesine etkisi. *Akademik Gıda*, 12(4), 68-78.
- [26] Xin, L., Meng, Z., Zhang, L., Cui, Y., Han, X., Yi, H. (2017). The diversity and proteolytic properties of psychrotrophic bacteria in raw cows' milk from North China. *International Dairy Journal*, 66, 34-41.
- [27] von Neubeck, M., Baur, C., Krewinkel, M., Stoeckel, M., Kranz, B., Stressler, T., Fischer, L., Hinrichs, J., Scherer, S., Wenning, M. (2015). Biodiversity of refrigerated raw milk microbiota and their enzymatic spoilage potential. *International Journal of Food Microbiology*, 211, 57-65.
- [28] Stoeckel, M., Lidolt, M., Achberger, V., Glück, C., Krewinkel, M., Stressler, T., von Neubeck, M., Wenning, M., Scherer, S., Fischer, L. (2016). Growth of *Pseudomonas weihenstephanensis*, *Pseudomonas proteolytica* and *Pseudomonas* sp. in raw milk: Impact of residual heat-stable enzyme activity on stability of UHT milk during shelf-life. *International Dairy Journal*, 59, 20-28.
- [29] Sørhaug, T., Stepaniak, L. (1997). Psychrotrophs and their enzymes in milk and dairy products: Quality aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 8(2), 35-41.
- [30] Matéos, A., Guyard-Nicodème, M., Baglinière, F., Jardin, J., Gaucheron, F., Dary, A., Humbert, G., Gaillard, J.L. (2015). Proteolysis of milk proteins by AprX, an extracellular protease identified in *Pseudomonas* LBSA1 isolated from bulk raw milk, and implications for the stability of UHT milk. *International Dairy Journal*, 49, 78-88.
- [31] Ertan, H., Cassel, C., Verma, A., Poljak, A., Charlton, T., Aldrich-Wright, J., Omar, S.M., Siddiqui, K.S., Cavicchioli, R. (2015). A new broad specificity alkaline metalloprotease from a *Pseudomonas* sp. isolated from refrigerated milk: Role of calcium in improving enzyme productivity. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 113, 1-8.
- [32] Baglinière, F., Matéos, A., Tanguy, G., Jardin, J., Briard-Bion, V., Rousseau, F., Robert, B.,

- Beaucher, E., Gaillard, J.L., Amiel, C., Humbert, G., Dary, A., Gaucheron, F. (2013). Proteolysis of ultra high temperature-treated casein micelles by AprX enzyme from *Pseudomonas fluorescens* F induces their destabilisation. *International Dairy Journal*, 31(2), 55-61.
- [33] Martins, M.L., de Araújo, E.F., Mantovani, H.C., Moraes, C.A., Vanetti, M.C.D. (2005). Detection of the apr gene in proteolytic psychrotrophic bacteria isolated from refrigerated raw milk. *International Journal of Food Microbiology*, 102(2), 203-211.
- [34] Machado, S.G., Heyndrickx, M., De Block, J., Devreese, B., Vandenberghe, I., Vanetti, M.C.D., Van Coillie, E. (2016). Identification and characterization of a heat-resistant protease from *Serratia liquefaciens* isolated from Brazilian cold raw milk. *International Journal of Food Microbiology*, 222, 65-71.
- [35] Baglinière, F., Jardin, J., Gaucheron, F., De Carvalho, A.F., Vanetti, M.C.D. (2017). Proteolysis of casein micelles by heat-stable protease secreted by *Serratia liquefaciens* leads to the destabilisation of UHT milk during its storage. *International Dairy Journal*, 68, 38-45.
- [36] McMahon, D.J., Brown, R.J. (1984). Enzymic coagulation of casein micelles: A review. *Journal of Dairy Science*, 67(5), 919-929.
- [37] Bhatt, H., Cucheval, A., Coker, C., Patel, H., Carr, A., Bennett, R. (2017). Effect of micellar structure of casein and its modification on plasmin-induced hydrolysis. *International Dairy Journal*, 75, 75-82.
- [38] Aydemir, O., Dervişoğlu, M., Temiz, H. (2008). Süt alkali proteinazı plazmin. *Gıda Dergisi*, 33(5), 235-240.
- [39] Ismail, B., Nielsen, S. (2010). Invited review: plasmin protease in milk: current knowledge and relevance to dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 93(11), 4999-5009.
- [40] Saint Denis, T., Humbert, G., Gaillard, J.L. (2001). Heat inactivation of native plasmin, plasminogen and plasminogen activators in bovine milk: A revisited study. *Le Lait*, 81(6), 715-729.
- [41] Tolkach, A., Kulozik, U. (2007). Reaction kinetic pathway of reversible and irreversible thermal denaturation of beta-lactoglobulin. *Le Lait*, 87(4-5), 301-315.
- [42] Stoeckel, M., Lidolt, M., Stressler, T., Fischer, L., Wenning, M., Hinrichs, J. (2016). Heat stability of indigenous milk plasmin and proteases from *Pseudomonas*: A challenge in the production of ultra-high temperature milk products. *International Dairy Journal*, 61, 250-261.
- [43] Burbrink, C.N., Hayes, K.D. (2006). Effect of thermal treatment on the activation of bovine plasminogen. *International Dairy Journal*, 16(6), 580-585.
- [44] Kohlmann, K., Nielsen, S., Ladisch, M. (1991). Effects of a low concentration of added plasmin on ultra-high temperature processed milk. *Journal of Dairy Science*, 74(4), 1151-1156.
- [45] Rauh, V.M., Sundgren, A., Bakman, M., Ipsen, R., Paulsson, M., Larsen, L.B., Hammershøj, M. (2014). Plasmin activity as a possible cause for age gelation in UHT milk produced by direct steam infusion. *International Dairy Journal*, 38(2), 199-207.
- [46] Rauh, V.M., Johansen, L.B., Ipsen, R., Paulsson, M., Larsen, L.B., Hammershøj, M. (2014). Plasmin activity in UHT milk: Relationship between proteolysis, age gelation, and bitterness. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(28), 6852-6860.
- [47] Zhang, C., Bijl, E., Hettinga, K. (2018). Destabilization of UHT milk by protease AprX from *Pseudomonas fluorescens* and plasmin. *Food Chemistry*, 263, 127-134.
- [48] Anonim, (2018). Research Theme 6-Proteases in UHT Milk. [https://www.wur.nl/upload\\_mm/4/0/8/d661dad0-5e6b-491d-9283-7a04047ba98b\\_6%20Proteases%20in%20UHT%20milk.pdf](https://www.wur.nl/upload_mm/4/0/8/d661dad0-5e6b-491d-9283-7a04047ba98b_6%20Proteases%20in%20UHT%20milk.pdf) Erişim tarihi: 29.06.2018
- [49] Datta, N., Deeth, H.C. (2003). Diagnosing the cause of proteolysis in UHT milk. *LWT-Food Science and Technology*, 36(2), 173-182.

## Et ve Et Ürünlerinin Kalitesini Geliştirmede Kullanılan Yeni Teknikler

Pelin Talu Özkaya  , Semra Kayaardı 

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

*Geliş Tarihi (Received): 28.08.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 10.10.2018*

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): pelin.talu@yahoo.com (P. Talu Özkaya)*

📞 0 236 201 22 52 📠 0 236 241 21 43

### ÖZ

İnsan beslenmesinde son derece önemli bir yere sahip olan et, yağlılığı ve sahip olduğu yağın içeriği, bozulma ve zehirlenmelere açık olması nedeniyle güvenilirliği bakımından son zamanlarda endişe uyandırmakta ve aynı zamanda ekonomik kayıpları da beraberinde getirmektedir. İşlenmiş et ürünlerinin ise kanser başta olmak üzere çeşitli hastalıklarla ilişkilendirilmesinden ötürü sağlık bilinci yüksek toplumlarda imajı zedelenmiş durumdadır. Bu derlemede, tüketici talepleri doğrultusunda söz konusu endişe ve dezavantajlı durumların giderilerek et ve et ürünlerinin daha sağlıklı, hatta fonksiyonel, aynı zamanda da besleyici ve güvenli olması yönünde kalitesini geliştirme amaçlı kesim öncesi ve kesim sonrası uygulanabilecek alternatif teknikler ele alınmaktadır. Bu amaçla, canlı hayvanlar üzerinde kalite odaklı genetik yaklaşımlar ile besleme stratejileri, kesim sonrasında ise etin elde edilmesinden itibaren işlemeye hazırlanması, ürüne dönüştürülmesi ve ambalajlanmasına yönelik alternatif uygulamalara yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Et ve et ürünleri, Kalite, Yeni teknikler

### Novel Techniques for Improving the Quality of Meat and Meat Products

#### ABSTRACT

Meat, which has an important place in human diet, has brought concerns about safety and economic losses together with its consumption due to the content and composition of its fat, susceptibility to spoilage and food poisonings. In health conscious societies, meat products have gained a negative image because of its link with several diseases, especially cancer. In this review, alternative techniques which could be applied pre- or post-slaughter in order to improve the quality of meat and meat products by providing natural, healthy, more functional, more nutritious and safer products while discharging quality variations, worries and disadvantages conditions are reviewed. Pre-slaughter stage includes quality focused genetic approaches and feeding strategies on live animals. Post slaughter stage deals with obtained meat and novel techniques about its preparations for further processes, processing and packaging steps.

**Keywords:** Meat and meat products, Quality, Novel techniques

#### GİRİŞ

İnsan beslenmesinde değerli bir gıda olan etin bileşim ve besleyici değeri konusunda üretici ve tüketicilerin giderek artan bir farkındalığa sahip olduğu görülmektedir. Çoğu gelişmiş ülkede gelir düzeyinin yükselmesiyle birlikte besleyici ve kaliteli et teminine yönelik talep de artmaktadır [1,2].

Et kalitesi, genel olarak "ette tüketici tarafından değerlendirilen ve aranılan özelliklerin ölçümüdür" şeklinde tanımlanabilir. Ülkemizde kalite kavramı, et sanayisi açısından gittikçe önem kazanmaya başlayan bir faktördür [3]. Bu nedenle, tüketici memnuniyetinin artırılması ve özellikle son yıllarda, en çok da kırmızı et ile ilgili olarak sağlık açısından et tüketimine ilişkin olumsuz yargıların giderilmesi adına kapsamlı iyileştirme

ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Kalitenin geniş kapsamlı bir kavram olmasından dolayı bu çalışmada, gerek sağlık ve güvenilirlik gerek teknolojik özellikler gerekse lezzet ve tüketim hazzı bakımından et kalitesinin geliştirilmesi amacıyla, hayvanın genetik özelliklerinden yetiştirilmesine ve sonrasında soframıza ulaşınca dek tüm aşamalarda (üretim, ambalajlama, depolama gibi) kullanılabilecek olan yeni alternatif tekniklerin kategorize edilerek genel hatlarıyla ele alınması amaçlanmıştır.

## KESİM ÖNCESİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN STRATEJİLER VE YENİ TEKNİKLER

### Genetik ve Genom Stratejileri

Et kalitesindeki varyasyonlar, hayvan yetiştirme stratejilerine de konu olmakta ve ilgili stratejilerin tüm populasyonlarda et kalitesini geliştirilebileceği öne sürülmektedir. İyi tasarlanmış bir genetik çaprazlama programı, et kalitesi bakımından sonuçları kısa sürede ortaya çıkabilecek bir genetik potansiyel sağlayabilmektedir. Bunun sağlanma oranı, söz konusu programlara DNA bazlı teknolojilerin entegrasyonu ile artırılabilen olup böyle bir programın temelinde de tüm genomu dağılmış olan binlerce DNA markörü (işaretleyici) yer almaktadır. Genetik ve genom teknolojilerinin, çiftlik aşamasının ötesinde karkas ve et parçalarının beklenen kalite özelliklerine göre ayırımında da yararlı bir araç olması umulmaktadır [4]. Nitekim son yıllarda, canlı organizmaların moleküler organizasyonu ile ilgili daha fazla bilgi elde edilmiş, çeşitli sekanslama teknikleri (SNP array, RNA sekanslama, vb.) ve genomik metotlarda kaydedilen gelişmeler ile birlikte yüzlerce veya binlerce gen, protein ve metabolitlerin eşzamanlı analizi mümkün hale gelmiştir. Çiftlik hayvanlarında ete ait kalite özellikleri ile ilgili bazı proteinler, mRNA'lar veya metabolitler, domuz, sığır ve tavukta tespit edilmiştir. Bunlar, her tür için ilgilenilen kalite unsurlarının öngörü ve değerlendirmesinde ve türler arasında potansiyel markör (işaretleyiciler) konumundadır. Halen geliştirilmekte olan hızlı metotlar, bu markörlerin kesimhanelerde karar ve yönetim aşamalarında kullanımını, karkas ya da parçaların uygun pazarlara sevkini mümkün kılacaktır. Hatta markörler, canlı hayvanlardaki kullanımı genetik seleksiyonun gelişmesine ve beklenen kalite düzeyinin tam anlamıyla sağlanmasına yardımcı olmak üzere üretim sistemlerine adapte edilecektir. Bu bağlamda nihai amaç, et üretim zincirlerinde ürün kalitesinin yönetimi için etkin moleküler araçlar elde edebilmektir [5].

Genetik markörlerin ticari kullanımı mümkün olup bu markörler, tür farkıyla ilişkili varyasyonların giderilmesine yardımcı olabilir. Domuz eti üretim endüstrisinde Halotan gen ve Napole geni gibi genetik markörler, ticari olarak ulaşılabilen kalite markörleridir. Bu gen markörlerinin kullanımı, domuz etinde kalite varyasyonlarının giderilmesi ve toplam kalitenin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Halotan geni, domuzlarda stres sendromu ile ilişkili bulunmuş olup, hayvanların kesimden hemen önce strese girmesinin metabolizma hızında artış ve çok hızlı bir post-mortem

pH düşüşüne, dolayısıyla soluk, yumuşak, sızıntılı (PSE: Pale, Soft, Exudative) et eldesine neden olduğu rapor edilmiştir. Rendement Napole geni (RN-) ise domuz etinin kırmızı, yumuşak ve sızıntılı (RSE: Red, Soft, Exudative) olmasının nedeni olarak gösterilmektedir. Domuz populasyonundan bu genin etkilerinin ortadan kaldırılması için yapılan seleksiyonların, yağsız et kompozisyonunda önemli bir değişiklik yaratmadan domuz etinin toplam kalitesini geliştirebileceği ileri sürülmektedir [6].

### Yetiştirme Aşaması: Alternatif Besleme Uygulamaları

Genom, hayvanın türü, yaş, cinsiyet, vb. faktörlerin yanı sıra nitelik ve nicelik olarak hayvanın beslenme şeklinin, elde edilecek etin aynası olarak görüldüğü söylenebilir. Bu nedenle yetiştirme aşamasında, özellikle de hayvanların beslenmesine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmış ve et kalitesi, güvenilirliği ve raf ömrünün geliştirilmesini sağlayabilecek yeni formülasyonlar ve/veya beslenme stratejilerinin geliştirilmesi yoluna gidilmiştir.

Tüketicilerin sağlıklı ve güvenli et teminine yönelik talepleri üzerine pek çok ülkede antibiyotik ve büyüme takviyelerinin kullanımına yasak getirilmesi, araştırmacıları sağlıklı tavuk eti üretimine ilişkin yeni stratejiler bulmaya itmiştir. Bilindiği üzere probiyotikler, antibiyotiklere iyi bir alternatif olarak görülen canlı mikrobiyal bileşenler olup bunların kanatlı beslenmesinde kullanımı, hayvanların sağlık ve gelişimi üzerindeki olumlu etkilerle ilişkilendirilmiş, özellikle de yağ asidi profili ve oksidatif stabilize gibi fizikokimyasal özellikleri olumlu yönde değiştirdiği kaydedilmiştir [7]. Tablo 1'de, kanatlılar için hazırlanan probiyotik mikroorganizmalar yer almaktadır.

Küçükbaş hayvan eti ve ürünleri de, yüksek besleyici değeri ve organoleptik özellikleri dolayısıyla yüksek kaliteli gıdalar arasında sayılmaktadır. Fakat bazen, söz konusu ürünlerin ihtiva ettiği yağın miktar ve içeriğine yönelik tüketicinin gözündeki negatif imaj nedeniyle bu et ve et ürünlerinin tüketimi, toplum içerisinde tartışılabilir hale gelmiştir. Koyun sütü ve etinde yüksek oranda doymuş yağ asitleri, düşük oranda da çoklu doymamış yağ asitleri bulunmakta ve bu özellik, kardiyovasküler hastalıklara olan yatkınlık ile ilişkilendirilmektedir. Besleme, küçükbaş (koyun, keçi) hayvan eti ve ürünlerinin kalitesini etkileyen temel faktör olduğundan, beslenme stratejileri tüketici taleplerinin üretime adaptasyonunu sağlayacak şekilde çoğunlukla yağ içeriğini modifiye etme amaçlı geliştirilmektedir [8]. Fakat doymamış yağ asitleri oranını artırmak, ürünü oksidasyona daha duyarlı hale getirerek raf ömrünü kısaltmakta, genellikle kötü tat ve koku oluşumuyla kendini göstermekte ve kanserojen olarak bilinen bileşiklerin oluşumuyla ilişkilendirilmektedir. Bu amaçla hayvanın beslemenin bir parçası olarak yaygın kullanım alanına sahip olan E vitamini kullanımı, sentetik orijinli olması ve omega-3 PUFA alımının çok yüksek olduğu durumlarda biyoverimliliğinin kısıtlı kalması nedeniyle antioksidan etki olarak tam bir kabul görmemektedir. Bu sebeple, hayvan beslenmesinin fenolik bileşenlerce

zengin doğal bitkisel kaynaklarla takviye edilmesi yaygın bir uygulama bulmaktadır [8].

Et kalitesinin geliştirilmesi amacıyla çeşitli hayvanların beslenmesinde yararlanılan takviyeler ve elde edilen sonuçlar, Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Kanatlı beslenmesinde kullanılan probiyotik mikroorganizmalar [7]

Mikroorganizma	Cins	Tür
Bakteri	<i>Lactobacillus</i>	<i>thermophilus, acidophilus, brevis, bulgaricus, casei, fermentum, gallinarum, jensenii, plantarum, reuteri, rhamnosus, salivarius</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>amilolique-faciencie, cereus, coagulans, licheniformis, megaterium, mesentericus, natto, polymixa, subtilis,</i>
	<i>Bifidobacterium</i>	<i>animalis, bifidium, bifidus, thermophilus</i>
	<i>Enterococcus</i>	<i>faecium</i>
	<i>Escherichia</i>	<i>coli</i>
Küf	<i>Aspergillus</i>	<i>niger, oryzae</i>
Maya	<i>Saccharomyces</i>	<i>boulardii, cerevisiae, faecium, salivarius subsp. thermophilus</i>

Tablo 2. Hayvanların beslenme aşamasında yararlanılan alternatif uygulamalar ve etkileri

Uygulama alanı	(Takviye türü)	Sağlanan etki	Kaynak
Tavuk eti	Probiyotik	Yağ asitleri profilinde değişim (doymamış yağ asitlerinde artış, doymuş yağ asitlerinde azalma) lipid stabilitesi	7
Domuz	Sentetik ve doğal D vitamini	Genel performans, karkas ağırlığı ve <i>Longissimus thoracis</i> renk değerlerinde olumlu etki, etin antioksidan düzeyinde artış	9
Kuzu/koyun ürünleri	ve CLA (konjuge linoleik asit) ve omega-3	Yağ asidi profilinin doymamışlık düzeyindeki artış ile kalp damar sağlığı yönünden daha olumlu özellik kazanması (fonksiyonellik)	8
Kuzu	Doğal fenolik bileşen kaynakları (üzüm posası)	Fonksiyonel özelliklerde artış, etin depolama süresince renk ve oksidatif stabilitesinin korunması	8
Broyler	Mannan oligosakkarit (MOS)	Büyüme performansında artış, göğüs etinde daha iyi kalite ve oksidatif stabilite	11
Modern sığırcılık	Ferulik asit kullanımı	Lipid oksidasyonuna karşı stabilite artışı	10
Sığır	D vitamini	Post mortem proteolizin gelişmesi, kesme kuvvetinde azalma, et gevrekliğinde artış	9
Alpaka (tüylü lama/Avustralya'da kırsal üretim)	Tahıl miksi takviye formülasyonu	Kas içi yağlar ve yeme kalitesinde artış, sağlıklı bir yağ asidi profili	12

## KESİM SONRASINDA ET VE ET ÜRÜNLERİNE YÖNELİK UYGULANABİLECEK ALTERNATİF TEKNİKLER

Canlı hayvanın kesim olgunluğuna ulaşmasıyla beraber kesime sevki esnasındaki stres durumu ve genel refahı, kesim ortamının fiziksel ve hijyenik koşulları, kesim tekniği ve tekniğin uygulanma becerisi ve hızına ilişkin standartlara uygunluğun sağlandığı varsayılarak kesim sonrasında uygulanabilecek olan alternatif teknikler ele alınmakta ve bunlar, etin hammadde olarak herhangi bir ürüne işleme öncesi, işleme alternatifleri ve alternatif ambalajlama tekniklerini içermektedir.

### Etin İşlemeye Hazırlanması

Karkas duşlama işlemi, özellikle soğuk depolama öncesinde yaygın olarak uygulanmakta ve dekontaminasyon sağlamaktadır. Son yıllarda duşlama işlemi, Japonya'da ortaya çıkan ve diğer ülkelerde de yaygınlaşmaya başlayan elektrolit su (EW: electrolyzed

water) kullanımıyla yapılmaktadır. Uygulamalar, sodyum klorür gibi yaygın olarak kullanılan bir tuzun su içerisinde çözülmesi ve bir aparat yardımıyla güç kaynağına bağlanması ile gıda proseslerinde sanitizer (temizleme maddesi) olarak kullanılmasına dayanmakta ve önemli ölçüde bakteriosidal, virüsidal ve orta seviyeli bir fungisidal işlevi görmektedir [13]. Ancak genel uygulama şekli olan daldırma (immersiyon) ile mikrobiyal yükün azaltılması, büyük hacimlerde EW sarfiyatına yol açtığından bu teknolojinin endüstriyel ölçekte uygulanabilmesi adına sarfiyatı azaltma ve antimikrobiyal verimi artırmayı amaçlayan çalışmalar gerekmektedir. Bu kapsamda, domuz filetolarının duşlanmasında farklı tür (hafif asidik, asidik ve bazik) ve kombinasyonlarda elektrolit su spreyleme yönteminin mikrobiyolojik ve oksidatif kalite üzerine etkileri araştırılmış ve bazik elektrolit su + asidik elektrolit su kombinasyonunun kesimde kullanılan su miktarını azaltma ve etin mikrobiyolojik kalitesini geliştirmede faydalı bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır [14].

Etin islenmeden önce kalitesini artırmak amacıyla elektrik alan uygulaması da iyi bir alternatif yöntem olarak gösterilebilir. Bu tekniğe yönelik yapılan bir araştırmada  $E=0-5.8 \times 10^4$  V/m'lik elektrik alan uygulamasının  $-20^\circ\text{C}$ 'de dondurma süresince kuzu etinin kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiş ve et dokusunda önemli mikroyapısal değişimler oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Uygulanan elektrik alan sayesinde, oluşan buz kristallerinin boyutunda klasik dondurma işlemine kıyasla %60'lık azalma olmuş, sızıntı kaybında da düşüş gözlenmiştir. Etin renk ve sertliği bu uygulamadan önemli ölçüde etkilenmemiştir. Fakat genel itibarıyla, dondurma işlemi boyunca gıdanın daha az zarar görmesini sağlaması ve etin kalitesini korumayı mümkün kılmasının yanı sıra düşük bir enerji sarfiyatından ibaret olması, bu teknolojinin endüstriyel uygulama alanını genişletmektedir [15]. Bir başka teknik olarak ultrason, insan kulağının işitebileceğinden daha yüksek frekanstaki ses dalgalarının vücut dokularından geçirilmesiyle yansıyan sinyallerin bir dönüştürücü aracılığıyla görselleştirilerek genellikle karkas kalitesinin derecelendirilmesinde, özellikle de miktarı değişken olan yağ dokusuna göre sınıflandırmada kullanılmakta iken [16] son yıllarda dekontaminasyon ve mikrobiyal inaktivasyon sağlamasıyla da ön plana çıkmaktadır. Ultrason tekniğinin tek başına ya da diğer proses teknikleri ve/veya muhafaza metotları ile birlikte etin gevreklik ve marınasyon etkinliğini artırarak genel kalitesini yükselttiği ifade edilmektedir. Ayrıca, kasların sıkıca sarılarak rigor süresince sertleşmesinin önüne geçilmesinin hedeflendiği akıllı streç (PiVac) tekniği de tüm karkasa veya asılma süresince belli kas gruplarına uygulanabilmektedir. Teknik, ürüne şekil bakımından form da kazandırarak avantaj oluşturmakta ve sıcak parçalama yapılan karkaslara uygulanarak etin gevrekleşmesinde kayda değer gelişme sağlamaktadır. Yüksek basınç, şok dalgaları, ultrason, PEF (Pulsed Electrical Field: vurgulu elektrik alan) ve PiVac teknikleri gibi yöntemler, genel itibarıyla kas yapısını fiziksel bir bozunmaya uğratarak proteoliz ve olgunlaşma düzeyini ilerletmekte, kas proteinlerinin denatürasyon ve çözünürlüğünü iyileştirmek suretiyle gevrekliğin artırılmasında rol oynamaktadır [17].

## İşleme Aşaması

### Isıl Uygulamalar

Etin güvenli ve daha da önemlisi tüketilebilir hale gelmesinde ısıl muameleleri göz ardı etmek mümkün değildir. Yeme kalitesini geliştiren alternatif bir pişirme tekniği olarak düşük sıcaklık-uzun süre (LTLT: Low Temperature Long Time) uygulaması, son yıllarda restoranlar, yerel mutfaklar ve hazır yemek sektöründe geniş bir uygulama alanına sahip olmuştur. Yöntem, etin  $60^\circ\text{C}$ 'ye yakın veya daha düşük sıcaklıklarda saatler ve hatta günlere dayanan uzun bir süre boyunca izotermal tutulmasına dayanmaktadır. En popüler LTLT uygulamalarından biri, *sous vide* olarak anılan, vakum ambalajlanmış etin su, buhar veya bir ısıtma ortamı aracılığıyla pişirilmesi tekniğidir. Yöntemin, raf ömrünü

uzattığı da ifade edilmekte, ancak ısıya dirençli patojenlerin canlı kalma riskine karşı ek teknolojiler gerekebilmektedir [18].

Kızılötesi, radyo frekans ve mikrodalga ısıtma gibi yeni termal teknolojilerin ise gıda ürünlerinde hızlı ve üniform bir ısınma sağladığı ve bilhassa tüketime hazır et ürünlerinde bir nevi pastörizasyon etkisi gösterebileceği üzerinde durulmaktadır. Nitekim son ürün olan yoğurdun raf ömrünü uzatmak üzere kültür ekimi yapılmış olan süte uygulanan radyo frekans ısıtma ile  $58^\circ\text{C}$  ve  $65^\circ\text{C}$ 'de ürünün LAB (laktik asit bakterileri) düzeyinde kısmi bir koruma sağlandığı görülmüş ve yeni ısıtma teknolojilerinin fermente et ürünleri üretiminde çeşitli uygulama basamaklarına adapte edilebileceği fikri oluşmuştur [19].

### Isıl Olmayan Uygulamalar

Gıdalara uygulanan ısıl işlemlerin, herhangi bir gıdanın gerek üretiminde gerekse tüketimi öncesinde vazgeçilmez olduğu düşünülse de, ısıl işlem görmüş gıdalara karşı son yıllarda giderek artan olumsuz düşünceler ve minimum işlem görmüş gıdalara yönelik tüketici talepleri, ısıtma ile ortaya çıkan besin kayıplarının en aza indirilmesi isteği ya da ısıl işlemlerin üretim aşamasında önemli bir maliyet girdisi oluşturması, gıda sektöründe alternatif yöntemlerin geliştirilmesine yönelmeyi sağlamıştır. Ayrıca mikrodalga ve ohmik ısıtma gibi hızlı ısıtma sağlayan yöntemlerde bile soğutma işlemi yeteri kadar hızlı yapılamadığı için, ürünler normalden fazla ısıya maruz kalabilmektedir. Bu yüzden ısıl olmayan işlemler üzerinde yoğun araştırmalara devam edilmektedir [20]. Yine de söz konusu teknikler (mikrodalga ve ohmik ısıtma), yüksek basınç ve radyo frekans ile birlikte yeni çözündürme teknikleri arasında gösterilmekte ve konvansiyonel çözündürme prosesinde söz konusu olan çözünme süresinin uzun oluşu, üründe mikroorganizmaların gelişebilmesi, damlama kaybının oluşması, üründe yüzey oksidasyonu ve renk değişimleri gibi olumsuzlukları giderebilmektedir. Ancak uygulama zorluğu, ekipman ve işletim maliyetinin fazla olması gibi birkaç dezavantajına dikkat çekilse de, bu tekniklerin gıdalarda aşırı ısınma oluşturmaması, sızıntı kaybı ve çözünme süresini azaltması yönünden faydalı olacağı savunulmakta ve bu nedenle geleneksel tekniklere alternatif olarak kullanımının yaygınlaşacağı düşünülmektedir [21].

Mevcut durumda, ısıl uygulamalar ne tümüyle terk edilebilmekte ne de alternatif metot geliştirmeye yönelik çalışmalar son bulmaktadır. Dolayısıyla ısıl uygulamalardan ısıl olmayan uygulamalara tam bir geçiş söz konusu olmasa dahi taze et veya et ürünleri üretiminde çeşitli amaçlarla tercih edilebilecek ve ürün kalitesini geliştirebilecek alternatif yöntemler literatürde yer bulmuş ve etkileri açıklanmıştır. Tablo 3'te, ısıl olmayan çeşitli uygulamaların uygulandığı ürün ve sağladığı etkiler yer almaktadır.

Tablo 3. Isıl olmayan bazı alternatif uygulamaların çeşitli et ve et ürünlerinin kalitesi üzerine etkisi

Uygulama Matriksi	Uygulanan Metod	Sağlanan Etki	Kaynak
Fermente et ürünleri ve çeşitli gıdalar	Vurgulu ışık	Dekontaminasyon	19
Fermente sucuklar vb. et ürünleri	İrradyasyon (ışınlama)	Renk, mikrobiyolojik & duyu kalite, uçucu azot miktarında uygulama dozuna bağlı değişimler ve <i>E.coli</i> O157:H7'de azalma, biyojen amin düzeyinin düşmesi	
Et ürünleri	Yüksek basınç **Ayrıca az tuzlu et ürünleri üretiminde Yüksek basınç + doğal antimikrobiyaller (bitkisel bioaktif bileşikler ve bakteriyosinler), antioksidanlar (bitkisel fenolik maddeler) ve aktif ve akıllı paketlenme uygulaması	Duyusal ve besleyici özellikler değişmeksizin daha uzun ömürlü ve güvenli et ürünlerinin eldesi, mikrobiyolojik kalite artışı	22
Sıcak parçalama ile üretilmiş (hot-boned) sığır bifteği	Yüksek basınç	<i>Longissimus thoracis</i> kasında yeme kalitesi ve gevreklik artışı, fiziksel özelliklerde genel bir iyileşme	23
Balık ve ürünleri		Parazitler ve mikroorganizmaların inaktivasyonu, raf ömrünün uzatılması, kabukluların iskelet ayırma işlemlerinde performansı artırma ve etlerinin kolaylıkla ve de tamamen ayıklanabilmesi	24
Ördek eti	Yüksek basınç (uygulamayı takiben pişirme)	Yeme kalitesinde artış	25

Tabloda verilen yöntemler içerisinde öne çıkan yüksek basınçla işleme, genellikle ortam sıcaklığında uygulanan ve gıda ürünlerinin islenmesinde en fazla umut vadeden en yeni teknolojilerden biri konumundadır [25]. Zira özellikle son yıllarda, minimal işlem görmüş ve katkı içermeyen, yani daha sağlıklı olarak ifade edilebilecek "tüetime hazır gıdalara" giderek artan bir talep mevcuttur. Öte yandan, farklı ülkelerde işlenmiş ve tüetime hazır et ürünleri, gıda kaynaklı salgınların bir numaralı etkeni olarak gösterilen ve *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli* ile ilişkilendirilmektedir. Fakat steril bir ürün eldesinin 600 MPa gibi yüksek basınçlar ile sağlanmasının ekonomik olmaması ve daha da önemlisi ürünün kalite özelliklerini olumsuz etkileyebilme durumu, mikroorganizmalara karşı çoklu engel (multi hurdle) yaklaşımı ile uygulanan basınç düzeyi düşük tutularak proses giderlerinin azaltılması ve ürünün daha güvenli ve kaliteli hale getirilmesi yolunda araştırmalar yapılmaktadır.

Yüksek basınç tekniğinin uygulanmasında işlem parametreleri kadar uygulama matriksine de dikkat çekilmekte, taze ette alınabilecek tekstürel sonuçların, uygulanan basınç, uygulama sıcaklığı, süre, kas türü ve post-mortem evre gibi unsurlara bağlı olarak sertleşmeden kayda değer bir gevrekleşmeye kadar değişebilen bir yelpaze oluşturduğu ifade edilmektedir. Esasen söz konusu işlemin raflarda yerini alacak olan taze etlere değil de, tüetime hazır ürünlere uygulanmasının daha uygun olduğu öne sürülerek ideal parametreler 20-150 MPa ve  $\geq 35^\circ\text{C}$  olarak önerilmektedir [26].

### Et Ürünlerini Fonksiyonelleştirme ve Doğal Katkı Kullanım Alternatifleri

Tüketicilerin, besleyiciliğin yanı sıra sağlıklı olma yönünde de fonksiyonellik taşıyan et ürünlerinin geliştirilmesine yönelik talebi ile fonksiyonel ingredientlerin kullanıldığı, tuz, nitrit/nitrat, kolesterol ve yağ azaltılmış, yağ asidi profili modifiye edilmiş ürünlerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır [19]. Tüketiciler özellikle, bilinç düzeylerinin de artmasıyla yüksek yağ içeriğinden ötürü sucuk, salam, sosis gibi et ürünlerinin tüketimini son yıllarda azaltmaya yönelmiştir. Et ürünlerine olan bu yaklaşımı değiştirmek amacı ile gıda endüstrisi, geleneksel ürünlerin yağ miktarını azaltma ya da yeni formülasyonlar geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir [27]. Ne var ki, et ve et ürünlerinin güvenilir ve sağlıklı olması, doğallık ile doğrudan ilişkilendirildiğinden, fonksiyonel katkıların kullanımı tam anlamıyla tatmin sağlamamakta ve tüketiciler mevcut üretim teknolojilerinin bir parçası olan katkı maddeleri ile ilgili rahatsızlık ve endişe duymaktadır. Bu nedenle, daha sağlıklı ürünlere artan talep neticesinde doğal ve organik ürünlerin üretimi ve yeni ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar artmaktadır [28]. Ancak sağlık ve büyüme açısından oldukça değerli bileşenler içeren et, özellikle mikrobiyal kontaminasyona son derece duyarlı ve kolay bozulan bir gıda olduğundan hem tüketici sağlığı bakımından risk taşımakta hem de et endüstrisinde ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Bu çerçevede en azından, ette antimikrobiyal aktivitenin sağlanarak tüketicinin sağlığı ve güvenilirliği, aynı zamanda doğallık yönündeki

taleplerini karşılamak adına doğal koruyuculardan faydalanma yoluna gidilmektedir [2].

Ancak mikrobiyolojik kalite ve güvenilirliğin artırılması yönünde kaydedilen gelişmeler tek başına yeterli olmayıp, etteki kimyasal değişim ve dönüşümlerin de kontrol altında tutulması; bunun da, tüketici hassasiyetini göz önüne alacak şekilde doğal kaynaklarla sağlanması son derece önemlidir [29]. Bilhassa fenolik yapıları sentetik antioksidanların (bütillendirilmiş hidroksitoluen gibi) sağlık üzerindeki olası zararlı etkilerinden ötürü kullanımının tartışmalı hale gelmesi nedeniyle doğal antioksidanların kullanımı üzerine çalışmalar yapılmış ve

doğal antioksidan kaynakları alternatif katkıları arasındaki yerini almıştır [29, 30].

Doğal malzemelerden elde edilen yenilebilir kaplamalar da birincil ambalaj niteliğinde koruma sağlayan, gıda ürünlerinin kalitesini artırma ve depolama süresinin uzatılmasında umut vadeden bir uygulamadır [31]. Özellikle de et ürünlerinin yüzeyinde depolama sırasında nem kaybını sınırlayacak antimikrobiyal veya antioksidan içeren yenilebilir kaplamalar kullanılıp geliştirilmektedir [32]. Kitosan başta olmak üzere, yenilebilir kaplamaların kullanım amacı, dolayısıyla ürünlerin kalitesi üzerindeki rolü, diğer alternatif uygulamalar ile birlikte Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Et ürünlerinin fonksiyonel özelliklerini ve kalitesini artırmaya yönelik alternatif uygulamalar

Uygulama	Sağlanan Etki	Kaynak
Yeni starter kültür kullanımı ( <i>Bifidobacterium</i> ve <i>Lactobacillus</i> , bazı <i>Lactococcus</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Saccharomyces</i> ve <i>Propionibacterium</i> türleri)	Ürünün, sağlık açısından faydalı moleküllerce zenginleşmesi, ürünlerdeki biyojen amin ve kolesterol düzeyinde düşüş, ürünün probiyotik özellik kazanarak fonksiyonelleşmesi	19
Doğal diyet lifi kaynakları kullanımı (seker pancarı, bezelye, buğday, yulaf, limon albedoları, soya, elma, armut, seftali, elma ve portakal lifleri)	Duyusal, tekstürel ve teknolojik özelliklerin gelişmesi (su tutma kapasitesini artırma, depolama stabilitesini iyileştirme, pisirme kayıplarını düşürme), formülasyon giderlerini azaltma ve yağlı azaltılmış ürün eldesiyle kolon kanseri başta olmak üzere kalp-damar hastalıkları, kabızlık, kolesterol gibi rahatsızlık risklerini azaltan fonksiyonel özelliklerin kazanımı	27
Peynir alt suyu proteinleri	Tekstürel özelliklerin gelişimi; kıvam artırma, jel oluşumunu güçlendirme, emülsiyon oluşturma, su tutma ve serum ayrılmasını engelleyerek stabilite ve kaliteyi geliştirme	33
*Doğal lezzet artırıcılar veya baharatlar, *kereviz suyu veya konsantresi, ıspanak, havuç, kereviz, marul ve pancar, sebze suları ve sebze tozları (nitrat kaynağı) *Biberiye (antioksidan)	*Et ürünlerinin nitrit/nitrat katkı maddeleri ile kürlenmesi yerine doğal bitkisel kaynaklarla kür edilerek daha sağlıklı/organik ürün üretimi, *Üründe doğal lezzetler ve stabilitenin sağlanması	28
Et ürünlerine starter veya koruyucu kültür olarak bakteriyosin üreten LAB'nin inokulasyonu	*Antimikrobiyal etki (doğrudan ürüne bakteriyosin ilavesi ya da ambalaj malzemesine bakteriyosinin katılması da mümkündür)	2
Çeşitli baharatlar, çay ve meyvelerden fenolik bileşenler, özellikle taneli meyvelerden (hoca yemisi, yaban mersini, böğürtlen, vb.) antosiyanin ekstraktları ve antioksidan polifenoller	Raf ömrünün artırılması, oksidatif stabilitenin artırılması (doğal antioksidan özellik)	29, 30
	*depolama süresinin uzatılması *ürünü mekanik ve mikrobiyal hasarlardan koruma, *uçucu lezzet bileşenlerinin uzaklaşmasını ve gıdanın aşırı olgunlaşmasını önlemekte, *estetik bir görünüm sağlamaktadır	31
Kitosan (yenilebilir kaplama) ile et ürünlerinin kaplanması	*fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalite özelliklerini geliştirme *nem transferi, gaz geçişleri ve lezzet bileşenlerine karşı bariyer görevi *oksidasyon ve yüzeydeki mikrobiyal yükün azaltılması	34, 32



## Ambalajlama Tekniklerinin Et Kalitesini Koruma/Geliştirmede Kullanılması

Yeni teknoloji yenilebilir veya yenilemeyen paketleme materyalleri ile gıdalarda mikrobiyal gelişimi engelleyebilmek için antimikrobiyal maddelerin bir polimere katılarak kullanıldığı sistemler sayesinde gıdadan ortama ya da ortamdan gıdaya oksijen, nem ve aroma maddelerinin geçişi sınırlanırken aynı zamanda antimikrobiyal aktivite sağlanarak gıdaların raf ömrünün artırıldığı bilinmektedir [32].

Fakat önceden de belirtildiği gibi, et ve ürünlerinin depolanmasındaki kritik unsurlar yalnızca mikrobiyolojik kökenli değildir. Et ve et ürünleri, önemli endojen E vitamini düzeylerine sahip olmalarına rağmen, oksijensiz ortamda vakumla paketlenmeleri halinde bile lipit oksidasyonu devam edebilmektedir. Dolayısıyla, et ve et ürünleri inert gaz altında vakumla paketlenerek oksijenle teması minimuma indirgenmek suretiyle lipit oksidasyonu azaltılabilir [35].

Taze kırmızı et için çoğunlukla hava geçirgenliği olan ambalajlar kullanılmakta ise de, vakum ve modifiye atmosfer paketleme (MAP) teknikleri daha uzun bir raf ömrü sağlamaktadır. Üzerinde pek çok araştırma ve gelişmeler kaydedilmiş olduğu halde antioksidan, antimikrobiyal işlevler sağlama ve etin kalite özelliklerini stabilize etmek ve geliştirmek amacıyla aktif ve akıllı ambalajlama teknikleri günümüzde yaygın bir kullanım alanına sahip değildir. Gıda ambalajlama ve dolayısıyla et ambalajlama işlemlerine, nanoteknoloji alanında kaydedilen ilerlemelerin de entegre edileceği tahmin edilmektedir. Güvenlik ve kalitenin korunmasında ambalaj materyali, ambalaj ortamı veya üründe meydana gelen değişimlere dair istenen bilgilerin sensör kullanımıyla sağlanmasına yönelik çalışmalar halen gelişim aşamasındadır [36].

Yine de ambalajlama teknolojilerindeki yeni arayışlar ve bunların et endüstrisine entegrasyon çabaları hız kesmemektedir. Çünkü günümüzün gelişmiş ülkelerinde bilinçli tüketiciler, daha kaliteli, besleyici değeri yüksek, fonksiyonel değere sahip ürünler ve ek işleme ve katkı maddeleri kullanımına başvurulmaksızın raf ömrünün uzatılmasını talep etmektedir. Aktif ve akıllı ambalajlama, paketlenmiş etin ambalaj işlevselliği ve ürünün raf ömrünü artırmada daha yüksek kalite ve güvenlik sağlanması adına umut vadeden çözümler arasındadır. Son zamanlarda yapılan araştırmaların temel hedefi de, ambalajlı etin kalite ve güvenilirliğini artırırken maliyeti düşürmenin yanında doğal malzemeler ve sinerjik etkilerinden yararlanarak çevreye olumsuz etkileri gidermek olarak ifade edilebilmektedir [37].

## SONUÇ

Et ve et ürünlerinin sağlık açısından olumsuz etkiye sahip olduğunun ifade edilmesi, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar başta olmak üzere çeşitli rahatsızlıklarla ilişkilendirilmesi, tüketiminin son yıllarda azalmasına neden olmuştur. Esasen oldukça kıymetli bir gıda olan ete, itibarının iadesi için öncelikle tüketicilerin

sesine kulak verilerek kalitenin geliştirilmesi amacıyla arayışlar ve çalışmalar yapılmıştır.

Et ve et ürünlerinin kalitesinin geliştirilmesinde tüm uygulamaların başlangıç noktası, genetik biliminin yardımıyla çeşitli kalite özelliklerinin genomdaki karşılığına göre uygun seleksiyon ve üretim stratejilerinin en iyi kalitede et eldesini sağlayacak canlı hayvanların yetiştirilmesini mümkün hale getirmesi olarak görülebilmektedir. Genetik potansiyeli bilimsel olarak elverişli konumdaki bu hayvanların uygun refah koşullarında yetiştirilmesi, özellikle de yeni besleme stratejileriyle tüketiciye daha fazla hitap edecek olan yağlılığı ve yağının niteliği (yağ asitleri içeriği) modifiye edilmiş sağlıklı et eldesi, hayli yaygınlaşmış olan bir uygulama stratejisidir.

Et kalitesini etkileyen birçok faktör bulunmakta ve üretimin her aşaması aynı derecede önem arz etmektedir. Kesim ve sevkini ideal koşullarda yapıldığı varsayıldığında, etin işlenmeye hazırlanması, ürüne dönüşmesi ve ambalajlama işlemlerine yönelik de pek çok çalışma yapıldığı, etin kalitesini tüketici istekleri doğrultusunda geliştirme ve sürdürmeye yönelik çeşitli yolların var olduğu görülmektedir. Dolayısıyla lezzet ve tekstür gibi duyuşal özelliklerden ödün verilmeksizin daha doğal ve sağlıklı, hatta fonksiyonel özelliklere sahip, besleyici ürün üretimini en güvenli ve ekonomik şekilde sağlama yolları araştırılmaktadır. Bunlar içerisinde işlemeye hazırlık aşaması genellikle etkili dekontaminasyon, çözündürme/ısıtma tekniklerini içermektedir. Etin çeşitli ürünlere işlenmesinde ise katkı maddelerine yönelik olumsuz imaj nedeniyle doğal ve fonksiyonel bitkisel ekstraktlar, peynir altı suyu tozu gibi hayvansal ingredientler ve probiyotik organizmalar gibi katkıların kullanımı vasıtasıyla daha sağlıklı ve işlevsel ürün eldesi öne çıkmaktadır. Ayrıca ısı uygulamalarında modifikasyonlar ve yeni alternatif ısıtma tekniklerinin yanı sıra ısı olmayan uygulamalar ile de et ürünleri besin kaybına uğramaksızın, ısıtma-soğutma maliyetinden de tasarrufla mümkün olan en yüksek kalitede elde edilmeye çalışılmaktadır. Doğal yenilebilir kaplamalar ve ambalajlama teknikleri, ürünlerin kalitesi ve güvenliliğinin maksimum sürede korunması açısından destekleyici konumda olup ürünün tüketiciyle buluştuğu noktada görüsellığı de etkilemektedir.

Bu derlemede ele alınan yöntemlerin gelecekte daha da çeşitlendirilip geliştirileceği tahmin edilmekte, ancak özellikle genetik bilimi ve yetiştirme aşamasının potansiyeli artıracağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Jung, E.Y., Hwang, Y.H., Joo, S.T. (2016). Muscle profiling to improve the value of retail meat cuts, *Meat Science*, 120, 47-53.
- [2] Woraprayote, W., Malila, Y., Sorapukdee, S., Swetwathana, A., Benjakul, S., Visessanguan, W. (2016). Bacteriocins from lactic acid bacteria and their applications in meat and meat products. *Meat Science* 120, 118-132.
- [3] Söbeli, C., Kayaardı, S. (2014). Et kalitesini belirlemede yeni teknikler. *Gıda*, 39(4), 251-258.

- [4] Berry, D.P., Conroy, S., Pabiou, T., Cromie, A.R. (2017). Animal breeding strategies can improve meat quality attributes within entire populations. *Meat Science*, 132, 6-18.
- [5] Picard, B., Lebret, B., Cassar-Malek, I., Liaubet, L., Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Hocquette, J.F., Renand, G., 2015. Recent advances in omic technologies for meat quality management. *Meat Science*, 109, 18-26.
- [6] Miller, R.K. (2002). Meat Processing, Improving Quality 3: Factors affecting the quality of raw meat. Texas A & M University, College Station, CRC Press LLC and Woodhead Publishing Ltd.
- [7] Popova, T. (2017). Effect of probiotics in poultry for improving meat quality. *Food Science*, 14, 72-77.
- [8] Manso, T., Gallardo, B. (2016). Modifying milk and meat fat quality through feed changes. *Small Ruminant Research*, 142, 31-37.
- [9] Duffy, S.K., Kelly, A.K., Rajauria, G., Jakobsen, J., Clarke, L.C., Monahan, F.J., Dowling, K.G., Hull, G., Galvin, K., Cashman, K.D., Hayes, A., O'Doherty, J.V. (2018). The use of synthetic and natural vitamin D sources in pig diets to improve meat quality and vitamin D content. *Meat Science*, 143, 60-68.
- [10] González-Ríos, H., Dávila-Ramírez, J.L., Peñar-Ramos, E.A., Valenzuela-Melendres, M., Zamorano-García, L., Islava-Lagarda, T.Y., Valenzuela-Grijalva, N.V. (2016). Dietary supplementation of ferulic acid to steers undercommercial feedlot feeding conditions improves meat quality and shelf life. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 111-121.
- [11] Cheng, Y., Du, M., Xu, Q., Chen, Y., Wen, C., Zhou, Y. (2018). Dietary mannan oligosaccharide improves growth performance, muscle oxidative status, and meat quality in broilers under cyclic heat stress. *Journal of Thermal Biology (accepted manuscript)*, 75, 106-111.
- [12] Smith, M.A., Bush, R.D., van de Ven, R.J., Hopkin, D.L. (2017). The effect of grain supplementation on alpaca (*Vicugna pacos*) production and meat quality. *Small Ruminant Research*, 147, 25-31.
- [13] Al-Haq, M.I., Sugiyama, J., Isobe, S. (2005). Applications of electrolyzed water in agriculture & food industries. *Food Science and Technology Research*, 11(2), 135-150.
- [14] Athayde, D.R., Flores, D.R.M., da Silva, J.S., Genro, A.L.G., Silva, M.S., Klein, B., Mello, R., Campagnol, P.C.B., Wagner, R., de Menezes, C.R., Barin, J.S., Cichoski, A.J. (2017). Application of electrolyzed water for improving pork meat quality. *Food Research International*, 100, 757-763.
- [15] Dalvi-Isfahan, M., Hamdami, N., Le-Bail, A. (2016). Effect of freezing under electrostatic field on the quality of lamb meat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 68-73.
- [16] Çilek, S., Dirican, S. (2008). Koyun karkaslarının derecelendirilmesinde ultrasonografik yöntemlerin kullanımı. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*: 21-23 Mayıs 2008, Bildiri Özetleri Kitabı, sayfa: 533-536, Erzurum.
- [17] Turantaş, F., Kılıç, G.B., Kılıç, B. (2015). Ultrasound in the meat industry: General applications and decontamination efficiency. *International Journal of Food Microbiology*, 198, 59-69.
- [18] Dominguez-Hernandez, E., Salaseviciene, A., Erbjerg, P. (2018). Low-temperature long-time cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms. *Meat Science*, 143, 104-113.
- [19] Ojha, K.S., Kerry, J.P., Duffy, G., Beresford, T., Tiwari, B.K. (2015). Technological advances for enhancing quality and safety of fermented meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 44, 105-116.
- [20] Kaletunç, G. (2009). Gıda endüstrisinde alışılmamış yöntemler. *Bilim ve Teknik (Eylül)*, 60-63.
- [21] Bozkır, H., Baysal, T., Ergün, A.R. (2014). Gıda endüstrisinde uygulanan yeni çözündürme teknikleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 38-44.
- [22] Hygreeva, D., Pandey, M.C. (2016). Novel approaches in improving the quality and safety aspects of processed meat products through high pressure processing technology - A review. *Trends in Food Science & Technology*, 54, 175-185.
- [23] Morton, J.D., Pearson, R.G., Hannah Y., Lee, Y., Smithson, S., Mason, S.L., Bickerstaffe, R. (2017). High pressure processing improves the tenderness and quality of hot-boned beef. *Meat Science*, 133, 69-74.
- [24] de Oliveira, F.A., Neto, O.C., dos Santos, L.M.R., Ferreira, E.H.R., Rosenthal, A. (2017). Effect of high pressure on fish meat quality e A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 1-19.
- [25] Khan, M.S., Ali, S., Abid, M., Cao, J., Jabbar, S., Tume, R.K., Zhou, G. (2014). Improved duck meat quality by application of high pressure and heat: A study of water mobility and compartmentalization, protein denaturation and textural properties. *Food Research International*, 62, 926-933.
- [26] Warner, R.D., McDonnell, C.K., Bekhit, A.E.D., Claus, J., Vaskoska, R., Sikes, A., Dunshea, F.R., Ha, M. (2017). Systematic review of emerging and innovative technologies for meat tenderisation. *Meat Science*, 132, 72-89.
- [27] Ekici, L., Ercoşkun, H. (2007). Et ürünlerinde diyet lif kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 83-90.
- [28] Palamutoğlu, R., Sarıçoban, C. (2012). Et ürünlerinde nitrat ve nitrite alternatif doğal kütleme maddeleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3), 46-58.
- [29] Lorenzo, J.M., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba, F.J., Putnik, P., Kovačević, D.B., Shpigelman, A., Granato, D., Franco, D. (2018). Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. *Food Research International*, 106, 1095-1104.
- [30] Cunha, L.C.M., Monteiro, M.L.G., Lorenzo, J.M., Munekata, P.E.S., Muchenje, V., de Carvalho, F.A.L., Conte-Junior, C.A. (2018). Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. *Food Research International*, 111, 379-390.
- [31] Arnon-Rips, H., Poverenov, E. (2018). Improving food products' quality and storability by using Layer



- by Layer edible coatings. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 81-92.
- [32] Sürengil, G., Kılınc, B. (2011). Gıda - ambalaj sektöründe nanoteknolojik uygulamalar ve su ürünleri açısından önemi. *Journal of FisheriesSciences.com*, 5(4), 317-325.
- [33] Özcan, T., Delikanlı, B. (2011). Gıdaların tekstürel özelliklerinin geliştirilmesinde peynir altı suyu protein katkılarının fonksiyonel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 77-78.
- [34] Abdallah, M.R.S., Mohmaed, M.A., Mohamed, H.M.H., Emara, M.M.T. (2017). Improving the sensory, physicochemical and microbiological quality of pastirma (A traditional dry cured meat product) using chitosan coating. *LWT - Food Science and Technology*, 86, 247-253.
- [35] Konyalıoğlu, S. (2001). Et kalitesi üzerine diyetle alınan E vitamininin etkileri. *Hayvansal Üretim*, 42(2), 25-36.
- [36] McMillin, K.W. (2017). Advancements in meat packaging. *Meat Science*, 132, 153-162.
- [37] Schumann, S., Schmid, M. (2018). Packaging concepts for fresh and processed meat – Recent progresses. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 47, 88-100.
-

## Jelatin Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Fatma Coşkun Topuz<sup>1,2</sup> , Gökhan Boran<sup>2</sup> <sup>1</sup>Hakkari Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 30000 Hakkari<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 65080 Van

Geliş Tarihi (Received): 04.04.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 12.02.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): gboran@yyu.edu.tr (G. Boran)

 0 432 225 17 01  0 432 225 17 30

### ÖZ

Gıdalar üretimden tüketime kadar pek çok farklı şekilde kalite kaybına uğramaktadır. Bu nedenle; depolama, nakliye ve pazarlama süresince gıdaların duyu özellikleri ve besin değeri korunurken söz konusu kalite kayıplarının önlenmesi esastır. Son zamanlarda, yenilebilir film ve kaplamalar alternatif bir ambalaj yöntemi olarak önem kazanmıştır. Yenilebilir film ve kaplamalar; özellikle tüketime hazır, pişmeye hazır ya da ön pişirme uygulanmış parça, derisiz veya kabuksuz gıdalarda, gıda ile asıl ambalaj materyali arasında ikincil bir kaplama olarak kullanılabilir. Yenilebilir film ve kaplamalar; antioksidanlar, antimikrobiyeller, renk ve tat bileşenleri gibi fonksiyonel bileşenlerin taşınmasında önemli bir rol oynayabilir. Yenilebilir film ve kaplamaların üretiminde pek çok doğal biyopolimer kullanılabilir. Bu biyopolimerlerden biri olan jelatin; kolay bulunması, nispeten ucuz olması, çok fonksiyonlu olması, gıdalarla uyumlu olması, kolay kullanımı ve genel olarak güvenli kabul edilmesi nedeniyle bazı avantajlar sunmaktadır. Bu derlemede, son yıllarda yapılan çalışmalar ışığında jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların üretimi, uygulamaları, formülasyonları, kullanılan bileşenler, mekanik kuvvet, geçirgenlik ve fonksiyonel özellikleri değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda muhafaza, Jelatin, Yenilebilir film ve kaplama, Aktif ambalaj

### Gelatin Based Edible Films and Coatings

#### ABSTRACT

Foods may undergo quality loss in many different ways from production to consumption. Therefore, it is essential to prevent quality loss while preserving sensory characteristics and nutritional value of foods during storage, transportation and marketing. Edible films and coatings have recently gained interest as an alternative way of packaging. They can be used especially for ready to eat, ready to cook or precooked portioned, skinned or peeled food pieces as a secondary covering layer between the food and the primary packaging. Edible films and coatings can also play an important role in carrying multifunctional ingredients like antioxidants, antimicrobials, coloring and flavoring agents. Many natural biopolymers can be used in manufacturing of edible films and coatings. Gelatin, as one of those biopolymers, brings some advantages as it is readily available, relatively cheap, multifunctional, compatible, easy to use and generally recognized as safe. In this review, recent studies on gelatin based edible films and coatings, their production, applications, formulations, ingredients, mechanical strength, barrier and functional properties are reviewed.

**Keywords:** Food preservation, Gelatin, Edible film and coating, Active packaging

## GİRİŞ

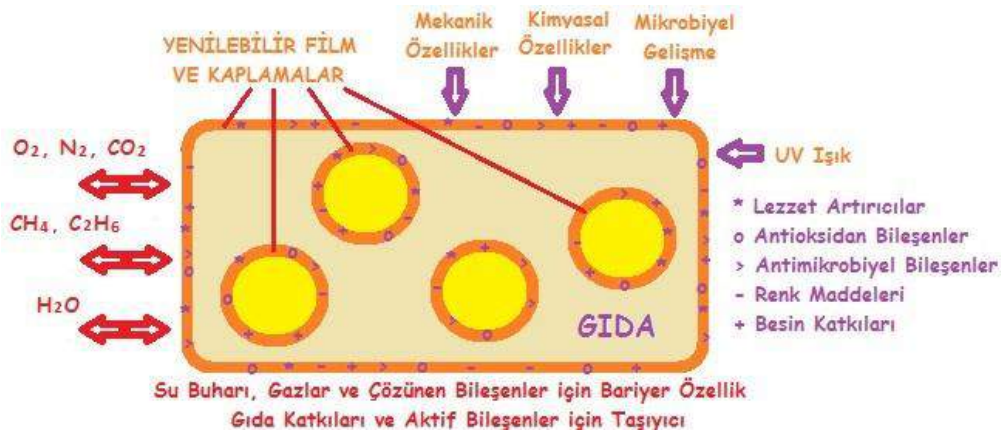
Gıdaların en az kalite kaybıyla ve güvenli bir şekilde tüketiciye ulaştırılması gıda işleme endüstrisinin en önemli amaçlarından biridir. Gıdalar gerek üretim, gerek depolama ve gerekse nakliye sırasında çeşitli etkenler nedeniyle bozulmaktadır. Kalite kayıplarının önlenmesi, gıda bütünlüğünün sağlanması, tüketicinin bilgilendirilmesi gibi amaçlarla çeşitli ambalajlar kullanılmaktadır. Söz konusu ambalajlar genellikle sentetik plastiklerden üretilmektedir. Ancak son zamanlarda, özellikle çevre kirliliği ve gıda ile istenmeyen etkileşimler nedeniyle, sentetik ambalajların yerine yenilebilir ambalajlar geliştirilmeye çalışılmaktadır. Yenilebilir film ve kaplamalar (YFK) farklı kaynaklardan elde edilen çeşitli karbonhidrat, yağ ve proteinlerin taşıyıcı polimer olarak kullanıldığı materyallerdir. YFK üretiminde kullanılan proteinlerden biri de jelatindir. Bu çalışmada, jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların üretimi, kompozisyonu, fonksiyonel ve mekanik özellikleri ve kullanım olanakları üzerine son yıllarda yapılan çalışmalar derlenmiştir. Ayrıca, antioksidan ve antimikrobiyel bileşenlerle zenginleştirilen yenilebilir film ve kaplamaların aktif ambalaj olarak kullanım potansiyeli mercek altına alınmıştır.

## YENİLEBİLİR FİLM VE KAPLAMALAR (YFK)

YFK çok yeni bir uygulama olmamakla birlikte, son yıllarda gittikçe önem kazanmıştır. İlk defa Çin'de nem kaybını azaltmak için limon ve portakallar mumla kaplanmış ve bu uygulama yenilebilir kaplamaların ilk uygulaması olarak ortaya çıkmıştır. 16. yüzyılda Avrupa'da aynı amaçla etlerin yüzeyi yağla kaplanmış, 19. yüzyılda ise jelatin bazlı kaplamaların kullanımı başlamıştır [1]. Nüfusun artmasına paralel olarak zirai

alanların ve gıda kaynaklarının sınırlı olması, üretilen gıda ürünlerinin ambalajlanmasını ve daha dayanıklı hale getirilmesini gerektirmiştir. Çalışan insan sayısının artması ve özellikle kadınların iş yaşamına katılması hazır gıda sektörünün hızla gelişmesine, pratik ve fonksiyonel ambalaj malzemelerinin kullanımının artmasına neden olmuştur [2, 3].

Petrokimya temelli polistiren, poliamid ve polietilen gibi plastik maddeler ambalajlama materyali olarak gıda sanayinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu bileşiklerin gıda ambalajlamada yaygın kullanılmasının nedeni üstün yapısal ve performans özellikleri, su buharı ve gaz geçişi için iyi bir bariyer olmaları ve esnek bir yapıya sahip olmalarından kaynaklanmaktadır [4]. Yenilebilir filmler, organik biyopolimer bazlı materyallerdir. Bu ince yapılı materyaller, gıdaların yüzeyine kaplama şeklinde uygulanarak gıdanın dış etkilere karşı korunması amacıyla kullanılmaktadır [5-7]. Petrokimyasal ambalaj materyalleri biyobozunur bir yapıya sahip olmamalarından dolayı doğada ayrışmamaktadır. Ancak organik biyopolimerlerden üretilen yenilebilir film ve kaplamalar doğada ayrışabilmektedir. Bu niteliklerinden dolayı, yenilebilir film ve kaplamalar ekolojik zarar vermemekte, başka bir ifadeyle doğa dostu ambalaj materyali olarak son yıllarda yoğun talep görmektedir. Bunun yanı sıra, mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştirilebilmesi yenilebilir film ve kaplamaların alternatif bir ambalaj materyali olarak kullanımını mümkün kılmıştır [8-13]. Ayrıca, hidrofilik özellik gösteren yenilebilir filmler, düşük su aktivitesinde oksijen ve karbondioksit gazlarının geçişini engellemede başarılı sonuçlar vermektedir [14, 15]. Yenilebilir film ve kaplamaların şematik gösterimi Şekil 1 'de verilmiştir [16].



Şekil 1. Yenilebilir film ve kaplamaların fonksiyonel kullanımı ([16] numaralı kaynaktan uyarlanmıştır.)

Yenilebilir film ve kaplamaların kompozisyonu, su aktivitesi, pH değeri ve antimikrobiyel madde içeriği mikroorganizmaların faaliyetleri bakımından önem taşımaktadır [2]. Çabuk bozulan gıdaların raf ömrünü etkileyen en önemli faktörler atmosferik oksijenin etkisi ve aerobik mikroorganizmaların gelişimidir. Bu faktörlerin her biri tek başına veya birbiri ile bağlantılı olarak gıdanın renk, tat ve koku gibi duysal niteliklerinde değişiklikler meydana getirebilmekte ve

kalite kaybına neden olmaktadır. Gıdaların bozulmasını geciktirmek amacıyla uygulanan soğukta muhafaza tekniklerinin yanında uygun ambalajlama teknikleri de gıdaların tazeliğinin korunması için önemlidir [17].

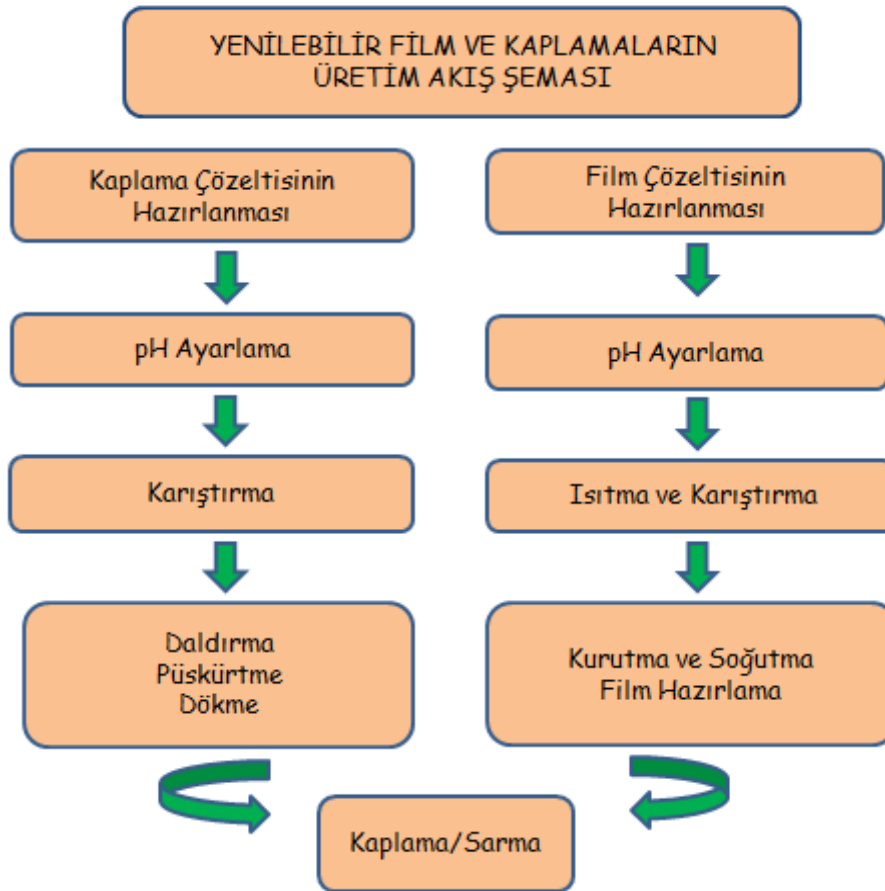
Yenilebilir film ve kaplamalar gıda kökenli mikroorganizmaların neden olduğu hastalıklarla mücadele amacıyla da önem arz etmektedir. Yenilebilir film ve kaplamaların yapılarına katılabilen antimikrobiyel

maddeler sayesinde gıdaların bozulması kontrol altına alınabilmektedir. Antimikrobiyel maddelerin yenilebilir film ve kaplamalar yoluyla kullanılması, gıdaların söz konusu antimikrobiyel maddeleri içeren çözeltilere daldırılması veya bu maddelerin gıda yüzeyine doğrudan püskürtülmesi gibi yöntemlere göre daha etkili olmaktadır [18-20]. Yenilebilir filmler, gıdalardan ayrı olarak işlenen ve daha sonra gıdaların ambalajlanmasında kullanılan materyallerdir. Yenilebilir kaplamalar ise doğrudan gıda üzerine uygulanan ince tabakalı yenilebilir materyallerdir. Bir başka ifade ile yenilebilir kaplama, bir gıda üzerinde oluşmuş ince tabaka halindeki materyal olarak ifade edilirken; yenilebilir film ise gıda bileşenleri ya da gıda üzerine uygulanmak üzere önceden hazırlanmış, ince ve yenilebilir materyal olarak tanımlanır [21].

### YFK ÜRETİMİNDE KULLANILAN POLİMERLER

Yenilebilir film ve kaplamalar bitkisel ve hayvansal kökenli kaynaklardan elde edilmektedir. Yenilebilir filmlerin hazırlanmasında temelde 3 grup organik polimer (karbonhidrat, protein ve lipit) kullanılmaktadır. YFK üretiminde en yaygın kullanılan karbonhidratlar nişasta (patates, mısır, buğday veya pirinç kaynaklı), selüloz (pamuk, sert odunsu bitkilerden elde edilen), çeşitli zamklar (guar, keçiyoynuzu, aljinatlar, karragenan, pektin gibi) ve kitin/kitosandır. YFK üretiminde kullanılan proteinler ise elde edildikleri

kaynağa göre hayvansal ve bitkisel olmak üzere ikiye ayrılır. Hayvansal kaynaklı proteinlere kazein, peynir altı suyu proteini, kolajen veya jelatin örnek olarak verilebilir. Bitkisel kaynaklı proteinlere ise zein, gluten ve soya proteini örnek olarak verilebilir. YFK üretiminde kullanılan üçüncü önemli organik polimer grubu lipitlerdir. Çapraz bağlı gliseritler, vaksılar, hayvansal ve bitkisel kaynaklı yağlar bu grupta yer alır [22-24]. Karbonhidrat bazlı yenilebilir film ve kaplamaların yüksek mekanik dayanıma sahip olduğu, gaz ve su buharı geçirgenliği düşük filmler üretilebildiği birçok çalışma ile ortaya konmuştur [25]. Bunun yanı sıra, et ürünleri, meyve sebze gibi çabuk bozulabilen gıdaların muhafazasında başarılı sonuçlar alındığı gösterilmiştir. Su ürünleri ve özellikle balık filetolarının lipit oksidasyonu ve su kaybı nedeniyle uğradığı kalite kayıplarının karbonhidrat bazlı YFK uygulamaları ile büyük ölçüde önlenilebileceği saptanmıştır [26]. Yenilebilir film ve kaplamaların bazı temel niteliklere sahip olması gerekmektedir. Üretimde kullanılan bileşenler genellikle güvenli kabul edilen (Generally Recognized as Safe, GRAS) statüde olmalı, seçici geçirgenlik ve yapısal bütünlük sağlamalı, mekanik dayanımı yeterli olmalı, katkı maddelerinin fonksiyonel etkilerini destekleyen ve koruyan özellikte olmalı, uzun depolama süresince bütünlüğünü ve kalitesini koruyabilmelidir [27]. YFK üretiminde kullanılan genel işlem akışı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Yenilebilir film ve kaplamaların üretim akış şeması

## Kolajen ve Jelatin

Jelatinin hammaddesi olan kolajen, hayvansal dokularda en fazla bulunan proteindir. Kolajen yaklaşık 330 kDa molekül ağırlığında olan ve suda çözünmeyen en önemli bağ doku proteindir. Son bilgilere göre, 28 tip kolajen bulunmaktadır. Bunlardan en yaygını Tip I kolajendir ve daha çok deri, kemik ve tendon gibi bağ dokuda bulunur. Tip II kolajen ise özellikle kıkırdak dokuda bulunmaktadır. Tip III kolajen yaşa bağlı olarak büyük değişiklik gösteren bir proteindir. Diğer kolajen tipleri ise çok küçük miktarlarda bulunur ve genellikle dokudan dokuya farklılık gösterir [28-30].

Jelatin, kolajenin kısmi hidrolizi ile elde edilen ve ortalama molekül ağırlığı 30 kDa'dan fazla olan kolajen parçalarından oluşmaktadır. Dünya çapında üretilen jelatinin yaklaşık %70'i gıda sanayi, %15'i ilaç sanayi, %10'u fotoğraf sanayi tarafından kullanılmaktadır. Jelatin, gıda endüstrisinde tatlı ve şekerlemeler, fırıncılık ürünleri, bira ve şarap gibi alkollü içecekler, berrak meyve suları, dondurma ve bazı süt ürünlerinde tekstürü geliştirme, su tutma kapasitesini artırma, berraklaştırıcı ve koruyucu kaplama olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar üstün özellikleri nedeniyle jelatinin YFK üretiminde de kullanılabileceğini göstermiştir [31].

## JELATİN BAZLI YFK

Jelatin bazlı YFK, jelatinin taşıyıcı polimer olarak kullanıldığı ve çeşitli plastikleştiricilerin kullanımı ile birlikte mekanik dayanımının artırıldığı materyallerdir. Üretiminde kullanılan çeşitli maddelerle jelatin bazlı YFK'nin fonksiyonel, organoleptik, besleyici ve mekanik özellikleri geliştirilebilir. Uygun plastikleştiriciler yardımıyla jelatin bazlı YFK'nin parlaklığının azaldığı, uzama ve esneme kabiliyetinin arttığı görülmektedir. Bu amaçla en yaygın kullanılan plastikleştirici madde gliseroldür. Filmlerin mekanik özelliklerini iyileştirmek için gliserol dışında kullanılan diğer plastikleştiriciler sorbitol, şeker, ksilitol, maltitol gibi hidrofilik bileşiklerdir [25].

## Jelatin Bazlı YFK ile İlgili Çalışmalar

Bu bölümde jelatin bazlı YFK üretimi ve jelatin bazlı YFK'nin çeşitli gıdaların raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmalar derlenmiştir. Söz konusu çalışmaların bazılarında kullanılan yardımcı bileşenler, uygulanan ürünler ve elde edilen sonuçlar Tablo 1 'de listelenmiştir. Yayınlanan bir çalışmada, jelatin bazlı filmlere ilave edilen bal mumu etanol ekstraktının filmlerin çeşitli özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Söz konusu filmlere bal mumu etanol ekstraktından başka plastikleştirici olarak sorbitol ilave edilmiştir. İlave edilen ekstrakt karışımının filmlerin nem içeriği, çözünürlüğü, su buharı geçirgenliği, polifenol içeriği ve *Staphylococcus aureus* karşı antimikrobiyel aktivitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Artan konsantrasyonlarda bal mumu ekstraktı kullanımı, filmlerin kırılma kuvvetini ve su buharı geçirgenliğini kontrol altına göre azaltmıştır. Ayrıca ekstraktın, filmlerin *Staphylococcus aureus* karşı antimikrobiyel etkisini artırdığı tespit

edilmiştir [32]. Başka bir çalışmada, jelatinle beraber kitosan ilavesinin filmlerin bazı nitelikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kitin veya kitosan kullanılan filmlerde radyasyon veya ultrases uygulandığında filmlerin mekanik dayanımı, kimyasal kararlılığı ve organoleptik nitelikleri iyileşmektedir [10]. Buna örnek teşkil eden bir çalışmada, somondan elde edilen jelatin ile hazırlanan filmlere kitosan ilavesi yapılmıştır. Filmlerdeki kitosanın, *Escherichia coli* üzerindeki antimikrobiyel etkisi incelenmiştir. Çalışmada, artan kitosan konsantrasyonu ile birlikte camsı geçiş sıcaklığının düştüğü, absorbe edilen su miktarının arttığı böylece filmlerin su içeriğinin ve özgül hacminin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Agar difüzyon metodu ile yapılan incelemelerde kitosanın *Escherichia coli* bakterisine karşı antimikrobiyel etki gösterdiği belirlenmiştir [33]. Farklı bir çalışmada da, gıda kökenli patojenlere karşı jelatin bazlı filmlere bakteriyosin ve flavonoid eklenmiştir [34]. Çalışma sonucunda bakteriyosin veya flavonoidin tek başlarına kullanıldığında jelatin filmlerde antioksidan özellik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca bu iki antimikrobiyel bileşenin birlikte kullanımının mikroorganizmaların inhibisyonunda sinerjistik bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmaların yanı sıra jelatin bazlı filmlerin antimikrobiyel ajanlarla birlikte kullanılmadığı çalışmalar da yapılmıştır. Bu çalışmalardan birinde, jelatin bazlı filmlere bazı doğal antioksidan maddeler eklenmiş ve elde edilen filmlerin çeşitli performans özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada incelenen antioksidan kaynakları yeşil çay, üzüm tohumu (proantosiyanidin ve polifenoller), zencefil ve mabet yaprağı ekstraktıdır. Mabet yaprağı ekstraktının kullanıldığı jelatin bazlı filmlerin en yüksek 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) aktivitesine sahip olduğu anlaşılmıştır. UV ışınlarının geçişini en iyi engelleyen filmlerin mabet yaprağı ekstraktı ilave edilen filmler olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yeşil çay ekstraktının filmlerin nem geçirgenliğini azalttığı ve filmlerin nem içeriklerinin değişmediği saptanmıştır. Mekanik özellikler incelendiğinde, en düşük gerilme kuvveti ve kopma noktasında uzama yüzdesinin üzüm tohumu ekstraktı eklenen filmlere ait olduğu saptanmıştır. Çalışma neticesinde yeşil çay ekstraktı, mabet yaprağı ekstraktı ve üzüm tohumu ekstraktı eklenen jelatin bazlı filmlerin gıda ambalajlamada başarıyla kullanılabileceği belirtilmiştir [42]. Jelatin bazlı film ve kaplamalar farklı muhafaza ve işleme teknolojilerinin kullanımına olanak tanımaktadır. Bu teknolojilerden biri de radyasyon uygulamasıdır. Radyasyon uygulamasının kullanıldığı bir çalışmada jelatin bazlı filmlere pektin eklenmiş ve bu filmlere 10, 20 ve 30 kGy dozlarında gama radyasyonu uygulanmıştır [43]. 10 kGy dozunun uygulandığı filmlerin gerilme kuvvetinin en yüksek, su buharı geçişinin ise en az seviyede olduğu belirlenmiştir. Çalışmada radyasyon dozu arttıkça pektin-jelatin bazlı filmlerin L, a ve b değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Başka bir çalışmada, sığır jelatinine farklı oranlarda gliserol ilave edilmiş ve ekstrüzyon ile film üretimi gerçekleştirilmiştir [44]. Bu çalışmada, plastikleştirici içeriğinin jelatin filmlerin çeşitli mekanik ve bariyer özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Jelatin bazlı filmlerde, gliserol oranı

artıkça oksijen geçirgenliğinin artış gösterdiği, gerilme kuvvetinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, gliserol oranı arttıkça filmlerin sudaki çözünürlüğünün arttığı belirlenmiştir. Çalışma sonunda %0,2 oranında gliserol içeren jelatin bazlı filmlerin en düşük su buharı ve oksijen geçirgenliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada, amino gruplu aktif kil (NH<sub>2</sub>-MMT) farklı oranlarda susuz etanol ve toluen ile birlikte kullanılmıştır. Jelatin matriksine nüfuz eden aktif kil sayesinde peptid zincirlerinin tekrar üçlü sarmal yapı kazandığı tespit edilmiştir. Aktif kildeki artan amino grubu konsantrasyonu ile filmlerin suyu engelleme düzeyi, UV ışınlarını engelleme özelliği, mekanik nitelikleri ve ısıl kararlılığı gelişme göstermiştir [45]. Başka bir çalışmada da farklı pH düzeylerinde ekstrakte edilen balık jelatininin çeşitli özellikleri incelenmiştir [46]. En yüksek gerilme kuvveti pH 5,0'te ekstrakte edilen jelatin ile hazırlanan filmlerde tespit edilmiştir. Diğer

tarafından, farklı pH değerlerinde elde edilen jelatinlerle hazırlanan filmlerin renk ve saydamlık özelliklerinin pH ile etkilenmediği ortaya konmuştur. Farklı balık derileri üzerinde yapılan bir çalışmada, dil ve kedi balığı derisinden elde edilen jelatinlerin antioksidan aktivitesini arttırmak amacıyla hodan bitkisi ekstraktı ilave edilmiştir [47]. Dil balığı jelatininde kopma kuvveti kedi balığı jelatinine göre daha düşük olduğu ancak kopma deformasyonunun daha yüksek olduğu saptanmıştır. Jelatinin kaynağına bağlı olmaksızın hodan bitki ekstraktı eklenen filmlerde antioksidan aktivitenin daha yüksek olduğu, kopma kuvvetinin azaldığı, film opaklığının ise arttığı tespit edilmiştir. Hodan ekstraktının  $\alpha$ -tokoferol ve BHT antioksidanları içeren filmlere göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği ortaya konmuştur.

Tablo 1. Jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamalarla ilgili yapılan çalışmalar

Kaplama Materyali	İlave Bileşenler	Ürün	Elde Edilen Sonuç	Kaynak
Siğir jelatini	Gliserol, Adaçayı yağı, Kenevir yağı	-	Bitkisel özütlerle antioksidan etki oluşturulmuştur.	[35]
Domuz jelatini	Gliserol, Potasyum sorbat, Bentonit	-	Yenilebilir filmin mekanik dayanımı geliştirilmiştir.	[36]
Balık jelatini	Mısır yağı	Katı emülsiyon preparat	Yenilebilir filmlerin reolojik ve mekanik özellikleri iyileştirilmiştir.	[37]
Gümüş sazan balığı deri jelatini ve kitosan	NaOH, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , Asetik asit, İzopropanol, Kekik yağı	Balık	Balıklarda oksidatif bozulma yavaşlatılmış ve raf ömrü uzatılmıştır.	[38]
Siğir jelatini	Propilen glikol, Lavanta yağı, Kekik yağı	-	Bakteriyel gelişme ve oksidatif bozulma baskılanmış, filmlerin fiziksel ve mekanik özellikleri geliştirilmiştir.	[39]
Nişasta ve jelatin	Mısır nişastası, Tip A jelatin, Gliserol	Dondurulmuş kırmızı üzüm	Raf ömrü uzatılmış, filmlerin fizikokimyasal özellikleri iyileştirilmiştir.	[13]
Esansiyel yağlar	Kekik yağı, Karanfil yağı, Gliserol, Peyniraltı suyu protein izolatu	Tavuk filetoları	Tavuk filetolarının raf ömrü uzatılmıştır.	[40]
Jelatin ve laponit film	Tip A jelatin tozu, Laponit	Taze kırmızı et	Laponit ile etin raf ömrü uzatılmıştır.	[41]

Taze olarak tüketime sunulmayan balıkların uzun süreli muhafazasında çeşitli işleme teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Bu işleme teknolojileri arasında en yaygın kullanılanı dondurma teknolojisidir. Dondurma teknolojisi, balık etindeki biyokimyasal değişimleri ve mikrobiyel gelişimi yavaşlatarak dayanıklılığı sağlamakta, ancak sardalya gibi yüksek yağ içeren balıklarda lipid oksidasyonuna engel olamamaktadır. Balık ve balık ürünlerinde bu problemin önüne geçilebilmek amacıyla koruyucu maddeler kullanılabilir. Bu maddeler sahip oldukları antimikrobiyel ve antioksidan aktiviteleri nedeni ile balığın raf ömrünün uzamasına yardımcı olmaktadır [26, 48]. Çeşitli antimikrobiyel bileşenlerin kullanıldığı film veya kaplamalarla balık filetolarının raf ömrünün uzatılması mümkündür. Bu bileşenlerin antioksidan aktiviteleri içerdikleri fenolik bileşiklerden ileri gelmektedir [47]. Balıklar üzerinde jelatin bazlı filmlerin

etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, alabalıklar jelatin filmlerle kaplanmış ve defne yağı ilavesinin etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, defne yağının alabalıkların raf ömrü üzerinde etkili olduğu, bu şekilde kaplanan balıkların 22 güne kadar kalite özelliklerini kabul edilebilir düzeyde koruduğu anlaşılmıştır. Söz konusu raf ömrü jelatin bazlı filmle kaplanmayan balıklarda 15 gün, sadece jelatin filmi ile kaplanan balıklarda 20 gün olarak tespit edilmiştir [26, 49]. Başka bir çalışmada, soğukta depolanan alabalıkları kitosan-jelatin karışımı bir film ile çift kat kaplama uygulanmıştır [50]. Depolama 16 gün süreyle buzdolabı sıcaklığında 4±1°C'de yapılmıştır. Balıkların kitosan-jelatin filmi ile kaplanarak depolama süresince kalite özelliklerini koruduğu tespit edilmiştir.

Farklı bir çalışmada, jelatin bazlı yenilebilir filmler üzerinde zeytinyağının etkisi incelenmiştir [51]. Film



üretiminde plastikleştirici olarak gliserol kullanılırken söz konusu çalışmada sığır jelatini taşıyıcı polimer olarak kullanılmıştır. Elde edilen filmlerdeki yağ damlacıklarının büyüklüğü azaldıkça filmlerin suyu engelleme özellikleri ve gerilme kuvvetleri daha iyi olmaktadır. Filmlere hidrofobik bir karakter kazandıran zeytinyağının ayrıca UV ışınlarını engellemede oldukça başarılı olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada patates nişastası ve jelatin bazlı filmler üretilmiş, bu filmlerin bazı kimyasal ve ısıl özellikleri incelenmiştir. Patates nişastası ve sığır jelatini bazlı filmlere plastikleştirici olarak gliserol ve sitrik asit monohidrat eklenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, jelatin ilavesi filmlerin mekanik dayanımını geliştirmiş, jelatin içeren film örneklerinde su buharı geçirgenliğinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Nişasta/jelatin oranının optik geçirgenlik üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir [52]. Başka bir çalışmada, taze tavukgöğsü filetoları alginat-kekik ve yağ-propiyonik asit ile zenginleştirilmiş aktif yenilebilir filmlerle kaplanmıştır [53]. Kaplanmış veya kaplanmamış tavuk filetoları arasında duyuşsal bir fark saptanmamıştır. Ancak depolama boyunca et yüzeyinde pH değeri, renk ve duyuşsal bazı farklılıklar olduğu saptanmıştır. Kaplamanın etlerin raf ömrünü iyileştirdiği ve alginat-propiyonik asit kaplamasının taze tavukgöğsü filetolarının raf ömrünü %33 oranında uzattığı tespit edilmiştir.

## SONUÇ

Ülkemizde üretimi sınırlı olan jelatinin çok çeşitli kullanım alanları ortaya çıkmıştır. Yenilebilir film ve kaplamalar bu alanlardan biridir. Son yıllarda yapılan çalışmalar jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların gıda muhafazasında başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir. Jelatin bazlı film ve kaplamalar çeşitli fonksiyonel bileşenlerin taşıdığı ve etkin bir şekilde gıda ile temasının sağlandığı bir ortam yaratmaktadır. Çeşitli bileşenlerle mekanik ve fonksiyonel özellikleri geliştirilen film veya kaplamalar taze gıdaların raf ömrünü artırmak amacıyla etkin bir şekilde kullanılabilir. Yenilebilir film ve kaplamaların en önemli dezavantajı mekanik özelliklerinin ve dayanımının yeterince iyi olmaması ve bu nedenle sentetik ambalaj materyallerinin yerini alamamasıdır. Diğer bir ifadeyle, yenilebilir film ve kaplamalar geleneksel ambalaj materyallerinin yerini alan ambalaj materyalleri değildir. Ancak, yenilebilir film ve kaplamalar gıda ile doğrudan temas halinde olan ve gıdaların tüketimi öncesinde ayrılması gerekmeyen iç kaplama olarak düşünülebilir. Son yıllardaki çalışmalar ve elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, jelatin bazlı film ve kaplamaların fiziksel, mekanik, kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin geliştirilerek gıda muhafazası amacıyla yaygın bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR







[1] Uçan, F., Mercimek, H.A. (2013). Gıda endüstrisinde kitosan filmlerin önemi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(2), 79-85.

- [2] Temiz H., Yeşilsu, A.F. (2006). Bitkisel protein kaynaklı yenilebilir film ve kaplamalar. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2), 41-50.
- [3] Kılınççeker, O., Doğan, İ.S., Küçüköner, E. (2009). Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillet. *Food Science and Technology*, 42, 868-873.
- [4] Hanani, Z.A., Roosb, Y.B., Kerry, J.P. (2014). Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products. *International Journal of Biological Macromolecules*, 71, 94-102.
- [5] Sobral, P.J.A., Menegalli, F.C., Hubinger, M.D., Roques, M.A. (2001). Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocolloids*, 15, 423-432.
- [6] Krishna, M., Nindo, C.I., Min, S.C. (2012). Development of fish gelatin edible films using extrusion and compression molding. *Journal of Food Engineering*, 108, 337-344.
- [7] Galus, S., Mathieu, H., Lenart, A., Debeaufort, F. (2012). Effect of modified starch or maltodextrin incorporation on the barrier and mechanical properties, moisture sensitivity and appearance of soy protein isolate-based edible films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 148-154.
- [8] Fadini, A.L., Rocha, F.S., Alvim, I.D., Sadahira, M.S., Queiroz, M.B., Alves, R.M.V., Silva, L.B. (2013). Mechanical properties and water vapour permeability of hydrolysed collagen-cocoa butter edible films plasticised with sucrose. *Food Hydrocolloids*, 30, 625-631.
- [9] Fakhoury, F.M., Martelli, M.S., Bertan, C.L., Yamashita, F., Mei, I.L.H., Queiroz, C.F.P. (2012). Edible films made from blends of maniocstarch and gelatin—influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. *LWT - Food Science and Technology*, 49, 149-154.
- [10] Elsabee, M.Z., Abdou, E.S. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering C*, 33, 1819-1841.
- [11] Kanmani, P., Rhim, J.W. (2014). Physical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin based active nanocomposite films containing AgNPs and nanoclay. *Food Hydrocolloids*, 35, 644-652.
- [12] Hosseinia, S.F., Rezaeia, M., Zandib, M., Farahmandghavi, F. (2015). Bio-based composite edible films containing *Origanum vulgare* L. essential oil. *Industrial Crops and Products*, 67, 403-413.
- [13] Fakhouria, F.M., Martellia, S.M., Caonc, T., Velascod, J.I., Helena, L., Mei, I. (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 57-64.
- [14] Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., Luo, Y. (2011). Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22, 608-615.

- [15] Xiao, Q., Tong, Q. (2013). Thermodynamic properties of moisture sorption in pullulan–sodium alginate based edible films. *Food Research International*, 54, 1605-1612.
- [16] Salgado, P.R., Ortiz, C.M., Musso, Y.S., Giorgio, L.D., Mavri, A.N. (2015). Edible films and coatings containing bioactives. *Current Opinion in Food Science*, 5, 86-92.
- [17] Sürengil, G., Kılınç, B. (2011). Gıda - ambalaj sektöründe nanoteknolojik uygulamalar ve su ürünleri açısından önemi. *Journal of Fisheries Sciences*, 5(4), 317-325.
- [18] Lu, F., Ding, Y., Ye, X., Liu, D. (2010). Cinnamon and nisin in alginatecalcium coating maintain quality of fresh northern snakehead fish filets. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 1331-1335.
- [19] Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V., Gopal, S. (2012). Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage. *Food Hydrocolloids*, 26, 167-174.
- [20] Lee, H., Min, S.C. (2014). Development of antimicrobial defatted soybean meal-based edible films incorporating the lactoperoxidase system by heat pressing. *Journal of Food Engineering*, 120, 183-190.
- [21] Aldemir, Ö. (2013). Balık filetolarının kaplanmasında salça üretim atıklarının kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- [22] Dursun, S., Erkan, N. (2009). Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı. *Journal of Fisheries Sciences*, 3(4), 352-373.
- [23] Wan, J., Liu, C., Liu, W., Tu, Z., Wu, W., Tan, H. (2015). Optimization of instant edible films based on dietary fiber processed with dynamic high pressure microfluidization for barrier properties and water solubility. *LWT - Food Science and Technology*, 60, 603-608.
- [24] Santacruz, S., Rivadeneira, C., Castro, M. (2015). Edible films based on starch and chitosan: Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. *Food Hydrocolloids*, 49, 89-94.
- [25] Marana, J.P., Sivakumara, V., Sridharb, R., Immanuel, V.P. (2013). Development of model for mechanical properties of tapioca starch based edible films. *Industrial Crops and Products*, 42, 159-168.
- [26] Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Diaz, O. (2012). Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 14, 92-98.
- [27] Delikanlı, B., Özcan, T. (2014). Probiyotik içeren yenilebilir film ve kaplamalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 59-70.
- [28] Jimin, G., Liming, G., Xinying, L., Changdao, M., Defu, L. (2014). Periodate oxidation of xanthan gum and its crosslinking effects on gelatin-based edible films. *Food Hydrocolloids*, 39, 243-250.
- [29] Ortiz-Zarama, M.A., Jiménez-Aparicio, A., Perea-Flores, M.J., Solorza-Feria, J. (2014). Barrier, mechanical and morpo-structural properties of gelatin films with carbon nanotubes addition. *Journal of Food Engineering*, 120, 223-232.
- [30] Yetim, H. (2011). Jelatinin üretimi, özellikleri ve kullanımı. 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi. 19-20 Kasım 2011 Ankara.
- [31] Gökçin, M. (2013). Uskumru (*Scomber scombrus*) ve Levrek (*Dicentrarchus labrax*) Kemiklerinden Jelatin Eldesi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Adana.
- [32] Bodini, R.B., Sobral, P.J.A., Favaro-Trindade, C.S., Carvalho, R.A. (2013). Properties of gelatin-based films with added ethanolepropolis extract. *LWT - Food Science and Technology*, 51, 104-110.
- [33] Celisa, D., Azocar, M.I., Enrianea, J., Paezb, M., Matiacevich, S. (2011). Characterization of salmon gelatin based film on antimicrobial properties of chitosan against E. coli. 11<sup>th</sup> International Congress on Engineering and Food (ICEF11).
- [34] Ibarguren, C., Céliz, G., Díaz, A.S., Bertuzzi, M.A., Daz, M., Audisio, M.C. (2015). Gelatine based films added with bacteriocins and a flavonoid ester active against food-borne pathogens. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 28, 66-72.
- [35] Cozmuta, M.A., Turila, A., Apjok, R., Ciocian, A., Cozmuta, L.M., Peter, A., Nicula, C., Gali, N., Benkovic, T. (2015). Preparation and characterization of improved gelatin films incorporating hemp and sage oils. *Food Hydrocolloids*, 49, 144-155.
- [36] Vanin, F.M., Hirano, M.H., Carvalho, P.A., Moraes, I.C.F., Bittante, B., Sobral, P.J.A. (2014). Development of active gelatin-based nonocomposite films produced an automaatic spreader. *Food Research International*, 63, 16-24.
- [37] Hatterm, N.M., Mohes, S., Haug, J.I., Draget, I.K. (2015). Interfacial and rheological properties of gelatin based solid emulsions prepared with acid or alkali pretreated gelatins. *Food Hydrocolloids*, 43, 700-707.
- [38] Wu, J., Ge, S., Liu, H., Wang, S., Chen, S., Wang, J., Li, J., Zhang, Q. (2014). Properties and antimicrobial activity of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) skin gelatin-chitosan films incorporated with oregano essential oil for fish preservation. *Food Packaging and Shelf Life*, 2(1), 7-16.
- [39] Martucci, J.F., Gende, L.B., Neira, L.M., Ruseckaite, R.A. (2015). Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. *Industrial Crops and Products*, 71, 205-213.
- [40] Pan, I.F., Granda, X.C., Mate, J.I. (2014). Antimicrobial efficiency of edible coatings on the preservation of chicken breast filets. *Food Control*, 36, 69-75.
- [41] Li, X., Liu, A., Ye, R., Wang, Y., Wang, W. (2015). Fabrication of gelatin-laponite composite films: Effect of concentration of laponite on physical properties and the freshness of meat during storage. *Food Hydrocolloids*, 44, 390-398.

- [42] Li, J.H., Miao, J., Wu, J.L., Chen, S.F., Zhang, Q. (2014). Preparation and characterization of active gelatin-based films incorporated with natural antioxidants. *Food Hydrocolloids*, 37, 166-173.
- [43] Joa C., Kangb H., Leea N.Y., Kwonb J.H., Byun M.W. (2005). Pectin- and gelatin-based film: effect of gamma irradiation on the mechanical properties and biodegradation. *Radiation Physics and Chemistry*, 72, 745–750.
- [44] Hanani, Z.A., McNamara, J., Roos, Y.H., Kerry, J.P. (2015). Effect of plasticizer content on the functional properties of extruded gelatin-based composite films. *Food Hydrocolloids*, 31, 264-269.
- [45] Ge, L., Li X., Zhang, R., Yang, T., Ye, X., Li D., Mu, C. (2015). Development and characterization of dialdehyde xanthan gum crosslinked gelatin based edible films incorporated with amino-functionalized montmorillonite. *Food Hydrocolloids*, 51, 129-135.
- [46] Weng, W., Zheng, H., Su, W. (2014). Characterization of edible films based on tilapia (*Tilapia zillii*) scale gelatin with different extraction pH. *Food Hydrocolloids*, 41, 19-26.
- [47] Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C., Montero, P. (2010). Biodegradable gelatin chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. *Food Microbiology*, 27, 889-896.
- [48] Özbay, T., Ayas, D. (2011). Dondurarak depolanan sardalya (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) filetoalarının raf ömrü üzerine kitosan ve asetik asit uygulamalarının etkileri. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 7(2), 11-22.
- [49] Alparslan, Y., Baygar, T., Hasanhoçoğlu, H., Metin, C. (2014). Effects of gelatin-based edible films enriched with laurel essential oil on the quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during refrigerated storage. *Food Technology and Biotechnology*, 52(3), 325–333.
- [50] Nowzari, F., Shábanpour, B., Ojagh, S.M. (2013). Comparison of chitosan–gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 141, 1667-1672.
- [51] Ma, W., Tang, C.H., Yin, S.W., Yang, X.Q., Wang, Q., Liu, F., Wei, Z.H. (2012). Characterization of gelatin-based edible films incorporated with olive oil. *Food Research International*, (49), 572-579.
- [52] Yılmaz, S. (2012). Patates nişastası - jelatin biyofilmlerin üretimi, termal ve kimyasal özelliklerinin analizi. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- [53] Matiacevich, S., Acevedo, N., López, D. (2015). Characterization of edible active coating based on alginate–thyme oil–propionic acid for the preservation of fresh chicken breast fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2792-2801.

## Kabuklu Deniz Ürünleri: Norovirüs Salgınları ve Sporadik Enfeksiyonlar İçin Risk\*

Sevinç Sökel<sup>1</sup>  , Mehmet Kale<sup>2</sup>  , Sibel Hasırcıoğlu<sup>2</sup>  , Sibel Yavru<sup>3</sup>  , Oğuz Gürsoy<sup>4</sup>  ,  
Kübra Kocatürk<sup>5</sup> 

<sup>1</sup>Sağlık Bakanlığı Burdur İl Sağlık Müdürlüğü, Burdur

<sup>2</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Viroloji Anabilim Dalı, Burdur

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Viroloji Anabilim Dalı, Konya

<sup>4</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Burdur

<sup>5</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Burdur

Geliş Tarihi (Received): 12.07.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 04.10.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [drsokel15@gmail.com](mailto:drsokel15@gmail.com) (S. Sökel)

☎ 0 248 234 36 66 📠 0 248 233 45 51

\*Bu çalışma 2. Uluslararası Turizm ve Mikrobiyal Gıda Güvenliği Kongresinde (13-14 Aralık 2017, Manavgat, Antalya) poster bildiri olarak sunulmuştur.

### ÖZ

Daha önceleri *Caliciviridae* familyasından Norwalk benzeri virüsler olarak bilinen norovirüsler (NoV), ikozahedral kapsid simetrisine sahip, zarfsız, pozitif (+) polariteli, tek iplikli RNA virüsleridir. NoV enfeksiyonu hem sekretuar hem de osmotik ishale neden olmaktadır. Enfeksiyonun meydana gelmesi için birkaç NoV partikülü yeterli olmaktadır. NoV, esas olarak kontamine gıdalar ve su ile yayılmaktadır. Virüsün yayılmasında kişiden kişiye doğrudan ve kontamine yüzeylerle temas sorumludur. Genel olarak, NoV kaynaklı epidemik ve pandemik salgınlar görülmekte olup sporadik vakalar da bildirilmiştir. Salgınlar ve sporadik enfeksiyonlar, NoV ile kontamine olmuş kabuklu deniz ürünleri (örneğin midye, istiridye ve yengeç), yumuşak kırmızı meyveler (çilek ve ahududu), sebzeler (marul, domates ve maydanoz), unlu mamuller, şarküteri ürünleri, salatalar, sandviçler, su ve buzun tüketimi sonucunda meydana gelmektedir. NoV, Dünya çapında bakteriyel olmayan ishal vakalarının yarısından fazlasından sorumludur. Midye ve istiridye gibi kabuklu deniz ürünlerinden kaynaklanan NoV salgınları Dünya'da yaygın olarak görülmektedir. Virüs bulaşmış sularda yetiştirilen kabuklu deniz ürünlerinin ve enfekte bireyler tarafından hazırlanan deniz ürünlerinin salgınlarda rol oynayabileceği bildirilmektedir. Midye ve istiridye gibi çift kabuklu/çenetli deniz ürünleri, beslenme faaliyetlerinin bir parçası olarak büyük miktarlarda suyu filtreleyebilmekte ve bu nedenle sıklıkla kanalizasyonla kontamine olmuş sığ, kıyı ve nehir sularındaki virüsleri biriktirip yoğunlaştırabilmektedir. Derinlik, su sıcaklığı, yağış ve rüzgâr ile midye ve istiridye yetiştirme alanlarındaki suyun tuzluluğu salgın risklerinin tahmini için önemli faktörlerdir. Kabuklu deniz ürünlerinin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde gıda kaynaklı hastalıkların yayılmasında önemli olduğu bildirilmektedir. Türkiye'de tüketim için denizden yılda 78 ton kara midye avlanmaktadır. Toplanan midyelerde NoV varlığı, bu kabuklu deniz ürününün Türkiye'de gıda kaynaklı viral enfeksiyonlar ve salgınlar için önemli bir kontaminasyon kaynağı olabileceğini göstermektedir. Ülkemizde avlanan kabuklu deniz ürünlerinde NoV varlığının izlenmesi, turistik bölgelerdeki salgınların önlenmesi ve Türk denizlerinin viral kontaminasyon potansiyelinin izlenmesi için kullanılabilir. Bu çalışmada, NoV kaynaklı gastroenterit salgınlarında kabuklu deniz ürünlerinin rolü ve kabuklu deniz ürünleri kaynaklı bulaşmaların önlenmesinde kullanılabilecek başlıca stratejiler derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Norovirüs, Kabuklu deniz ürünü, Midye, İstiridye, Gastroenterit.

## Shellfish: Risk for Norovirus Outbreaks and Sporadic Infections

### ABSTRACT

NoVs, previously known as Norwalk-like viruses from the *Caliciviridae* family, are non-enveloped, positive-sense, single-stranded RNA viruses with icosahedral capsid symmetry. NoV infection causes both secretory and osmotic diarrhea. A few NoV particles are sufficient to produce infection. NoV is mainly spread by contaminated food and water. Direct person-to-person contact or contact with contaminated surfaces and fomites are also responsible for spreading the virus. In general, epidemic and pandemic outbreaks occur due to NoVs. Sporadic cases have also been reported. Outbreaks and sporadic infections have been reported to be resulting from consumption of NoV contaminated shellfish (e.g. mussel, oyster, and crab), soft red fruits (strawberry and raspberry), vegetables (lettuce, tomatoes and parsley), bakery products, delicatessen meats, salads, sandwiches, water and ice. NoV is responsible for more than half of nonbacterial diarrheal diseases around the world. Outbreaks of NoV originating from shellfish such as mussels and oysters are common in the world. It has been reported that shellfish grown in virus contaminated waters and seafood products prepared for consumption by infected individuals may play a role for outbreaks. Bivalve molluscan shellfish, such as mussels and oysters, can filter out large quantities of water as part of their feeding activities and, accumulate and concentrate viruses from shallow, coastal and river waters frequently contaminated with sewage. Depth, water temperature, precipitation, wind and salinity of the water in the mussel and oyster growing area are important factors for the prediction of outbreak risks. Shellfish has been reported to be important in the spread of foodborne diseases in developed and developing countries. In Turkey, 78 tons of black mussels per year are collected from sea for consumption. The presence of NoV in mussels indicates that this shellfish could also be an important contaminant for foodborne viral infections and outbreaks in Turkey. Monitoring the prevalence of NoV in shellfish collected from Turkey can be used to prevent outbreaks in touristic locations and to monitor the potential of Turkish seas for viral contaminations. In this study, the role of shellfish in viral gastroenteritis outbreaks associated with NoV and strategies for preventing virus transmission via shellfish are reviewed.

**Keywords:** Norovirus, Shellfish, Mussel, Oyster, Gastroenteritis.

### GİRİŞ

Bulantı, kusma ve ishal semptomları ile seyreden hastalıklar akut gastroenterit (AGE) enfeksiyonları olarak tanımlanmakta ve söz konusu enfeksiyonlar tüm yaş gruplarını etkilemektedir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), kontamine gıda kaynaklı ishal vakalarından her yıl iki milyondan fazla insanın öldüğünü bildirmektedir [1]. Bakteri, küf, protozoa ve virüslerin neden olduğu enfeksiyöz ishaller çoğunlukla kontamine gıda ve sular aracılığı ile meydana gelmektedir. Enfeksiyöz ishallerin yarısında etken Norovirüs (NoV)'ler olarak belirlenmiştir [2].

Enterik virüsler, başlıca bakteriyel olmayan AGE hastalık etkenleridirler. *Caliciviridae*, *Adenoviridae*, *Herpesviridae*, *Picornaviridae* ve *Reoviridae* ailelerine ait virüsler olan enterik virüsler salgınlara neden olmaktadır. Enterik virüsler kontamine su, gıda ve çevre yolu ile insanlara bulaşmaktadır. Dünya'da tüm yaş gruplarında gıda kaynaklı AGE salgınlarının en önemli etkenleri, *Caliciviridae* ailesinden olan NoV ve Sapovirüs olarak bildirilmektedir [3]. Amerikan Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi (Centre for Disease Control and Prevention, CDC) verilerine göre, Amerika'da her yıl 19-21 milyon NoV kaynaklı AGE vakası görüldüğü, bunlardan 56.000-71.000 kişinin hastanede yatarak tedavi gördüğü ve enfeksiyon kaynaklı 570-800 ölüm vakası gerçekleştiği rapor edilmektedir [4].

Dünya'da görülen gıda kaynaklı AGE salgınlarının yaklaşık yarısında etken olarak NoV tespit edilmektedir. Salgınların tedavisi, kontrolü ve korunma önlemlerinin yapılabilmesi için ulusal süveyans sistemleri önem arz

etmektedir. Bölgesel veya ulusal düzeyde birçok süveyans sistemi kullanılmaktadır. Örnek olarak; Amerika Birleşik Devletleri'nde FoodNet ve Avrupa'da PulseNet sistemleri süveyansda kullanılmaktadır [5]. Türkiye'de de ulusal düzeyde günlük olarak bulantı, kusma, karın ağrısı ve ishal vakası verileri girilerek salgınlara erken müdahale etmeyi amaçlayan Erken Uyarı ve Yanıt Sistemi (EUYS) kullanılmaktadır [6].

Dünya'da NoV salgınları sıklıkla kontamine sularda yetişen/yetiştirilen deniz kabukluları ve yumuşakçaların tüketimine bağlı olarak görülmektedir. Ancak, Türkiye'de deniz kabukluları ve yumuşakçaların tüketimi Avrupa ve Amerika'ya göre daha az miktarda olması ve bu ürünlerin pişirilerek tüketilmesi bunlara bağlı salgınları azaltmaktadır. Türkiye'de deniz kabukluları arasında midye tüketimi yaygın düzeydedir. Seyyar satıcılar aracılığı ile açıkta satılan ve tüketilen midyelere bağlı görülen ishal vakaları besin zehirlenmesi olarak değerlendirilmekte ve etkeni belirlemeye yönelik gerekli araştırmalara gidilmemektedir.

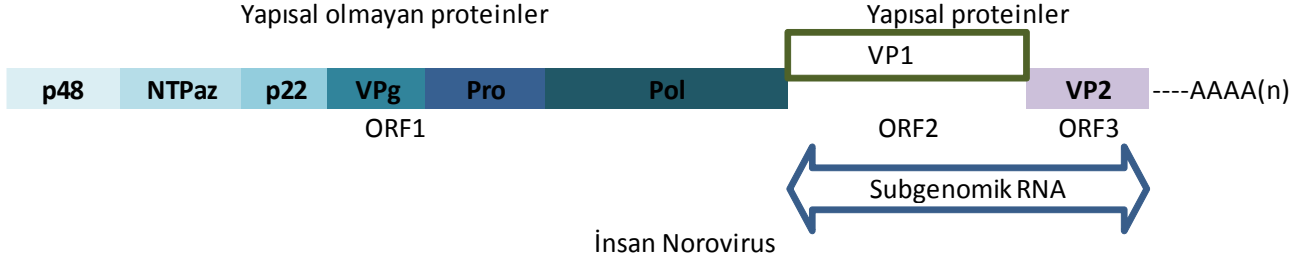
Bu derleme, NoV kaynaklı gastroenterit salgınlarında kabuklu deniz ürünlerinin rolü ve kabuklu deniz ürünleri kaynaklı bulaşmaların önlenmesinde kullanılabilecek başlıca stratejiler ile ilgili bilgiler verilmektedir.

### NOROVİRÜS

İlk defa 1929'da bebeklerde "hyper emesis hiemis" olarak bilinen NoV, 1968 yılında ABD'de (Norwalk, Connecticut) görülen salgın sonrası ancak 1972'de tanımlanabilmiş ve Norwalk benzeri virüs (*Norwalk Like Virüs*) olarak isimlendirilmiştir. Virüs, Uluslararası Virüs

Taksonomi Komitesi tarafından 1998'de *Caliciviridae* ailesine ait genusta sınıflandırılmıştır [7-9]. *Caliciviridae* ailesinde yer alan NoV zarfsız, ikozahedral simetrik ve pozitif ssRNA yapısına sahiptir. Virüs genomu 7,5-8,5 kb olup, açık okuma çerçevesi (open reading frame, ORF) içermektedir [10]. Yapısal olan ve olmayan proteinler

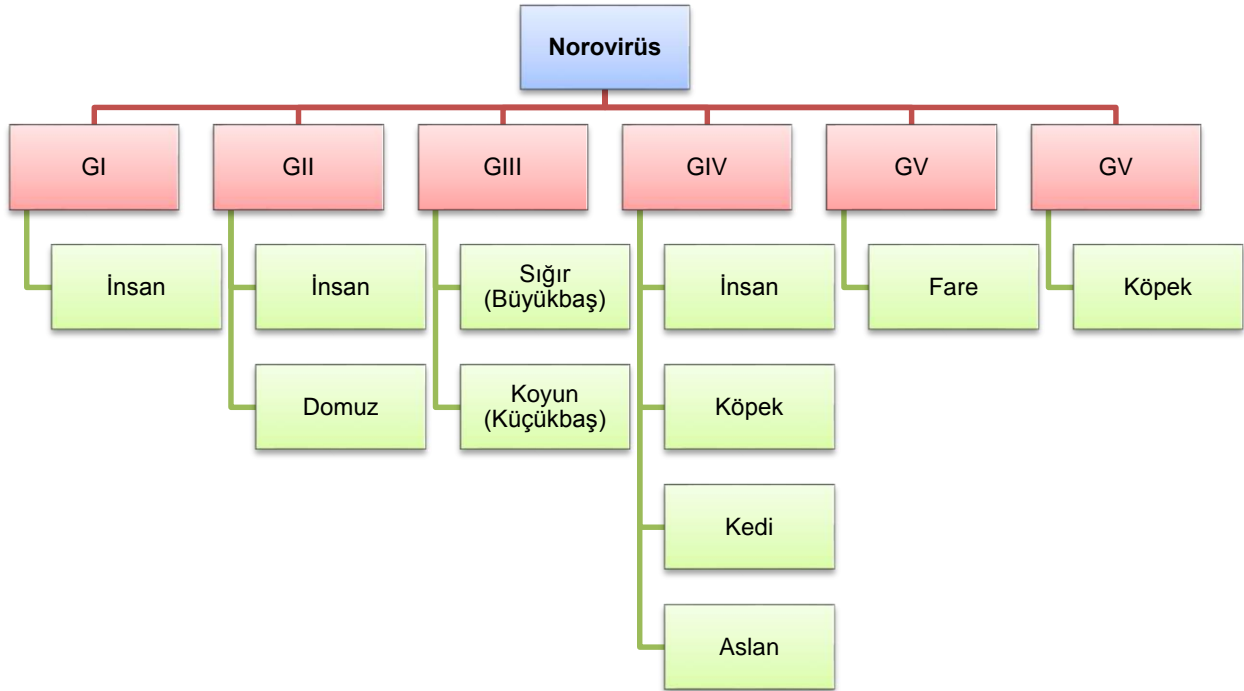
ORF tarafından kodlanmaktadır. Yapısal olmayan proteinler ORF1, kapsid proteinlerini büyük (VP1) ve küçük (VP2) olarak sırasıyla ORF2 ve ORF3 kodlanmaktadır. ORF4 yeni identifiye edilmiştir ve immün yanıtın oluşumunda yardımcı olduğu düşünülmektedir [11-14] (Şekil 1).



Şekil 1. NoV'un genomik yapısı (Karst ve ark. [15]'dan uyarlanmıştır)

Virüsün beş katlı kapsidi, üçlü eksenle ikozahedral simetrisi ve 32 kupa şeklinde çöküntü görünümünde yapısı bulunmaktadır. Genetik yapı temel alınarak Virüsün tiplendirilmesinde suş, genotip ve genogrup

temel alınarak sınıflandırmanın yapılması tavsiye edilmiştir [16]. Son yıllarda yapılan çalışmalar ile insan ve hayvanlarda enfeksiyona neden olan NoV'ler beş genogrup (GI-GV) altında sınıflandırılmışlardır (Şekil 2).



Şekil 1. NoV'un sınıflandırılması (Karst ve ark. [15]'dan uyarlanmıştır)

### Norovirüs Epidemiyolojisi

NoV'a bağlı enfeksiyonlar, epidemi ve pandemi yanında sporadik olarak da görülebilmektedir [17]. Virüsün insanlara bulaşması en sık kontamine gıda ve suların ağız yoluyla alınması ile gerçekleşmektedir.

Aside dirençli virüs, mideden ince bağırsaklara geçerek çoğalmaktadır. Virüs sitoplazma içinde replike olarak, jejunumun villuslarında kısalma, epitelyum hücrelerinde

bozulma, mitokondri şişkinliği, hücre içi ödem, kript hipertrofisi ve lamina propiada mononükleer hücre infiltrasyonuna neden olmaktadır. Ancak, bu histolojik yapının iki hafta içerisinde normal görünümüne döndüğü bildirilmektedir [18, 19]. NoV enfeksiyonunda görülen ishaller, sekretuar ve ozmotik ishal şeklinde görülmektedir. Sekretuar ishal, lümeneye anyon girişi artışına, ozmotik ishal ise ince bağırsak hücrelerinde bozulmaya bağlı olarak iyon ve su dengesizliğine neden olmaktadır [20, 21].

NoV enfeksiyonunda kusma, bulantı, karın ağrısı ve kısa süreli ishaller şekillenmektedir. Ancak virüs atılımının semptomlar geçtikten sonra 3-4 hafta daha devam ettiği bildirilmiştir. Küçük çocuklarda ise virüs atılımının daha uzun süre devam etmesi nedeni ile aile içi bulaş olabileceği bildirilmektedir [22]. Virüs, immün yetmezliği bulunan hastalarda uzun süren ve tedavisi zor olan ishalleri neden olmakta ve dışkı ile atılımının sekiz ay devam edebildiği belirtilmektedir. Tüm yaş gruplarını etkilese de NoV enfeksiyonu özellikle çocuk ve yaşlıları daha çok etkilemektedir. Yaşlı hastaların dışkılarında virüs konsantrasyonunun yüksek olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur [23, 24].

Bulaşma hızı yüksek olan NoV'ların yayılımı gıda ve su kaynaklı olarak fekal-oral yolla, insandan insana, kontamine çevre teması veya yoğun kusma olgularında hava yolu ile gerçekleşmektedir [25-29]. Bir diğer önemli bir bulaş yolu, kontamine sulara yaşayan veya yetiştirilen deniz kabuklularının tüketimidir [30]. NoV enfekte bireylerin dışkılarında yüksek sayılarda ( $10^5$ - $10^{11}$  partikül/g dışkı) bulunmakta ve bulaştığı yüzeylerde uzun süre dayanıklılığını sürdürebilmektedir. NoV için minimum enfekte edici doz suşa bağlı olmakla birlikte 10-100 virüs partikülü kadar az olduğuna inanılmaktadır [31].

Virulansı yüksek olan NoV özellikle hastane, okul, otel, tatil bölgeleri, seyahat gemileri gibi kalabalık ve kapalı ortamlarda kolay yayılmakta ve bu ortamlarda salgınlar daha fazla görülebilmektedir. Kapalı ortamlarda yakın temas, kontamine eşyalar ve yetersiz hijyen uygulamaları virüs yayılımını kolaylaştırmaktadır [14, 32]. NoV enfeksiyonları yılın her döneminde görülebilmesine rağmen, kış ve bahar aylarında daha sık görülmektedir [14, 33]. Su kaynaklı NoV kontaminasyonları özellikle şehirlerde kısa sürede büyük salgınlara neden olmaktadır. Dünya'da ve Türkiye'de birçok NoV salgını bildirilmiştir. Dünya'da 1995, 2002, 2006 ve 2008 yıllarında pandemi şeklinde salgınlar rapor edilmiştir. Türkiye'de ise NoV salgını ilk kez 2008 yılında resmi olarak rapor edilmiştir [34, 35].

İki bin dokuz ile iki bin on iki yılları arasında CDC'ye yapılan NoV salgın ihbarlarının %78'inin gıda kaynaklı, kalan bölümünün ise gıda dışı olduğu rapor edilmiştir. Gıda dışı bulaş kaynakları; insandan insana, kontamine çevre ve su olarak belirlenmiştir. Bir kısım salgınlarda ise kaynak belirlenememiştir [27]. Gıdaların üretimi, işlenmesi ve hazırlanması sırasında enfekte kişiler aracılığı ile kontamine olduğu bildirilmiştir. Salgın nedenleri olarak en sık çiğ veya az pişmiş olarak tüketilen gıdalar; salatalar, salata sosu, yeşil soğan, domates, maydanoz, marul, bulgur, tostlar, kremalar, pastalar, donmuş gıdalar, sıvı gıdalar (kontamine sularla hazırlanan meyve suları), meyveler, midye ve istiridye gibi kabuklu deniz hayvanları listelenmiştir [36, 37]. İnsandan insana bulaş ile ikincil atak oluşması sonrası NoV salgın süresinin uzayabileceği bildirilmektedir. İkincil atak hızının %14-33 arasında değiştiği bildirilmektedir [7]. 2002 yılında İtalya'da bir markette satılan çiğ midye kaynaklı NoV salgınında atak hızının %79 düzeyinde olduğu bildirilmiştir [38].

NoV'un Influenza gibi yeni suşlar sonucu 2-3 yılda bir salgınlara neden olduğu bildirilmektedir. NoV GGII suşu Dünya'da en yaygın görülen suştur. 2001 yılından itibaren NoV enfeksiyonlarında ağırlıklı olarak GGII.4 suşu da tespit edilmeye başlamıştır. Çin'de 2014-2015 yıllarında NoV GGII.17 ve Avrupa'da 2016 yılında NoV GGII.P16 ve GGII.2 suşları dominant suşlar olarak tespit edilmiştir [39-44].

Bu bilgiler ışığında NoV'un, diğer AGE etkeni virüslerden bazı farklılıkları ortaya çıkmaktadır. Bunlar; yetişkinlerin de etkilenmesi nedeni ile iş-güç kaybına bağlı ekonomik etkilerdir. İnsanlarda hastalığın en belirgin semptomu kusmadır. Bunun sonucunda çevre kontaminasyonu sonucu ikincil salgınlar ve özellikle gıda hazırlanması sırasında asemptomatik kişiler aracılığı ile gıdaların kontaminasyonu gerçekleşebilmektedir. Bir diğer farklılık, farklı suşlar ile enfeksiyon gelişmesi sonucu bağışıklığın kısa süreli oluşmasıdır.

### Klinik

NoV'a bağlı gelişen enfeksiyonlar akut, kronik, asemptomatik ve nadiren gastrointestinal sistem dışı semptomlar şeklinde görülebilmektedir. Bu semptomların boyun sertliği, ışığa duyarlılık ve damar içinde koagülasyon olduğu belirlenmiştir [45]. NoV enfeksiyonu en sık gastroenterit olguları şeklinde görülmektedir. Bu olgularda bulantı, kusma, karın ağrısı ve ishal (sulu, mukussuz ve kansız) en sık görülen semptomlardır. Bunlara ek olarak hastalarda ilk 24 saatte baş ağrısı, kas ağrısı ve hafif ateş ( $38$ - $39^{\circ}\text{C}$ , %37-45'inde) görülebilir [22]. İnkübasyon süresi 24-48 saat arasında olup, klinik bulgular 12-72 saat sürmektedir [46]. NoV enfeksiyonu küçük çocuklar, yaşlılar ve bağışıklık sistemi baskılanmış (immünsupresif) kişilerde uzun sürebilmektedir [47].

### Tanı, Tedavi, Korunma

Dışkıda NoV antijeni, %30-70 duyarlılığı ve %69-100 spesifikliği olan enzime bağlı bağışıklık testi (enzyme-linked immünsorbent assay, ELISA) kitleri kullanılarak tespit edilmektedir [48, 49]. Moleküler yöntemlerin gelişmesi ile virüs kapsid genin 5' bölgesinden dizayn edilen gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyon (RT-PCR) testi ile de NoV suşları tespit edilebilmektedir ve bu test en çok kullanılan test olarak bildirilmiştir. RT-PCR, konvansiyonel testlere göre daha kısa sürede sonuç vermektedir. Aynı zamanda virüs partikül miktarının sayısal olarak belirlenmesi de testin avantajı olarak değerlendirilmektedir [50, 51]. Salgınlarda etkenin belirlenmesinde ELISA ve RT-PCR yöntemlerinin birlikte kullanılması önerilmektedir [34].

NoV enfeksiyonlarında ishal sonucunda su kaybına bağlı olarak kilo kaybı olmaktadır. Tedavide de asıl olan dehidratasyonun önlenmesidir. Bunun yanında ribavirin ve piperazin gibi etken maddeler içeren antiviral/antinoroviral ilaçların kullanımı ve antiadezyon terapisi önerilmektedir [45, 52, 53].

Başlıca bulaşma yolu gıda ve su olan NoV enfeksiyonlarında gıda güvenliği ve hijyen korunmada

en önemli faktördür. Kişisel hijyen ve kontamine çevre ile temas kontaminasyonlarda önem arz etmektedir. Özellikle gıda hazırlanan yüzeylerin dezenfeksiyonunda hipoklorit (%0.1) kullanılması önerilmektedir. Gıda hazırlayan kişilerin hijyen kurallarına uymaları gıda güvenliği açısından önemlidir [44, 54].

## KABUKLU DENİZ ÜRÜNLERİ VE NOROVİRÜS

Gıdalara bağlı ortaya çıkan NoV salgınlarına taze olarak tüketilen sebzeler, meyveler, hazır gıdalar ve istiridyeye gibi deniz ürünleri neden olmaktadır. Gıda kaynaklı NoV salgınlarının %33'ünün lifli sebze, %16'sının meyve ve %13'ünün deniz kabukluları kaynaklı olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir [14]. NoV enfeksiyonlarının ortaya çıkışında deniz ürünleri önemli rol oynamaktadır. Deniz ürünlerinin virüs ile kontaminasyonu (i) deniz ürünlerinin bulunduğu/yetiştirildiği suların insan ve hayvan atıkları ile kontamine olması ve (ii) enfekte kişiler tarafından yiyeceklerin hazırlanmaları ve servis edilmeleri sırasında meydana gelen kontaminasyon olmak üzere başlıca iki şekilde meydana gelmektedir [55]. Deniz kabukluları içinde buldukları suyu filtre ederek beslenmektedirler. Bundan dolayı deniz kabuklularındaki virüs miktarının içerisinde buldukları sudan 100-1000 kat fazla olabileceği ve tüketimleri sırasında insanların virüs kokteyline maruz kalabileceği bildirilmiştir [56]. Le Guyader ve ark. [57] istiridyeye kaynaklı NoV salgınlarında, hastalar ve istiridyelerde benzer virüsü tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada NoV'nin insanlarda olduğu gibi istiridyeye dokularına da karbonhidrat bağı ile bağlandıkları hipotezi, immünohistokimyasal yöntemle NoV partikülünün istiridyenin *Crassostrea gigas* glikanına bağlandığının belirlenmesiyle doğrulanmıştır. Yapılan çalışmalarda GGI-1 suşunun sindirim divertikülüne insan kan yüzey antijenine (human blood surface antigen, HBSA) benzer karbonhidrat bağı, GGII-3 ve GGII-4 suşlarının sindirim, solungaç ve kabuk dahil tüm dokulara sialik asit bağı [58] ile bağlandığı belirlenmiştir. İstiridyelerde, NoV'nin pasif süzmeyle değil aktif olarak karbonhidrat bağları ile toplandığı belirlenmiştir. Bu bağlanmanın, GGI-1 suşunda lektin ve anti-kan A grubu antikoru ile inhibe olduğu bildirilmiştir [57]. Deniz ürünleri kaynaklı NoV salgınlarında virüs partikül miktarının az olduğu durumlarda bile enfeksiyon geliştiği ve deniz kabuklularının sindirim divertiküllerinde (digestive diverticula) NoV GGII ve GGI tespit edildiği rapor edilmiştir [59].

Türkiye denizlerinde avcılığı yapılan deniz kabukluları/yumuşakçalar endüstriyel ve insan tüketimine sunulmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığının istatistiklerine göre Akivades ve kum midyesi 20.937 ton/yıl, deniz salyangozu 10.354 ton/yıl çıkarılarak endüstride kullanılmaktadır. Denizlerden 78 ton/yıl Kara midye (*Mediterranean mussel*) insan tüketimi için çıkarılmaktadır [60, 61].

## Dünya'da Kabuklu Deniz Ürünlerine Bağlı Gelişen NoV Salgınları ve Epidemiyolojisi

NoV enfeksiyonlarının en sık görülen bulaşma yolu kontamine gıdaların tüketimidir. Gıda kaynaklı bulaşma; kontamine özellikle de kanalizasyon ile kontamine olmuş

sularda yetişen/yetiştirilen deniz kabukluları [14, 55, 56, 62-64] veya kontamine sularla sulanan meyve/sebzelerin tüketimleri ile gerçekleşmektedir. Temiz sularda yetişen/yetiştirilen kabuklu deniz ürünlerinin tüketim için işlenmeleri, paketlenmeleri, servis edilmeleri sırasında da ürünler hasta kişiler tarafından NoV ile kontamine edilebilmekte ve salgınlar gerçekleşebilmektedir [55, 56, 65]. Bu bulaşma şekli hasta kişiler tarafından hazırlanan diğer gıdaların tüketimi için de geçerli bir durumdur [56]. Kabuklu deniz ürünlerinin üretiminin yapıldığı yerin kanalizasyon deşarj oranı, atık su arıtma etkinliği ve uzaklığı, bölgede yaşayan insan yoğunluğu ve yağış miktarının artmasıyla su akış hızının artması kirlenmeyi arttıran faktörler olarak rapor edilmektedir. Aynı zamanda suyun tuzluluğu ve sıcaklığının da midye ve istiridyeye gibi kabuklu deniz ürünlerinde NoV bulunma miktarını etkileyebileceği bildirilmektedir [63-65]. Gıda kaynaklı NoV salgınlarının yarısının enfekte gıda üreticisi kişilerden kaynaklandığı ifade edilirken %83'ünün ticari olarak hazırlanan gıdalar aracılığı ile meydana geldiği bildirilmektedir. Salgınların, gıda üreticilerinin eğitimi ve deniz kabuklularının üretimindeki proseslerde yapılacak düzenleme ve önlemlerle engellenebileceği ifade edilmektedir [14].

Bellou ve ark. [62] 1980-2012 yılları arasında kabuklu deniz ürünlerine bağlı olarak bildirilen salgınları incelemişler ve salgınların büyük çoğunluğunun NoV (%83.7) ve Hepatit A virüsü'ü (%12.8) kaynaklı olduğunu rapor etmişlerdir. Salgınların %58.4'ünün taze istiridyeye ve %3.0'ünün dondurulmuş istiridyeden kaynaklandığı ve en sık Doğu Asya, Avrupa, Okyanusya, Avustralya, Afrika kıtalarında yaşandığı tespit edilmiştir. Deniz ürünlerinin çok tüketildiği Japonya salgınların %63.7'sinin görüldüğü ülke olarak bildirilmiştir. Kabuklu deniz ürünlerinin kontamine sularla yetişmesi veya yetiştirilmesi ile bu ürünlerin az pişirilmesinin salgınlarda başlıca bulaşma yolu olduğu yazarlar tarafından ayrıca ifade edilmiştir [62]. Türkiye'de kabuklu deniz ürünlerinden midyelerde NoV varlığının belirlenmesine yönelik İzmir körfezi ve İstanbul boğazında yapılan iki çalışmada sırasıyla %30 (9/30) [5] ve %4.5 (GGII-4suşu) [66] prevalansta NoV tespit edildiği bildirilmiştir. Bu çalışmalarda halk sağlığı açısından az pişmiş midye tüketiminin hastalıklara yol açabileceği ve risk oluşturduğu rapor edilmektedir [5, 66]. Amerika'da yapılan bir çalışmada [63], 1973-2006 yılları arasında bildirilen deniz ürünlerine bağlı 188 adet salgının yumuşakçalar (istiridyeye, deniztarağı vb.), deniz kabukluları (yengeç vb.) ve balık kaynaklı olduğu bildirilmiştir. Söz konusu salgınların %21.3'ünde hastalık etkeninin virüs olduğu ve en fazla NoV kaynaklı enfeksiyonların görüldüğü ifade edilmiştir. Birleşik Krallık'ta yapılan bir çalışmada [65], kontamine gıda tüketimine bağlı olarak şekillenen NoV vakalarının %3-11 arasında gerçekleştiği ve kontaminasyon kaynağı gıdaların %16'sının istiridyeye olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonunda araştırmacılar, midye gibi pişirilerek tüketilen deniz kabuklularında NoV'un inaktive olduğu ancak istiridyeye gibi çiğ tüketilen kabukluların halk sağlığı açısından risk oluşturduğu sonucuna varmışlardır [65]. Bu çalışmayı doğrular nitelikte olan başka bir çalışmada, Fransa ve İtalya'da 2005 yılında görülen AGE salgınının



kaynağının NoV GGI-4 ve GGII-4 ile kontamine olmuş istirdiyeler olduğu tespit edilmiştir [67]. Başka bir çalışmada ise Avrupa'da paketlenmiş olarak satılan istirdiyelerin %9'unda NoV tespit edildiği ve mevsime bağlı sıcaklık artışı ile NoV etkinliğinin arttığı rapor edilmiştir [68].

Gıda kaynaklı NoV'un dünya genelindeki genogrup skalasının belirlediği bir çalışmada [69]; global olarak gıda kaynaklı salgınların %14'ünde etkenin NoV olduğu bu salgınların %10'unun GGII-4, %27'sinin diğer genogruplardan ve %37'sinin GGII-4 ve diğer genogrupların karışımından meydana geldiği bildirilmiştir [69]. Fransa'da 2012 yılında bir bakımevinde ortaya çıkan NoV salgınında hem klinik örnekler, hem istirdiye ve hem de istirdiyelerin üretim bölgelerinde tespit edilen NoV suşlarının benzer olduğu bildirilmiştir [70]. Güney Kore'de 2013 yılında bir okulda istirdiye kaynaklı salgında insan ve istirdiye örneklerinde NoV GGII tespit edilmiştir [59, 71]. Kabuklu deniz ürünleri kaynaklı 2009-2014 yılları arasında bildirilen viral AGE salgınlarında tespit edilen NoV suşlarının filogenetik analizi sonucu klinik ve gıda örneklerinde %100 korelasyon görülmüştür [72]. Bu ve benzeri çalışmalar kabuklu deniz ürünlerinin gıda kaynaklı AGE salgınlarında, özellikle viral etken olarak NoV'nin halk sağlığı riski oluşturduğunu göstermektedir.

NoV'nin çevre koşullarına dayanıklılığının test edildiği bir çalışmada, NoV ile kontamine edilen yeraltı suyunun 61 gün sonra denekleri etkilemediği tespit edilmiştir. Aynı çalışmada NoV'nin dondurulmuş (<-20°C) ve soğutulmuş gıdalarda (<10°C) altı aya kadar enfeksiyözitesini koruyabildiği ifade edilmektedir [54].

NoV kaynaklı enfeksiyon hastalıklarının tanısında PCR kullanılmaktadır. Konvansiyonel ve RT-PCR yöntemlerine ek olarak kontamine deniz kabuklularında virüsü belirlemede duyarlılığı daha yüksek olan RT-Booster PCR yöntemi de tavsiye edilmektedir [73].

### Korunma Önlemleri

Avrupa birliği düzenlemelerinde (EC 91/492) kabuklu deniz ürünlerinin yetiştirilmesi için kullanılan sular mikrobiyolojik kalite açısından üç sınıfta incelenmektedir. Ancak söz konusu sınıflandırmada suyun mikrobiyolojik kalitesi *Escherichia coli* (*E. coli*) ve/veya toplam fekal koliformların sayısına bakılarak değerlendirilmekte olup virüs kontaminasyonu açısından bir değerlendirmeyi içermemektedir [74]. Bakterilerin enterik virüslerin varlığının yeterli bir göstergesi olmadıkları ve Avrupa Birliği düzenlemelerine uygun kabuklu deniz ürünlerini tüketenlerde çok sayıda virüs enfeksiyonunun meydana geldiği literatürde bildirilmektedir [75]. Yine kabuklu deniz ürünlerinin yetiştirildikleri sulardan avlanmaları/toplanmaları öncesi temiz sulardan geçirilmesi, ısıtma işlemine maruz bırakılması veya depurasyon işlemi uygulanması mikrobiyal kirlilik düzeyinin azaltılmasında önemlidir [56]. Depurasyon işlemi sirkülasyon tankında bulunan kabuklu deniz ürünlerinin üzerinden dezenfekte edilmiş (ultraviyole, ozon vb. uygulamalarla) suyun sirküle edilmesi işlemidir. Ancak uygulama söz konusu işlemlerle bakteriler daha

hızlı bir şekilde tasviye edilmektedir [56, 75]. Schwab ve ark. [76] tarafından yapılan bir çalışmada 48 saatlik depurasyon işlemi *E. coli* sayısında %95'lik bir azalma belirlemişken NoV'nin sayısında sadece %7 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Konu ile ilgili olarak yapılan başka bir çalışmada Polo ve ark. [77], *Venerupis pullastra* ve Akdeniz midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) hepatit A virüsü ile NoV genogrupları I (GGI) ve II (GGII)'nin uzaklaştırılması için 7 gün uygulanan depurasyonun işleminin etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada her iki kabuklu deniz hayvanında da yedi günün sonunda bütün virüslerin bulunduğu ancak en çok NoV GGI'nin bulunduğu belirlenmiştir. Bu bilgilerin yanı sıra kabuklu deniz ürünlerinin dünya genelinde geleneksel tüketim şekilleri (çiğ ya da çok az pişmiş, virüslerin çoğunlukla biriktiği sindirim organlarıyla beraber bütün olarak tüketimleri) kabuklu deniz ürünlerini yüksek riskli bir gıda grubu haline getirmektedir [77]. Bu nedenlerle kabuklu deniz ürünlerinin yetiştirildiği/yaşadığı suların fekal kontaminasyon açısından izlenmeleri ve tüketim öncesi bakteriyel/viral dekontaminasyonu sağlayacak ön işlemlerin uygulanması gerekmektedir.

Kabuklu deniz ürünlerinde mikrobiyal patojenlerin (bakteri ve virüslerin) ortadan kaldırılması için depurasyon, pişirme ve ısıtma pastörizasyonu, dondurma, işleme ve yüksek basınç uygulaması gibi farklı metotlar kullanılabilmektedir. Ancak sözü edilen metotların hiç biri ürünün duyu özelliklerini etkilemeden toplam virüs inaktivasyonunu garanti edememektedir. NoV dekontaminasyonu açısından etkili metot kabuklu deniz ürünlerinin pişirilmesidir [78]. Kabuklu deniz ürünlerine uygulanacak 90°C'de en az 90 saniyelik ısıtma işlemi NoV dekontaminasyonu açısından yeterli olacaktır bildirilmiştir [79]. Deniz kabuklularının buharda pişirilmesinin de salgınlara katkıda bulunduğu ifade edilmektedir [63]. Zira yapılan bir çalışmada midyelerin 3 dakika süre ile kaynatılması sırasında iç sıcaklığın 90°C'ye çıktığı ancak aynı sürede yapılan buharda pişirme işlemi iç sıcaklığın ancak 63°C'ye ulaştığı belirlenmiştir [80]. Kabuklu deniz ürünlerinde mikrobiyal dekontaminasyon için kullanılan ısıtma olmayan metotlardan birisi yüksek basınç uygulamasıdır. İstirdiyelerin dezenfeksiyonu için yüksek basınç işlemcisi ile 3 dakikalık 275-300 MPa basınç uygulamasının istirdiyenin çiğ tat ve dokusunu, dolgun ve sulu yapısını koruduğu ve kısmi protein denatürasyonundan dolayı hafif pişmiş bir görünüm verdiği bildirilmektedir [78]. Ancak uygulamanın etkinliğinin işlem sıcaklığı, tuz konsantrasyonu, matriks kompozisyonu gibi faktörler ile virüsün bağlı olduğu genetik grup ve alt türlerine bağlı olarak değişim gösterdiği belirtilmektedir. Örneğin istirdiyelerdeki insan NoV'nin kedi (feline calicivirus, FCV) ve fare (murine norovirus, MNV-1) NoV'lerine göre yüksek basınç işlemine daha dayanıklı olduğu rapor edilmiştir [78]. Virüs dekontaminasyonunda kullanım potansiyeline sahip metotlardan biri olan ultraviyole ışın uygulaması işlemin yalnızca yüzey uygulamalarındaki etkinliği nedeniyle kabuklu deniz ürünlerinde sınırlı kullanım alanı bulabilecektir. Literatürde farklı dozlarda iyonize radyasyon (gama ışınları) uygulamalarının virüs dekontaminasyonu için kullanım potansiyelini gösteren çalışmalar [81, 82] bulunmakla birlikte konu ile ilgili daha

fazla çalışmanın yapılması gerekli görülmektedir. Dondurulma ve çözündürme işlemlerinin virüs yükünü önemli düzeyde düşürmediği ve hatta 20 yıl dondurulmuş olarak bekletilen NoV ile kontamine dışkı örneklerinde çözündürme sonunda RT-PCR ile yüksek seviyelerde ( $6,2 \times 10^{10}$  g dışkı) NoV tespit edildiği bildirilmektedir [78]. Richards ve ark. [78] viral dekontaminasyonun sağlanması için ilave avantajlar sağlayacağı düşüncesiyle (i) temiz sularda uzun süre bekletmenin ardından yüksek basınç uygulaması, (ii) pastörizasyon sonrası dondurma veya (iii) depurasyon sonrası orta dereceli pişirme işlemi gibi kombine metotların kullanımını önermektedir. Ancak virüslerin enfektif dozlarının çok düşük olması, viral dekontaminasyonun çok sayıda çevresel faktör tarafından etkilenmesi, etkinin genotip ve alt türlerde farklılık gösterilmesi gibi sınırlayıcı faktörler nedeniyle kabuklu deniz ürünlerinde virüsler açısından gıda güvenliğinin sağlanabilmesi için konu ile ilgili çalışmaların sürdürülmesi zorunlu görülmektedir.

Kabuklu deniz ürünlerinin tüketimine bağlı viral AGE salgınlarının önlenmesine yönelik olarak "erken uyarı sistemi" oluşturulması önemlidir. Konu ile ilgili olarak istiridyelerle yapılan bir çalışmada araştırmacılar, erken uyarıyı oluşturabilmek için istiridye yatak derinliği, su sıcaklığı, yağış, rüzgâr ve suyun tuzluluk oranı gibi parametrelere göre NoV salgın risk tahmin metodu (Norovirüs Outbreak Risk Forecasting, NORF) geliştirmişlerdir. Bu metot ile 1994-2014 yılları arasında görülen salgınların risk tahmin değeri 0.5-0.6 olarak belirlenmiştir. NORF modelinde salgın tahmini 0.5-0.6 değerlerinin üzerine çıktığında, salgının meydana gelme ihtimalinin arttığı belirtilmiştir. Araştırmacılar tarafından böyle bir durumda salgınların önlenmesi için istiridye yataklarının kapatılması önerilmektedir [83].

Gıda işletmeleri kaynaklı viral enfeksiyonların önlenmesi, ancak işletme ve personel açısından hijyen ve sanitasyon standartlarının yükseltilmesi ile gerçekleştirilebilir [84]. Bu amaçla personelin el temizliğine önem verilmesi, antiviral etkili yüzey ve el dezenfektanları kullanılması ve virüsle enfekte personelin potansiyel bulaşma kaynağı olmasından dolayı enfeksiyon süresince ve sonrasında belirli bir sürede çalıştırılmaması gereklidir [34, 85]. Gıda işletmelerinde çalışan personelin elleri virüslerin yayılmasında en önemli araçlardan biridir. Bu nedenle ellerin uygun şekilde temizlenmesi ve dekontamine edilmesi önemlidir. Ellerin doğru biçimde dekontamine edilmesinde dikkat edilmesi gereken başlıca hususlar, (i) personel eğitimi, (ii) etkili bir el dezenfektanı kullanımı ve (iii) ellerin düzenli olarak temizlenmesi ve dekontaminasyonudur [86]. Aynı şekilde işletmenin ve işin niteliğine göre uygun şekilde eldiven kullanımı da viral bulaşmaların önlenmesinde etkili olabilir. Gıda işletmelerinde çalışan personelin el hijyeni konusunda eğitilmesi oldukça önemlidir. Örneğin, ellerin yıkanmasından sonra kurutulmamasının eller üzerinde kalan kalıntı nemin, virüslerin transferinde önemli bir rol oynayacağı ifade edilmektedir [87]. Örneğin ellerin su ve sabunla yıkanmasından sonra kurutulması durumunda ellerdeki Rotavirüs'ün %77, sıcak hava ile kurutulması durumunda %92, kâğıt havlu ile kurutulması durumunda

%87 ve el havlusunu ile kurutulması durumunda %80 oranında azaldığı rapor edilmektedir [86].

## SONUÇ

Dünya'da deniz ürünleri bakteriyel ve viral kaynaklı salgınlar oluşturma potansiyelleri açısından önemli bir yere sahiptir. Avrupa ve Asya'yı birbirine bağlayan Anadolu yarımadasında bulunan Türkiye, üç tarafının denizlerle çevrili olması nedeniyle uluslararası turizm açısından önemli bir konumdadır. Turist ishali olarak da bilinen NoV enfeksiyonu; gıdaların üretimi, işlenmesi ve servisi sırasında kontamine olması ile ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, gıda ve su kaynaklı salgınlar özellikle turizm bölgelerinde ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Türkiye'de çoğunlukla su kaynaklı NoV salgınları görülmesine karşılık, turizm bölgelerinde ve sahil şehirlerinde kabuklu deniz ürünlerine bağlı salgınların görülebileceği göz ardı edilmemesi gereken bir husustur.

Çevre koşullarına oldukça dirençli olan NoV'nin patojenitesi son derece yüksektir. Midye gibi kabuklu deniz canlıları suyu filtre ederek sudaki virüsü bünyelerinde konsantre etmeleri nedeniyle viral bulaşmalar açısından sürekli izlenmesi gereken deniz ürünleridir. Kabuklu deniz ürünlerinde NoV prevalans araştırmaları liman ve kıyı şeridinin temizliğinin izlenmesi açısından önemli bir göstergedir. Türkiye'de kıyı sularının viral kontaminasyon potansiyelinin izlenmesi ve böylece turistik bölgelerde görülebilecek salgınların önlenmesi için daha fazla araştırma yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] World Health Organization. (2017) Global Foodborne Infections Network. <http://www.who.int/gfn/supported/en/> Erişim Tarihi: 10.05.2017.
- [2] Sözen, H., Gönen, I., Beydilli, H. (2014). An outbreak of norovirus gastroenteritis in a county in Turkey. *Journal of Microbiology and Infectious Diseases*, 4(1), 26-29.
- [3] Rodriguez-Lazaro, D., Cook, N., Ruggeri, F.M., Sellwood, J., Nasser, A., Nascimento, M. J., D'Agostino, M., Santos, R., Saiz, J.C., Rzeżutka, A., Bosch, A., Gironés, R., Carducci, A., Muscillo, M., Kovač, K., Diez-Valcarce, M., Vantarakis, A., von Bonsdorff, C.H., de Roda Husman, A.M., Hernández, M., van der Poel, W.M. (2012). Virus hazards from food water and other contaminated environments. *FEMS Microbiology Reviews*, 36(4), 786-814.
- [4] Centre for Disease Control and Prevention. (2017). Norovirus for public health professional. <http://www.cdc.gov/norovirus/php/illness-outbreaks.html>. Erişim tarihi: 18.04.2017
- [5] Erol, N., Delibaş, S.B., Özkoç, S., Ergüden, C., Aksoy, Ü. (2016). Investigation of parasitic and viral pathogens in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in the Gulf of Izmir, Turkey. *Saudi Medical Journal*, 37(6), 703-706.

- [6] Sağlık Bakanlığı (2018). <https://www.saglik.gov.tr/TR,10488/bulasici-hastaliklar-surveyans-ve-kontrol-esaslari-yonetmeligi.html>. Erişim tarihi: 12.06.2018.
- [7] Karst, S.M., Wobus, C.E., Lay, M., Davidson, J., Virgin, H.W. (2003). STAT1 Dependent innate immunity to a norwalk-like virus. *Science*, 299, 1575-78.
- [8] King, A.Q., Adams, M.J., Carstens, E.B., Lefkowitz, E.J. *ICTV Taxonomy History:Norwalk Virus*. International Committee on Taxonomy of Viruses: [http://www.data.ictvonline.org/proposals/Rarification\\_n\\_1998.pdf](http://www.data.ictvonline.org/proposals/Rarification_n_1998.pdf). Erişim Tarihi: 22.03.2017.
- [9] Stephanie, M.K., Zhu, S., Ian, G.G. (2015). The molecular pathology of noroviruses. *Journal of Pathology*, 235, 206-16.
- [10] Jiang, W., Wang, M., Wang, K., Estes, M.K. (1993). Sequence and genomic organization of norwalk virus. *Virology*, 195, 51-61.
- [11] Prasad, B.V., Hardy, M.E., Dokland, T., Bella, J., Rossmann, M.G., Estes, M.K. (1999). X-ray crystallographic structure of the norwalk virus capsid. *Science*, 286(5438), 287-290.
- [12] Peasey, A.E., Ruiz-Palacios, G.M., Quigley, M., Newsholme, W., Martinez, J., Rosales, G., Jiang, X., Blumenthal, U.J. (2004). Seroepidemiology and risk factors for sporadic Norovirus/Mexico Strain. *The Journal of Infectious Diseases*, 189(11), 2027-2036.
- [13] Batten, C.A., Clarke, I.N., Kempster, S.L., Oliver, S.L., Bridger, J.C., Lambden, P.R. (2006). Characterization of a cross-reactive linear epitope in human genogroup I and bovine genogroup III norovirus capsid proteins. *Virology*, 356, 179-187.
- [14] Hall, A.J., Eisenbart, V.G., Etingue, A.L., Gould, L.H., Lopman, B.A., Parashar, U.D. (2014). Vital signs: Foodborne norovirus outbreaks - United States, 2009-2012. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 63(22), 491-495.
- [15] Karst, S.M., Zhu, S., Goodfellow, I.G. (2015). The molecular pathology of noroviruses. *Journal of Pathology*, 235, 206-216.
- [16] Zheng, D.P., Ando, T., Frankhauser, R.L., Beard, R.S., Glass, R.I., Monroe, S.S. (2006). Norovirus classification and proposed strain nomenclature. *Virology*, 346(2), 312-23.
- [17] Moshe, S.D. (2009). Is norovirus a foodborne or pandemic pathogen? An analysis of the transmission of Norovirus-associated gastroenteritis and the roles of food and food handlers dreyfuss. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6(10), 1219-1228.
- [18] Brian, W.J., Mahy, V.M. (2005). Topley and Wilson's Microbiology and Microbial Infections. 10th Ed. Hodder Arnold Company, London.
- [19] Kele, B. (2011). Comparative molecular genetic studies of nucleic acid detection in human noroviruses. *Ph. Thesis*. Albert Szent-Györgyi Clinical Center, Faculty of Medicine, University of Szeged: Institute of Clinical Microbiology.
- [20] Baldi, F., Bianco, M.A., Nardone, G., Pilotto, A., Zamparo, E. (2009). Focus on acute diarrhoeal disease. *The World Journal of Gastroenterology*, 15, 3341-3348.
- [21] Hodges, K., Gill, R. (2010) Infectious diarrhea: Cellular and molecular mechanisms. *Gut Microbes*, 1, 4-21.
- [22] Rockx, B., De Wit, M., Vennema, H., Vinje, J., De Bruin, E., Van Duynhoven, Y., Koopmans, M. (2002). Natural history of human calicivirus infection: a prospective cohort study. *Clinical Infectious Diseases*, 35, 246-253.
- [23] Lee, N., Chan, M.C., Wong, B., Choi, K.W., Sin, W., Lui, G., Chan, P.K., Lai, R.W., Cockram, C.S., Sung, J.J.Y., Leung, W.K. (2007). Fecal viral concentration and diarrhea in norovirus gastroenteritis. *Emerging Infectious Diseases*, 13, 1399-1401.
- [24] Levett, P.N., Gu, M., Luan, B., Fearson, M., Stubber, J., Jamieson, F., Petric, M. (1996). Longitudinal study of molecular epidemiology of small round-structured viruses in a pediatric population. *Journal of Clinical Microbiology*, 34, 1497-1501.
- [25] Centers for Disease Control and Prevention, (2002). Outbreak of acute gastroenteritis associated with Norwalk-like viruses among British military personnel-Afghanistan. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 51(22), 477-479.
- [26] Caul, E.O. (1994). Small round structured viruses: Airborne transmission and hospital control. *Lancet*, 343, 1240-1242.
- [27] Ushijima, H., Fujimoto, T., Müller, W.E., Hayakawa, S. (2014). Norovirus and foodborne disease: A review. *Food Safety*, 2(3), 37-54.
- [28] *Centre for Disease Control and Prevention*. (2017). Norovirus. <https://www.cdc.gov/norovirus/index.html>. Erişim Tarihi: 08.04.2017.
- [29] Glass, I.R., Noel, J., Mitchell, D., Herrmann, J.E., Blacklow, N.R., Pickering, L.K., Dennehy, P., Ruiz-Palacios, G., de Guerrero, M.L., Monroe, S.S. (1996). The changing epidemiology of astrovirus-associated gastroenteritis: A review. *Archives of Virology*, 12, 287-300.
- [30] Haramoto, E., Katayama, H., Ohgaki, S. (2004). Detection of noroviruses in tap water in Japan by means of a new method for concentrating enteric viruses in large volumes of freshwater. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 2154-2160.
- [31] Scherer, K., Made, D., Ellerbroek, L., Schulenburg, J., Johne, R., Klein, G. (2009). Application of a swab sampling method for the detection of norovirus and rotavirus on artificially contaminated food and environmental surfaces. *Food and Environmental Virology*, 1, 42-49.
- [32] Taku, A., Gulati, B.P., Allwood, P.B., Palazzi, K., Hedberg, C.W., Goyal, S.M. (2002). Concentration of caliciviruses from food contact surfaces. *Journal of Food Protection*, 65, 999-1004.
- [33] Teunis, P.F., Moe, C.L., Liu, P., Miller, S.E., Lindesmith, L., Baric, R.S., Le Pendu, J., Calderon, R.L. (2008). Norwalk virus: How infectious is it? *Journal of Medical Virology*, 80, 1468-1476.
- [34] Uyar, Y., Çarhan, A., Ozkaya, E., Ertek, M. (2008). Türkiye'de 2008 yılında ortaya çıkan ilk Norovirus salgınının laboratuvar sonuçlarının

- değerlendirilmesi. *Mikrobiyoloji Bülteni*, 42, 607-615.
- [35] Chung, J.Y. (2012). Noroviruses: Recent updates. *Pediatric Gastroenterology, Hepatology & Nutrition*, 15, 1-7.
- [36] Todd, E.C., Greig, J.D., Bartleson, C.A., Michaels, B.S. (2007). Outbreaks where food workers have been implicated in the spread of foodborne disease. Part 3. Factors contributing to outbreaks and description of outbreak categories. *Journal of Food Protection*, 70, 2199-2217.
- [37] Marks, P.J., Vipond, I.B., Carlisle, D., Deakin, D., Fey, R.E., Caul, E.O. (2000). Evidence for airborne transmission of Norwalk-like virus (NLV) in a hotel restaurant. *Epidemiology Infection*, 124, 481-487.
- [38] Prato, R., Lopalco, P.L., Chironna, M., Barbuti, G., Germinario, C., Quarto, M. (2004). Norovirus gastroenteritis general outbreak associated with raw shellfish consumption in South Italy. *BMC Infectious Diseases*, 4, 37.
- [39] Atmar, R.L., Estes, M.K., (2006). The epidemiologic and clinical importance of norovirus infection. *Gastroenterology Clinics of North America*, 35, 275-290.
- [40] Fankhauser, R.L., Monroe, S.S., Noel, J.S., Humphrey, C.D., Bresee, J.S., Parashar, U.D., Ando, T., Glass, R.I. (2002). Epidemiologic and molecular trends of "Norwalk-like viruses" associated with outbreaks of gastroenteritis in the United States. *The Journal of Infectious Diseases*, 186, 1-7.
- [41] He, Z., Liu, B., Tao, Y., Li, C., Xia, M., Zhong, W., Jiang, X., Liu, H., Tan, M. (2017). Norovirus GII.17 natural infections in rhesus monkeys, China. *Emerging Infectious Diseases*, 23(2), 316-19.
- [42] Niendorf, S., Jacobsen, S., Faber, M., Eis-Hübinger, A.M., Hofmann, J., Zimmermann, O., Höhne, M., Bock, C.T. (2017). Steep rise in norovirus cases and emergence of a new recombinant strain GII.P16-GII.2, Germany, Winter 2016. *Eurosurveillance*, 22(4), 30447.
- [43] Siebenga, J.J., Vennema, H., Duizer, E., Koopmans, M.P. (2007). Gastroenteritis caused by norovirus GGII.4, The Netherlands, 1994-2005. *Emerging Infectious Diseases*, 13, 144-146.
- [44] T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu. (2017). *Bulaşıcı Hastalıkların Tanısı için Saha Rehberi*. <http://mikrobiyoloji.thsk.saglik.gov.tr/ums/M-N/Norovirus-enfeksiyonu.pdf>. Erişim Tarihi: 03.05.2017.
- [45] Rydell, G.E. (2009). Norovirus, causative agent of winter vomiting disease, exploits several histo-blood group glycans for adhesion. Institute of Biomedicine Department of Clinical Chemistry and Transfusion Medicine University of Gothenburg, Intellecta Infolog AB, Västra Frölunda, 1-57p.
- [46] Treanor, J.J., Dolin, R. (2000). *Norwalk virus and other Caliciviruses*. Ed(s): Mandell, G.L., Bennett, J.E., Principles and practice of infectious diseases. 5<sup>th</sup> Edition, Churchill Livingstone, Philadelphia, 1949-1956p.
- [47] Carlsson, B., Lindberg, A.M., Rodriguez-Diaz, J., Hedlund, K.O., Persson, B., Svensson, L. (2009). Quasispecies dynamics and molecular evolution of human norovirus capsid P region during chronic infection. *Journal of General Virology*, 90, 432-441.
- [48] Dimitriadis, A., Marshall, J.A. (2005). Evaluation of a commercial enzyme immunoassay for detection of norovirus in outbreak specimens. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 24, 615-618.
- [49] Richards, A.F., Lopman, B., Gunn, A., Curry, A., Ellis, D., Cotterill, H., Ratcliffe, S., Jenkins, M., Appleton, H., Gallimore, C.I., Gray, J.J., Brown, D.W. (2003). Evaluation of a commercial ELISA for detecting Norwalk-like virus antigen in faeces. *Journal of Clinical Virology*, 26, 109-115.
- [50] Bucardo-Rivera, F. (2008). Pediatric Rotavirus and Norovirus Diarrhea in Nicaragua. Ph.D. Thesis. Department of Microbiology, Tumor and Cell Biology (MTC), Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden. 1-71p.
- [51] Vinje, J.H., Vennema, L., Maunula, C.H., von Bonsdorff, M., Hoehne, E., Schreier, A., Richards, J., Green, D., Brown, S.S., Beard, S.S., de Bruin, M.E., Svensson, L., Koopmans, M.P. (2003). International collaborative study to compare 68 reverse transcriptase PCR assays for detection and genotyping of noroviruses. *Journal of Clinical Microbiology*, 41, 1423-1433.
- [52] Chang, K.O., Geroge, D.W. (2007). Interferons and ribavirin effectively inhibit Norwalk virus replication in replicon-bearing cells. *Journal of Virology*, 22, 12111-12118.
- [53] Dou, D., He, G., Mandadapu, S.R., Aravapali, S., Kim, Y., Chang, K.O., Groutas, E.C. (2012). Inhibition of noroviruses by piperazine derivatives. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 22, 377-379.
- [54] Barclay, L., Park, G.W., Vega, E., Hall, A., Parashar, U., Vinje, J., Lopman, B. (2014). Infection Control for Norovirus. *Clinical Microbiology and Infection*, 20, 731-40.
- [55] Baran, A., Erdogan, A. (2013). Gıda kaynaklı bir hastalık olarak norovirus salgınlarının önemi. *Gıda*, 38(2), 119-126.
- [56] Carter, M.J. (2005). Enterically infecting viruses; Pathogenicity, transmission and significance for food and waterborne infection. *Journal of Applied Microbiology*, 98, 1354-1380.
- [57] Guyader, F.S.L., Atmar, R.L., Le Pendu, J. (2012). Transmission of viruses through shellfish: when specific ligands come into play. *Current Opinion in Virology*, 2, 103-110.
- [58] Maalouf, H., Zakhour, M., Le Pendu, J., Le Saux, J.C., Atmar, R.L., Le Guyader, F.S. (2010). Distribution in tissue and seasonal variation of norovirus Genogroup I and II Ligands in oysters. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(16), 5621-5630.
- [59] Woods, J.W., Calci, K.R., Marchant-Tambone, J.G., Burkhardt, W. (2016). Detection and molecular characterization of norovirus from oysters implicated in outbreaks in the US. *Food Microbiology*, 59, 76-84.
- [60] TÜİK (2018). [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr). Erişim Tarihi: 01.06.2018.

- [61] T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (2017). Veriler. <https://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf>. Erişim Tarihi: 04.06.2018
- [62] Bellou, M., Kokkinos, P., Vantarakis, A. (2012). Shellfish-borne viral outbreaks: A systematic review. *Food and Environmental Virology*, 4(4), 13-23.
- [63] Iwamoto, M., Ayers, T., Mahon, B.E., Swerdlow, D.L. (2010). Epidemiology of seafood-associated infections in the United States. *Clinical Microbiology Reviews*, 23(2), 399-411.
- [64] Campos, C.J.A., Lees, D.N. (2014). Environmental transmission of human noroviruses in shellfish waters. *Applied and Environmental Microbiology*, 80, 3552-3561.
- [65] Hassard, F., Sharp, J.H., Taft, H., LeVay, L., Harris, J.P., McDonald, J.E., Tuson, K., Wilson, J., Jones, D.L., Shelagh, K., Malham, S.K. (2017). Critical review on the public health impact of norovirus contamination in shellfish and the environment: A UK Perspective. *Food and Environmental Virology*, 9, 123-141.
- [66] Yilmaz, H., Bostan, K., Turan, N., Muratoglu, K., Yilmaz, A., Ozkul, A.A., Kocazeybek, B., Helps, C. (2010). Real Time-PCR detection of norovirus in mussels collected from The Bosphorus in Istanbul, Turkey. *Food and Environmental Virology*, 2, 64.
- [67] Guyader, F.S.L., Bon, F., DeMedici, D., Parnaudeau, S., Bertone, A., Crudeli, S., Doyle, A., Zidane, M., Suffredini, E., Kohli, E., Maddalo, F., Monini, M., Gallay, A., Pommepuy, M., Pothier, P., Ruggeri, F.M. (2006). Detection of multiple noroviruses associated with an international gastroenteritis outbreak linked to oyster consumption. *Journal of Clinical Microbiology*, 44(11), 3878-3882.
- [68] Schaeffera, J., Le Saux, J.C., Lora, M., Atmar, R.L., Le Guyader, F.S. (2013). Norovirus contamination on French marketed oysters. *International Journal of Food Microbiology*, 166(2), 244-248.
- [69] Verhoef, L., Hewitt, J., Barclay, L., Ahmed, S.M., Lake, R., Hall, A.J., Lopman, B., Kroneman, A., Vennema, H., Vinjé, J., Koopmans M. (2015). Norovirus genotype profiles associated with foodborne transmission, 1999-2012. *Emerging Infectious Diseases*, 21(4), 592-599.
- [70] Loury, P., Le Guyader, F.S., Le Saux, J.C., Ambert-Balay, K., Parrot, P., Hubert, B. (2015). A norovirus oyster-related outbreak in a nursing home in France, January 2012. *Epidemiology & Infection*, 143(12), 2486-93.
- [71] Cho, H.G., Lee, S.G., Lee, M.Y., Hur, E.S., Lee, J.S., Park, P.H., Park, Y.B., Yoon, M.H., Paik, S.Y. (2016). An outbreak of norovirus infection associated with fermented oyster consumption in South Korea, 2013. *Epidemiology and Infection*, 144(13), 2759-64.
- [72] Iizuka, S., Oka, T., Tabara, K., Omura, T., Katayama, K., Takeda, N., Noda, M. (2010). Detection of sapoviruses and noroviruses in an outbreak of gastroenteritis linked genetically to shellfish. *Journal of Medical Virology*, 82, 1247-1254.
- [73] De Medici, D., Croci, L., Suffredini, E., Toti, L. (2004). Reverse transcription-booster PCR for detection of noroviruses in shellfish. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 6329-6332.
- [74] EC (1991). European Directive 91/492. Laying down the health conditions for the production and the placing on the market of live bivalve molluscs. <https://publications.europa.eu> Erişim Tarihi: 1 Nisan 2018.
- [75] Le Guyader, F. S., Loisy, F., Atmar, R. L., Hutson, A. M., Estes, M. K., Ruvoen-Clouet, N. (2006). Norwalk virus-specific binding to oyster digestive tissues. *Emerging Infectious Diseases*, 12, 931-936.
- [76] Schwab, K.J., Neill, F.H., Estes, M.K., Metcalf, T.G. and Atmar, R.L. (1998) Distribution of Norwalk virus within shellfish following bioaccumulation and subsequent depuration by detection using RTPCR. *Journal of Food Protection*, 61, 1674-1680.
- [77] Polo, D., Álvarez, C., Díez, J., Darriba, S., Longa, A., Romalde, J.L. (2014). Viral elimination during commercial depuration of shellfish. *Food Control*, 43, 206-212.
- [78] Richards, G.P., McLeod, C., Le Guyader, F.S. (2010). Processing strategies to inactivate enteric viruses in shellfish. *Food and Environmental Virology*, 2(3), 183-193.
- [79] Lees, D. (2000). Viruses and bivalve shellfish. *International Journal of Food Microbiology*, 59, 81-116.
- [80] Hewitt, J., Greening, G.E. (2006). Effect of heat treatment on hepatitis A virus and norovirus in New Zealand greenshell mussels (*Perna canaliculus*) by quantitative real-time reverse transcription PCR and cell culture. *Journal of Food Protection*, 69, 2217-2223.
- [81] de Roda Husman, A. M., Bijkerk, P., Lodder, W., van den Berg, H., Pribil, W., Cabaj, A., Gehringer, P., Sommer, R., Duizer, E. (2004). Calicivirus inactivation by nonionizing (253.7-nanometer-wavelength [UV]) and ionizing (gamma) radiation. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 5089-5093.
- [82] Harewood, P., Rippey, S., Montesalvo, M. (1994). Effect of gamma irradiation on shelf life and bacterial and viral loads in hard-shelled clams (*Mercenaria mercenaria*). *Applied and Environmental Microbiology*, 60(7), 2666-2670.
- [83] Wang, J., Deng, Z. (2016). Modeling and prediction of oyster norovirus outbreaks along Gulf of Mexico coast. *Environmental Health Perspectives*, 124, 627-633.
- [84] Koopmans, M., Duizer, E. (2004). Foodborne viruses: an emerging problem. *International Journal of Food Microbiology*, 90(1), 23-41.
- [85] Yaprak, Ş.D. (2011). İmmünkompetan Erişkinler ve İmmünsupresif Tedavi Alanlarda Norovirus Enfeksiyonunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- [86] Papafragkou, E., D'Souza, D.H., Jaykus, L.-A. (2006). Food-Borne Viruses: Prevention and

Control. Viruses in Foods, First Edition. (Ed. Goyal, S.M.), Springer, USA, pp. 289-330.

[87] Springthorpe, S., Sattar, S. (1998). Handwashing: what can we learn from recent research? *Infection Control Today*, 2, 20–28.

---

## Gıda İçin Gelecek Öngörüler: Yıl 2050

Çağlar Gökırmaklı , Mustafa Bayram 

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

Geliş Tarihi (Received): 11.07.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 21.04.2017

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [mbayram@gantep.edu.tr](mailto:mbayram@gantep.edu.tr) (M. Bayram)

☎ 0 342 317 23 04 📠 0 342 360 11 05

### ÖZ

Gıda, insanlık tarihinin başlangıcından itibaren, hayatın devamlılığı için en önemli kaynaklardan biri olmuştur. Geçmişten günümüze kadar, gıdanın güvenliğini sağlamak, onu iyi şekilde muhafaza edebilmek ve yeterince üretebilmek hayatta kalmanın anahtar koşulu sayılmıştır. Gıdaya ve tarıma verilen bunca öneme rağmen, günümüzde insanlık faaliyetleri sonucu ortaya çıkan küresel ısınma, aşırı nüfus artışı, plansız ve hızlı kentleşme, tahrip edilen tarım ve orman arazileri gibi pek çok sorun gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Şu anki durumun devam etmesi durumunda, bu tehdidin gelecekte artarak ciddi bir soruna dönüşebileceği öngörülmektedir. Bu çalışmada, dünya nüfus artışının, su kaynaklarının, küresel ısınmanın, bilişim ve geleceğin mutfaklarının, değişen kültürlerin, nanoteknolojinin, modern biyoteknolojilerin, gen teknolojilerinin ve yeni gıda üretim teknolojilerinin yakın gelecekte gıda ve tarım sektörlerine olası etkileri üzerine yapılan araştırmalar ve öngörüler derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda, Tarım, Gelecek, Gıda güvenliği, 2050

### Foresights for Future of Food: The Year 2050

#### ABSTRACT

Food has been one of the most important sources for human life since the beginning of humankind. Food security, its storage in the best conditions and producing it adequately are the key factors for survival of humans. Even superior priority has been given to the supply of food and agricultural crops, some of recent human activities such as global warming, excessive population increasing, unplanned and rapid urbanization, destroyed agricultural and forest lands etc. are threatening food security, and if trends continue, this threat could be increased and be a serious problem for human survival on earth. In this study, increase in global population, future of water sources, global warming, informatics and future of kitchen, cultural changes, nanotechnology, modern biotechnologies, gene technologies and new food production techniques and their near future applications and foresights about them were reviewed.

**Keywords:** Food, Agriculture, Future, Food security, 2050

#### GİRİŞ

Gıda sektörü topraktan endüstriye, günlük hayatımıza akseden, diğer tüm sektörlerle ilişkisi olan, en önemlisi de iklimsel etkenlerden en fazla etkilenen alanlardan birisidir [1]. Dünyada tarımsal üretimdeki gelişmeler Malthus'un belirttiği gibi nüfusun geometrik, üretimin ise aritmetik artış göstereceğine ve 20. yüzyılda insanların aç kalacağına ilişkin teorisini doğrulamamıştır. Ancak,

halen nüfustaki artış, "Gıda Güvenliğini" dünyanın yakın gelecekteki en önemli sorunu olarak karşımıza çıkartmaktadır [1]. Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında yapılan çalışmaya göre [2] Dünya nüfusunun 2050 yılında 9.7 milyar, 2100 yılında ise 11.2 milyar olması beklenmektedir.

Bitkisel üretime uygun verimli toprakların son sınırına gelinmiş olması nedeniyle, artan nüfusla birlikte kişi

başına düşen tarımsal alan miktarı azalmaktadır. Topraklarda tuzlanma, alkalileşme, asitleşme, mineral besin elementi eksikliği, kirlenme, erozyon, sıkışma ve organik madde kaybı gibi kimyasal ve fiziksel problemler bulunmaktadır. Yapılan tahminlere göre bitkisel üretim altındaki 1.47 milyar hektar toprağın %38'i bozulma sürecindedir. Bu süreç, nüfus baskısı nedeniyle tarım alanı açmak için tropik yağmur ormanlarının yakılması ve su kaynaklarının kirletilmesi ile daha da olumsuz bir eksene oturmuştur [1].

Önümüzdeki 6 yıl içinde, bitkisel üretimdeki gibi, hayvansal üretimde de artış beklenmektedir. 2020 yılında et ihtiyacının 2003 yılına oranla %58'lik bir artışla 327 milyon tona çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle yem hammaddesi olarak üretimine en fazla gereksinme duyulacak tahılın mısır olması beklenmektedir [1].

## DÜNYA NÜFUSU

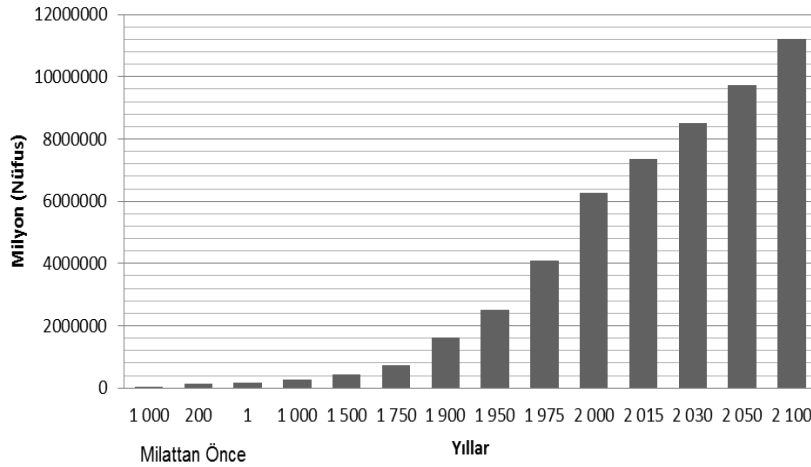
1600'de 500 milyon civarında olan dünya nüfusu, 1750'de 750 milyonun üstüne çıkmış, 1950'de 2.5 milyar olmuştur [3], 2015 yılı itibarıyla bu sayı 7 milyarı aşmış (7.349.472.000) durumdadır [2]. 2050'de Dünya nüfusunun orta düzey projeksiyona göre 10 milyara yakın olması beklenmektedir [2]. Bu yüzyılın ortasına kadar dünya nüfusunun üçte ikilik kısmının kentlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir. Önümüzdeki yıllarda kırsal yoksulluğun kentsel yoksulluktan daha yaygın

olması beklenmektedir. Günümüzde, bir milyar insan yetersiz beslenmektedir ve FAO'nun tahminlerine göre 2050'de dünya nüfusunu besleyebilmek için üretimde %70'lik bir artış gerçekleşmek zorundadır [4]. Şekil 1'de Dünya nüfusunun geçmişten günümüze ve tahmini olarak yakın geleceğe kadar olan değişimi gösterilmiştir.

## DÜNYA NÜFUSUNUN YAŞLANMASI

II. Dünya Savaşı sonrasındaki "bebek patlaması" (baby boom) döneminde [5] dünyaya gelenlerin önceki dönemlere göre daha az doğurgan olması, ayrıca, tıp ve sağlık alanında olan gelişmelerin yanında ekonomide de olan gelişmeler nüfus artış hızında azalmaya neden olmuştur [6]. Bu durumda genel nüfus içinde yaşlı nüfus oranının artmasına yol açmakta ve dünyamızın giderek demografik yaşlanma süreci içerisine girmesine sebep olmaktadır [6].

Şekil 2 ve 3'te günümüz Dünyasında bulunan ve gelecekte Dünya genelinde gerçekleşeceği düşünülen nüfus yaş piramitleri gösterilmektedir. Bu yaş pramitlerine göre yaşlı nüfusunun artacağı öngörülmektedir. Yapılan başka bir çalışma da [7] 2000 ile 2050 yılları arasında yaşlı nüfusun %135 oranında artacağı belirtilmektedir. Bu bilgilerden yola çıkarak gelecekte özellikle yaşlılara yönelik gıda pazarı hacminin artması ve bu pazarın büyümesi ihtimali yüksek görülmektedir.

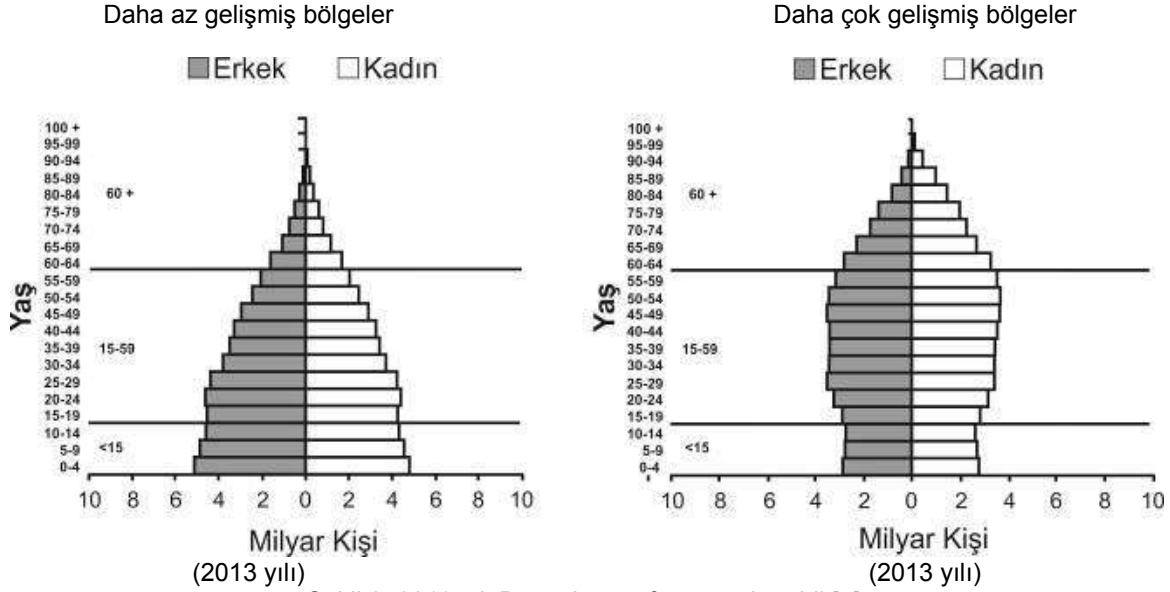


Şekil 1. Tarih boyunca ve gelecek zamanda olması tahmin edilen Dünya nüfusu [2, 8].

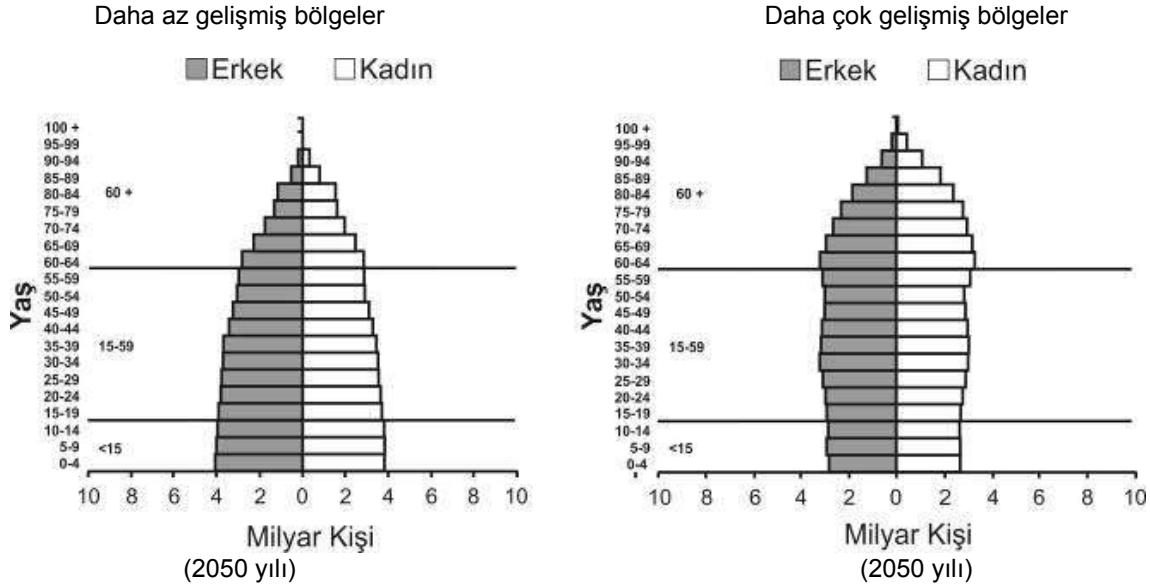
## KÜRESEL ISINMA, İKLİM DEĞİŞİMİ VE ÇEVRESEL SORUNLAR

Bugün çevreyle ilgili acil sorunlar şunlardır; aşırı nüfus artışı, ozon tabakasının incelmeye, küresel ısınma, türlerin yok oluşu, genetik çeşitliliğin kaybolması, asit yağmurları, nükleer kirlenme, tropikal ormanların yok olması, yüksek ormanların ve sulak alanların yok edilmesi. Ayrıca, toprak erozyonu, çölleşme, sel baskınları, kıtlık, göllerin, derelerin ve ırmakların yağmalanması, yeraltı sularının çekilmesi ve kirlenmesi, sahil kenarındaki deniz sularının ve halicilerin kirlenmesi, mercan resiflerinin tahribatı, denizlere petrol dökülmesi, balıkçılıkta aşırı avlanma, deniz doldurularak kazanılan toprakların genişlemesi, zehirli atıklar, böceklerin ve zararlı bitkilerin öldürülmesinde kullanılan ilaçların zehirleyici etkileri, kentteki aşırı kalabalıklaşma, yenilenemez kaynakların tükenmesi çevre ile ilgili diğer önemli sorunlar olarak sayılabilir [3]. Belirtilen durumların çoğu toprağı, çevreyi ve dolayısıyla da gıda üretimini çeşitli şekillerde etkilemektedir. Küresel ısınmanın 2°C artması, günümüzdeki gıda sistemlerinin limitlerini zorlayacaktır ve bu yüzden tarım ve gıda ile ilgili politikalarda köklü bir revizyona gidileceği öngörülmektedir [10].





Şekil 2. 2013 yılı Dünya'nın nüfus yaş piramidi [9].



Şekil 3. 2050'de Dünya'da olması beklenen nüfus yaş piramidi (koyu renkli bölge: erkekler, açık renkli bölge: bayanlar) [9].

## ÇEVRESEL KAYGILAR

### Ozon Tabakasının İncelmesi

Ozon tabakasının incelenmesi sonucu Dünya'da yaşayan canlılar Güneş'ten gelen zararlı ışınlar daha çok maruz kalmaktadır [11]. Bu durum Dünya'da yaşayan canlıları ve ekosistem yapısını etkilemektedir. Ultraviyole ışınlarının yoğunluğundaki artış, canlılarda aktif oksijen türevlerinin üretilmesine, serbest radikallerin oluşmasına, DNA hasarına ve bitkiler için fotosentezin kısmi olarak engellenmesine sebep olmaktadır. Bunun yanında ultraviyole radyasyonu, ekosistem seviyesinde türlerin rekabet dengesini, simbiyotik ilişkilerini, biyojeokimyasal döngülerini ve fitoplankton verimliliğini etkilemektedir [12]. Ozon azalmasına bağlı UV-B radyasyonundaki artış, topraktaki mikroorganizmaların ölümüne sebep olmakla birlikte, tarımsal ürünlerin ve

toprağın verimliliğini düşürmektedir [12]. 2050'de atmosferdeki ozon konsantrasyonunun artarak 60 ppb'ye çıkacağı tahmin edilmektedir. Buna ek olarak, atmosferdeki ozon konsantrasyonunun artışının bitkilerin verimliliği üzerinde %5 ve daha fazla seviyede verim kaybına yol açacağı öngörülmektedir [13].

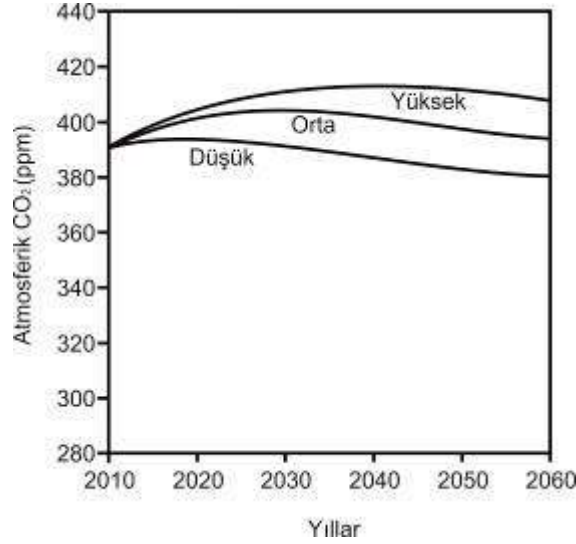
### Sera Gazı Artışının Neden Olduğu Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Uluslararası arenada iklim değişikliği konusu ilk defa 1979 yılında gerçekleştirilen Dünya İklim Konferansı ile gündeme gelmiştir. İklim değişikliği alanında dönüm noktası olarak kabul edilen gelişme ise Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nun 6 Aralık 1988 tarihli kararı ile iklim değişikliğini insanlığın ortak kaygısı olarak (climate change as a common concern of mankind) nitelendirilmesi ve Hükümetlerarası İklim Değişikliği

Paneli (IPCC)'nin oluşturulmasının kabul edilmesidir [14].

Küresel ısınma, insan aktivitesi sonucu sera etkisi yapan gazların atmosferdeki oranlarının hızla artmasıdır. Sanayi Devrimi ile artan insan aktivitesi, gelişen teknolojinin hızla yaygınlaşması ve yaşam standardının yükseltilmesi çabaları, atmosferde sera etkisi yapan gazların miktarında gereğinden fazla artmaya neden olmuştur. Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren sera gazlarının hızla artmasıyla meydana gelen durum küresel ısınmadan kaynaklı olarak başta insan olmak

üzere bitki ve hayvan türlerinin yaşamını tehdit etmeye başlamıştır [15]. Şekil 4'te havanın karbon dioksit salınım miktarının 2050 yılına kadar olabilecek tahmini değişimleri gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde, 50 yıl içinde ciddi bir artışın olabileceği durumu öngörülmektedir. Artışın bu hızda ve miktarda devam etmesi halinde gıda güvenliğinin tehlike altına gireceği söylenebilir. Dünya iklim sistemindeki bu ani, aşırı ve sert değişimlerin 30-40 yıl sonra tarım yapılacak toprak kalitesini olumsuz olarak ve önemli derecede etkileyeceği tahmin edilmektedir [15].



Şekil 4. 2010-2050 yılları arasında havanın küresel karbon dioksit konsantrasyonu üzerine projeksiyon [16].

Küresel ısınmanın etkileri giderek arttığına göre bir süre sonra kutuplardaki tüm buzullar eridiğinde deniz seviyesinin hızla yükseleceği tahmin edilmektedir. Deniz seviyesinde ve altında toprağa sahip olan Hollanda, Almanya, Danimarka gibi ülkelerin topraklarının deniz sularıyla kaplanacağı ve tuzlanacağı için verimsizleşeceği düşünülerek bunun da gıda üretimini azaltacağı ve belki de dünyada açlık krizine neden olabileceği düşünülmektedir [15]. Ancak, küresel ısınma tamamen olumsuz etkilere sahip bir durum da değildir. Örneğin, CO<sub>2</sub> konsantrasyonu artışının olumsuz etkileri gibi, olumlu bir takım etkileri de bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, güncel CO<sub>2</sub> konsantrasyonu koşulunda, kışlık buğday ve mısır verimlerinin 2020, 2050 ve 2080 yıllarında artacağı, kışlık buğdayın vernalizasyon süresinin ve toplam bitki gelişme süresinin kısalacağını, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun tek başına artmasının mısır gelişimini ve verimi etkilemeyeceği öngörülmektedir [17].

Küresel ısınmanın Dünya iklim sisteminin termodinamiğini değiştirmesi beklenmektedir [18]. Örneğin, artan sıcaklıklar buharlaşma hızının artmasına ve böylece bitkilerin terleme hızının artmasına neden olabilecektir [18]. Artan sıcaklıklarla birlikte böceklerin büyüme hızında artış meydana gelebilecektir [19]. Böceklerin büyüme hızının artması ile birlikte, örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde %25 ile %100 arasında tarımsal ürün kayıplarının meydana gelebileceği tahmin edilmektedir [18]. Ek olarak, sıcaklık artışları mikotoksinlerin artışına sebep olarak, olumsuz durumlara yol açabilecektir [20]. Ancak, günümüzde bu

ve benzeri olumsuz etkilerin farkına varılmıştır. Bu sebeple, politika yapanlarda çeşitli önlemler almaya başlamışlardır. Örneğin, 2015 yılında gerçekleşen G7 Zirvesi'nde, liderler 2100 yılına kadar küresel ekonominin "karbonsuzlaştırılması" üzerine prensipte anlaşmıştır [21]. Böylelikle, gelecekte karbon salınımına neden olan fosil yakıt kullanımının da azalacağı tahmin edilmektedir.

### Gelecekte Suyun Durumu

Canlıların yaşam sürecinin her döneminde beslenme, dolaşım, solunum, boşaltım, üreme gibi yaşamsal faaliyetlerinin gerçekleşebilmesi için su, elzem bir maddedir. Öte yandan su, yaşam ortamının oluşmasında temel öğelerden biri olduğu gibi aynı zamanda kendisi de bir yaşam ortamıdır. Yaşam için olmazsa olmaz ön koşullardan biri olması nedeniyle, suyun yaşam ortamında bulunması ve kalitesi son derece önem taşır [22]. Su, yalnızca hayatımızı devam ettirmemiz için gerekli bir madde değil, aynı zamanda medeniyetin ve kalkınmanın da kaynağıdır. Zira medeniyete ev sahipliği yapan bütün uygarlıklar ilk yerleşim yerlerini su kaynaklarının yanında seçmiştir. Kalkınmada başarı elde ederek öncü hale gelen toplumlar da, suyu endüstriyel olarak kullanmayı başarabilmiş toplumlardır [23].

Yeryüzünün ¾'ünün sularla kaplı olması, dünyada su bolluğu olduğu görünümü veriyorsa da, içilebilir nitelikteki su oranı ancak %0.74 civarındadır [22]. Daha

da önemlisi, tatlı suyun da büyük çoğunluğu anında kullanılabilir durumda değildir [23]. Öyle ki, Dünyada 1 milyardan fazla insan yeterli su bulamazken, 2.4 milyar insanın sağlıklı suya ulaşamadığı belirlenmiştir [24]. Dünya nüfusunun çok hızlı artışı, sanayi ve teknolojinin aşırı gelişmesi, ayrıca çevre bilincinin yeterince yerleşmemesi veya yaygınlaşmaması gibi nedenler dünyada içilebilir su miktarının giderek azalmasına sebep olmaktadır [22, 23]. Bu durum da gıda güvenliğini günümüzde ve gelecekte tehdit etmektedir.

Su krizi, bir milyarın üzerindeki insanın sağlıklı içme suyuna yeterli erişim sağlayamaması ve Dünya nüfusunun yarısının da yeterli su ve atık su altyapısına sahip olmaması şeklinde tanımlanabilir. Gelecek on yıllarda, özellikle büyük kentlerde, su ihtiyacının giderek artması beklenmektedir. 20 yıl içerisinde gelişmekte olan ülkelerde gıda ürünlerinin yetiştirilmesi için %17 oranında daha fazla suya ihtiyaç duyulacaktır. Bu noktadan hareketle toplam su tüketimindeki artışın %40 olacağı tahmin edilmektedir [25]. Buna ek olarak, nüfus artışıyla birlikte, kişi başına olan su miktarının 1995 yılında 6840 m<sup>3</sup>'ten 2025 yılında da 4692 m<sup>3</sup>'e düşüreceği tahmin edilmektedir [23].

Günümüzdeki gelişmeler neticesinde, birbiriyle bağlantılı olarak 21. yüzyılda gıda ve su ile ilgili kıtlıkların yaşanabileceği öngörülmektedir [26]. Akdeniz, Ortadoğu, Hindistan, Çin ve Pakistan gibi bazı yoğun nüfuslu bölgelerin su kıtlığı problemiyle karşılaşabileceği öngörülmektedir [27, 28]. İngiliz bilim adamı John Beddington'a göre 2030 yılına kadar yaşayanlar %50 daha fazla enerji, %50 daha fazla gıda ve %30 daha fazla su ihtiyacı olan bir dünya göreceklerdir. Ancak iklim düzensizlikleri bu talebin karşılanmasını çok zora sokacaktır [29].

Enerji, gıda ve madenlere olan talep arttıkça suyun sektörel kullanımındaki rekabetin de artması beklenmektedir. Kamu finansmanındaki güçsüzlük ve kentlere hızlı göç nedeniyle su ve çevre sağlığı alt yapısının eksikliği hızla genişleyecektir. Ayrıca, iklimsel düzensizliklerin etkileri öncelikle dünya su sisteminde görülecektir. Dünyanın yenilenebilir su temini sisteminin değişmesi gerekmektedir [29].

Ohlsson'un 2000 yılındaki çalışmasında [30], Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı'nın İnsani Kalkınma Endeksi ve Sosyal Kaynak Su Sıkıntısı/Kıtlığı Endeksi (SWSI)'nin 159 ülke üzerinde yapılan analizlerini incelenmektedir. Söz konusu Endekslerde 1995 yılındaki mevcut su durumu ve 2025 yılının projeksiyonları ele alınmıştır. Ele alınan endeksler incelendiğinde, su kıtlığının önceki yıllara oranla daha fazla ve hızlı sosyal etkiler yarattığı sonucuna varılmıştır. Bu etkilerin savaş/çatışma riskini artıracığı öngörülmektedir [23]. Gleick'in 1994 yılındaki çalışmasında [31], Ortadoğu'daki su kaynaklarının özellikle askeri amaçlar için kullanımı ve suyun bir savaş enstrümanı ve sebebi olarak ele alınması durumunda, suyun gelecekte bu bölgede savaşa neden olacağı tahmin edildiğinin altını çizmektedir [23]. Öte yandan 805-1984 yılları arasında suya ilişkin en az 3.600 uluslararası anlaşma imzalanmıştır. Bu durum su ile ilgili

çatışmalardan çok daha fazla bir rakama denk gelmektedir. İstatistiklere göre, 1918-1994 yılları arasında, aynı ırmağa kıyası olan ülkeler arasındaki 412 problemin 7'si su sebebiyle olmuştur [23]. Doğal kaynaklar üzerinde küresel ve yerel seviyede direkt olarak aktif ve pasif çatışmalara öncülük eden pek çok çekişme bulunmaktadır. Gerçekten de su çatışmalarını konu edinen uzmanlar tarafından 21. yüzyıldaki savaşların su sebebiyle çıkacağına inanılmaktadır [23].

## BİLİŞİM VE GELECEĞİN MUTFAKLARI

Değişen yaşam tarzı ve kadınların çalışma hayatına girmesi, evlerde yemek pişirme alışkanlıklarını değiştirecektir. Bu bağlamda, evlerde sadece hazır gıdanın ısıtılacağı ekipmanlara sahip küçük ve portatif mutfaklar ev tasarımlarına girecek, hazır yemek sektörü ve hazır gıdalara ait sektörler büyüyecektir. Bu durum, ev yemekleri reçetelerinin değişmesine, bilinen reçetelerin ve tekniklerin, dahası anneden kızına geçen bilgi zincirinin yok oluşuna sebep olabilecektir. Gelecekte, mutfaklardaki buzdolaplarının mevcut gıdayı ve tüketimi göstermesi, son kullanma tarihi dolmuş gıdaları tespit edebilmesi, alışveriş listesi oluşturabilmesi ve buzdolabı ile evin kilerinde depolanan gıdalara dayalı olarak yemek hazırlanması konusunda tavsiye verebilmesi beklenmektedir [32]. Ayrıca, günümüzde yeni gelişen bir teknoloji olarak, gıdaların 3 boyutu yazıcılar vasıtasıyla üretiminin (3D printing, 3DP) gelecekte yaygınlaşarak artan derecede kullanımı öngörülmektedir. 3 boyutlu yazıcı teknolojisinin, bireysel ve tasarım gıdaların başlangıcını oluşturacağı düşünülmektedir [33]. Ayrıca, bu teknolojinin, günümüz gıda teknolojisinde bulunan sorunlardan olan düşük üretim verimliliği ve yüksek üretim fiyatları gibi sorunlarında üstesinden gelerek gıda güvenliğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir [34].

2015 yılı verilerine göre özellikle ABD'de ev dışı gıda için yapılan harcama ile ev içi gıda harcaması birbirine neredeyse eşit hale gelmiştir. Bu durum, gelecekte dışarıda yemek yeme kültürünün daha da artacağını göstermektedir. Endüstriyel ve hazır gıda tüketiminde artış beklenmektedir. Buna paralel olarak "fast-food" ve "franchising" artışı öngörülmektedir.

## TARIM VE GIDANIN GELECEKTEKİ DURUMLARI İÇİN BAZI ÖNGÖRÜLER

Yapılan bir çalışma [35] soğuk iklimlerde kolaylıkla yetişen patatesin üretiminde küresel ısınmanın etkisiyle düşüş yaşanabileceğini, böylece şu an patates yetiştirilen yüksek rakımlı bölgelerde muz yetiştirilebileceğini ve bundan dolayı muzun gelecek yıllarda milyonlarca kişi için temel besin maddesi olarak patatesin yerini alabileceği öngörülmektedir. Aynı çalışmada [35], ek olarak, mısır, pirinç ve buğday üretiminin gelecekte azalacağı ve dünya genelinde sıcaklıklar arttıkça manyok ile bürüncenin öneminin artacağı öngörülmektedir.

Yapılan bir çalışmada [36], toprak kullanılmadan (topraksız) yapılan tarım ile ilgili olarak ilk çalışmaların 1860'lı yıllara dayandırıldığı belirtilmektedir. Yakın

zamanda gerçekleştirilen bir diğer çalışmaya [37] göre ise toprak kullanılmadan yetiştirilen kültürlerin günümüzde tarım sektörü içinde en hızlı gelişen sektör olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada [37] ek olarak, topraksız tarımın gelecekte, gıda üretiminde yaygın olarak kullanılabileceği ön görülmektedir.

Son zamanlarda dikey tarım hakkında yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur [38-40]. Yapılan bir çalışmada [41] Singapur'da pilot olarak uygulanan dikey tarım yöntemi (Sky Green olarak adlandırılmaktadır) hakkında bazı bilgilere yer verilmiştir. Örneğin, çalışmada [41] bu yöntemin geleneksel üretim yöntemlerine göre, aynı miktarda sebze yetiştirmek için %75 daha az su, toprak ve gübre gerektirdiği belirtilmiştir. Ek olarak, yapılan bir çalışmada [42] topraksız tarımın fosil yakıt tüketimini ciddi oranda azaltması, insanların maruz kaldığı tarımsal kimyasalların kullanımını azaltması ve daha az alanda daha çok üretim yapılmasına imkan tanınması gibi pek çok avantajından bahsedilmiştir. Başka bir çalışmada [43] ise dikey tarım yönteminin gelecekte şehirlerde kullanılması için önemli bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir. Tüm bu bilgiler değerlendirilerek, gelecekte topraksız tarımın gıda üretiminde önemli bir yöntem olarak yaygın şekilde kullanılabileceği tahmin edilmektedir.

Fonksiyonel gıdaların günümüzün ve geleceğin gıdaları arasında pazarda yer alacağı ön görülmektedir. Tüm dünyada sağlıklı gıda, fonksiyonel gıda, nütrasötikler (destekleyici besinler), medikal gıda, zenginleştirilmiş gıda, diyet gıda ve benzeri pek çok kavramın gündeme gelmesi ile birlikte ve sağlığı koruyucu ve iyileştirici olarak nitelendirilen bu gıdaların üretimine son yıllarda hız verilmeye başlanmıştır [44]. Ancak yapılan diğer bir çalışmaya göre [45] fast food tipi yiyeceklerin günümüzde olduğu gibi gelecekte de gelişmeye ve insanlar için önemli bir tüketim biçimi olmaya devam edeceği öngörülmektedir. Gelecekte insanların eğitim ve bilinç seviyesi günümüzden daha iyi bir duruma gelebilirse, "fast-food" tipi diyetten daha çok sağlıklı ve fonksiyonel gıdaların pazarında bir artış sağlanacağı söylenebilir.

Diğer taraftan ise uzun zamandan beri besin maddesi olarak göz ardı edilen böcekler, bir protein kaynağı olarak yeniden gündeme gelmeye başlamıştır. Günümüzde en az 2 milyar insanın düzenli olarak böcek tükettiği ve literatürde 1900'den fazla yenebilir böcek olduğu tahmin edilmektedir [46]. Uzak gelecekte, böceklerden ve böcek hücre kültürlerinden türetilmiş gıdalar, insanların uzay aracı içinde seyahat ederken ya da başka gezegenlerde yaşarken beslenmesinin en uygulanabilir yolu olarak gözükmektedir [47, 48].

Günümüzde klasik et üretiminin yerine, ilgi çekici yeni bir teknoloji ortaya çıkmıştır. Bu teknoloji yapay et üretimi teknolojisidir [49]. Günümüzde bu konu hakkında pek çok çalışma mevcuttur ve bazı yazarlara göre bu teknolojinin geleceği şu anda belirsizliğini korumaktadır [50]. Bunun sebepleri arasında, bu teknolojinin sürdürülebilirliği, tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği, etik değerlere uygunluğu, mevcut durumda yüksek üretim maliyeti, çevre ve insan sağlığı açısından

güvenilirliği gibi birtakım durumlar gösterilmektedir [50]. Şu an için belirsizliğini koruyacak bir durum olsa da, gelecek için umut vadeden bir teknoloji olarak, ilerleyen dönemlerde belirli koşulların sağlanması durumunda yaygınlaşabileceği düşünülmektedir.

Dünya'da kişi başı yıllık et tüketimi 1961 yılında 23.1 kg iken, 2011 yılında 42.20 kg olarak artış göstermiştir [51]. Dünya et tüketiminde artış trendinin 2024 yılına kadar devam edeceği öngörülmektedir [51]. Yapılan bir çalışmaya göre [52], 2100 yılında Dünya genelinde ortalama kişi başı yıllık et tüketiminin, 41 kg olacağı öngörülmektedir. Birleşmiş Milletler tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada [2], Dünya nüfusunun 2100 yılında 11.213.317.000 kişi olacağı tahmin edilmektedir. Bu iki veriden yola çıkarak, 2100 yılında Dünya genelinde toplam 460 milyon ton et gereksinimi olacağı öngörülmektedir.

Cobia, *Rachycentron canadum*, cinsi balık ekonomik değeri, çabuk gelişme özelliği, kafes kültürüne adapte olabilmeye yeteneği ve hastalıklara karşı dirençli olması nedeniyle kafes-kültürü ile yapılan balık yetiştiriciliğinde öncelikli olarak tercih edilmektedir [53]. Bu balık türünün sağladığı avantajlar nedeniyle gelecekte balık endüstrisinde önemli bir yere sahip olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca yapılan bir çalışmada [54] *Barramundi* cinsi balığın da gelecekte Dünya balık endüstrisinde önemli bir yer tutacağı belirtilmiştir.

## TARIM VE GIDADA NANOTEKNOLOJİ UYGULAMALARI VE GELECEĞİ

Nanoteknoloji kelimesi, Yunanca 'cüce' anlamına gelen 'nano' ön-ekine dayanır. Teknik bir terim olarak 'nano',  $10^{-9}$  ya da milyarda bir şeklinde ifade edilir [55]. Nanobilim ve nanoteknoloji çağımızın en önemli araştırma ve uygulama alanlarından biri olarak hızla gelişmektedir. Başlıca, elektronik, bilgisayar, malzeme, tekstil ve ilaç sanayinde kullanımına yönelik çalışmaların yürütüldüğü bu teknolojinin, gıda ve ziraat alanlarında da çok çeşitli uygulamaları öngörülmektedir [56].

Gıda işleme, yeni fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi, biyoaktif maddelerin taşınması ve kontrollü salınımı, patojenlerin tesbiti, yeni paketleme ürünlerinin geliştirilerek raf ömrünün uzatılması gibi uygulamalar nanoteknolojinin potansiyel gıda uygulamaları arasında yer almaktadır. Protein, karbonhidrat ve yağ kaynaklı nanoparçacıklarla, gıda ürünlerine içerik, tekstür, aroma anlamında istenilen özelliklerin kazandırılması sağlanabilecektir [56]. Molekül sentezi sayesinde gıdalar, mevcut işlenmiş ürünlere kıyasla doğal gıdalara çok daha yakın olacaktır. Hiçbir hayvanın öldürülmesine gerek kalmadan et, hiçbir yaban alanının yok olmasına yol açmadan sebze sağlanabilecektir. Gıdalar pişirme ya da servisten hemen önce taze olarak sentezlenebilecek; böylece buzdolabına ihtiyaç kalmadan, hazır hale gelebilecektir [57]. Bu konuda 3D-yazıcılar da gıda için geliştirilmeye başlanmıştır.

Nanoteknoloji, hastalıkların moleküler tedavisi, hızlı hastalık teşhisi, bitkilerin besinleri soğurma yeteneğinin artırılması gibi yeni yaklaşımlarla, tarım ve gıda

endüstrisinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Akıllı biyosensörler ve kontrollü salım sistemleri, tarım endüstrisinin viruslerle ve diğer patojenlerle savaşmasına yardım edecektir. Yakın bir gelecekte nano yapıdaki katalizörler sayesinde, pestisitlerin ve herbisitlerin daha düşük dozlarıyla daha etkili olması sağlanacaktır. Nanoteknoloji ayrıca, alternatif (yenilenebilir) enerji bileşikleri ve filtre/katalizörlerin kullanımıyla kirliliği azaltacak ve mevcut kirletici maddeleri temizleyerek dolaylı yoldan çevreyi koruyacaktır [55].

Çiftçilikte, çevresel değişkenler ve yapılan uygulamalar takip edilerek, maksimum üretim (örneğin daha verimli ürünler) ve minimum giriş (örneğin gübre, pestisit, herbisit) olması hedeflenen bir arzudur. Yerel koşulların ölçülmesi için bilgisayarlar, evrensel uydu yerleştirme sistemlerine ve uzaktan algılama aygıtlarına başvurulur. Böylece, farkında olunan koşullarda ürünler maksimum verimle gelişir ve problem olanlar teşhis edilir. Temel koşulları, bitki gelişimini, tohum ekme, gübrelemeyi, kimyasal ve su kullanımını merkezi bilgiler kullanılarak belirlemek, potansiyel olarak kaliteli üretiminin artmasını sağlayacaktır. Nanoteknoloji ile ayrıca zirai atıkların azaltılmasına, böylelikle çevre kirliliğinin minimuma indirilmesine yardımcı olunabilir [55].

Yeni gelişmekte olan nanoteknolojinin 2025 yılı itibarıyla yaşamı büyük ölçüde etkileyeceği düşünülmektedir. Diğer her yeni teknoloji gibi, halkın inancı, güveni ve kabulü, gıda sektörü için nanoteknoloji uygulamalarının başarısını ya da başarısızlığını tanımlamada anahtar faktörler olacaktır [58].

## TARIM VE GIDA SEKTÖRLERİNDE İNOVATİF TEKNOLOJİLER VE UYGULAMALAR

Nanoteknoloji ve genetik biliminin gıda sanayisine ve tarım sektörüne önemli katkılar sunacağı öngörülmektedir. Diğer taraftan, başka alanlarda geliştirilen teknoloji ve tekniklerin gıda sanayisine uygulanması da her geçen gün artmaktadır. Söz konusu teknolojilerin tamamını bu çalışma kapsamında sıralamak mümkün olmamakla birlikte, önümüzdeki yıllarda, gıda işleme ve koruma alanlarında, birçok farklı disiplinin bir araya gelerek, yeni teknolojilerin üretilmesi öngörülmektedir. Aşağıda, öngörülen bu alanlardan bazı örnekler verilmektedir [14]:

- Yağ ve tat maddeleri eldesi için süperkritik ekstraksiyon yönteminin kullanılması,
- Gıdaları mikroorganizmalarından arındırmak, böylece gıda güvenliği ve kalitesini arttırmak için yüksek basınçlı sistemlerin kullanılması,
- Gıdaların radyofrekans elektromanyetik dalgalar ile sterilizasyonu ve pastörizasyonu,
- Gıda güvenliği ve mikroorganizmaların öldürülmesi için ısı ve irradyasyon teknolojilerinin birlikte kullanılması,
- Gıda kalitesi, enzim deaktivasyonu ve mikroorganizmaların öldürülmesi için ısı ve ultrason teknolojilerinin birlikte kullanılması,

- Daha uzun raf ömrü için irradyasyon ve modifiye atmosfer paketleme teknolojisinin birlikte kullanılması,
- Yüzey pastörizasyonunda verimlilik için elektron demeti ve sıcak su tekniklerinin birlikte kullanımı,

## YIL 2030 (2050 ÖNCESİ ARA DÖNEM)

Büyüyen ve artarak şehirleşen dünya nüfusu için daha çok gıda üretilmesi gerekmektedir. Gıda, 2030'a kadar daha önce hiç olmadığı kadar bir aciliyette tahıl verimini ikiye katlamak ve et üretiminde %75 artış sağlamak gerektiğini göstermektedir. İklim değişimi bunları etkileyerek, bitkilerin ve hayvanların gelişimini etkileyecektir, CO<sub>2</sub> seviyesi, gündüz ve gece sıcaklıkları, yağış, mevsimlerin uzunlukları ve başlangıç tarihleri, yağış değişkenliği, rüzgar hızı, zirai mücadele, deniz seviyesi değişimi, yer altı suyu miktarı ve tuz intrüzyonunun değişimi böcek kaynaklı hastalıklar önemli problemler olabilecektir. Çok az nüfus yoğunluğuna veya çok ileri ekonomiye sahip olan ülkeler, bu sorunlara adapte olma sorunu yaşayabileceklerdir [10].

2030'da ve ileriki yıllarda gıda sistemleri bizim şimdiki bildiklerimizden oldukça farklı olabilir. Bir örnekleme olarak aşağıdaki durumlar söz konusu olabilecektir [10]:

- Yarı kentsel tarıma dönülebilir ve böylece yoğun bir sebze ya da kümes hayvanları üretimi gerçekleştirilebilir.
- Deniz ya da yüzey suyu içinde olmayan, ama kara tabanlı kapalı havuzlarda çamur solucanları gibi yeni besin kaynaklarıyla su kültürü yöntemiyle (aquaculture) gıda üretilebilir.
- Bitki ve besin maddelerinden oluşan kentsel atıklardan sistematik olarak geri dönüşüm sağlanabilir.
- Geleceğin protein ihtiyacı, gıda zincirinin daha alt tabakasında bulunan yeni türlerden, mesela alglerden, karşılanabilir.
- Et yerine soya ya da acı bakladan faydalanılabilir.

Ayrıca, tüm bunların dışında, 2030 yılında suya olan talebin günümüzden %50 daha fazla olması beklenmektedir [59]. Dünya'nın sınırlı kaynaklara sahip olduğu düşünüldüğünde, başta su olmak üzere, tarım için gerekli olan tüm kaynakları daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanabileceğimiz teknolojilere ihtiyacımız olduğu gerçeği ortaya çıkmaktadır.

## GÜNÜMÜZDE VE GELECEKTE BİYOKİT VE GIDANIN DURUMU

Biyokitler insanlık var olduğundan beri kullanılan bir enerji kaynağıdır. Çünkü odun da, tezek de bir biyokittir. Ancak konu sıvı biyokitler olunca, ilk kez Mısırlılar, Hint tohumu yağını lambalarda aydınlatma yakıtı olarak kullanmışlardır. 10 Ağustos 1893'te Rudolf Diesel ilk dizel motorun denemesini yapmış, 1898'de yer fıstığı yağını dizel yakıtı olarak kullanmıştır [60].

Dünya ekonomisindeki hızlı büyüme, enerji talebinde de çok büyük artışlara yol açmıştır. Ancak mevcut petrol,

kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıt rezervlerinin sınırlı oluşu ve çevreye verdikleri zararlar, yenilenebilir (alternatif) enerji kaynaklarına doğru bir yönelişi de beraberinde getirmiştir. Bu doğrultuda yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği de giderek artmıştır [61].

Biyoyakıtlar yenilenebilir, çevre dostu, ülkelerin sosyo-ekonomik gelişimi, kaynak çeşitliliği ve arz güvenliği için önemli, ısı, güç ve alternatif motor yakıtı olarak kullanıma uygun nitelikte alternatif yakıtlardır [62].

Biyoyakıt, yağlı tohumlar, karbonhidrat ve elyaf bitkileri ile hayvansal kökenli her türlü maddeden oluşmaktadır [61]. Biyobenzin üretimde en fazla paya sahip olan ülkeler, Brezilya (%37), ABD (%33), Çin (%9) ve Hindistan (%4) iken, Fransa dünya üretiminden aldığı %2'lik pay ile AB ülkeleri arasındaki en önemli üretici ülkedir [63]. Halk algısının tersine, modern biyo-yakıtın (henüz) gıda fiyatları üzerinde direkt olarak büyük bir etkiye sahip olmadığı bazı raporlarda belirtilmektedir [10]. Biyo-yakıt üretimindeki global alan hala çok küçük (toplam tarımsal alanın yaklaşık %1'i) ve onun global fiyatlara etkisinin şu an için sınırlı olduğu belirtilmektedir [10]. Ayrıca, insanların bilinçlenmesiyle birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gün geçtikçe önem kazanmakta ve kullanımı artmaktadır. Bu durumu gösteren çeşitli çalışmalar mevcuttur [64]. Ayrıca, biyoyakıt üretiminin gıda ile çatışma halinde olmasını engellemek için yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur ve bunlar genel olarak ikinci nesil, üçüncü nesil ve dördüncü nesil biyoyakıtlar olarak bilinmektedirler [65-69]. Bu tür biyoyakıtların gelişme aşamasında olması gıdanın geleceği için umut verici bir gelişmedir. Bu gelişmelerin devam etmesi durumunda 2050 yılına gelindiğinde gıda ve biyoyakıt hakkında yapılan tartışmaların günümüzden daha az olabileceği öngörülmektedir.

## SONUÇ

Geçmişten günümüze katlanarak artan insan nüfusunun artışının devam etmesiyle birlikte sadece gıda değil, yeryüzünde sınırlı olarak bulunan tüm kaynakların baskı altına alınacağı tahmin edilmektedir. Geçmişte bilinçsizce ve büyük bir açıklıkla tüketilen yeryüzü kaynakları için artık sürdürülebilir olacak şekilde kullanımlarının gerekliliği anlaşılmıştır. Gelişmekte olan yeni teknolojiler bu türden bir kullanımı olanaklı hale getirebilecektir. Özellikle gıda bilim ve teknolojisinde, paralelinde ise ziraat, biyoteknoloji ve nanoteknoloji gibi bilimlerde yaşanan gelişmeler büyük ümitler vaat etmektedir. Yaşanan gelişmeler çerçevesinde, gıda temininin gelecekte milyonlarca kişi için hala temel bir problem olacağı ve küresel açlığın önlenmesi için gerekli önlemler alınmaz ise, bu açıklık probleminin artarak devam edebileceği öngörülebilmektedir. Alınacak önlemlerin yanında, yeni gelişmekte olan çeşitli teknolojiler küresel açlık probleminin giderilmesinde anahtar faktörler olabilir. Bu teknolojilerin gelişimiyle beraber, küresel ısınmanın beklenen olumsuz etkilerinin de sınırlandırılabilmesi düşünülmektedir.

Gelecek, pek çok faktörü; siyasi, teknolojik, demografik, iklimsel vb., içerdiği için tahmin edilmesi zor bir durum

olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak günümüz teknolojisinde yaşanan gelişmeler ve insanlarda artan bilinç seviyesi, gelecek için olumsuz olabilecek durumları biraz daha olumlu duruma gelmesine fırsat tanımaktadır. Günümüz, gelecek için önemli bir fırsattır, bu fırsatın en iyi biçimde değerlendirilebilmesi gıdanın geleceği açısından da büyük önem arz etmektedir. Sürdürülebilir, gerçekçi, eşitlikçi politikalar ve uygulamalar ile gelecekte gıdanın güvenliğinin daha da artırılabilmesini söyleyebilir.

## KAYNAKLAR




- [1] TÜBİTAK, (2003). Vizyon 2023, Bilim ve Teknoloji öngörüsü projesi, Tarım ve Gıda Paneli, Son Rapor. Ankara.
- [2] UN, (2015). World population prospects: the 2015 revision, key findings and advance tables. United Nations Department of Economic and Social Affairs and Population Division, Working Paper No ESA/P/WP. 241.
- [3] Foster, J.B., Ünder, H. (2008). Savunmasız gezegen: çevrenin kısa ekonomik tarihi. Epos Yayınları.
- [4] Odegard, I., van der Voet, E. (2014). The future of food—Scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050. *Ecological Economics* 97: 51-59.
- [5] Çemberci, M., Sudak, M.K., Aşçı, S., Öz, S., Civelek, M.E., 2014. Y neslinin örgüt ortamındaki davranış farklılıklarının analizi. *AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology*, 5(15), 57-74.
- [6] Yaşa, E., Mucan, B. (2010). Tüketim ve yaşlı tüketiciler: literatür araştırması. *Çağ University Journal of Social Sciences*, 7(2), 1-15.
- [7] Wiener, J.M., Tilly, J. (2002). Population ageing in the United States of America: implications for public programmes. *International Journal of Epidemiology*, 31(4), 776-781.
- [8] De Long, J.B. (1998). Estimates of World GDP, one million BC—present. [http://delong.typepad.com/print/20061012\\_LRWDGDP.pdf](http://delong.typepad.com/print/20061012_LRWDGDP.pdf). Erişim tarihi: 02.01.2015
- [9] UN, (2013). World population ageing, 2013. United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division: New York. 10.
- [10] Fresco, L.O. (2009). Challenges for food system adaptation today and tomorrow. *Environmental Science & Policy*, 12(4), 378-385.
- [11] Onat, A., İmal, M., İnan, A.T. (2004). Soğutucu akışkanların ozon tabakası üzerine etkilerinin araştırılması ve alternatif soğutucu akışkanlar. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 32-38.
- [12] Kenar, N., Ketenoğlu, O. (2009). Güneş kaynaklı ultraviyole radyasyonunun karasal ekosistemler üzerine etkileri. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 2(33), 67-77.
- [13] Jaggard, K.W., Qi, A., Ober, E.S. (2010). Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2835-2851.
- [14] Ata, A., Çakar, S.Ö., Işıtan, K. (2011). İleri teknoloji projeleri destek programı sektörel inceleme

- çalışmaları – II , gıda teknolojileri, biyomedikal teknolojiler, iklim değişikliğine uyum teknolojileri. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı. 85.
- [15] Akin, G. (2006). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2), 29-43.
- [16] Davis, S.J., Caldeira, K., Matthews, H.D. (2010). Future CO<sub>2</sub> emissions and climate change from existing energy infrastructure. *Science*, 329(5997), 1330-1333.
- [17] Tezcan, A., Öz, A.A.H. (2011). Seralarda karbondioksit düzeyi, karbondioksit gübrelemesi ve olası etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 44-51.
- [18] Pimentel, D., Brown, N., Vecchio, F., La Capra, V., Hausman, S., Lee, O., Newburger, E. (1992). Ethical issues concerning potential global climate change on food production. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 5(2), 113-146.
- [19] Johkan, M., Oda, M., Maruo, T., Shinohara, Y. (2011). Crop Production and Global Warming, Global Warming Impacts - Case Studies on the Economy, Human Health, and on Urban and Natural Environments, (ed.) S. Casalegno. *InTech*, 139-152.
- [20] Vermeulen, S., Grainger-Jones, E., Yao, X. (2014). Climate change, food security and small-scale producers. CCAFS Info Brief, CGAIR Research Programme on Climate Change, Agriculture and Food Security (CAFS), Copenhagen.
- [21] Jones, G.A., Warner, K.J. (2016). The 21st century population-energy-climate nexus. *Energy Policy*, 93, 206-212.
- [22] Akin, M., Akin, G. (2007). Suyun önemi, Türkiye'de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi* 47(2): 105-118.
- [23] Levent Yılmaz M., Peker, H.S. (2013). Su kaynaklarının Türkiye açısından ekono-politik önemi ekseninde olası bir tehlike: su savaşları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 57-74.
- [24] Mengü, G.P., Akkuzu, E. (2008). Küresel su krizi ve su hasadı teknikleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 75-85.
- [25] Orhon, D., Sözen, S., Üstün, B., Görgün, E., Karahan-Gül, Ö. (2002). Su yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma, ön rapor. Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli, İstanbul. 40.
- [26] Bruins, H.J. (2000). Proactive contingency planning vis-à-vis declining water security in the 21st century. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 8(2), 63-72.
- [27] Xiong, W., Holman, I., Lin, E., Conway, D., Jiang, J., Xu, Y., Li, Y. (2010). Climate change, water availability and future cereal production in China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 135(1), 58-69.
- [28] Hanjra, M.A., Qureshi, M.E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy*, 35(5), 365-377.
- [29] Yıldız, D. (ed.) (2010). *Su güvenliği 2050*, O. Büyük. İstanbul: Truva Yayınları.
- [30] Ohlsson, L. (2000). Water conflicts and social resource scarcity. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25(3), 213-220.
- [31] Gleick, P.H. (1994). Reducing the risks of conflict over fresh water resources in the Middle East. *Studies in Environmental Science*, 58, 41-54.
- [32] Yumurtacı, M., Keçebaş, A. (2009). Akıllı ev teknolojileri ve otomasyon sistemleri. 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15 Mayıs, 2009, Karabük, Türkiye.
- [33] Sun, J., Peng, Z., Zhou, W., Fuh, J.Y., Hong, G.S., Chiu, A. (2015). A review on 3D printing for customized food fabrication. *Procedia Manufacturing*, 1, 308-319.
- [34] Sun, J., Peng, Z., Yan, L.K., Fuh, J.Y.H., Hong, G.S. (2015). 3D food printing—an innovative way of mass customization in food fabrication. *International Journal of Bioprinting*, 1, 27-38.
- [35] Thornton, P., Cramer, L. (eds.). (2012). Impacts of climate change on the agricultural and aquatic systems and natural resources within the CGIAR's mandate. CCAFS Working Paper 23. Copenhagen, Denmark: CCAFS.
- [36] Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular. California Agricultural Experiment Station 347 (2nd edit).
- [37] Hussain, A., Iqbal, K., Aziem, S., Mahato, P., Negi, A.K. (2014). A review on the science of growing crops without soil (soiless culture)-a novel alternative for growing crops. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7(11), 833.
- [38] Kozai, T., Niu, G., Takagaki, M. (2015). Plant factory: an indoor vertical farming system for efficient quality food production. Academic Press.
- [39] Besthorn, F.H. (2013). Vertical farming: Social work and sustainable urban agriculture in an age of global food crises. *Australian Social Work*, 66(2), 187-203.
- [40] Banerjee, C., Adenauer, L. (2014). Up, up and away! The economics of vertical farming. *Journal of Agricultural Studies*, 2(1), 40-60.
- [41] Christ, M.C. (2013). Food security and the commons in ASEAN: the role of Singapore. Working paper, International Conference on International Relations and Development Secretariat, Thammasat University, Bangkok.
- [42] Despommier, D., Ellington, E. (2008). The vertical farm: the sky-scraper as vehicle for a sustainable urban agriculture. *CTBUH 8th World Congress on Tall & Green: Typology for a Sustainable Urban Future Dubai*, 311-318.
- [43] Al-Chalabi, M., 2015. Vertical farming: Skyscraper sustainability? *Sustainable Cities and Society* 18: 74-77.
- [44] Alaşalvar, C., Pelvan, E. (2009). Günümüzün ve geleceğin gıdaları fonksiyonel gıdalar. *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, 501, 26-29.
- [45] Boğaz, H. (2003). Tüketicilerin hızlı hazır (fast food) yiyecek tercihleri üzerinde bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi.

- [46] Pal, P., Roy, S. (2014). Edible insects: future of human food—a review. *International Letters of Natural Sciences*, 21, 1-11.
- [47] Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M., Bednarova, M. (2014). A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe—a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64(3), 147-157.
- [48] Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N., Shono, K. (2010). Forest insects as food: humans bite back. *Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*, 19-21 February 2008, Chiang Mai, Thailand. RAP publication.
- [49] Orzechowski, A. (2015). Artificial meat? Feasible approach based on the experience from cell culture studies. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 217-221.
- [50] Bonny, S.P., Gardner, G.E., Pethick, D.W., Hocquette, J.F. (2015). What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 255-263.
- [51] Sans, P., Combris, P. (2015). World meat consumption patterns: An overview of the last fifty years (1961–2011). *Meat Science*, 109, 106-111.
- [52] Bogdan, A.T., Miresan, V., Mironov, A., Chelmu, S., Boboc, V., Surdu, I., Strateanu, A. (2010). Prospects of agrifood green power in 2050 and forecasting for 2100 with sustainable solutions based on ecobioeconomics new paradigm. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 67(1-2), 1-18.
- [53] Sun, L., Chen, H., Huang, L., Wang, Z., Yan, Y. (2006). Growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) relative to ration. *Aquaculture*, 257(1), 214-220.
- [54] Grey, D. (1987). *An overview of Lates calcarifer in Australia and Asia*. Management of wild and cultured sea bass/barramundi, Copland, I.W., and Grey, D.L. (ed.). Management of wild and cultured sea bass/barramundi (*Lates calcarifer*). Proceedings of an international workshop held at Darwin, N.T., Australia, 24-30 September 1986. ACIAR Proceedings No. 20, 210 p. 15-21.
- [55] Demirbilek, M.E. (2015). Tarımda ve gıdada nanoteknoloji. *Gıda Ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 15, 46-53.
- [56] Tarhan, Ö., Gökmen, V., Harsa, Ş. (2010). Nanoteknolojinin gıda bilim ve teknolojisi alanındaki uygulamaları. *Gıda*, 35(3), 219-225.
- [57] Hall, J.S. (2014). Nano Gelecek. İstanbul, Turkey, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, Popüler Bilim Dizisi, 336p.
- [58] Süfer, Ö., Karakaya, S. (2011). Gıda endüstrisi ve nanoteknoloji: durum tespiti ve gelecek. *Akademik Gıda*, 9(6), 81-88.
- [59] Saguy, I. S., Singh, R.P., Johnson, T., Fryer, P.J., Sastry, S.K. (2013). Challenges facing food engineering. *Journal of Food Engineering*, 119(2), 332-342.
- [60] Ar, F.F. (2008). Biyoyakıtlar tehdit mi-fırsat mı? *Mühendis ve Makina*, 49(581), 3-9.
- [61] Narin, M. (2008). Dünyada ve Türkiye’de enerji tarımı. 2. *Ulusal İktisat Kongresi* 20-22 Şubat, 2008, İzmir.
- [62] Üstün, G.E., Genç, B. (2015). Dünya’da ve Türkiye’de biyoyakıtların durumu. *Journal of Agricultural Faculty*, 29(2), 157-164.
- [63] Taşdan, K. (2005). Biyoyakıtların türkiye tarım ürünleri piyasalarına olası etkileri: biyobenzin-etanol. *Tarım ve Mühendislik*, 75, 27-29.
- [64] Ellabban, O., Abu-Rub, H., Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 748-764.
- [65] Antizar-Ladislao, B., Turrion-Gomez, J.L. (2008). Second-generation biofuels and local bioenergy systems. Biofuels. *Bioproducts and Biorefining*, 2(5), 455-469.
- [66] Daroch, M., Geng, S., Wang, G. (2013). Recent advances in liquid biofuel production from algal feedstocks. *Applied Energy*, 102, 1371-1381.
- [67] Demirbas, M.F. (2011). Biofuels from algae for sustainable development. *Applied Energy*, 88(10), 3473-3480.
- [68] Lü, J., Sheahan, C., Fu, P. (2011). Metabolic engineering of algae for fourth generation biofuels production. *Energy & Environmental Science*, 4(7), 2451-2466.
- [69] Sims, R.E., Mabee, W., Saddler, J.N., Taylor, M. (2010). An overview of second generation biofuel technologies. *Bioresource Technology*, 101(6), 1570-1580.



## Tuz: Gıdalardaki Algısı, Fonksiyonları ve Kullanımının Azaltılmasına Yönelik Stratejiler

Banu Akgün<sup>1</sup> , Seda Genç<sup>2</sup> , Muhammet Arıcı<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Gıda ve Yem Merkez Araştırma Enstitüsü, Katkı Kalıntı Bölümü, 16036, Osmangazi, Bursa

<sup>2</sup>Yaşar Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

<sup>3</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34210, Esenler, İstanbul

*Geliş Tarihi (Received): 12.03.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 14.08.2018*

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): banu.dede@tarimorman.gov.tr (B. Akgün)*

☎ 0 224 246 47 20 📠 0 224 246 19 41

### ÖZ

Tuz insanlığın ilk çağlarından beri gıdanın lezzetini ve dayanıklılığını artırmak için kullanılmaktadır. Yapısındaki sodyum ile vücutta sıvı ve elektrolit dengesinin sağlanmasında ve kan basıncının düzenlenmesinde önemli rol oynayan tuz, fazla tüketildiğinde başta kalp hastalıkları olmak üzere pek çok önemli rahatsızlığa neden olmaktadır. Günümüzde, yetişkin insanların tükettikleri günlük ortalama tuz seviyesi tavsiye edilen miktarın çok üstündedir ve diyetle alınan tuzun çoğu işlenmiş gıdalardan gelmektedir. Bu nedenle, bilim insanları gıda endüstrisi ile ortak çalışmalar yaparak tuz alımının azaltılması için yeni stratejiler geliştirmektedir. Ancak ürünün kalite özelliklerini bozmadan NaCl seviyesini düşürmek kolay bir işlem değildir. Bu derlemede tuzun tat algısı, gıdalardaki fonksiyonları ve işlem görmüş gıdalarda tuz içeriğinin azaltılması için uygulanabilecek stratejiler hakkında bilgiler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** NaCl, Tuz azaltma stratejileri, İşlenmiş gıdalar, Tat algısı

### Salt: Its Perception, Functions and Strategies to Reduce its Use in Foods

#### ABSTRACT

Salt has been used since the early ages of mankind to increase the palatability and durability of foods. Sodium in salt plays an important role in the fluid and electrolyte balance and regulation of blood pressure in human body; however, it may cause many serious illnesses especially heart diseases when consumed excessively. Today, daily salt consumption by adults is well above the recommended level, and most of the dietary salt consumption comes from processed foods. For this reason, scientists are collaborating with food industry to develop new strategies to reduce salt intake from processed foods. Nevertheless, lowering NaCl level of foods is not easy without damaging the quality characteristics of food products. In this study, information about the taste perception of salt, functions of salt in foods, and strategies to reduce the salt content of processed foods are reviewed.

**Keywords:** NaCl, Salt reduction strategies, Processed foods, Taste perception

#### GİRİŞ

Kalp ve damar hastalıkları tüm dünyada ölümlerin başlıca nedeni olarak karşımıza çıkmaktadır [1]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlıklı bir insanın günlük tüketmesi gereken tuz miktarını 5g [2] olarak belirlemiştir

olsa da birçok endüstrileşmiş ülkede günlük tuz tüketiminin 9-12g [3], ülkemizde ise günde ortalama 15g olduğu rapor edilmiştir [4]. Hipertansiyon kalp damar hastalıklarının oluşumunda önemli bir risk faktörü olup fazla tuz tüketiminin hipertansiyonu tetikleyici etkisi olduğu ise uzun zamandan beri bilinmektedir [2, 5].

Binlerce yıl önce insanlar çok az miktarda (0.1-0.5 g/gün) tuz içeren bir diyetle beslenmekte ve diyetlerinin %50'sini et ve %50'sini sebze oluşturmaktaydı. Tarımın gelişmesiyle birlikte et tüketimi azalırken sebze tüketimi %90 oranına kadar ulaşmış ancak insanların tükettikleri tuz miktarında önemli bir değişiklik olmamıştır [6]. Tuzun işlenmesi ile ilgili ilk faaliyetler ise 8000 yıl öncesine dayanmaktadır [7, 8]. Başlarda üretimi sınırlı olan tuz çok değerli ve kullanımı lüks olarak görülmekteydi ancak ilerleyen zamanlarda maden ocaklarından tuz elde edilmeye başlanmasıyla birlikte tuz daha kolay bulunan ucuz bir madde haline gelmiştir [9]. Tuz ilavesiyle et ve diğer mevsimlik gıdaların kış aylarında da muhafaza edilebileceğinin anlaşılması tuza gıda alanında büyük önem kazandırmıştır. Gıda sanayinde tuz eklenmesinin birçok nedeni bulunmaktadır. Bu nedenlerden başlıcaları, tuzun gıda ürününün işlenmesine yardımcı olması, genel lezzetini geliştirmesi, kötü tatlarını

maskeleymesi ve güvenliğini artırması olarak sıralanabilir [10].

19. yüzyılın sonlarına doğru soğutucuların icat edilmesiyle, tuzun koruyucu amaçlı kullanımı azalmış ve tüketicilerin gıda yoluyla aldığı tuz miktarı giderek düşmüştür ancak günümüzde insanların yüksek oranda gizli tuz içeren işlenmiş gıdaları yaygın olarak tüketmesi tuz alımını tekrar artırmıştır. Birçok gelişmiş ülkede günlük alınan tuz miktarının %75'den fazlasının işlenmiş gıdalar (paketlenmiş ya da restoranda satılan) kaynaklı olduğu tespit edilmiştir [11, 12]. Doğal olarak az miktarda tuz içeren taze gıdalar (et, sebze ve meyve gibi) işlem gördüğü zaman tuz seviyesi önemli oranda artmaktadır (Tablo 1) [13]. Gıda endüstrisi için işlenmiş gıdaların tuz seviyesini azaltmak kolay bir işlem değildir çünkü ürünün kalite özellikleri ve tüketici tarafından kabul edilebilirliği ürünün tuz miktarı ile ilişkilidir [14].

Tablo 1. Bazı işlem görmüş ve işlem görmemiş ürünlerin sodyum ve tuz içerikleri [15, 16]

Ürün (100 g)	Na (mg)	NaCl (g)	
İşlem görmemiş	Sığır Eti	63	0.16
	Domuz Eti	70	0.18
	Tavuk	60	0.15
	Hindi	50	0.13
	Somon balığı	110	0.28
	Buğday kepeği	28	0.07
	Patates	9	0.02
	Bezelye	eser miktarda	eser miktarda
İşlem görmüş	Jambon (domuz)	900-1220	2.3-3.0
	Sosisler	600-1080	1.5-2.7
	Tavuk nugetler	600	1.5
	Hamburger köfteleri	290-400	0.7-1.0
	Tütsülenmiş somon balığı	1880	4.7
	Buğday gevreği	1000	2.5
	Konserve patates	250	0.63
	Konserve bezelye	250	0.63

WHO tuz azaltımıyla ilgili önemli çalışmalar yürütmektedir. Yapılan araştırmalar, ülkelerin yeme içme alışkanlıklarındaki farklılıkların o bölgedeki insanların günlük tükettikleri tuz miktarını etkilediğini göstermiştir (Tablo 2). Bu durum, ortak bir tuz azaltma stratejisi geliştirmeyi neredeyse imkansız hale getirmektedir. Dolayısıyla, WHO her ülkenin kendi tuz azaltma programını oluşturması gerektiğini belirtmiştir [17]. WHO (2012) kılavuzuna göre günlük alınan tuz miktarını 5 g'ın altına düşürmek kalp-damar hastalıklarının önlenmesini ve bu sayede tedavi giderlerinden tasarruf edilmesini sağlayacaktır [18]. Dünyada giderek artan sayıda ülke popülasyon bazında tuz azaltma stratejilerini benimsemektedir [19]. Avrupa Komisyonunun (EC) gerçekleştirdiği bir toplantıda üye ülkelerden devam eden tuz azaltma girişimleri hakkında bilgi vermeleri istenmiş ve tuz azaltma stratejilerinin maksimum verimliliğe ulaşması için gıda firmalarının yüksek pazar payına sahip ürünlerinin tuz seviyelerini azaltması gerektiği belirtilmiştir [20].

WHO, ulusal düzeydeki tuz azaltma stratejilerini (i) tüketici eğitimi, (ii) ürünün düşük sodyum içerecek şekilde yeniden formüle edilmesi ve (iii) sağlıklı gıdayı satın almaya teşvik edecek şekilde etiketleme yapılması olmak üzere 3 temel gruba ayırmıştır [16]. Neredeyse

tüm ulusal tuz azaltma programlarında, tüketicilere tuzun zararları hakkında bilgi ya da eğitim verilmektedir. Bu tür programlar, tuzun temel olarak pişirme sırasında veya masada birey tarafından eklendiği düşük ve orta gelirli ülkelerde daha fazla etkiye sahip olmaktadır [22]. Tuzun büyük kısmının işlenmiş veya paketlenmiş gıdalardan geldiği ülkelerde, eğitimle davranış değiştirme programları, markette sodyum seviyesi azaltılmış gıdalara olan talepleri ve ürünlerin yeniden formüle edilmesi gerekliliğini artırmaktadır [23]. Yüksek tuz tüketimi olan ülkemizde bu durumun nedenleri incelendiğinde tuzlu yemekleri tercih etmek gibi kişisel yönelimlerin yanında ülkemize özgü nedenler de bulunmaktadır. Örneğin, ülkemizde ekme (400-500 g/gün) yaygın olarak tüketilmektedir ve 100 g ekme ortalama 1.5-2.0 g tuz içermektedir [24]. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tuz tüketiminin azaltılması için ulusal bir eylem planı (Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Eylem Planı 2017-2021) uygulanmaktadır. Aşırı tuz tüketimine neden olan ekmekte tuzun azaltılması için eğitim materyallerinin oluşturulması, işlenmiş ürünlerde sodyum seviyesinin azaltılması için yeni formülasyon çalışmalarının teşvik edilmesi, toplu beslenme yerlerindeki masalardan tuzlukların kaldırılması ve yasal düzenlemeler yapılması ülkemizde uygulanan tuz azaltma stratejilerinden bazılarıdır [25].

Tablo 2. Bazı ülkelerin yıllara göre kişi başı günlük tuz tüketim miktarları (g/gün) [4, 21]

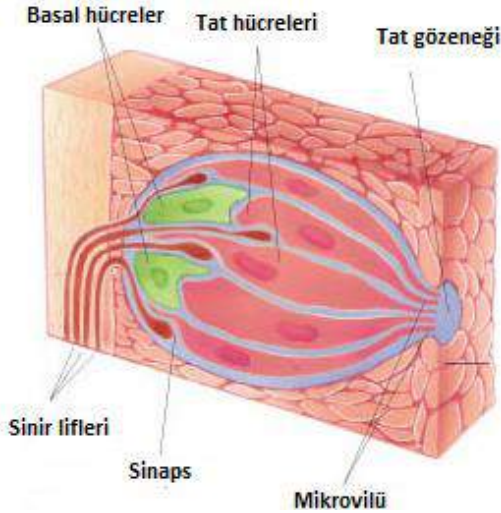
Ülke	Yetişkin erkek	Yetişkin bayan	Yıl
Almanya	7.1	5.4	2010-11
Avusturya	9.0	8.0	2000-7
İngiltere	9.3	6.8	2011
İrlanda	11.1	8.5	2007-10
Polonya	11.5	11.5	2009
İspanya	11.5	8.4	2009
Macaristan	11.2-17.2	9.6-12.0	2009-10
Portekiz	12.3	12.3	2006
Romanya	12.3	10.0	2010
Slovenya	14.3	11.0	2007
Türkiye	14.8	14.8	2012

Bu çalışmada tat duyusu, tuzun gıdalardaki fonksiyonları ve gıdaların tuz seviyesinin azaltılması için kullanılabilir yöntemler hakkında bilgi verilmiş ve ürünlerin NaCl içeriğinin azaltılmasıyla ilgili yapılmış güncel çalışmaların sonuçları derlenmiştir.

## TAT ALGISI VE TUZUN GIDADAKİ FONKSİYONU

### Tat Algısı

Tat alma, kimyasal uyarıların sonucu ortaya çıkan bir duydur [26]. Tat duyusu, ağızda, dilde ve boğazda bulunan tat tomurcukları (küçük soğan benzeri yapılar) tarafından alınmaktadır (Şekil 1). Dilimiz üzerindeki tat tomurcuklarının sayısı insanın yaşıyla bağlantılıdır. Dil yüzeyinde gömülü durumda 4000 ile 9000 arasında tat tomurcuğu bulunurken çocuklarda sayıları çok daha fazladır. İnsanlar yaşlandıkça sahip oldukları tat tomurcuğu sayısı azalır ve tadı daha az algılamaya başlarlar [27].



Şekil 1. Tipik bir lezzet tomurcuğunun morfolojisi ve hüresel organizasyonu [28]

Tat tomurcuklarının hepsi aynı görünür ama her biri tatlı, tuzlu, ekşi veya acı tatlardan sadece birine tepki gösterirler. Her tat tomurcuğu farklı tatların algılanmasından sorumlu tat reseptör hücresi olarak bilinen 50-100 özelleşmiş hücreyi barındırmaktadır. Bu hücreler 4 alt gruba ayrılmaktadır. Tip I hücreleri tat tomurcuklarında en fazla bulunan tat hücreleri olup tuz

tadının algılanmasından sorumludur. En yoğun olarak incelenen tat hücrelerinden olan tip II hücrelerinin yüzeylerinde spesifik reseptör proteinleri bulunmakta ve bu hücreler tatlı, acı ve umami tatlarının algılanmasında görev almaktadır. Tip III hücreleri ekşi tadın algılanmasından sorumlu iken tip IV hücrelerinin işlevi tam olarak anlaşılamamış durumdadır [29]. Araştırmacılar, tip II tat hücrelerinin T1R2, T1R3 ve T2R isimli reseptörleri içerdiğini bulmuşlardır. T1R2, T1R3 reseptörlerinin tatlı, T2R reseptörlerinin ise acı tat uyarıcı bileşiklerini tanıtmaktan sorumlu olduğu saptanmıştır [30].

Ağızda bulunan en basit reseptör NaCl reseptörüdür. Tuz gibi iyonik uyarıcılar tat reseptör hücre membranındaki iyon kanalları ile doğrudan reaksiyona girmektedir. İyon kanalları tuz katyonları (Na<sup>+</sup>) için geçirgen özelliktedir ve membran boyunca elektrik potansiyelinde değişim olmakta ve depolarizasyon gerçekleşmektedir [31]. Bu durum, voltaj-ayarlı Ca<sup>2+</sup> kapılarının açılmasına ve nörotransmitter salınmasına neden olmaktadır. Tuz tadının algılanması tat reseptörleri üzerindeki sodyum kanallarının (EnAC olarak adlandırılan) sodyum tarafından aktive edilmesiyle başlar ve gelen sinyaller beyindeki tat alma duyu merkezine iletilir [32]. Düşük sodyum konsantrasyonlarında, gelen sinyal çok zayıf olabilir ve sodyum içermeyen benzer bir solüsyonla aralarındaki fark anlaşılmayabilir. Sodyum konsantrasyonu arttıkça, gelen sinyalin gücü artar ve belli bir seviyede birey sodyum içeren çözeltiyi içermeyen çözülden ayırt edebilmeye başlar [33].

Ekşi tat gıdalardaki asitlerin oluşturduğu hidrojen (H<sup>+</sup>) iyonları nedeni ile oluşmaktadır. Ekşi tadın algılanmasında görev alan farklı reseptör proteinleri bulunmaktadır. Hücrenin içine H<sup>+</sup> iyonlarının akmasını mümkün kılan iyon kanallarıdır. Ekşi ve tuzlu tadın algılanmasında, EnAC kanalında aynı protein görev almaktadır. Bu nedenle, ekşi tadın varlığında tuzlu tadın algılanması azalmaktadır [32].

## Sodyum Klorürün Gıdalardaki Fonksiyonları

### Lezzet

Sofra tuzu (NaCl) birçok mutfak kültüründe lezzet verici madde olarak kullanılmaktadır. Tüketiciler yeterli seviyede tuz kullanılmayan ürünleri yavan ve lezzetsiz

bulmaktadır. Bu durumun nedeni, tuzun istenmeyen tatları (acı, metalik veya kimyasal) maskelerken, arzulanan bazı tatların (tatlılık gibi) yoğunluğunu arttırabilme potansiyelinden kaynaklanmaktadır [34]. Sodyum klorür tuzluluğu en yüksek sodyum bileşimidir ve bir maddenin tuzluluk oranı bu maddeye göre ölçülmektedir. Örneğin, sofraya tuzunun (NaCl) "tuzluluk" oranı 1 iken potasyum klorürün tuzluluk oranı 0,6'dır [27]. Genelde, tuzluluk  $\text{Na}^+$  katyonları aracılığıyla ortaya çıkmaktadır ancak  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$  ve  $\text{NH}_4^+$  gibi katyonlar da tuzlu tada sahiptirler [35]. NaCl dışındaki bazı mineral tuzları (KCl,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$  gibi) ürüne tuzlu tadı verebilse de düşük kararlılık, kötü tat ve kokularından dolayı gıdada kullanımları kısıtlıdır [36] ayrıca tuz önemli aroma bileşiklerinin sentezlenmesine yardım eden bazı organizmaların gelişmesini ve enzimlerin aktivitesini düzenleyerek gıdanın lezzetini etkilemektedir [37].

Farklı lezzet özelliklerine sahip iki bileşik karıştırıldığında, çeşitli etkileşimler (artırma ya da baskılama) meydana gelebilmektedir. Gıda matrislerinde, sodyum tuzları diğer tat özelliklerini etkilemektedir. Örneğin, tuzlu ve ekşi tat karışımları düşük konsantrasyonlarda birbirlerinin yoğunluğunu artırırken yüksek konsantrasyonlarda birbirinin tadını baskılamaktadır [38]. Tuzluluk acı tattan daha az etkilenirken, acılık tüm yoğunluklarda sodyum tarafından bastırılmaktadır. Düşük konsantrasyonlarda, tuzlu tat tatlı tadın yoğunluğunu artırırken orta yoğunlukta tatlı tat tuzlu tadın yoğunluğunu azaltmaktadır [39].

### Doku ve Diğer Kalite Kriterleri

Yapılan çalışmalar, tuzun gıdaların tekstürel özellikleri ve bazı kalite kriterleri (yağ miktarı, starter kültür aktivitesi, nem oranı ve pH değeri) üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir [40]. Tuz, gıdadaki diğer temel bileşenlerle (protein, yağ ya da su) etkileşime girip gıdaların dokusunu ve işleme sırasında oluşan reaksiyonları etkilemektedir [41]. Ekmek veya diğer fermente ürünlerin yapımında tuz kullanılması gluten proteinlerinden uzayabilir ağ oluşmasına yardım etmektedir. Unlu mamullerin yapımında optimal tuz konsantrasyonunun seçilmesi önemlidir çünkü yetersiz eklenen tuz mayanın gelişimini sınırlayamamaktadır. Bu durum, fazla büyük ve zayıf tekstüre sahip bir ürün elde edilmesine neden olabilmektedir [42]. Tuzun suda sodyum ve klorür iyonları şeklinde çözünmesi unun suyu daha hızlı şekilde absorbe etmesini sağlamaktadır. Bu sayede, makarna ürününün gerilme direnci, esnekliği ve ağısı gluten yapısı gelişirken, kırılma oranı azalmaktadır [43, 44].

Etlere eklenen tuz, proteinlerin daha fazla su molekülü bağlamasını sağlamaktadır. Akabinde, etin yumuşaklığı artarken ısıtma işlemi gören vakum paketlenmiş ürünlerin sıvı kaybı azalmaktadır [41]. Bunun yanında, tuzun miyofibril proteinleri çözebilmesi emülsiyon et ürünlerinin (sucuk, sosis gibi) işlenebilir olmasını sağlayan önemli faktörlerden biridir [45]. Peynir yapımının son aşamasında tuz eklenmektedir ve peynirdeki sodyumun temel kaynağı eklenen bu tuzdur. Tuz, peynirin son nemini, tekstürünü, starter bakteri ve aroma üreten sekonder organizma tiplerinin ürünlerdeki aktivitesini ve

gelişmesini etkilemektedir [46, 47]. Yapılan çalışmalar, starter kültür bakterileri içerisinde *Lactobacillus* türlerinin ve *Streptococcus thermophilus*'un tuza en dirençli mikroorganizmalar olduklarını göstermiştir. Peynir yapımında kullanılan *Lactococcus* spp. suşlarının gelişiminin ortamdaki düşük NaCl konsantrasyonlarında teşvik edilirken,  $>5\%$  tuz/nem konsantrasyonlarında suşlar üzerine güçlü inhibisyon etkileri olduğu gözlemlenmiştir [48]. Her tuz kendine özgü bir pH değerine sahiptir ve saf suyun pH değerinin NaCl eklenmeye başladıkça arttığı saptanmıştır [49]. Bu nedenle, gıdaya eklenen tuz formülasyonunda bir değişiklik yapıldığı zaman ürünün kalite kriterlerinin incelenmesi yerinde olacaktır.

### Mikrobiyolojik Güvenlik

Tuz, su aktivitesi ( $a_w$ ) değerini patojenlerin ve bozulma yapan mikroorganizmaların gıdada gelişmesi için gereken seviyenin altına düşürerek koruyucu görevi yapmaktadır.  $A_w$  değeri gıdadaki suyun enzimatik reaksiyonlar, mikrobiyal gelişme ve metabolik faaliyetler için kullanılabilirliğinin göstergesidir. Her mikrobiyal türün gelişebildiği minimum bir  $a_w$  değeri vardır [50]. Et, balık, sebze, ekmek ve pişmiş sosis gibi kolay bozulabilir gıdalarda *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Proteus*, *Shigella*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Clostridium perfringens* ve bazı mayalar gelişebilirken; reçel ve marmelat gibi düşük su aktivitesine ( $a_w \sim 0.750$ ) sahip ürünlerde halofilik bakteriler gelişebilmektedir.  $a_w$  değeri 0.5'in altına düştüğünde mikroorganizmalar gıdada genellikle gelişmemektedir [51].

Gıda muhafaza yöntemleri;  $a_w$  ve pH değerininin azaltılması, koruyucu eklenmesi, düşük sıcaklıkta depolama gibi farklı adımları içerebilmektedir. Ürün stabilitesi için bu adımları kombinasyonlar halinde kullanmak tek başına kullanmaktan daha etkilidir [52]. Eğer bir ürünün  $a_w$ 'si azalırsa raf ömrü de paralel olarak azalmaktadır. Tuz seviyesinin azaltıldığı durumlarda antimikrobiyal etkinin artması ve raf ömrünün aynı kalması için diğer faktörlerde değişiklik yapmak gerekmektedir [50].

### TUZ SEVİYESİNİN AZALTILMASI İÇİN KULLANILAN TEMEL YAKLAŞIMLAR

İşlenmiş gıdaların tuz seviyesini azaltmak için farklı stratejiler uygulanabilmektedir [36]. Bu yöntemlerin temeli: (i) NaCl'nin bir kısmının ya da tamamının kademeli olarak azaltılmasına, (ii) NaCl yerine alternatif tuzların ve lezzet artırıcıların kullanılmasına, (iii) tüketicilerin eğitime, (iv) çeşitli tekniklerle tuz difüzyonunun artırılmasına (v) tuzun fiziksel formunun değiştirilmesine ya da (vi) duyuusal kontrastlar yaratılmasına dayanmaktadır [13].

### Toplam Tuz İçeriğinin Azaltılması ve Tüketici Eğitimi

Ürün formülasyonundaki tuz içeriği tüketici tarafından fark edilmeyecek şekilde kademeli olarak azaltılabilmektedir. Yapılan çalışmalarda, az miktarda ve

kademeli tuz azaltılmasına ağız tadının uyum sağladığı bu nedenle tüketicilerin tuz seviyesi azaltılan ürünü normal tuzlulukta algıladıkları saptanmıştır [53]. İngiltere bu stratejiyi uygulayarak 3 senelik periyotta marketlerde satılan birçok işlenmiş gıda ürününün sodyum içeriğini %20-30 oranında azaltmayı başarmıştır [54]. Bu strateji sodyum alımının azaltılmasına yardım etse dahi bazı kısıtlamaları bulunmaktadır. Popülasyonun tahminen %25'inin tada çok duyarlı bireylerden oluşması dikkat çekmeden tuz azaltımı yapılmasının önünde bir engel teşkil etmektedir [36] ayrıca zaman gerektiren bu stratejinin etkili olabilmesi için endüstriyel ölçekte tüm ürünlere uygulanması gerekmektedir. Öte yandan, tüketiciler daha az tuzlu tada adaptasyon sağlasa bile gerçekte ürünün tadını bozmadan azaltılabilecek tuz miktarı sınırlıdır, tuzu azaltmak ürünün raf ömrünün kısalmasına ve istenmeyen acı tatların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir [13, 55]. Tuz tüketimini azaltma çalışmalarında toplum eğitimi çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu farkındalık artırma çabalarının ne kadar etkili olduğu İngiltere ve Finlandiya'da gösterilmiştir. Kamu ve sivil toplum kuruluşlarının gerçekleştirdiği eğitimler, bilgilendirmeler sayesinde tüketici duyarlılığı artmış ve fazla tuz alımının neden olabileceği potansiyel sağlık sorunları hakkında insanlar bilinçli hale gelmiştir [25].

2016 yılında Uruguay'da ekmekte kademeli tuz azaltma programı geliştirmek üzerine bir çalışma yapılmıştır. 303 tüketicinin katıldığı araştırmada 2 ayrı tüketici çalışması gerçekleştirilmiştir. 204 tüketicinin yer aldığı ilk çalışma sonucunda ekmekte tuzluluk için sıralı 4 tane tat eşik değeri (%2.00, 1.80, 1.61 ve 1.38) belirlenmiş ve ikinci çalışmada 99 tüketici 5 farklı formülasyonla üretilen ekmeklerin duyuşal ve hedonik özelliklerini değerlendirmiştir. Normal şartlarda 2% oranında tuz içeren ekmeğin tuz seviyesinin tüketicilerin duyuşal algılarını negatif olarak etkilemeden 10% seviyesinde azaltılabileceği saptanmıştır. Daha fazla tuz azaltımı yapabilmek için belli bir süre beklenmesi gerektiği ve bu süre zarfında tüketicilerin tuzu azaltılmış ekmeğin duyuşal karakterine zamanla alışabildiği fark edilmiştir. Kademeli tuz azaltma sırasında geçmesi gereken süre yapılacak çalışmalarla hesaplanmalıdır ayrıca tüketicilerin tuza karşı olan hedonik duyarlılıklarında önemli farklılıklar görülmüştür. Bu nedenle, tüketicilerin tuzu azaltılmış gıdalara karşı olan algılarını incelerken tüketicilerin segmentasyonu da göz önünde bulundurulmalıdır [56].

Yapılan bir çalışmada, domates suyunda ani tuz azaltımı ve kademeli tuz azaltımı yapmanın tüketici kabul edilebilirliğini nasıl etkilediği incelenmiştir. Tüketicilerin tuza karşı olan hedonik duyarlılıklarının bu yöntemlerin verimliliğini etkileyip etkilemediği de değerlendirilmiştir. Öncelikle dört farklı tuz konsantrasyonunda (136-640 mg sodyum aralığında) domates suları hazırlanmıştır. Bir grup paneliste düşük sodyum içeren domates suyu 4 hafta sonunda aniden tattırılırken, diğer gruba tuz seviyesi kademeli olarak azaltılan domates suları 16 hafta süresi boyunca tattırılmıştır. Ani tuz azaltımı beğeni skorlarında ciddi bir düşüşe neden olurken kademeli tuz azaltımında tüketicilerin kabul edilebilirliği korunmuştur. Düşük

hedonik duyarlılığa sahip kişiler, tuz azaltma stratejilerine olumlu yanıtlar vermiş ve tuzu azaltılmış gıdalarının tadına uyum sağlamada herhangi bir zorluk çekmemişlerdir. Öte yandan, her iki stratejide de tuz azaltımının belli bir seviyeye kadar yapılabileceği görülmüştür [57].

İngiltere'de üretilen ekmeklerin tuz içeriği son on yılda kademeli olarak azaltılmıştır. Brinsden ve ark. (2013), paketlenmiş ekmeklerde yapılan tuz azaltma çalışmalarını incelemiştir. 2001'de 1.23 g/100 g olan tuz miktarının 2011'de 0.98 g'a (%20 oranında) düştüğü belirlenmiştir. Bu çalışma, ekmeğin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini olumsuz olarak etkilemeden üreticilerin tuz seviyesini zamanla azaltılabileceğini göstermektedir ayrıca piyasada satılan işlenmiş ürünlerin tuz seviyelerinde geniş bir varyasyon olduğu ve tuz seviyesi azaltma çalışmalarının diğer ürünler içinde uygulanması gerektiği saptanmıştır [58].

Karanja ve ark. (2007) sodyum seviyesi azaltılmış diyetlerin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini farklı beslenme planlarını, hipertansiyonun 1. evresinde olan 354 yetişkin bireye uygulayarak incelemişler. Farklı beslenme planları, hipertansiyonun 1. evresinde olan 354 yetişkin bireye uygulanmıştır. Katılımcılara meyve, sebze ve süt ürünleri yönünden zengin ve 3 farklı seviye de (az (1200 mg/gün), orta (2300 mg/gün) ve yüksek (3500 mg/gün)) sodyum içeren bir diyetler verilmiştir. Bu çalışmaya katılanlar; günlük olarak yüksek seviyede tuz tüketen kişilerden seçilmesine rağmen orta seviyede sodyum içeren diyetin tuzluluğunu en fazla kabul edilebilir olarak oylamışlardır. Bu sonucun nedenlerinden biri de tuz ve hipertansiyon arasındaki ilişkiyi kavrayan tüketicilerin doğru cevabı vermek istemeleridir. Bu nedenle, sağlık ve beslenme uzmanları bu durumdaki kişilere günlük maksimum alması gereken sodyum miktarı ve tüketmesi gereken yiyecek çeşitleri hakkında bilgi verdiklerinde; bu kişilerin tuz tüketimlerini zamanla azaltılabileceği saptanmıştır [59].

### **Tuz Yerine Geçen Maddelerin ve Lezzet Artırıcıların Kullanılması**

Diyetle alınan sodyum miktarını azaltmak için kullanılan yöntemlerden biri de NaCl yerine ikame maddelerinin (tuzluluk tadı veren fakat sodyum içermeyen) ve lezzet artırıcıların kullanılmasıdır [53]. Potasyum klorür (KCl), magnezyum klorür (MgCl<sub>2</sub>), amonyum klorür (NH<sub>4</sub>Cl), potasyum laktat ve kalsiyum klorür (CaCl<sub>2</sub>) gibi mineral tuzları, bazı dipeptitler ya da aminoasitler (lizin, arjinin gibi) NaCl'nin bir kısmının veya tamamının yerine tek veya kombinasyonlar halinde kullanılabilirler ancak bu alternatif maddeler üründe istenmeyen tatlara (acı, metalik ya da buruk) sebep olabilmektedirler. KCl en yaygın olarak kullanılan tuz ikame maddesi olmasına rağmen gıdalarda 50/50 oranında NaCl/KCl kullanımının acılık artışına ve tuzluluk kaybına neden olduğu saptanmıştır [54]. Bu durum, tuz ikame maddelerinin kullanımını sınırlamakta ve acılık önleyici maddelerle (tatlandırıcı, adenozin 5'monofosfat gibi) beraber kullanılması gerektiğini göstermektedir [48]. Umami tadı veren maddeler de sodyum azaltımıyla ilgili çalışmalarda lezzet geliştirici olarak kullanılabilirler

çünkü bu maddeler hem genel lezzet profilini dengeye ulaştırmakta hem de tuzluluk algısını artırmaktadır [39].

Şimşek (2016) yürüttüğü bir çalışmada, 5 farklı klorür tuzu formülasyonu (%100 NaCl-kontrol, %50 NaCl+%50 KCl, %50 NaCl+%30 KCl+%20 MgCl<sub>2</sub>, %50 NaCl+%30 KCl+%20 CaCl<sub>2</sub>, %50 NaCl+%30 KCl+%10 MgCl<sub>2</sub>+%10 CaCl<sub>2</sub>) kullanmanın sucuğun mikrobiyal, duyuusal ve fiziko-kimyasal özellikleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre sucuk üretiminde farklı tuzlar kullanılması oluşan laktik asit bakterileri ve *Enterobacteriaceae* sayısında istatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğe neden olmamıştır ( $P>0.05$ ). Öte yandan, farklı tuzlar kullanımı ürünün pH değerini etkilemiştir ( $P<0.01$ ). En düşük pH değeri %50 NaCl+%30 KCl+%20 CaCl<sub>2</sub> içeren üründe saptanmıştır. %100 NaCl içeren sucuğun en düşük  $a_w$  bu maddeler sahip olduğu, tuz içeriğinin değiştirilmesinin az sayıda uçucu bileşenin konsantrasyonunu etkilediği görülmüştür. Duyusal analiz sırasında değerlendirilen özellikler (renk, tekstür, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik) arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ( $P>0.05$ ) [60].

Baharatlar, çeşniler ve otlar sofraya tuzu yerine kullanılabilir sağlıklı ve güvenli alternatiflerdir. Lee (2011), NaCl yerine kullanılabilir bir ürün geliştirmek için bir çalışma yapmıştır. Öncelikle, 13 farklı bitkiden ekstrakt elde edilmiş ve bu maddeler duyuusal olarak değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda tuz ve umami tadına sahip olan 3 bitki ekstraktı (*S. herbacea* (saltwort), *L. japonica* (sea tangle) ve *L. chinensis* (kukoshi)) seçilmiştir. Püskürtmeli kurutucu yardımıyla bu maddeler toz haline getirilip karıştırılmış ve tuz yerine geçen madde (PSS) olarak kullanılmıştır. Elde edilen bu karışım ile NaCl sodyum seviyesi ve tuzluluk yoğunluğu açısından karşılaştırılmıştır. PSS'nin tuzluluğunun NaCl'ye oranla 0.65 olduğu bulunmuştur ayrıca PSS ile NaCl'nin tuzluluğu eşit seviyeye getirildiğinde PSS NaCl'den %43 daha az sodyum içerdiği saptanmıştır. Kısacası, ürünlerin tuzluluğunu etkilemeden tüketicilerin aldığı sodyum miktarını azaltacak alternatif bir karışım elde edilmiştir [61].

Diğer bir çalışmada, seyyar olarak satılan iki Singapur yemeğinin (mee soto ve tavuklu pilav) sodyum seviyesini azaltmak için monosodyum glutamat (MSG) ya da Ajiplus® (MSG ve nükleotit karışımı) sofraya tuzunun bir kısmının yerine kullanılmıştır. Bu ürünlerin tuz seviyesi %40 azaltılınca, tavuk aromasının, tuzluluğun, baharat aromasının, umami ve tatlı tadın azaldığı saptanmıştır. Öte yandan, bu lezzet arttırıcıların eklenmesiyle ürünlerin tuzluluğunun, tavuk aromasının ve umami tadın arttığı gözlemlenmiştir. Kontrol ile NaCl seviyesi %40 azaltılan (azaltılan NaCl miktarında MSG eklenen) ürünler arasında tuzluluk açısından bir farklılık hissedilmemiştir. Bu çalışma sonucunda, MSG ilavesinin lezzet yoğunluğunda, umami tat ve ağızda bırakılan histe pozitif etkiler yarattığı görülmüştür [62].

Üreticilere göre tuz azaltma çalışmalarında aminoasitlerin kullanımı tuz ikame maddesinin tuzluluğunu arttırmakta, istenmeyen tatlarını maskelemekte ve tüketicinin vücudundan sodyum atımını artırmaktadır. Piyasada yer alan birçok tuzluluk

arttırıcı L-lizin ve L-arjinin pozitif etkilerini kullanmaktadır [36]. Guerrero ve ark. (1995) birçok gıdada ve içeceklerde kullanılabilir bir tuzluluk arttırıcı formülasyonu geliştirdiklerini açıklamışlardır. Oluşturdukları tuz ikame formülasyonu; peptit ve serbest amino asitler (lizin ve arjinin) içermektedir [63]. K<sup>+</sup> iyonlarının yüksek molekül ağırlığına sahip olması KCl'nin eklendiği gıdaya istenmeyen acı ve metalik bir tat katmasına neden olmaktadır. Waimaleongora-Ek (2006) bu sorunu çözmek için bir çalışma yapmış ve KCl'nin yarattığı acı ve metalik tadı baskılamak için tuz formülasyonuna L-arjinin aminoasidi ilave etmiştir. NaCl/KCl/L-arjinin içeren 11 farklı tuz formülasyonu oluşturulmuş ve tüketicilerden (n=385) bu formülasyonları duyuusal olarak değerlendirmesi istenmiştir. %65 KCl ve %35 NaCl içeren solüsyonun %100 NaCl içeren solüsyondan tuzluluk ve acılık yönünden önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, acılık ve genel beğeni skorlarına göre optimal tuz formülasyonunun %56-100 NaCl, %0-44 KCl ve %0-5 L-arjinin olduğu bulunmuştur. Bu çalışma, belli konsantrasyonlardaki L-arjininin KCl'nin yarattığı acılığı kısmen maskeleyebildiğini göstermiştir [64].

Kremer ve ark. (2009), NaCl yerine doğal soya sosu kullanarak 3 farklı gıda grubunun (salata sosu, domates çorbası ve kızartılmış domuz eti) sodyum seviyesini azaltmaya çalışmıştır. Hazırlanmasında değişen oranlarda (%100-0, %75-25, %50-50, %75-25 ve %0-100) NaCl ve soya sosu karışımı kullanmanın salata sosunun (memnuniyet, tuzluluk, ekşilik ve genel tat yoğunluğu), çorbanın (memnuniyet, tuzluluk, domates tadı ve genel tat yoğunluğu) ve kızartılmış domuz etinin (memnuniyet, tuzluluk, et tadı, genel tat yoğunluğu) çeşitli kalite kriterleri üzerine olan etkileri panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Soya sosunun kendine has kokusunun ve umami tadı veren bazı maddeleri (örneğin glutamik asit) yüksek miktarda içermesinin tuzluluk tadının algılanmasını artırdığı bilinmektedir. Elde edilen verilere göre, bu stratejiyle test edilen gıdaların (salata sosu, çorba ve domuz eti) genel lezzet yoğunluğunda ve paralelinde tüketici tarafından kabulünde bir değişime neden olmadan sırasıyla %50, %17 ve %29 oranında NaCl azaltımı yapılabilmektedir [65].

Yapılan bir çalışmada ise ekmeğin sodyum seviyesini azaltmak için NaCl'nin bir kısmının yerine potasyum, kalsiyum ve magnezyum tuzları kullanılmıştır. Üretilen ekmeğin hacmi, kabuk rengi, iç rengi, yapısı ve duyuusal özellikleri 122 tüketici tarafından değerlendirilmiştir. Sodyum seviyesi %32.3 oranında azaltılan kahverengi ekmeğin pişme kalitesinin, görünüşünün, dokusunun ve tadının kabul edilebilir olduğu görülmüştür [66].

### Alternatif Teknolojiler Kullanılması

Isıl olmayan gıda işleme teknolojilerinden olan yüksek basınç (HPP) ve ultrason uygulamaları et ürünlerinin tuz seviyesini azaltmak için kullanılabilir. HPP işleminde, 400-600 MPa değerlerindeki basınç çok yüksek olmayan sıcaklıklarda (<45°C) ürüne uygulanmaktadır [67]. Genelde patojen mikroorganizmaların gelişmesini önlemek için kullanılan bu teknoloji, tuz seviyesi azaltılan ürünlerin fiziksel,

tektürel ve tat özelliklerini korumak için de kullanılabilir. Basınç uygulamasıyla sodyum iyonları ve protein arasındaki etkileşimler değişmekte ve dil üzerindeki tat reseptörlerine sodyum girişi artmaktadır [68]. Tuzlama işlemi sırasında ultrases tekniğinin kullanılması ise tuzun ette düzgün bir şekilde yayılmasını sağlamaktadır. Bu sayede, NaCl seviyesi azaltılan üründe algılanan tuzluluk artmaktadır [69].

Et ürünleri işlenmiş gıdalarla vücuda alınan tuz miktarının yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır. Bu nedenle, işlenmiş et ürünlerindeki sodyum seviyesini azaltmak tüketicilerin sağlıklı beslenmesini sağlamak açısından çok önemlidir. Etteki sodyum sadece sodyum klorürden gelmemektedir ette ekstra sodyum kaynakları (doğal olarak bulunan, sodyum fosfatlar ve sodyum nitratlar) bulunmaktadır. Bir çalışmada, farklı işlem basamaklarında (hammadde, enjeksiyondan sonra, karıştırmadan sonra ve pişirmeden sonra) yüksek basınç (HPP) (100, 300 ve 600 MPa) uygulanmasının, NaCl içeriğinin (%0, 0.95, 1.33 ve 1.90) ve fosfat içeriğinin (%0 ve 0.25) değiştirilmesinin pişmiş jambonun bazı kalite kriterleri (pişirme kaybı, tekstür, su tutma kapasitesi, renk ve tuzluluk tadı) üzerine olan etkileri incelenmiştir. Çiğ ete HPP uygulaması yapmanın tuzu azaltılmış jambonun yapısına ve su tutma kapasitesine zarar verdiği görülmüştür. KCl (%0.2) maddesi HPP (karıştırma basamağının ardından 100 MPa'da) uygulanarak kullanıldığında jambonda %45 NaCl azaltımı yapılabildiği görülmüştür [70].

Et ürünleri kadar yaygın olmasa da düşük sodyumlu peynir üretimi için HPP işleminin kullanıldığı birkaç çalışma bulunmaktadır. HPP uygulaması peynirdeki su ve tuz dağılımını değiştirmektedir. Ancak, HPP'nin uygulama koşulları da (sıcaklık, zaman ve basınç seviyesi) elde edilen sonucu etkilemektedir. Bir çalışmada, 4 farklı tuz seviyesinde (%5.3 (kontrol), %2.5, 1.9 ve 0.2 NaCl) Çedar peynirleri hazırlanmış ve peynirlere yüksek basınç (405 MPa/3 dakika) uygulanmıştır. Yüksek basınca maruz bırakılan ve bırakılmayan peynirlerin (aynı tuz seviyesinde) benzer duyusal profile (ekşi, tuzlu ve acı tat açısından) sahip olduğu görülmüştür [71].

### **Tuzun Fiziksel Formunun Değiştirilmesi Ya Da Duyusal Kontrast Yaratılması**

Tuz partikülünün büyüklüğü ve şekli tuzluluk algısını etkileyen diğer parametrelerdir. Küçük ve yüzey alanı geniş tuz molekülleri gıda matrisinde daha hızlı çözünmektedir ve bu durum tuzluluk algısını artmaktadır [72] ayrıca gıdanın farklı katmanlarına değişen konsantrasyonlarda tuz uygulayarak üründe hissedilen tuzluluk algısını negatif olarak etkilemeden NaCl seviyesini azaltmak mümkündür [73].

Hamur ürünlerinin farklı katmanlarına farklı seviyelerde tuz eklemek (duyusal kontrast) ürünün tuzluluğunu etkilemeden sodyum seviyesini azaltmak için kullanılan bir yöntemdir. Öte yandan, tuz çözünmeye ve yüksek konsantrasyondaki bölgeden düşük konsantrasyondaki bölgeye nüfuz etmeye yatkınlık göstermektedir. Bu nedenle, tuzun çözünürlüğünü azaltmak için

enkapsülasyon yöntemi uygulanabilmektedir. Milföy ve pizza hamurunun hazırlanması aşamasında bazı değişiklikler yaparak hamurun tadını ve makinede işlenebilirliğini etkilemeden tuz içeriğinin azaltılması üzerine bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada, tuz tanelerine enkapsülasyon işlemi uygulanmış ve laminasyon prosesi sırasında tanelerin hamur üzerinde homojen şekilde dağılması sağlanmıştır. 5 farklı hamur formülasyonu (A-karıştırma işlemi sırasında %2.1 tuz eklenen örnek (kontrol), B-tuzun (%2.1) hamurun iki katmanının ortasında yer aldığı örnek, C-wax B ile enkapsüle edilen tuz (%2.1) kullanılan örnek, D-karıştırma işlemi sırasında %1.5 tuz eklenen örnek (kontrol göre %30 daha az tuz içerir) ve E-karıştırma işlemi sırasında %1.05 tuz eklenen örnek (kontrol göre %50 daha az tuz içerir) hazırlanıp duyusal analiz uygulanmıştır. Panelistlere göre B ve C hamuru kontrol olarak hazırlanan A hamurundan daha tuzlu bulunmuştur. Bu durum, test edilen teknolojik yaklaşımlarla tuz algısının artırılabilirliğini göstermektedir. Ayrıca, tuz miktarı %25 azaldığında hamurun reolojik özelliklerinde (yapışkanlık, glutenin elastikiyetinde ve direncinde) istenmeyen bir etki oluşmadığı saptanmıştır [74].

Sodyum miktarının azaltılmasına olanak tanıyan bir diğer yöntem ise tuzun emülsiyon içinde enkapsülasyonudur [75]. Standart tuz kristalleri ve değişen partikül boyutlarında (500 µm, 1000 µm ve 2000 µm) enkapsüle tuz kristalleri kullanılarak farklı ekmek hamurları hazırlanmıştır. 1000-2000 µm boyutlarındaki enkapsüle tuz kristallerini kullanmak ekmekte tat kontrastları oluşturmuş ve ürünün tuzluluğunu artırmıştır. Bu sayede, ekmeğin lezzetini etkilemeden tuz miktarı %50 oranında azaltılabilmektedir. Enkapsüle edilen tuz kristallerinin boyutunun tuzluluk artışının büyüklüğünü etkilediği görülmüştür. Küçük boyuttaki enkapsüle tuzlar tuzluluk tadını çok fazla artırmazken büyük boyuttaki enkapsüle tuzlar tuzluluğu önemli şekilde artırmıştır. Bu nedenle, ekmeğin tuzluluğunu ve tüketicilerin beğenisini koruyarak maksimum sodyum azaltımı elde etmek için enkapsüle edilen tuz kristallerinin boyutlarının da optimize edilmesi gerektiği sunucuna varılmıştır. %1 büyük boyutta (2000 µm) enkapsüle tuz ile hazırlanan ekmeklerin %2 normal boyutta tuz ile hazırlanan ekmeklere oranla daha tuzlu olduğu saptanmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre duyusal kontrast oluşturmak tat algısını modüle eden bir teknoloji ve tüketici beğenisini ve tuzluluğu koruyarak sodyum seviyesi azaltılmış ekmek üretmek için uygulanabilecek bir strateji olarak değerlendirilmektedir [73].

Emorine ve ark. [76] tarafından sıcak servis edilen iki tip atıştırmalıkta (iki ve dört katmanlı) heterojen tuz dağılımı yapmanın tuzluluk algısına ve tüketici kabul edilebilirliğine olan etkisinin incelendiği bir çalışma yapılmıştır. İki katmanlı atıştırmalıklarda, tam faktöriyel tasarıma göre krem ve tahıl bazlı katmanlara farklı tuz seviyeleri (%0, 0.3 ve 1 (w/w)) eklenmiştir. 4 katmanlı (krem bazlı) hazırlanan atıştırmalıkların hepsi toplamda %8 tuz içerirse de tuz dağılımı belirlenen modellere göre (1 homojen ve 3 farklı heterojen dağılım) çeşitlilik göstermiştir. Tüketici panelleri her ürünün tuz

yoğunluğunu değerlendirmiştir. Her iki atıştırmalıkta, heterojen tuz dağılımına sahip örneklerde önemli bir tuzluluk artışı gözlenmiştir. İki katmanlı ürünlerde, tuz algısının krem bazlı tabakadaki tuz konsantrasyonundan daha fazla etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, dört tabakalı ürünlerde tuz algısının artması için tuz konsantrasyonları arasında büyük bir kontrast yaratılması gerektiği görülmüştür. Bu çalışmanın sonuçları, gıdalarda heterojen tuz dağılımı yapmanın ürünün tadını bozmadan sodyum azaltımı sağlamak için güçlü bir strateji olduğunu göstermiştir [76].

ABD'de pizza sodyum kaynağı sıralamasında 3. sırada yer almaktadır çünkü pizzanın sadece üst malzemesi değil pizza hamuru da önemli miktarda sodyum içermektedir. Mueller ve ark. (2016) yaptığı bir araştırmada, 6 farklı yöntem kullanarak pizza hamurları hazırlanmış ve ürünlerin duyu özellikleri panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Çalışmada, NaCl'nin %30'u yerine KCl kullanıldığı zaman hamurun tuzluluğunda bir azalma olmadığı görülmüştür. İri taneli tuz kristallerinin (0.4-1.4 mm) karıştırma işleminin bitmesine 30 saniye kala eklenmesi ya da sulu tuz solüsyonunun hamurun bir yüzeyine spre edilmesi pizza hamurunun tuzluluğunu artırmıştır. Bu iki strateji yardımıyla, hamurun lezzetini değiştirmeden %25 oranında tuz azaltımı yapılabileceği saptanmıştır [77].

## SONUÇ

İnsan vücudunun fonksiyonlarını düzgün bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için belli seviyelerde sodyuma ihtiyacı vardır ve insanların diyetle aldıkları sodyumun temel kaynağı sofraya tuzdur. Ancak günümüzde sodyum alım miktarı ihtiyacın çok üzerindedir ve bu durum çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Bu nedenle, araştırma kurumları ve gıda endüstrisiyle ortaklaşa çalışmalar yaparak gıdaların sodyum seviyesinin düşürülmesi için farklı stratejiler geliştirmiştir. Bu stratejilerin hedefine ulaşabilmesi için endüstriyel boyutta gıdalara uygulanabilir olması ve ürünlerin kalite özelliklerine zarar vermemesi gerekmektedir. Literatürde, sodyum azaltma tekniklerinin uygulandığı birçok çalışma yapılmış ve bu denemelerden bazılarının sonuçları bu derlemede sunulmuştur. Çalışmalardan da görüldüğü gibi farklı yöntemler kullanılarak ürünlerin kalite özelliklerini ve lezzetini negatif olarak etkilemeden NaCl seviyesini azaltmak mümkün olabilmektedir. Özellikle, ülkemiz gibi tuz tüketim miktarı yüksek olan toplumlarda bu tür önlemler almak hem halk sağlığını iyileştirmek hem de sağlık harcamalarına giden milyarlarca liranın tasarruf edilmesi anlamına gelmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Anonim, (2010). Global status report on noncommunicable diseases 2010. WHO Press, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- [2] Anonim, (2012). Guideline: sodium intake for adults and children. WHO Press, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- [3] He, F.J., Macgregor, G.A. (2012). Salt intake, plasma sodium, and worldwide salt reduction. *Annals of Medicine*, 44, 127-137.

- [4] Erdem, Y., Akpolat, T., Derici, Ü., Şengül, Ş., Ertürk, Ş., Ulusoy, Ş., Arıcı, M. (2017). Dietary sources of high sodium intake in Turkey: SALTURK II. *Nutrients*, 9(9), 933.
- [5] Sung Kyu Ha, M.D. (2014). Dietary salt intake and hypertension. *Electrolyte Blood Press*, 12(1), 7-18.
- [6] MacGregor, G.A., de Wardener, H.E. (1998). Salt, diet and health: Neptune's poisoned chalice; the origin of high blood pressure. Cambridge: Cambridge University Press, New York.
- [7] Kurlansky, M. (2002). Salt: a world history. Walker Publishing, New York.
- [8] Akbulut, U. (2013). Tuz, Geçmişte Altın Kadar Değerliydi. <http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2013/07/tuz.pdf> (Erişim tarihi: 22.01.2018)
- [9] He, F.J., Macgregor, G.A. (2007). Dietary salt, high blood pressure and other harmful effects on health. In Reducing salt in foods, Edited by D. Kilcast, F., Angus, F., Cambridge CB21 6AH, England, 18-53.
- [10] Gillette, M. (1985). Flavor effects of sodium chloride. *Food Technology*, 39(6), 47-52.
- [11] James, W.P., Ralph, A., Sanchez-Castillo C.P. (1987). The dominance of salt in manufactured food in the sodium intake of affluent societies, *Lancet*, 1(8530), 426-429.
- [12] Nestle, M. (2002). Food politics-how the food industry influences nutrition and health. University of California Press, London, England.
- [13] Inguglia, E.S., Zhang, Z., Tiwari, B.K., Kerry, J.P., Burgess, C.M. (2017). Salt reduction strategies in processed meat products-A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 70-78.
- [14] Breslin, P.A.S., Beauchamp, G.K. (1997). Salt enhances flavour by suppressing bitterness. *Nature*, 387, 563.
- [15] USDA (2018). USDA national nutrient database. Nutrient Data Laboratory Home Page. United States Department of Agriculture. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> (Erişim Tarihi: 02.01.2018).
- [16] Anonim, (2007). Reducing salt intake in populations: report of a WHO forum and technical meeting, WHO Press, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- [17] Szybiński, Z., Jarosz, M., Hubalewska-Dydejczyk, A., Stolarz-Skrzypek, K., Kawecka-Jaszcz, K., Traczyk I., Staś, K. (2010). Iodine-deficiency prophylaxis and the restriction of salt consumption-a 21<sup>st</sup> century challenge, *Endokrynologia Polska*, 61(1), 135-140.
- [18] Zandstra, E.H., Lion, R., Newson, R.S. (2016). Salt reduction: Moving from consumer awareness to action. *Food Quality and Preference*, 48, 376-381.
- [19] Webster, J.L., Dunford, E.K., Hawkes, C., Neal, B.C. (2011). Salt reduction initiatives around the world. *Journal of Hypertension*, 29, 1043-1050.
- [20] Brandsma, I. (2006). Reducing sodium-a European perspective. *Food Technology*, 60(3), 24-29.
- [21] European Commission Directorate-General Health and Consumers, 2013. Survey on members states' implementation of the EU salt reduction framework, [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/nutrition\\_physical\\_activity/docs/salt\\_report1\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/nutrition_physical_activity/docs/salt_report1_en.pdf).



- [22] Brown, I.J., Tzoulaki, I., Candeias, V., Elliott, P. (2009). Salt intakes around the world: implications for public health. *International Journal of Epidemiology*, 38(3), 791–813.
- [23] Trieu, K., McMahon, E., Santos, J.A., Bauman, A., Jolly, K.A., Bolam, B., Webster, J. (2017). Review of behaviour change interventions to reduce population salt intake. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 17.
- [24] Erdem, Y. (2016). Tuz Tüketimi, Vücuttaki dağılımı ve hipertansiyon patogenezindeki yeri. HT Bülteni, Yıl:3 Sayı:5.
- [25] Hizmetleri, T.S.B.T.S., Beslenme, G.M., Başkanlığı, F.A.D. (2017). Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı 2017-2021. *Baskı. Ankara, Deniz Matbaacılık*.
- [26] Chandrashekar, J., Hoon, M., Ryba, N., Zuker, C. (2006). The receptors and cells for mammalian taste. *Nature*, 444(7117), 288-294.
- [27] Batu, A. (2017). Moleküler gastronomi bakış açısıyla gıdaların tat ve aroma algıları. *Aydın Gastronomy*, 1(1), 25-36.
- [28] Anttia, 2016. Brainweb: Exploring the brain. <https://blogs.aalto.fi/brainweb/author/anttia/> (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [29] Janssen, S., Depoortere, I. (2013). Nutrient sensing in the gut: new roads to therapeutics? *Trends in endocrinology and metabolism*, 24(2), 92-100.
- [30] Cuenca, L. (2013). The Bittersweet Truth of Sweet and Bitter Taste Receptors. <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2013/the-bittersweet-truth-of-sweet-and-bitter-taste-receptors/> (Erişim Tarihi: 26.02.2018).
- [31] Karadeniz, F. (2000). Lezzet algılama mekanizması. *Gıda*, 25(5), 317-324.
- [32] Anonim, (2011). Human physiology/senses. [https://en.wikibooks.org/wiki/Human\\_Physiology/Senses](https://en.wikibooks.org/wiki/Human_Physiology/Senses) (Erişim Tarihi: 20.02.2018).
- [33] Liem, D.G., Miremadi, F., Keast, R. (2011). Reducing sodium in foods: the effect on flavor. *Nutrients*, 3(6), 694-711.
- [34] McMahon, K.A. (1999). What is the role of salt in taste? In "Tested Studies for Laboratory Teaching". Volume 20 (S.J. Karcher, Editor). Proceedings of the 20<sup>th</sup> Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE), pp. 387-389.
- [35] van der Klaauw, N.J., Smith, D.V. (1995). Taste quality profiles for fifteen organic and inorganic salts. *Physiology & Behavior*, 58(2), 295–306.
- [36] Kilcast, D., den Ridder, C. (2007). Sensory issues in reducing salt in food products. In *Reducing Salt in Foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus F, Cambridge CB21 6AH, England, 201-220.
- [37] Man, CMD. (2007). Technological functions of salt in food products. In *Reducing Salt in Foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus F, Cambridge CB21 6AH, England, 157-173.
- [38] Keast, R., Breslin, P. (2002). Modifying the bitterness of selected oral pharmaceuticals with cation and anion series of salts. *Pharmaceutical Research*, 19, 1019–1026.
- [39] Keast, R., Breslin, P. (2003). An overview of binary taste-taste interactions. *Food Quality Preference*, 14, 111–124.
- [40] Dotsch, M., Busch, J., Batenburg, M., Liem, G., Tareilus, E., Mueller, R., Meijer, G. (2009). Strategies to reduce sodium consumption: A food industry perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 49: 841–851.
- [41] Doyle, M.E., Glass, K.A. (2010). Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(1), 44-56.
- [42] Cauvain, S.P. (2007). Reduced salt in bread and other baked products. In *Reducing salt in foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus, F., Cambridge CB21 6AH, England, 283-295.
- [43] Danno, G., Hosney, R.C. (1982). Effect of sodium chloride and sodium dodecyl sulfate on mixograph properties. *Cereal Chemistry*, 59(3), 202-204.
- [44] Wang, G. (2008). Effects of sodium chloride on noodle quality. *Journal of the Chinese Cereals & Oils Association*, 23(6), 184-187.
- [45] Keever, B.D. (2011). Salt concentration and species affects protein extractability and processed meat characteristics, University of Illinois at Urbana-Champaign, Yüksek Lisans Tezi, Urbana.
- [46] Guinee, T.P., Fox, P.F. (2004). Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. In: Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP, editors. *Cheese: chemistry, physics, and microbiology*, 3rd edn. London: Elsevier Academic Press.
- [47] Guinee, T.P., O'Kennedy, B.T. (2007). Reducing salt in cheese and dairy spreads. In: Kilcrest D, Angus F, editors. *Reducing salt in foods*. Cambridge, England: Woodhead Publishing limited.
- [48] İrkin, R., 2017. Farklı tuz konsantrasyonlarının beyaz peynirlerdeki starter kültür bakterilerinin canlılıklarına etkisi. *Akademik Gıda*, 15(3), 308-314.
- [49] Shu, L., Obagbemi, I.J., Liyanaarachchi, S., Navaratna, D., Parthasarathy, R., Aim, R.B., Jegatheesan, V. (2016). Why does pH increase with CaCl<sub>2</sub> as draw solution during forward osmosis filtration? *Process Safety and Environmental Protection*, 104, 465-471.
- [50] Betts, G., Everis, L., Betts, R. (2007). Microbial issues in reducing salt in food products. In *Reducing Salt in Foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus F, Cambridge CB21 6AH, England, 174-200.
- [51] Durack, E., Alonso-Gomez, M., Wilkinson, M.G. (2008). Salt: A review of its role in food science and public health. *Current Nutrition & Food Science*, 4(4), 290-297.
- [52] Leistner, L., Gorris, L.G.M. (1995). Food preservation by hurdle technology. *Trends Food Science Technology*, 6, 41-44.
- [53] Israr, T., Rakha, A., Sohail, M., Rashid, S., Shedzad, A. (2016). Salt reduction in baked products: strategies and constraints. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 98-105.

- [54] Ekmekçi, M. (2012). Tuzu Azaltılmış Pastırma Üretiminde Potasyum Klorür ve Kalsiyum Klorür Kullanımının Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 77.
- [55] Doyle, M.E. (2008). Sodium reduction and its effects on food safety, food quality, and human health. *FRI BRIEFINGS*, 1-12.
- [56] Antúnez, L., Giménez, A., Ares, G. (2016). A consumer-based approach to salt reduction: Case study with bread. *Food Research International*, 90, 66-72.
- [57] Bobowski, N., Rendahl, A., Vickers, Z. (2015). A longitudinal comparison of two salt reduction strategies: acceptability of a low sodium food depends on the consumer. *Food Quality and Preference*, 40, 270-278.
- [58] Brinsden, H.C., He, F.J., Jenner, K.H., MacGregor, G.A. (2013). Surveys of the salt content in UK bread: progress made and further reductions possible. *BMJ open*, 3(6).
- [59] Karanja, N., Lancaster, K.J., Vollmer, W.M., Lin, P.H., Most, M.M., Ard, J.D. (2007). Acceptability of sodium-reduced research diets, including the dietary approaches to stop hypertension diet, among adults with prehypertension and stage 1 hypertension. *Journal of the American Dietetic Association*, 107, 1530-1538.
- [60] Şimşek, D. (2016). Sucuk üretiminde farklı klorür tuzlarının kullanım imkanları. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 78.
- [61] Lee, G.H. (2011). A salt substitute with low sodium content from plant aqueous extracts. *Food Research International*, 44, 537-543.
- [62] Leong, J., Kasamatsu, C., Ong, E., Hoi, J.T., Loong, M.N. (2015). A study on sensory properties of sodium reduction and replacement in Asian food using difference-from-control test. *Food Science & Nutrition*, 4(3), 469-478.
- [63] Guerrero, A., Kwon, S.S.Y., Vadehra, D.V. (1995). Compositions to enhanced taste of salt used in reduced amounts. US Patent 5711985: United States.
- [64] Waimaleongora-Ek, P. (2006). Sensory characteristics of salt substitute containing L-arginine. LSU Master's Theses. 762. [https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool\\_theses/762](https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/762)
- [65] Kremer, S., Mojet, J., Shimojo, R. (2009). Salt reduction in foods using naturally brewed soy sauce. *Journal of Food Science*, 74, 255-262.
- [66] Charlton, K.E., Macgregor, E., Vorster, N., Levitt, N.S., Steyn, K. (2007). Partial replacement of NaCl can be achieved with potassium, magnesium and calcium salts in brown bread. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 1-14.
- [67] Cruz, A.G., Faria, J.A.F., Saad, S.M.I., Bolini, H.M.A., Sant'Ana, A.S., Cristianini, M. (2010). High pressure processing and pulsed electric fields: potential use in probiotic dairy foods processing. *Trends in Food Science and Technology*, 21(10), 483-493.
- [68] Clariana, M., Guerrero, L., Sárraga, C., Díaz, I., Valero, A., García-Regueiro, J.A. (2011). Influence of high pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. Effects along the storage period. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(4), 456-465.
- [69] Alarcon-Rojo, A.D., Janacua, H., Rodriguez, J.C., Paniwnyk, L., Mason, T.J. (2015). Power ultrasound in meat processing. *Meat Science* 107: 86-93.
- [70] Tamm, A., Bolumar, T., Bajovic, B., Toepfl, S. (2016). Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high pressure treatment and the salt replacer KCl. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 294-302.
- [71] Ozturk, M., Govindasamy-Lucey, S., Jaeggi, J.J., Johnson, M.E., Lucey, J.A. (2013). The influence of high hydrostatic pressure on regular, reduced, low and no salt added Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 33(2), 175-183.
- [72] Cargill Salt, (2001). Wow-alberger brand salt. Product Brochure.
- [73] Noort, M., Bult, J., Stieger, M. (2012). Saltiness enhancement by taste contrast in bread prepared with encapsulated salt. *Journal of Cereal Science*, 55, 218-225.
- [74] Diler, G., Le-Bail, A., Chevallier, S. (2016). Salt reduction in sheeted dough: A successful technological approach. *Food Research International*, 88, 10-15.
- [75] Yaparel, C. (2016). Sodyumu azaltılmış mahlepli (*Prunus mahaleb* L.) buğday ekmeği üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- [76] Emorine, M., Septier, C., Thomas-Danguin, T., Salles, C. (2013). Heterogeneous salt distribution in hot snacks enhances saltiness without loss of acceptability. *Food Research International* 51: 641-647.
- [77] Mueller, E., Koehler, P., Scherf, K.A. (2016). Applicability of salt reduction strategies in pizza crust. *Food Chemistry*, 192, 1116-1123.

## Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları

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

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

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

### Hızlandırılmış Makale Basımı

Dergide "yayımlanmak üzere kabul edilen makalelerin", derginin takip eden ilk sayısında yayımlanmasını talep eden yazar(lar)ın yayıncı kuruluşa makale başına 750 TL ücret ödemesi gerekmektedir. Bu durum hızlandırılmış basım talebi olmayan makaleler için geçerli olmayıp, Akademik Gıda dergisinde makale basımı için yazar(lar)dan herhangi bir ücret talep edilmemektedir.

### Çalışmaların Hazırlanması

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

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

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

4. Ana metin 9.5 punto Arial olarak hazırlanmalıdır.

5. Çalışma başlıca şu kısımlardan oluşmalıdır: Başlık, Yazar İsimleri, Adresleri, İletişim Bilgileri, Yazışmalardan Sorumlu Yazarın E-posta adresi, Öz, Abstract, Ana Metin (Giriş, Materyal ve Metot, Bulgular ve Tartışma, Sonuç), Teşekkür (gerekliyse), Kısaltmalar (gerekliyse), Kaynaklar.

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

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

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

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

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

11. Kaynaklar kısmı APA yazım stili kullanılarak hazırlanmalıdır. Kaynakların yazımında aşağıdaki örnek yazım biçimleri kullanılmalı ve makalelerin yayınlandığı dergi isimleri kısaltma kullanılmadan ve italik olarak yazılmalıdır. Web adreslerine atıf 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 en geç bir ay içerisinde yayın ofisine ulaştırılması gereklidir. Bu süre zarfında gönderilmeyen çalışmalar "ilk defa gönderilmiş çalışma" olarak değerlendirilecektir.

13. Yukarıdaki kurallara uygun olarak hazırlanmamış çalışmalar değerlendirmeye alınmaz.

## Guidelines to Authors

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

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

- Authors must specify the type of the manuscript (research articles, review articles, research briefs, mini-review articles, comments and letters to the editor).
- Authors should provide at least 3 potential referees and their contact information (mailing address, e-mail address and phone number).
- Manuscripts to be submitted should be free from any spelling or grammatical error.
- Authors must guarantee that the submitted manuscript is not published anywhere previously and will not be submitted to anywhere before the editorial board makes a final decision on the manuscript.
- Authors are responsible from the originality of the study and all kinds of ethical issues related to their study.
- 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.

### Accelerated publication of an article

Articles accepted for publication can be published in the first coming issue of the journal at the charge of €200 per manuscript if the authors request accelerated publication.

### 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 via e-mail within a month.

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



# KANSERDEN KORUNMADA GIDALAR ve BESLENME



**SİDAS MEDYA**

[sidasmedya@gmail.com](mailto:sidasmedya@gmail.com) • [www.gidakitaplari.com](http://www.gidakitaplari.com)

# Sektörel Yayıncılıkta Çağdaş Yaklaşım...



**SİDAS MEDYA**

Fevzipaşa Bulvarı Çelik İş Merkezi No:162/302 Çankaya - İZMİR  
Tel: +90 232 441 60 01 Fax: +90 232 441 61 06

[www.foodsektor.com](http://www.foodsektor.com)

[info@foodsektor.com](mailto:info@foodsektor.com)



## Rehydration Kinetics of Sun-Dried Eggplants (*Solanum melongena* L.) at Different Temperatures

Engin Demiray , Yahya Tulek 

Pamukkale University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Denizli

Received (Geliş Tarihi): 24.08.2017, Accepted (Kabul Tarihi): 15.08.2018

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [edemiray@pau.edu.tr](mailto:edemiray@pau.edu.tr) (E. Demiray)

☎ 0 258 296 30 90 📠 0 258 296 32 62

### ABSTRACT

In this study, sun-dried eggplant samples were rehydrated at three different rehydration water temperatures (25, 35 and 45°C) and the effect of rehydration kinetics were determined. Four different models were used to model the rehydration behaviors of sun-dried eggplants, and non-linear regression analysis were performed to obtain the model that gives the best fit to experimental data. The coefficients of models were calculated. According to regression analysis, Peleg model gave a better fit for all rehydration conditions applied. Additionally, the effective diffusivities were between  $3.21 \times 10^{-8}$  and  $4.06 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . Rehydration water temperature influenced rehydration rates, and moisture uptake of samples was faster at high temperatures.

**Keywords:** Eggplant, Sun drying, Rehydration, Kinetics, Peleg model

### Güneşte Kurutulmuş Patlıcanların (*Solanum melongena* L.) Farklı Sıcaklıklardaki Rehidrasyon Kinetiği

#### ÖZ

Çalışmada, güneşte kurutulmuş patlıcan örneklerinin rehidrasyonunda, üç farklı rehidrasyon suyu sıcaklığının (25, 35 ve 45°C) rehidrasyon kinetiğine etkisi incelenmiştir. Dört farklı modelle, rehidrasyonda elde edilen deneysel sonuçların uygunluğu doğrusal olmayan regresyon analizi uygulanarak karşılaştırılmış ve modellere ait katsayılar hesaplanmıştır. Deneysel sonuçlara en iyi uyum gösteren modelin Peleg modeli olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca efektif difüzyon katsayıları da belirlenmiş ve  $3.21 \times 10^{-8}$ -  $4.06 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  değerleri arasında hesaplanmıştır. Yüksek sıcaklıkta yapılan rehidrasyon işleminde nem kazanımının daha hızlı olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Patlıcan, Güneşte kurutma, Rehidrasyon, Kinetik, Peleg modeli

### INTRODUCTION

Eggplant (*Solanum melongena* L.) is a member of the Solanaceae family. Eggplant is an economically and nutritionally important crop like other solanaceous vegetables such as tomato, potato and pepper. The three cultivated species are annuals and perennials in temperate and humid tropic conditions, respectively, and have wide environmental adaptation. Eggplant is mostly produced and widely used in Asia and Africa; in

addition, it is also produced and used in Europe and America [1]. Eggplant is a good source of minerals and vitamins and can be compared with tomato in terms of total nutritional value [2, 3]. Eggplants have many ingredients such as fat, water, carbohydrate, water soluble sugar, amid protein and phenolic compounds that are beneficial for human health. Its fresh weight consists of 92.7% moisture, 4% carbohydrates and vitamins, 1.4% protein, 1.3% fiber, 0.3% fat, and 0.3% minerals [4]. It provides relevant quantities of P, K, and

Cu to the diet, with global mean values of 26.6 mg, 198.5 mg, and 0.062 mg per 100 g of fresh weight of these minerals, respectively [5]. Eggplant has a very limited shelf life for freshness, and loses water and quality when field heat is not removed quickly. Therefore, it can be preserved in some ways to extend its shelf life such as refrigeration, modified atmosphere and freezing [6, 7]. Drying is a possible method of processing eggplant, avoiding further deterioration. Dried eggplant is a valuable ingredient in different kinds of meals.

Drying is one of the oldest methods of food preservation. It is also a classical method of food preservation, which provides longer shelf-life, lighter weight for transportation and smaller space for storage [8]. Sun-drying is still one of the most widely used method but also so many types of drying systems and dryers have been developed to increase quality and energy efficiency [9, 10].

Dried fruits and vegetables are generally rehydrated before being consumed. Especially many of dried vegetables are consumed after rehydration process. Rehydration is the process of regaining water to the dried products. With rehydration, water is absorbed into the tissue and consequently the product mass is increased. But also a mass is transferred from the product into the water used for rehydration. During rehydration of the dried fruits and vegetables, while the product gains water from the rehydration medium, also components such as sugar, acid, vitamins and minerals may be transferred into the rehydration medium. Factors such as the drying method and conditions applied on the product, chemical and physical structure of the product, temperature of the water used for rehydration affect the properties of rehydration [11]. While water gaining in the dried product takes place quickly at the beginning of the rehydration, the rehydration rate decreases as the moisture content value of the product gets close to the equilibrium moisture content value [12].

Mathematical models are important in the design and optimization of drying and rehydration processes. With the mathematical model, optimal conditions for drying or rehydrating the food can be determined. Geometrical shape and structure of the food should be considered while modeling. By using mathematical models in design of the drying and rehydration processes, a significant energy saving is provided and loss of time is prevented [13]. Fick's II Law is used for creation of mathematical models. Peleg model, Weibull model, the first order model and exponential model are widely used in the literature for modeling the rehydration process [14, 15].

In this study, sun-dried eggplants were rehydrated at different temperatures and rehydration kinetics were determined by testing four different rehydration models (Peleg model, Weibull model, Exponential model and the first order model). Also, effective diffusivities for each rehydration temperature are calculated.

## MATERIAL and METHODS

### Material

Sun-dried eggplant samples to be rehydrated in the study were obtained from an herbalist in Denizli province. Dried eggplant samples were brought to the department lab in polyethylene bags and stored in such bags at room temperature until the rehydration process. Before beginning the rehydration process, moisture content of dried eggplant samples was determined according to AOAC method by being dried in a vacuum oven (JSR, JSVO-60T, South Korea) at 70°C for 24 hours [16]. Average moisture content of the samples was calculated as 0.073 kg water per kg dry matter.

### Methods

#### Rehydration

Rehydration processes were performed at three different water temperatures including 25, 35 and 45°C. A water bath was used for rehydration process. 30 minutes before beginning the rehydration process, temperature of water bath (WB-11 Model, Wisd Laboratory Instruments, Wertheim, Germany) was set to the rehydration temperature. Then, 150 mL distilled water was added into a 250 mL glass container and temperature of the water in the glass container was checked by a thermometer to be at the required operating temperature. After rehydration water reached the desired temperature value, the stringed dried eggplant samples were removed from the string, weighted to be  $5 \pm 0.11$  g and placed in a glass container in the water bath. Rehydration processes continued for 24 hours and during this process, samples were taken out from the glass container per every 30 minutes in the first 6 hours and the increase in the weight was measured with a digital balance with 0.01 g precision (TP-3002 model, Denver Instruments, Gottingen, Germany). Before weighing operation, excess water on sample surfaces was wiped with filter paper. Rehydration processes were performed in triplicates.

#### Rehydration Kinetics Modeling

During rehydration of sun-dried eggplants at different temperatures, rehydration models widely used in literature and given in Table 1 were used depending on the time, in order to determine the model that best expresses the moisture content.

Among these models, Peleg model has two parameters and used in rehydration of many dried foods [18, 20, 21]. In the equation of Peleg model,  $M_0$  is the initial moisture content of non-rehydrated sample (kg water per kg dry matter),  $M$  represents the moisture content of sample in the  $t$  time of rehydration (kg water per kg dry matter),  $t$  is the rehydration time (min.),  $k_1$  is the Peleg rate constant (min. (kg water per kg dry matter)) and  $k_2$  is the Peleg capacity constant (kg water per kg dry matter).

Table 1. Rehydration models used in the study

Models	Model Equations	References
Peleg	$M = M_0 + \frac{t}{k_1 + k_2 t}$	[17]
Weibull	$M = M_e + (M_0 - M_e) \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right]$	[18]
Exponential	$M = M_e [1 - \exp(-Ht)]$	[19]
First-order	$M = M_e + (M_0 - M_e) \exp(-Kt)$	[15]

Examining the studies in literature, many researchers stated that the model describing rehydration curves of the foods dried in various ways is the Weibull model [22, 23]. In the equation for Weibull model given in Table 1,  $M_0$  represents the initial moisture content of non-rehydrated sample,  $M$  is the moisture content of sample in the  $t$  time of rehydration,  $M_e$  is the equilibrium moisture content is given by equation 5.  $t$  is the rehydration time,  $\alpha$  is the shape parameter of Weibull model and  $\beta$  is the speed parameter of Weibull model.

$$M_e = M_0 + \frac{1}{k_2} \quad (5)$$

$H$  value in the equation of Exponential model is the rehydration kinetics constant ( $\text{min}^{-1}$ ) for the model and  $K$  value in the equation of First-order model is the rehydration kinetics constant ( $\text{min}^{-1}$ ) for the model.

### Calculating the Effective Diffusivities during Rehydration

Diffusion of water during drying of foods and rehydration of dried foods is a complex phenomenon. While a quick mass transfer is concerned at the beginning of rehydration and drying processes, the transfer rate

$$\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2}{4} \pi^2 \frac{D_{eff}}{L^2} t\right) \quad (6)$$

Where;  $D_{eff}$  represents the effective diffusivity ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ),  $M$  is the moisture content at any time  $t$ , (kg water per kg dry matter),  $M_0$  is the initial moisture content of non-rehydrated sample (kg water per kg dry matter),  $M_e$  is the equilibrium moisture content (kg water per kg dry matter),  $t$  is the rehydration time (min) and  $L$  is the half of thickness (m) of the food to be rehydrated. The value of the half-thickness ( $L$ ) is 5 mm.

The graphics for changes in dimensionless moisture values of dried eggplant samples rehydrated in water at three different temperatures were drawn in a way to have semi-logarithmic coordinates and slope ( $k$ ) values were calculated using the Equation (7).

In the study, effective diffusivities for rehydration process performed at three different temperatures were derived using calculated slopes.

decreases towards the end of the processes. Thereby diffusion of the water decreases [24, 25].

During rehydration, effective diffusivities ( $D_{eff}$ ) are calculated by 2nd Fick's law, depending on the temperature [25, 26]. While using this law, calculations are made by some assumptions. Assumptions made during rehydration process are as follows; (i) initial moisture content is uniform in dried food material. (ii) Volume and shape changes are negligible during rehydration. (iii) Moisture uptake through food surface begins with immersing food into rehydration water. (iv) external resistances to mass and heat transfer are negligible. (v) Effective diffusivity coefficient is constant during rehydration. (vi) During rehydration, it was accepted that the thickness of samples did not change. [27]. Accordingly, during rehydration of sun-dried eggplant at different temperatures, specified assumptions were made in order to calculate the effective diffusivities and the equation (6) is used because of it is shape similar to a thin plate. Indeed, in the study by Wu et al. [28], the same equation was used for calculation of effective diffusivities by the dimensionless moisture ratio, during drying the eggplants with vacuum drying under 2.5, 5 and 10 kPa absolute pressure and at 30, 40 and 50 °C.

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

### Statistical Analysis

Compatibility of rehydration models used in the study with experimental data was determined by nonlinear regression analysis using Microsoft Excel (Microsoft Office, version 2013). As the compatibility indicators, determination coefficient ( $R^2$ ) being close to 1 was taken into consideration, and also compatibility was presumed to increase by the root mean square error ( $RMSE$ ) and the low chi-square ( $\chi^2$ ) values.  $RMSE$  and  $\chi^2$  values were calculated using Equation 8 and Equation 9.

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_{exp,i} - M_{c,i})^2 \right]^{1/2} \quad (8)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (M_{exp,i} - M_{c,i})^2}{N - z} \quad (9)$$

where,  $M_{exp,i}$  experimental moisture content (kg water per kg dry matter),  $M_{c,i}$  calculated moisture content (kg water per kg dry matter),  $N$  is number of experimental data points and  $z$  is number of constant in model. The higher values of  $R^2$  and the lower values of  $\chi^2$  and  $RMSE$  are chosen as the criteria for goodness of fit.

## RESULTS and DISCUSSION

### Effect of Temperature on Rehydration of Sun-Dried Eggplants

Sun-dried eggplant samples were rehydrated in water at 25, 35 and 45°C. The samples gained water during rehydration process. In rehydration process for 24 hours, moisture content of samples increased to an average value of  $5.342 \pm 0.70$  kg water per kg dry matter from the value of 0.073 kg water per kg dry matter. Figure 1 shows the graph indicating changes in weights of samples by time.

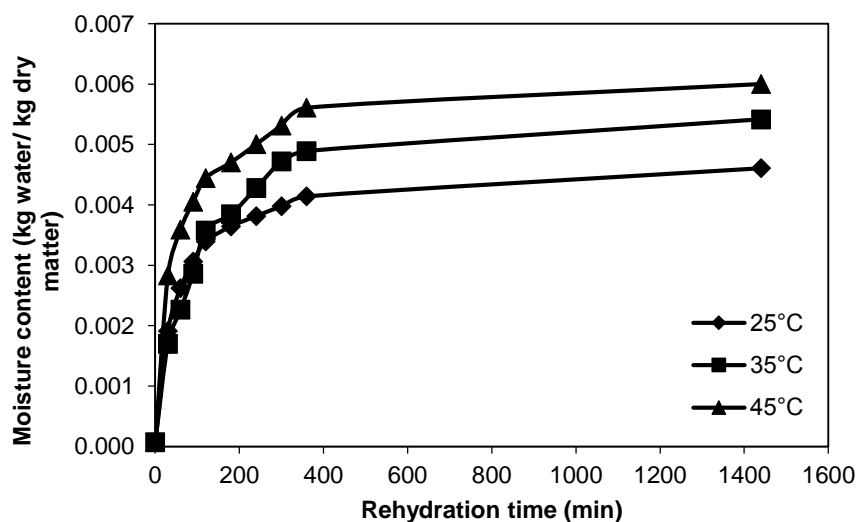


Figure 1. Changes in moisture content of dried eggplants rehydrated at different temperatures by rehydration time

It was determined that the temperature of water used during rehydration affects water gain of samples. Thus, as seen in the Figure 2, it was observed that rehydration rate increased by the increase in temperature of rehydration water. Also, while rehydration rate was higher at the beginning of all the rehydration processes, it is decreases towards the end of the processes. A similar situation can be found in several studies in the literature. For example, Singh *et al.* [29] sliced sweet potato samples at a thickness of  $8 \pm 0.3$  mm and after some pretreatments, they dried them by convective drying method at 50, 55 and 60°C. Then they rehydrated the dried sweet potato slices in pure water with temperatures of 25, 40 and 80°C. They found that the weight of the samples increased quickly at the beginning of rehydration process. They also determined that the rehydration process performed at 80°C was more rapid than one at 25°C. Doymaz [30] also achieved similar results in his study in which rehydration properties of carrot slices dried with convective method were analyzed.

### Modeling for Rehydration Kinetics

Rehydration processes of eggplant samples were continued for 24 hours in each temperature. The weight change data obtained throughout the rehydration was used on the rehydration kinetics modeling given in Table 1.

Coefficients for each model were determined by modeling studies performed using Microsoft Excel program. In addition, statistical parameters for the models were calculated and the rehydration model which best fits the experimental data was determined. The coefficients for rehydration models and the statistical parameters were given in Table 2. The determination coefficient ( $R^2$ ) is an important parameter in determining the most appropriate statistical model. In addition to  $R^2$ , the chi-square ( $\chi^2$ ) and  $RMSE$  values calculated for each model also helped identification of the most appropriate rehydration model. As a result of the studies, the model with maximum  $R^2$  value and minimum  $\chi^2$  and  $RMSE$  values was stated as the most appropriate model.

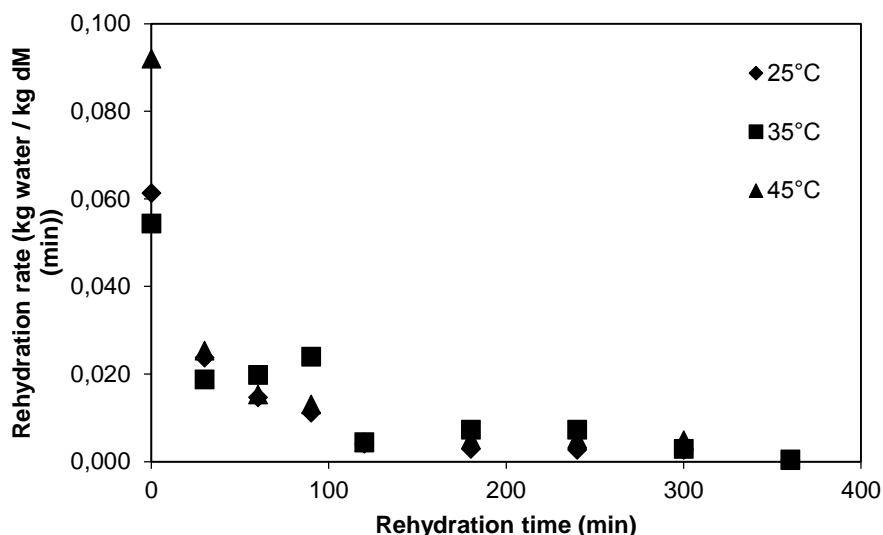


Figure 2. Changes in rehydration rates of dried eggplants rehydrated at different temperatures by rehydration time

Table 2. Estimated parameters and statistical analysis of the models at different rehydration temperatures for sun-dried eggplants

Model	Temperature (°C)	Model Parameters		Statistical Parameters		
		$k_1$	$k_2$	RMSE	$\chi^2$	$R^2$
Peleg's	25	10.177±0.05	0.2206±0.002	0.050913	0.003240	0.9993
	35	16.036±0.07	0.1652±0.005	0.110996	0.015400	0.9924
	45	7.449±0.03	0.1653±0.007	0.057553	0.004141	0.9958
Weibull		$\beta$	$\alpha$	RMSE	$\chi^2$	$R^2$
	25	0.0118±0.0001	0.5726±0.001	0.012374	0.000204	0.9912
	35	0.0056±0.0002	0.6682±0.003	1.141270	1.736664	0.9897
	45	0.0127±0.0004	0.5305±0.002	0.227688	0.069123	0.9867
First-order rehydration kinetic		$K$		RMSE	$\chi^2$	$R^2$
	25	0.0072±0.0006		1.109959	1.368900	0.6593
	35	0.0050±0.0004		1.760756	3.444736	0.8675
	45	0.0074±0.0003		1.648179	3.018327	0.7118
Exponential		$H$		RMSE	$\chi^2$	$R^2$
	25	0.0073±0.0008		1.271378	1.271378	0.6418
	35	0.0050±0.0005		1.035911	1.226414	0.8572
	45	0.0074±0.0004		1.707309	3.331320	0.6999

Based on the data obtained by modeling, as seen in Table 2, Peleg model was determined to have the maximum  $R^2$  value and minimum  $\chi^2$  and RMSE values. It was determined that Peleg better represents the increase in moisture content values determined experimentally during rehydration process with high prediction ability, in all rehydration conditions. Coherence of the experimentally obtained moisture content values for different temperatures with the moisture content values calculated by Peleg model are shown in the graphs in Figure 3.

Examining the studies on rehydration kinetics in the literature, it is observed that obtained results are similar to the results obtained by our study. Planinic *et al.* [21]

dried sliced carrot in a fluid bed dryer at different temperatures (60, 70, 80 and 90°C) and rehydrated at room temperature. They have stated that the Peleg model was more successful to represent the rehydration results. Dadali *et al.* [20] dried spinach by microwave method, rehydrated in water at different temperatures and determined that Peleg model was the one appropriate to their working conditions. Moreira *et al.* [31] cut chestnut in dimension of 10×10×15 mm and dried in a convective dryer at 65°C. Then, they rehydrated the chestnuts at four different temperatures (25, 45, 70 and 100°C). They have stated that the results obtained by Peleg rehydration model fit well enough with the experimental data.

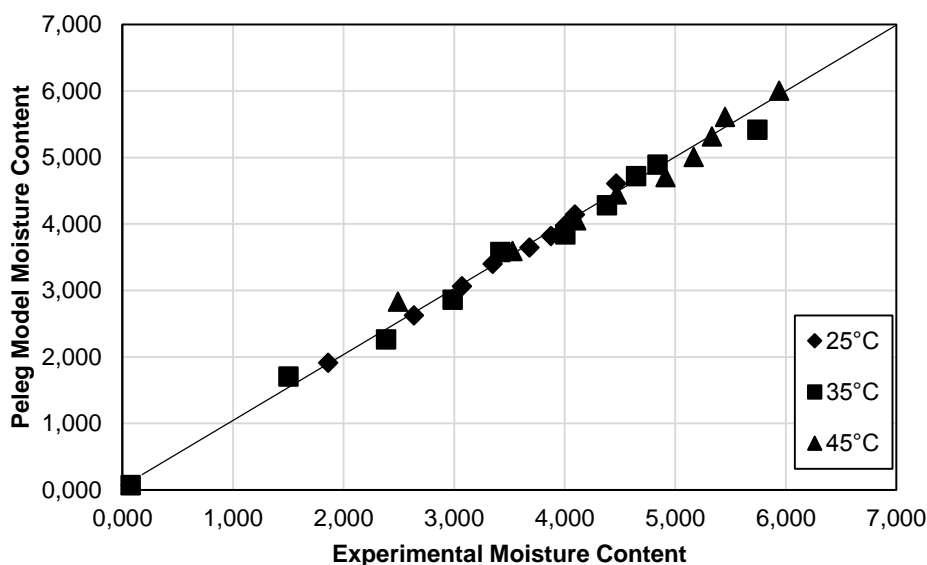


Figure 3. Coherence of experimentally moisture content values with moisture content values by Peleg model

### Effective Moisture Diffusivity during Rehydration

In order to calculate the effective moisture diffusivity of sun-dried eggplants during rehydration in water at three different temperatures, changes in dimensionless moisture values by time were drawn in a way to have semi-logarithmic coordinates. Effective diffusivities were calculated by using the obtained slope and shown in Table 3.

Table 3. Calculated effective diffusivities for different rehydration temperatures

Rehydration temperature (°C)	Effective diffusivity ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ )
25	$3.21 \times 10^{-8}$
35	$3.72 \times 10^{-8}$
45	$4.06 \times 10^{-8}$

According to the results in Table 3, water gaining of samples increased with an increase in the temperature of water used in rehydration process, thus the effective diffusivities also increased. In literature, examining the studies about rehydration of the dried fruits and vegetables, similar results were found. Indeed, Maldonado *et al.* [27] found effective diffusivity values for mango of  $1.24 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  (25°C) and  $1.60 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  (40°C). In another study, Falade and Abbo [32], dried date palm (*Phoenix dactylifera* L.) samples at temperatures between 50-80°C with hot air method and rehydrated the dried date palm samples at three different temperatures (15, 30 and 45°C). At the end of the rehydration process, they have stated that the effective diffusivities increase by the increase in the temperature of rehydration water and calculated the effective diffusivities respectively as  $1.80 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ,  $4.74 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  and  $1.15 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ .

### CONCLUSION

Following results were obtained in this study which analyzes the effect of using water at three different temperatures (25, 35 and 45°C) on rehydration kinetics of sun dried eggplants.




- It was determined that dried eggplant samples gained humidity more rapidly with the increase in temperature of the rehydration water. The increase in kinetic energy of the water molecules with the increase in temperature of the rehydration water could be stated as the reason for acceleration in water diffusion into the samples.
- When coherence of the experimental data obtained during the rehydration process with the models in literature, Peleg model had higher  $R^2$  and lower  $\chi^2$  and  $RMSE$  values compared to the other models. Therefore, Peleg model was the best model defining the rehydration kinetics of dried eggplant samples.

### REFERENCES

- [1] Daunay, M.C., Lester, R.N., Gebhardt, C., Hennart, J.W., Jahn, M., Frary, A., Doganlar, S. (2000). Genetic resources of eggplant (*Solanum melongena* L.) and allied species: a new challenge for molecular geneticists and eggplant breeders. *International Conference on the Status of Plant and Animal Genome Research*, January 09-12, 2000, San Diego, USA, Plant and Animal Genome 8. Final abstracts guide, 42p.
- [2] Kalloo, G. (1993). Eggplant *Solanum melongena* L. In *Genetic Improvement of Vegetable Crops*, Edited by G. Kalloo and B.O. Bergh, Pergamon Press, Oxford, 587-604p.
- [3] Singh, M., Kumar, R. (2007). Eggplant (*Solanum melongena* L.). In *Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement*,

- Edited by R.J. Singh, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 473-495p.
- [4] Khan, R. (1979). *Solanum melongena* and its ancestral forms. In *The Biology and Taxonomy of the Solanaceae*, Edited by J.C. Hawkes, R. N. Lester, A.D. Skelding, Academic Press, London, England, 629-636p.
- [5] Raigón, M.D., Prohens, J., Munoz-Falcon, J. E., Nuez, F. (2008). Comparison of eggplant landraces and commercial varieties for fruit content of phenolics, minerals, dry matter and protein. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 370-376.
- [6] Arvanitoyannis, I.S., Khah, E.M., Cristakou, C., Bletsos, F.A. (2005). Effect of grafting and modified atmosphere packaging on eggplant quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 311-322.
- [7] Concellon, A., Anon, M.C., Chaves, A.R. (2004). Characterization and changes in polyphenol oxidase from eggplant fruit (*Solanum melongena* L.) during storage at low temperature. *Food Chemistry*, 88, 17-24.
- [8] Lewicki, P.P. (2006). Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 153-163.
- [9] Doymaz, I. (2004). Effect of pre-treatments using potassium metabisulphide and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots. *Biosystem Engineering*, 89, 281-287.
- [10] Hammouda, I., Mihoubi, D. (2014). Comparative numerical study of kaolin clay with three drying methods: Convective, convective-microwave and convective infrared modes, *Energy Conversion and Management*, 87, 832-839.
- [11] Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 177-182.
- [12] Lee, K., Farid Nguang, S. (2006). The mathematical modelling of the rehydration characteristics of fruits. *Journal of Food Engineering*, 72, 16-23.
- [13] Krokida, M. K., Marinou-Kouris, D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 57, 1-7.
- [14] Demiray, E., Tulek, Y. (2016). Güneşte kurutulmuş bamyaların rehidrasyon kinetiği. *Akademik Gıda*, 14(4), 368-374.
- [15] Apar Kılıç, D., Demirhan, E., Ozbek, B., Dadalı, G. (2009). Rehydration kinetics of microwave-dried okras as affected by drying conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33, 618-634.
- [16] AOAC (1990). *Official Methods of Analysis*, 15th Ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- [17] Peleg, M. (1988). An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*, 53, 1216-1217.
- [18] Goula, M.A., Adamopoulos, G.K. (2009). Modeling the rehydration process of dried tomato. *Drying Technology*, 27, 1078-1088.
- [19] Kaptso, K.G., Njintang, Y.N., Komnek, A.E., Hounhouigan, J., Scher, J., Mbofung, C.M.F. (2008). Physical properties and rehydration kinetics of two varieties of cowpea (*Vigna unguiculata*) and Bambara groundnuts (*Voandzeia subterranean*) seeds. *Journal of Food Engineering*, 86, 91-99.
- [20] Dadalı, G., Demirhan, E., Özbek, B. (2008). Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach. *Food and Bioprocess Technology*, 86, 235-241.
- [21] Planinic, M., Velic, D., Tomas, S., Bilic, M., Bucic, A. (2005). Modelling of drying and rehydration of carrots using Peleg's model. *European Food Research and Technology*, 221, 446-451.
- [22] Garcia-Pasqual, P., Sanjuan, N., Melis, R., Mulet, A. (2006). *Morchella esculenta* (morel) rehydration process modelling, *Journal of Food Engineering*, 72, 346-353.
- [23] Meda, L., Ratti, C. (2005). Rehydration of freeze-dried strawberries at varying temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 28, 233-246.
- [24] Resio, A.C., Aguerre, R.J., Suarez, C. (2006). Hydration kinetics of amaranth grain. *Journal of Food Engineering*, 72, 247-253.
- [25] Markowski, M., Bondaruk, J., Blaszcak, W. (2009). Rehydration behavior of vacuum-microwave-dried potato cubes. *Drying Technology*, 27, 296-305.
- [26] Kaymak-Ertekin, F. (2002). Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. *Journal of Food Science*, 67, 168-175.
- [27] Maldonado, S., Arnau, E., Bertuzzi, M.A. (2010). Effect of temperature and pretreatment on water diffusion during rehydration of dehydrated mangoes. *Journal of Food Engineering*, 96, 333-341.
- [28] Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y., Tagawa, A. (2007). Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*, 83, 422-429.
- [29] 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, 1487-1494.
- [30] Doymaz, İ. (2017). Drying kinetics, rehydration and colour characteristics of convective hot-air drying of carrot slices. *Heat and Mass Transfer*, 53, 25-35.
- [31] Moreira, R., Chenlo, F., Chaguri, L., Fernandes, C. (2008). Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration. *Journal of Food Engineering*, 86, 584-594.
- [32] Falade, O.K., Abbo, S.E. (2007). Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*, 79, 724-730.

## Effect of Prepackaging Treatments and Different Gas Composition on Physicochemical and Sensory Properties of *Hurma* Olive (*Erkence cv.*)

Erkan Susamcı<sup>1</sup> , Özlem Tuncay<sup>2</sup> , Ayşegül Yoltaş<sup>3</sup> <sup>1</sup>Department of Food Technologies, Directorate of Olive Research Institute, Izmir, Turkey<sup>2</sup>Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ege University, Izmir, Turkey<sup>3</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Ege University, Izmir, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 08.03.2018, Accepted (Kabul Tarihi): 22.06.2018

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [esusamci@hotmail.com](mailto:esusamci@hotmail.com) (E. Susamcı)

☎ 0 232 462 70 73 📠 0 232 435 70 42

### ABSTRACT

*Hurma* olive is a special olive cultivar that loses its bitter taste before harvesting, and sweetness occurs when the fruit is still on the tree. Thus, it can be directly consumed right after being harvested. Studies on the preservation of *Hurma* olive without salt have been very limited and it has not been implemented in practice yet. In this study, some quality characteristics of *Hurma* olives under different modified atmospheres were determined during storage. For this purpose, the efficacy of washing, lactic acid dip, and modified atmosphere packaging (MAP) were studied throughout 120 days at 1°C. *Hurma* olive samples were washed with tap water and dipped in lactic acid solution (0.2% w/v) for 1 minute before packaging. After the application of vacuum, samples were packaged under the atmosphere of 100% CO<sub>2</sub>, 60% CO<sub>2</sub> / 40% N<sub>2</sub>, and air combination and then stored at 1°C for 120 days. Physicochemical analyses such as acidity, reduced sugar, bitterness, color (CIE L\*, a\*, b\*) and dry matter contents along with sensory analyses were carried out at regular intervals throughout the storage period. Insignificant differences were determined among washed and unwashed *Hurma* olives in terms of their physicochemical parameters whereas unwashed olive samples retained sensory characteristics better and preferred more by sensory panelists than washed counterparts. Washed and vacuum packaged samples had more undesired values in terms of the sensory characteristics studied.

**Keywords:** *Hurma* olive, Erkence, Modified atmosphere packaging, De-bittering, Sensory

### *Hurma* Zeytinin (*Erkence cv.*) Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerinde Paketleme Öncesi Uygulamaların ve Farklı Gaz Kompozisyonlarının Etkisi

#### ÖZ

*Hurma* zeytin, meyve ağaç üzerindeyken acılığını kaybeden özel bir zeytindir. Hasattan sonra doğrudan tüketilebilir. *Hurma* zeytinin tuzsuz olarak muhafazasına yönelik çalışmalar çok sınırlı kalmış ve hayata geçirilememiştir. Bu çalışmada, depolama boyunca *Hurma* zeytinin bazı kalite özellikleri araştırılmış ve farklı gaz kompozisyonları bu zeytinde ilk defa denenmiştir. Bu amaçla 1°C'de 120 gün depolama sırasında yıkama, laktik aside daldırma ve modifiye atmosfer paketlemenin etkinliği incelenmiştir. Zeytinler paketleme öncesinde, çeşme suyu ile yıkanmış ve 1 dakika süreyle %0.2 (w/v)'lik laktik asit çözeltisine daldırılmıştır. Zeytinler vakum uygulamasından sonra %100 CO<sub>2</sub>, %60 CO<sub>2</sub> / %40 N<sub>2</sub>, ve hava şeklindeki gazlarla paketlenildikten sonra 1°C'de 120 gün depolanmıştır. Depolama boyunca asitlik, indirgen şeker, acılık, renk (CIE L\*, a\*, b\*), kuru madde gibi fizikokimyasal analizler ile duyusal analizler yürütülmüştür. Yıkanmış ve yıkanmamış zeytinler arasında fizikokimyasal analizler açısından önemli fark bulunmazken, duyusal özellikler bakımından daha iyi sonuçlar veren yıkanmamış zeytinler panelistler tarafından daha çok tercih edilmiştir. Yıkanmış ve vakumla paketlenmiş zeytinlerin duyusal açıdan daha kötü değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Hurma* zeytin, Erkence, Modifiye atmosfer paketleme, Hurmalaşma, Duyusal



## INTRODUCTION

Olive is a fruit species that is widely cultivated in Mediterranean countries. Spain, Egypt and Turkey are known to be the leading countries in table olive production [1]. It is not possible to consume olive fruit directly because of oleuropein, which is the most abundant phenolic compound in olive fruit and is responsible for the characteristic bitterness [2]. In order to remove the bitterness of the fruit, a series of processes are necessary. Alkali treatments (sodium or potassium hydroxide) or treatments without alkali such as dry salt and brine are the applications used for the purpose of removing the bitterness in olive. Spanish Style Green Olives, Ripe Black Olives [3] are known to be produced via alkali treatment, whereas brined style Turkish and Greek black olives are the most common examples for alkali-free methods among table olive processing. These methods applied to remove the bitterness in the olive fruits generally require long periods of time, which is undesirable for the producer companies because of economic concerns. Besides, the olives processed via alkali-free treatments contain high amounts of salt as a result of the applied method. Olives belonging to *Erkençe* cultivar, which are cultivated in Karaburun peninsula in Turkey, can be directly consumed after harvesting without any further treatment, since fruits are de-bitter on the trees in this cultivar. This naturally de-bittered olives are called as “*Hurma*”. Similar varieties were reported to be seen in Greece (*Thrubolea* or *Thoruba Thassos*) [4, 5] and in Tunis (*Dhokar*) [6, 7]. According to the observations of the producers in the region, the climate characteristics of the peninsula (such as wind and dew) constitutes the main effect in the formation of *Hurma* olives. They claim that natural de-bittering needs northern winds and dew. On the other hand, an ancient Greek document mentioned about a fungus, *Phoma olea*, responsible for the formation of *Hurma* olives by breaking down the oleuropein [8]. In addition to the high amount of effective compounds in terms of human health existing in olive tree and products [9], *Hurma* olive is a substantial product for those having hyper tension, since it is not processed with salt treatments and the possible consumption of *Hurma* olives right after harvest can compensate for some of the natural nutrients needed by the human metabolism [10]. Producers only apply salt treatment to *Hurma* olives in case they cannot sell the product in a short period of time after harvest. This case causes *Hurma* olives to lose their unsalted characteristic. Sozbilen and Baysal reported that *Hurma* olives seem safe for human consumption and they recommended some practices such as good handling and preventing contamination strategies to inhibit growth of microorganisms in *Hurma* olive after maturation [11].

MAP has been applied to many food products such as fruits and vegetables in order to extend their postharvest storage, marketing and shelf-life. Oxygen, nitrogen, carbon dioxide and their combinations were reported to be the most common used gases for MAP technique [12, 13, 14]. MAP was also reported to be more effective when applied with low-temperature storage techniques [12, 13]. Before packaging, several techniques such as

acetic acid steam treatment, radiation, lactic acid/sodium lactate solution treatment, use of bacteriocin [12], surface disinfection (decontamination) [15] and after packaging gamma irradiation [16] have been carried out in order to increase the efficiency of MAP. In this study, the aim was to determine the physicochemical and sensory changes in unsalted *Hurma* olives, which were treated with surface disinfection and packaged under different gases, during the storage at  $1\pm 1^\circ\text{C}$  for 120 days. To our knowledge, this is the first use of MAP for *Hurma* olives.

## MATERIALS and METHODS

### *Hurma* Olives

Since *Hurma* olives fall off the tree spontaneously after de-bittering, the samples were harvested via collecting them from the ground. *Hurma* olives belonging to *Erkençe* cultivar, which were cultivated in Guzelbahce/Izmir (latitude  $38.317561^\circ$  N, longitude  $26.924311^\circ$  E) and fell off at the beginning of December in 2009 after de-bittered on the tree, were used as fruit material.

### Processes before Packaging

Olive samples that are damaged, partly de-bittered or not de-bittered were manually separated after harvesting. After separation, the *Hurma* olives that are going to be used for the experiment were divided into two groups. The first group of the samples were packaged without applying any washing process ( $T_0$ ). The second group was washed with tap water in order to remove the coarse dirt and mud from the sample. Then the fruit samples were immersed in 0.2% lactic acid solution for 1 minute and let to drain for 10-12 hours before packaging ( $T_1$ ).

### Packaging

All the samples weighed into polyamide polyethylene vacuum bags, and each bag contained 250 g of *Hurma* olives. The properties of the polyamide polyethylene vacuum bags used in the experiment were: thickness= $90\pm 3\mu\text{m}$ ,  $\text{O}_2$  transmission rate 30 cc/24h/ $\text{m}^2/\text{atm}$ ,  $\text{N}_2$  transmission rate 130 cc/24h/ $\text{m}^2/\text{atm}$ , and vapor transmission rate 100 g/24h/ $\text{m}^2$ . The samples were packaged using a packaging unit (Baskan Mentel, Sakarya, Turkey) under vacuum, 100%  $\text{CO}_2$ , 60%  $\text{CO}_2/40\%$   $\text{N}_2$  and normal atmosphere.

### Storage

Packed olive samples were stored at  $1\pm 1^\circ\text{C}$  for 120 days in a temperature controlled storage room in Ege University. Physicochemical and sensory measurements were carried out on fruit samples before packaging and 30-day intervals during the storage. Physicochemical analyses were carried out in triplicate, whereas sensory tests were carried out each month as one session.

## Physicochemical Analyses

### Titrateable Acidity

In order to determine the titrateable acidity of *Hurma* olives, the samples were homogenized after the removal of pits with Ultra Turrax T25 D blender (IKA®-Ultra Turrax, Germany), and 10 g of homogenized sample mixed with hot distilled water and made up to 250 mL and filtered through filter paper. 10 mL of the filtrate was titrated with 0.1 N NaOH until the pH of 8.1, and results were expressed as m/m% lactic acid according to TS 1125 ISO 750 [17].

### Reduced Sugar

According to the Luff-Scroll method, 5 g of pitted and homogenized olive sample was mixed with 5 mL Potassium Ferro cyanide (15%) and 5 mL Zinc sulfate (30%) solutions. Afterwards, the mixture was made up to volume in a 100 mL volumetric flask with distilled water and set aside for a night in a closed sample container. The sample mixture was filtered on the next day and 25 mL Luff solution was added to the filtrated solution. The solution was boiled for 10 min in a heater-condenser. Then, 10 mL Potassium iodate, 25 mL Sulfuric acid (25%) and a few drops of starch solution (5%) was added to the immediately cooled sample solution. The solution was titrated with 0.1 N Sodium thiosulfate solution until the color of the solution turned into creamy yellow. The results were calculated considering the volume of the titration solution consumed for the blank sample and the dilution carried out. Then they were expressed as m/m % [18].

### Bitterness

A 50 g sample was taken from pitted and homogenized olives. It was boiled for 5 min after adding 125 mL distilled water and then filtered under vacuum. The residue on the filter paper was washed with 125 mL of distilled water and collected in a beaker. The mixture in the beaker was boiled for 5 min and filtered. The filtrates were collected and then made up to 200 mL with distilled water. 2.5 mL of the filtrate was mixed with 1 mL gelatin (1%) solution. Then, it was made up to 25 mL with acetone and stirred. 20 mL of this solution was poured into 4 g Aluminum oxide, stirred and set aside for 2 min. After the phases were separated, the absorbance of the supernatant was measured with a spectrophotometer (UV-1700 PharmaSpec, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) at 345 nm wavelength [19].

### Color

Color measurements (CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) were carried out using Minolta CR-300 Chromameter (Japan). The device was calibrated with the standard white tile. CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values of 20 olives from each package were measured and the mean  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values used for statistical analysis.  $L^*$  represents lightness, whereas  $a^*$  represents chromaticity on a green (-) to red (+) axis and  $b^*$  states chromaticity on a blue (-) to yellow (+) axis.

## Dry Matter

Dry matter was determined by drying 5 g pitted olive samples from each package in an oven at 104°C, until constant weight was obtained. The weight of the samples was measured before and after drying with a precision of 0.0001 g. Percent dry matter was calculated and expressed as percentage of the fresh sample.

## Sensory Evaluation

Sensory evaluations were carried out according to the studies of Altug and Elmaci [20] using Numerical Grading Scales with a panel working at the Olive Research Institute (Izmir, Turkey). Sensory properties of the olive samples were evaluated in terms of hardness, taste loss (panel of 7 people) and preference (panel of 18 people). The statements and scores in the hardness scale were as follows: Very soft (1), slightly soft (2), neither soft nor hard (3), slightly hard (4), very hard (5). Besides, the statements and scores in the taste loss scale were as: excessive amount of taste loss (1), too much taste loss (2), moderate amount of taste loss (3), slight amount of taste loss (4), and no taste loss (5). The statements and scores in the preference scale were as follows: dislike (1), like slightly (2), like moderately (3), like (4), like very much (5). The samples were coded randomly with 3 digit numbers and were presented to panelists as whole fruits in white color plates at room temperature.

## Statistical Analyses

The sensory properties of olives were evaluated by a panel of seven people, whereas preference evaluation was carried out with a panel of 18 people, which were considered as replications in statistical analysis. Data were subjected to ANOVA according to a split plot design with three replicates (physicochemical properties), considering pretreatments as main plot and storage period as subplot, by SPSS v11 for Windows (SPSS Inc., USA), and significantly different means were separated by Fisher's Least Significant difference (LSD) test.

## RESULTS and DISCUSSION

### Acidity

An increase was observed in the acidity levels of both washed and unwashed samples (Table 1). Acid formation as a result of carbohydrate breakdown due to microbial growth [21] and chemical reactions might be the reason for the increase in acidity. Washing process and gases used in modified atmosphere packaging were found to have insignificant effect on acidity during storage ( $P>0.05$ ). The "sour taste" and the other negative statements indicated by the panelists after the 60<sup>th</sup> day of storage can be associated with the increase in the acidity level of the olive samples. Another study reported that the pH levels of the dry-salted Thassos type olives that was stored with different MAP applications did not change significantly during storage [22].

## Bitterness

The bitterness values of *Hurma* olives before storage were determined approximately the same as the bitterness values of ready-to-eat olives processed via different applications to sweeten (the absorbance value for the unwashed olive samples was 0.527) (Table 1). *Hurma* olives could be reported to be acceptable for consumption in terms of bitterness during storage, since their bitterness values were below 1. The bitterness values for the washed and unwashed olive samples were approximately the same before and during storage (Table 1). It was found out that the modified atmosphere gases and washing process had a significant effect on bitterness during storage ( $P < 0.05$ ). According to the data obtained, there is a possible risk for bitterness formation after 90 days of storage (Figure 1b). Oleuropein is the compound responsible for bitterness formation in olives. Aktas et al. stated that the total phenolic compounds and oleuropein content of *Hurma* olives ( $0-1166.89 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) during maturation on the tree were lower compared to the amounts in bitter olives (*Erkence*) [8]. They also reported that not only was oleuropein content influenced but also all the phenolic compounds were affected by the de-bittering period. Susamcı et al. confirmed the low concentration of phenolic compounds in *Hurma* olives, particularly bitter glucoside oleuropein, in comparison with that of *Erkence* fruit [23]. In this study, the possibility for the hydrolysis of oleuropein was low since *Hurma* olive samples were not in the brine media. For this reason, insignificant difference in the bitterness content was observed until the 120<sup>th</sup> day of storage. The bitterness value of *Hurma* olive samples during storage were important in terms of regulating it at the level of consumption and at the level that may provide a good source for human health, as well [5].

## Reduced Sugar

Reduced sugar content for the unwashed olives was found 0.28% before storage (Table 1). This value is regarded as low for unprocessed raw olives. The low sugar content may be the result of the breakdown of sugar molecules microbiologically or in chemical reactions during de-bittering that occurs while the olive fruit is still on the tree. The reduced sugar contents of the samples during storage were fluctuant but close to the values obtained before storage. The effect of washing process on the reduced sugar content was found significant during storage ( $P < 0.05$ ), whereas MAP was reported to have no significant effect ( $P > 0.05$ ). However, comparatively lower reduced sugar values were determined for the washed and air packaged olive samples during storage (Figure 1c). It was reported that the concentration of glucose was also lower in *Hurma* than *Erkence* olives [23]. Sugar might be consumed by the microorganisms for fermentation during storage and this might be linked to the “fermented taste” statements indicated for some of the packages in sensory tests. Fernandez-Diez stated that a significant amount of the sugars existing in the olive fruit consisted of reduced sugars. He also reported that these sugars were converted to lactic acid by homofermentative bacteria

and to acetic acid or other metabolites in addition to lactic acid by heterofermentative bacteria, thus the acidity increased [24]. The increase in the acidity was a result of this situation.

## Color

*Hurma* olives generally have brown color. As a typical result of de-bittering, olives gain brown color, while some others are black.  $L^*$  values demonstrated a decrease in the first 60 days, whereas  $a^*$  and  $b^*$  values changed around the values obtained before storage (Table 1).  $L^*$  values of unwashed samples were found lower. The water remaining on the surface of the samples after washing is considered to contribute to the increase in the  $L^*$  values. The color values of *Hurma* olives leastwise consisted of red ( $+a^*$ ) and yellow ( $+b^*$ ) tones during storage. The effect of washing process on  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values was insignificant ( $P > 0.05$ ), whilst MAP had a significant effect on  $a^*$  values during storage ( $P < 0.05$ ). A change in color that might affect the preferences of panelists was not determined (Data not shown).

## Dry Matter

The dry matter content of washed samples increased gradually since they lost more water during storage (Table 1). The olive samples packed with 100%  $\text{CO}_2$  lost comparatively more water (Figure 1d). Vacuum occurred in package as a result of  $\text{CO}_2$  dissolution in oil is considered to be the reason of the increase in water loss creating a pressure on the samples [25, 26]. The effects of washing process and MAP on dry matter during storage was found insignificant ( $P > 0.05$ ).

## Sensory Evaluation

Sensory evaluations gave the most important results in terms of determining the consumability of *Hurma* olive samples. Before storage, the olive samples were evaluated between “slightly soft” and “neither soft nor hard” with 2.29 points. This softness was observed during storage as well. Panelists indicated that the unwashed samples were harder than the washed ones (Table 2), although the effect of washing process on hardness was insignificant ( $P > 0.05$ ). The washed olives that had been packed under vacuum were determined comparatively softer. The pressure occurred due to vacuum in the package might be the reason of the increase in the softness level. Besides, the activity of the oxidative yeasts might have caused softening in the olives [27]. The softening observed in the olive samples generally decreased the acceptability for the consumer. *Hurma* olives specifically have a completely de-bittered taste. Taste differences were determined between the samples since the olives were de-bittered naturally. Some olives had brown color, soft texture and a sour taste, whereas some had black color, hard texture with a wrinkled surface and the taste of that olive was completely de-bittered. Although not for each package or regularly for each month, “sour taste” and other unfamiliar tastes were particularly started to be stated by the panelists after the 60<sup>th</sup> day of storage. More taste

loss was generally observed in the washed and vacuum packaged olive samples (Figure 2b). Low O<sub>2</sub> levels in the packages were reported to contribute to an undesired taste formation [21, 28]. The level of taste loss was higher for the washed samples when compared to the unwashed ones, however the effect of washing process on taste loss was found insignificant (P>0.05). A slight taste loss (4 points) did not affect the consumability of *Hurma* olives, whereas the rankings below 4 points affected the preferences of the panelists

negatively. *Hurma* olive samples that were ranked in terms of preference before storage were given a score of 2.67 points. The reason for such a low preference point was a result of the changes occurred in the sensory characteristics of *Hurma* olives due to the climate conditions in that year. The preference points given for washed *Hurma* olive samples were lower than of unwashed samples, however washing process was found to have insignificant effect on preference (P>0.05).

Table 1 Effect of pretreatments (washing and dipping in lactic acid 0.2%) before packaging on physicochemical parameters (means of three replicates±standard deviation) of *Hurma* olives during storage at 1°C.

Parameters	Days*	0	30**	60	90	120
Acidity (m/m%)	T <sub>0</sub>	0.36±0.04	0.62±0.19	0.55±0.19	0.56±0.11	0.73±0.19
	T <sub>1</sub>	0.39±0.03	0.64±0.15	0.51±0.16	0.48±0.08	0.74±0.14
Bitterness (Absorbance)	T <sub>0</sub>	0.53±0.02	0.63±0.10 <sup>a</sup>	0.51±0.05	0.52±0.04	0.60±0.17 <sup>b</sup>
	T <sub>1</sub>	0.53±0.05	0.50±0.03 <sup>b</sup>	0.48±0.04	0.51±0.04	0.78±0.03 <sup>a</sup>
Reduced Sugar (m/m%)	T <sub>0</sub>	0.28±0.07	0.36±0.11	0.39±0.08	0.24±0.08	0.25±0.08
	T <sub>1</sub>	0.35±0.04	0.25±0.11	0.37±0.09	0.33±0.18	0.29±0.09
L* value	T <sub>0</sub>	32.37±0.91	31.62±1.09	31.98±1.21	32.32±1.09	33.19±1.15
	T <sub>1</sub>	33.16±1.47	32.18±1.14	32.29±0.84	33.06±1.17	34.17±0.70
a* value	T <sub>0</sub>	5.76±0.39	6.86±0.61	6.66±0.68	6.93±0.72	6.94±0.46
	T <sub>1</sub>	5.67±0.71	6.62±0.60	6.38±0.32	7.04±0.65	6.73±0.45
b* value	T <sub>0</sub>	6.47±0.93	8.19±1.12	6.22±0.91	8.79±1.11	8.94±0.85
	T <sub>1</sub>	6.81±1.63	7.87±1.27	5.57±0.93	8.61±1.32	8.31±0.84
Dry Matter (m/m%)	T <sub>0</sub>	56.41±1.59	56.11±3.31	55.78±2.95	55.48±5.40	57.22±2.85
	T <sub>1</sub>	51.31±2.06	55.26±4.36	53.70±4.67	56.19±2.75	55.91±3.34

\*T<sub>0</sub>, without applying any washing process; T<sub>1</sub>, washed+dipped lactic acid 0.2%. \*\*Different superscript letters following the values in same column indicate differences during storage period for each parameter (P<0.05)

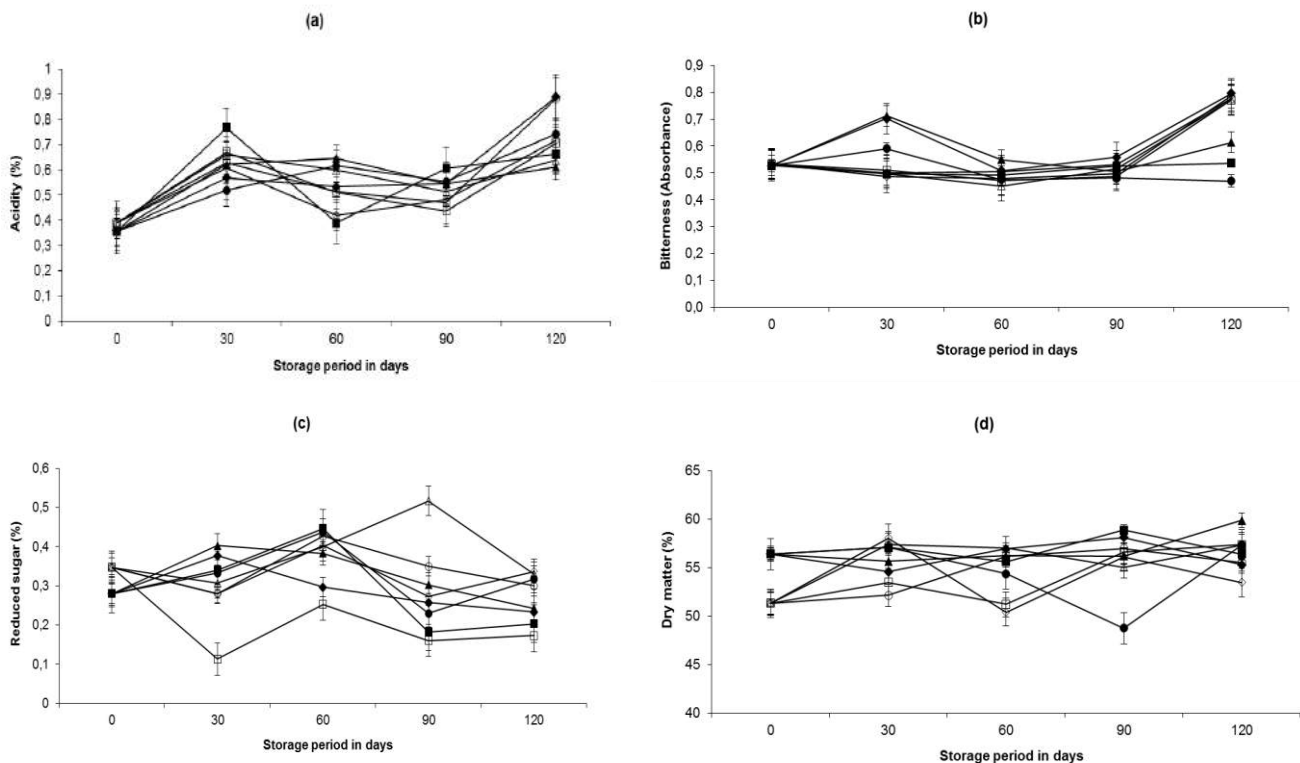


Figure 1. Effect of pretreatments before packaging in combination with MAP on (a) acidity, (b) bitterness, (c) reduced sugar and (d) dry matter of *Hurma* olives during storage at 1°C. (◆), T<sub>0</sub>+vacuum; (◇), T<sub>1</sub>+vacuum; (▲), T<sub>0</sub>+100%CO<sub>2</sub>; (△), T<sub>1</sub>+100%CO<sub>2</sub>; (●), T<sub>0</sub>+60%CO<sub>2</sub>/40%N<sub>2</sub>; (○), T<sub>1</sub>+60%CO<sub>2</sub>/40%N<sub>2</sub>; (■), T<sub>0</sub>+air; (□), T<sub>1</sub>+air. Standard error is shown on the bars.

The points for taste loss and preference were changed correspondingly during storage. Preference points given for washed and vacuum packaged olives were lower when compared to the samples in other packages, since taste loss was higher for washed ones in vacuum

packages (Figure 2c). The high loss of taste and the low preference obtained for the washed *Hurma* olives might be regarded as a disadvantage of the surface decontamination process applied before packaging [15].

Table 2 Effect of pretreatments (washing and dipping in lactic acid 0.2%) before packaging on sensory attributes of *Hurma* olives during storage at 1°C.

Sensorial attribute	Days	0	30	60	90	120
Hardness	T <sub>0</sub>	2.29±0.90	2.96±1.00	2.82±0.82	2.46±0.74	2.86±0.85
	T <sub>1</sub>	2.29±0.90	2.29±0.81	2.21±0.92	2.43±0.63	2.46±0.79
Taste loss	T <sub>0</sub>	4.14±0.85	3.89±1.17	4.11±1.03	4.00±0.90	3.75±0.80
	T <sub>1</sub>	4.14±0.85	3.50±1.40	3.75±1.08	3.75±1.08	3.32±0.98
Preference	T <sub>0</sub>	2.67±0.95	2.75±0.96	2.83±0.99	2.83±1.02	2.39±1.01
	T <sub>1</sub>	2.67±0.95	2.39±0.99	2.44±1.05	2.61±0.86	2.14±0.89

T<sub>0</sub>, without applying any washing process; T<sub>1</sub>, washed+dipped lactic acid 0.2%.

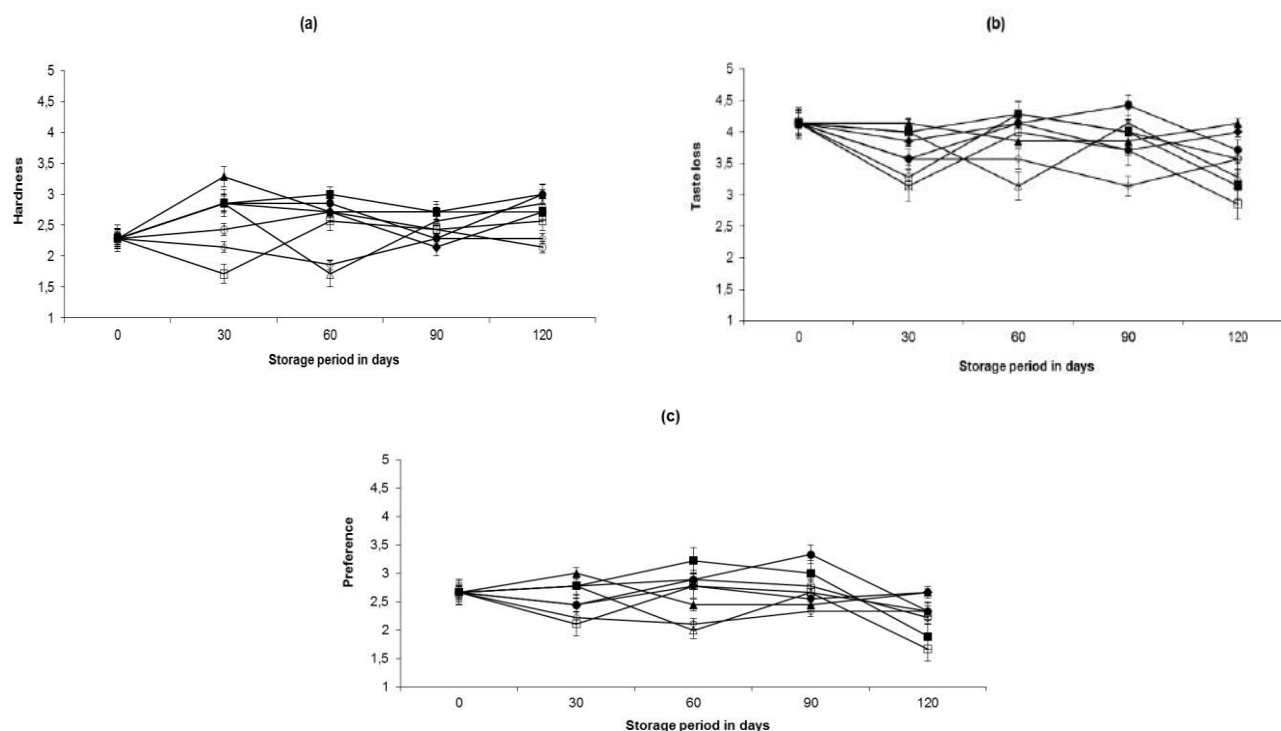


Figure 2. Effect of pretreatments before packaging in combination with MAP on (a) hardness, (b) taste loss and (c) preference of *Hurma* olives during storage at 1°C. (◆), T<sub>0</sub>+vacuum; (◇), T<sub>1</sub>+vacuum; (▲), T<sub>0</sub>+100%CO<sub>2</sub>; (△), T<sub>1</sub>+100%CO<sub>2</sub>; (●), T<sub>0</sub>+60%CO<sub>2</sub>/40%N<sub>2</sub>; (○), T<sub>1</sub>+60%CO<sub>2</sub>/40%N<sub>2</sub>; (■), T<sub>0</sub>+air; (□), T<sub>1</sub>+air. Standard error is shown on the bars.

## CONCLUSIONS

The effect of washing process, lactic acid treatment (0.2% w/v) and MAP (vacuum, 100% CO<sub>2</sub>, 60% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub>, air) on the physicochemical and sensory properties of *Hurma* olives was studied. Washing and dipping into lactic acid solution did not cause a significant change during storage in the physicochemical properties of samples, except for bitterness and reduced sugar contents. The sensory properties of *Hurma* olive samples that were washed and dipped into lactic acid solutions were poorer; in particular, vacuum packaged samples among this group were found to have more undesired values in terms of sensory characteristics. The data obtained in this study might provide the basics

for marketing *Hurma* olives that were packed with MAP and stored at 1°C for 120 days.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the Project TAGEM/GY/10/03/01/170 (Republic of Turkey, Ministry of Agriculture and Forestry).

## REFERENCES

- [1] IOC, (2018). World table olive figures. International Olive Council, Madrid, Spain. <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/132-world-table-olive-figures>, (Access date: 10/01/2018).

- [2] Omar, S.H. (2010). Oleuropein in olive and its pharmacological effects. *Scientia Pharmaceutica*, 78, 133-154.
- [3] Sánchez Gómez, A.H., García García, P., Rejano Navarro, L. (2006). Elaboration of table olives. *Grasas y Aceites*, 57, 86-94.
- [4] Panagou, E.Z. (2006). Greek dry-salted olives: Monitoring the dry-salting process and subsequent physico-chemical and microbiological profile during storage under different packing conditions at 4 and 20°C. *LWT-Food Science and Technology*, 39, 322-329.
- [5] Zoidou, E., Melliou, E., Gikas, E., Tsarbopoulos, A., Magiatis, P., Skaltsounis, A.L. (2010). Identification of *Throuba Thassos*, a traditional Greek table olive variety, as a nutritional rich source of oleuropein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 46-50.
- [6] Jemai, H., Bouaziz, M., Sayadi, S. (2009). Phenolic composition, sugar contents and antioxidant activity of Tunisian sweet olive cultivar with regard to fruit ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 2961-68.
- [7] Rigane, G., Salem, R.R., Sayadi, S., Bouaziz, M., 2011. Phenolic composition, isolation, and structure of a new deoxyloganic acid derivative from *Dhokar* and *Gemri-Dhokar* olive cultivars. *Journal of Food Science*, 76, C965-C973.
- [8] Aktas, A.B., Ozen, B., Tokatli, F., Sen, I. (2014). Phenolics profile of a naturally debittering olive in comparison to regular olive varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 691-698.
- [9] El S.,N., Karakaya, S. (2009). Olive tree (*Olea europaea*) leaves: potential beneficial effects on human health. *Nutrition Reviews*, 67, 632-638.
- [10] Susamcı, E., Ozturk Gungor, F., Irmak, S., Atal Olmez, H., Tusu, G. (2016). A study on the nutritional value of *Hurma* olives (*Erkence cv.*) that lose the bitterness on the tree. *Journal of Agricultural Sciences*, 22, 471-479.
- [11] Sozbilen, G.S., Baysal, A.H. (2016). Microbial profile and bacterial characterization of naturally debittered *Hurma* olives compared to non-debittered *Erkence* variety during ripening period. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 2099-2105.
- [12] Phillips, C.A. (1996). Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *International Journal of Food Science and Technology*, 31, 463-479.
- [13] Farber, J.N., Harris, L.J., Parish, M.E., Beuchat, L.R., Suslow, T.V., Gorney, J.R., Garrett, E.H., Busta, F.F. (2003). Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 142-160.
- [14] Ucherek, M. (2004). An integrated approach to factors affecting the shelf life of products in modified atmosphere packaging (MAP). *Food Reviews International*, 20, 297-307.
- [15] Beuchat, L.R. (1998). Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: A review. Food Safety Unit World Health Organization, WHO/FSF/FOS/98.2, <http://apps.who.int/iris/handle/10665/64435> (Access date:8/3/2018).
- [16] Irmak, S., Tokusoglu, O. (2017). Saturated and unsaturated fatty acids composition of olive oils obtained from less salty black table olives preserved with vacuum, map and gamma irradiation technologies. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 7, 582.
- [17] Anonymous, (2002). TS 1125 ISO 750 Fruit and vegetable products-Determination of titratable acidity. Turkish Standards Institute, Ankara, Turkey.
- [18] Uylaser, V., Basoglu, F. (2000). Gıda Analizleri I-II Uygulama Kılavuzu. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Kılavuzu No: 9, Bursa, Turkey.
- [19] Diez, M.J.F., Fernandez, A.L., Cancho, F.C., Quintana, M.C.D., Casanovas, J.L.C. (1972). Elaboracion de acaitunas negrasde me. *Grasas y Aceites*, 23, 91-93.
- [20] Altuğ, T., Elmacı, Y. (2005). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Meta Basım, İzmir, Turkey.
- [21] Jacxsens, L., Devlieghere, F., Ragaert, P., Vanneste, E., Debevere, J. (2003). Relation between microbiological quality, metabolite production and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh-cut produce. *International Journal of Food Microbiology*, 83, 263-280.
- [22] Panagou, E.Z., Tassou, C.C., Katsaboxakis, K.Z. (2002). Microbiological, physicochemical and organoleptic changes in dry-salted olives of *Thassos* variety stored under different modified atmospheres at 4 and 20°C. *International Journal of Food Science and Technology* 37: 635-641.
- [23] Susamcı, E., Romero, C., Tuncay, O., Brenes, M. (2017). An explanation for the natural de-bittering of *Hurma* olives during ripening on the tree. *Grasas y Aceites* 68: e182.
- [24] Tuna, S. (2006). The Effect of Lye Treatment and Enzymatic Methods on Physico-chemical Characteristics in Black Table Olive Fermentation. M.Sci, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Turkey.
- [25] Üçüncü, M. (2000). Gıdaların Ambalajlanması. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, Turkey.
- [26] Esturk, O., Ayhan, Z. (2009). Effect of modified atmosphere packaging and storage time on physical and sensory properties of sliced salami. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33, 114-125.
- [27] Panagou, E.Z. (2004). Effect of different packing treatments on the microbiological and physicochemical characteristics of untreated green olives of the *Conservolea* cultivar. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 84, 757-764.
- [28] 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, 341-353.

## Farklı Maserasyon Koşullarının Öküzgözü Şaraplarının Fenolik Bileşiklerine Etkisi

Mustafa Bayram 

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Geliş Tarihi (Received): 06.07.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 01.10.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [mustafa.mbayram@gop.edu.tr](mailto:mustafa.mbayram@gop.edu.tr) (M. Bayram)

☎ 0 356 252 16 16 📠 0 356 252 17 29

### ÖZ

Bu çalışmada, 2009 ve 2010 yıllarında hasat edilen Öküzgözü üzüm çeşidinden 4 farklı maserasyon (klasik maserasyon, enzim ilaveli klasik maserasyon, soğuk uygulamalı maserasyon, enzim ilaveli soğuk maserasyon) uygulamasıyla elde edilen şarapların çeşitli kimyasal özellikleri, toplam fenolik madde içeriği, toplam antosiyanin içeriği, bazı bireysel fenolik ve antosiyanin bileşikleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, en yüksek toplam fenolik madde içeriği 2009 ve 2010 yıllarında sırasıyla "enzim ilaveli soğuk maserasyon" (1165.45 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/L) ve "enzim ilaveli klasik maserasyon" (2075.91 mg GAE/L) şaraplarında belirlenmiştir. Öküzgözü şaraplarında en yüksek toplam antosiyanin içeriği 2009 ve 2010 yıllarında sırasıyla "enzim ilaveli soğuk maserasyon" (140.60 mg malvidin-3-O-glikozit eşdeğeri (ME)/L), "soğuk maserasyon" (374.89 mg ME/L) örneklerinde saptanmıştır. "Soğuk maserasyon" ve "enzim uygulamalı soğuk maserasyon" proseslerinin her iki yıl şarapları için genel olarak yüksek malvidin 3-glikozit içeriği verdiği belirlenmiştir. Şıra ve şaraplarda en yüksek oranda bulunan fenolik bileşik flavanoller grubuna dahil olan (+)-kateşindir. Şaraplarda, (+)-kateşinden sonra en fazla bulunan fenolik bileşikler sırasıyla gallik asit ve (-)-epikateşin olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Öküzgözü, Fenolik, Antosiyanin, Maserasyon

### Effect of Different Maceration Conditions on Phenolic Compounds of Öküzgözü Wines

#### ABSTRACT

In this study, total phenolic content, total anthocyanin content and some individual phenolic and anthocyanin compounds were determined in Öküzgözü wines produced by the application of four kinds of maceration techniques (classical maceration, classical maceration with enzyme added, cold maceration, cold maceration with enzyme added) in the years of 2009 and 2010. According to results, in 2009 and 2010, the highest total phenolic contents were determined in "cold maceration with enzyme added" (1165.45 mg GAE/L) wines and "classic maceration with enzyme added" (2075.91 mg GAE/L) wines, respectively. The highest total anthocyanin contents in the wines of 2009 and 2010 were found in "cold maceration with enzyme added" (140.60 mg ME/L) and "cold maceration" (374.89 mg ME/L) wines respectively. Processes of "cold maceration" and "enzyme-applied cold maceration" generally resulted in high malvidin 3-glucoside levels in wines every two years. The phenolic compound with the highest content in must and wines was (+)-catechin, which is included in the flavanols group. In wines, the most abundant phenolic compounds after (+)-catechin were gallic acid and (-)-epicatechin respectively.

**Keywords:** Öküzgözü, Phenolic, Anthocyanin, Maceration

## GİRİŞ

Üzümün bileşimi çeşit farklılığına ve üzümün yetiştiği coğrafyaya göre farklılık gösterir. Üzümler, sofralık, kurutmalık ve şıralık-şaraplık çeşitler olmak üzere üç grup olarak sınıflandırılırlar. Ancak, bu gruplar arasındaki ayırım çok kesin değildir [1]. Şarap üretiminde kullanılan ve kaliteli şarap verdikleri bilinen Cabernet sauvignon, Merlot, Chardonnay vb. çeşitler dünyada şarapçılığın gelişmiş olduğu farklı bölgelerde yetiştirilmektedir [2]. Diğer yandan, geçmişten günümüze üzüm yetiştiriciliğinin fazla olduğu bazı ülkelerde kaliteli şaraplar veren yerli çeşitler de vardır [3]. Ülkemize özgü Öküzgözü, Boğazkere ve Kalecik Karası çeşitleri buna örnek olarak verilebilir.

Fenolik bileşikler üzümün bileşiminde bulunan karmaşık kimyasal yapıya sahip bileşiklerdir. Üzümün kabuk ve çekirdek kısmında yüksek miktarda bulunurken, etli kısmında azdır [4]. Kaliteli şarap üretimi hammaddeye bağlı olup şarap bileşimini üzüm çeşidi, üzümün yetiştiği iklim koşulları ve üretim yöntemleri etkilemektedir. Şarap üretiminde hammaddenin özelliklerinin bilinmesi prosesin doğru yönlendirilmesini, dolayısıyla şarabın daha kaliteli üretimini sağlar. Şarabın kalitesi üzerinde üretimde uygulanan teknolojik işlemlerin etkisi de oldukça fazladır. Yıllar süren teknolojik araştırmalar, bir bölgede yetiştirilen herhangi bir üzümün şaraba nasıl işleneceği konusunda bilgi birikimini ortaya çıkarmıştır. Fenolik bileşiklerin şıraya ve şaraba geçmesi için yapılan cibre fermantasyonu/maserasyon genellikle kırmızı şarap üretiminde uygulanan bir işlemdir [6,7]. Maserasyon esnasında şaraba geçen fenolik bileşikler şarabın olgunlaştırılması sırasında meydana gelen birçok kimyasal reaksiyonla da değişime uğrayarak şarabın kendine has özelliklerini ortaya çıkarır [8,9]. Üzüm çeşidine göre farklı tekniklerle maserasyon uygulaması yapılmaktadır. Şarap üretiminde klasik, soğuk, karbonik, termovinifikasyon gibi farklı maserasyon teknikleri uygulanabilmektedir. Şıra ve şaraptaki fenol bileşikleri ile maserasyon sıcaklığı ve süresi arasında sıkı bir ilişki vardır. Sıcaklığın yükselmesi, renkli ve renksiz fenol bileşikleri miktarını arttırır [8,10]. Sıcaklığın etkisiyle üzümün katı kısımlarındaki hücreler parçalanır ve bu hücrelerdeki maddelerin çözünmesi kolaylaşır. Yüksek sıcaklık uygulanan maserasyonlarda fenolik bileşik miktarı artarken, yüksek sıcaklık oksidatif enzim aktivitesinde artışa yol açıp şarabın rengi üzerinde olumsuz etkiye de neden olabilmektedir. Şaraplarda bu durumun önlenmesi ile ilgili yapılan çeşitli araştırmalarda soğuk maserasyon uygulamasının etkili bir teknik olduğu belirtilmiştir [10].

Günümüzde, şarap üretimi yapılan birçok işletme, üretimlerinde çeşit veya bölge farkı gözetmeksizin aynı üretim prosesini kırmızı şarap üretiminde uygulamakta ve bu durum bazı şaraplarda önemli kalite kayıpları getirmektedir. Diğer gıda ürünlerinden farklı olarak şarap; kalitesine göre çok farklı fiyatlardan değer bulabilen bir üründür. Kaliteli şarap üretiminin temel ilkesi; doğru çeşit seçimi yanında, hasat edilen çeşit için kalite kaybını en az düzeye indirecek doğru işleme yönteminin uygulanmasıdır. Çünkü her bir çeşidin

kendine özgü bir fenolik bileşimi ve duyuşal özelliği vardır ve bir çeşit için yapılan doğru uygulama, diğer bir çeşit için kalite kaybı getirebilir. Nitekim dünyanın ileri şarap üretici ülkelerinde çeşit ve bölge farkı dikkate alınarak üretim prosesleri kurgulanmakta ve bu konuda daha iyiye ulaşabilme amacıyla yeni teknikler geliştirilmektedir.

Bu çalışmada da, Türkiye’de yaygın olarak şarap üretiminde kullanılan, kaliteli şaraplık özellikleriyle tanınan Öküzgözü üzüm çeşidine farklı şarap üretim prosesleri uygulanarak, proses farklılığının şarapların fenolik yapısı üzerindeki etkisini incelemek ve Öküzgözü çeşidi için uygun işleme yöntemini veya yöntemlerini araştırmak amaçlanmıştır. Diğer yandan, Avrupa Birliği ülkelerinde olduğu gibi şarap üretiminde “terroir” (toprak ve iklim) kavramının önemini vurgulamak ve hızla gelişen Türk şarap endüstrisi için kalitenin artırılabilmesi amacıyla farklı proses yöntemlerinin önerilmesi öngörülmüştür.

## MATERYAL ve METOT

### MATERYAL

Çalışmada Tokat Yöresi Dimes A.Ş.’ye ait “Vasfi Diren Çiftliği” bağlarından 2009 ve 2010 döneminde hasat edilmiş Öküzgözü üzüm çeşidi kullanılmıştır. Üzümler 2009 ve 2010 yılı için sırasıyla 09 Ekim ve 28 Eylül tarihlerinde hasat edilmiştir.

### METOT

#### Şarap Üretimi

Üretim uygulamasında 4 farklı maserasyon (cibre fermantasyonu) yöntemiyle şarap üretilmiştir;

1. Klasik maserasyon,
2. Enzim uygulaması (pektolitik ezim) yapılmış klasik maserasyon,
3. Ön soğuk uygulamalı maserasyon,
4. Enzim uygulaması (pektolitik ezim) yapılmış ön soğuk uygulamalı maserasyon.

Üzümlerin şaraba işlenmesi Diren Şarapları A.Ş Tokat tesislerinde gerçekleştirilmiştir. 25 kg’lık kasalarla işletmeye getirilen üzümler, “Ünsa” marka mekanik sap ayırma makinasından geçirildikten sonra 20000 L kapasiteli, paslanmaz çelik, sıcaklık kontrollü, karıştırma düzenekli fermantasyon tanklarında 4 farklı yöntem uygulanarak fermantasyona bırakılmıştır:

- Klasik maserasyonda; sapsarı ayrılan üzümlere patlatma işlemi yapılmış, şıra ve cibre 24±2°C’de 10 gün boyunca maserasyona bırakılmış, maserasyondan sonra cibre Bucher marka 10000 L kapasiteli hidrolik presle sıkılarak ve yine sıcaklık kontrollü paslanmaz çelik tanklarda fermantasyonları 20°C’de tamamlanmıştır.
- Enzim uygulamalı maserasyonda da aynı proses yöntemi izlenmiş, maserasyon 24±2°C’de 10 gün süre ile uygulanmış, klasik maserasyondan farklı



olarak maserasyon başlangıcında şıraya 20 g/hL oranında pektolitik enzim (Erbslöh, Almanya) ilavesi yapılmıştır.

- Ön soğuk uygulamalı maserasyonda; maserasyon sıcaklığı 96 saat boyunca 4-6°C'de tutulmuş, ardından maya katımı yapılarak maserasyon ve fermantasyon gerçekleştirilmiş 10.gün sonunda cibre şıradan ayrılmıştır. Fermantasyon tanklarında ~20°C sıcaklıkta fermantasyon tamamlanmıştır.
- Enzim uygulamalı soğuk maserasyonda ise; aynı soğuk maserasyonda olduğu gibi, maserasyon sıcaklığı 96 saat boyunca 4-6°C' de tutulmuş, ardından maya ve enzim ilavesi yapılarak diğer maserasyon tiplerinde olduğu gibi alkol fermantasyonu işlemine geçilmiştir.

Şarapların tümünde fermantasyon başlangıcı olarak 20 g/hL düzeyinde, yurtdışından sağlanan *Saccharomyces cerevisiae* (kuru aktif maya, Oenoferm Rouge, Erbslöh Gerseheim) kullanılmıştır. Kuru aktif maya kullanımından önce, maya ılık su ve şıra (1:1) karışımında 20 dakika süre ile aktive edilmiştir. Üzümler işletmeye getirilip, sapları ayrıldıktan sonra, maserasyon tanklarına alınıp, fermantasyon başlangıcında 30 mg/L düzeyinde kükürtleştirilmiştir. Fermantasyon bitiminde, tortu ayırma işleminden sonra, kükürt düzeyleri kontrol edilmiş ve tüm şaraplara malolaktik fermantasyon bitiminde 50 mg/L SO<sub>2</sub> ilave edilmiştir. Aktarma işleminden sonra şaraplara durultma uygulanmış ve şaraplar şişelenmiştir.

### Analizler

Toplam asit, pH, indirgen şeker, yoğunluk, alkol, uçar asit, serbest ve toplam SO<sub>2</sub> tayini Ough ve Amerine [11]'e göre yapılmıştır.

### Toplam Fenolik Madde İçeriği Tayini

Şarapların toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir. Örneklerin absorbansına karşılık gelen toplam fenolik madde içeriği, gallik asit kullanılarak çizilen standart grafikte belirlenip (R<sup>2</sup>=0.9979), gallik asit eşdeğeri olarak (GAE) mg GAE/L olarak ifade edilmiştir [11,12]

### Toplam Antosiyanin İçeriği Tayini

Şarap örneklerinin toplam antosiyanin içerikleri Giusti ve Wrolstad [13] tarafından geliştirilen pH-differansiyel yöntemi ile saptanmıştır. Sonuçlar malvidin-3-O-glikozit eşdeğeri olarak verilmiştir.

### Bazı Fenolik Bileşiklerin Tayini

Şaraplarda fenolik asitlerden, p-kumarik asit, kafeik asit, ferulik asit, hidroksisinamik asit, vanilik asit, gallik asit flavonoidlerden ise kateşin, epikateşin ve kuersetin (Sigma, Almanya) kantitatif olarak Özkan ve Göktürk Baydar'ın [14] kullandığı HPLC yöntemi modifiye edilerek belirlenmiştir. Gradient sistem çözücü akış konsantrasyonu Tablo 1'de verilmiştir. Standartların stok çözeltileri metil alkol ile 1 mg/mL olacak şekilde hazırlanmıştır. 100 mL şarap örneği 0.45 µm'lik (Millex-HV) membran filtreden süzölmüş ve filtratlardan 20 µL HPLC cihazına enjekte edilmiştir.

Analizlerde kullanılan HPLC cihazı Shimadzu marka olup DGU-20 A5 degazöre, 1C-20 AT Prominence pompaya, CBM-20A Prominence kontrol ünitesine, SPD-M10AVP DAD dedektöre, SIL-10AXL otomatik örnek enjeksiyon ünitesine, CTO-10A kolon fırınına sahiptir. Çalışmada Intersil ODS-3 ters faz (5 µm-25x4.6mm) kolon kullanılmıştır. Standartların alıkonma zamanları, maksimum absorbans ve R<sup>2</sup> değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Fenolik bileşikler için gradient sistem çözücü akış konsantrasyonu\*

Süre(dk.)	A Konsantrasyon(%)	B Konsantrasyon(%)
0	0	100
3	5	95
18	20	80
25	20	80
30	25	75
35	30	70
40	40	60
55	50	50
65	60	40
67	0	100
68	0	100

\*: Çözücü A: Metanol, Çözücü B: %2 Asetik Asit

### Malvidin-3-Glikozit Tayini

Şaraplarda malvidin-3-glikozit (Extrasynthese, Fransa) kantitatif olarak HPLC ile belirlenmiştir (Tablo 3). Malvidin-3-glikozit standardına ait alıkonma zamanı, maksimum absorbans ve R<sup>2</sup> değerleri sırasıyla 20.132 dakika, 520nm ve 0.9999 olarak belirlenmiştir. HPLC analizlerinde International Organisation of Vine and

Wine (OIV)'nin şaraplarda antosiyan bileşiklerini tespit ettiği metot modifiye edilerek uygulanmıştır [15].

### İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen sonuçlar SPSS 17.0 İstatistik Paket Programı kullanılarak Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Tablo 2. Fenolik bileşik standartlarına ait alıkonma zamanı, maksimum absorbans ve R<sup>2</sup> değerleri

Fenolik Asit Standartları	Alıkonma Zamanı (dakika)	Maksimum ABS (nm)	R <sup>2</sup>
Gallik Asit	9.500	280	0.9997
(±)-kateşin	22.614	280	0.9998
Vanilik Asit	29.879	280	0.9994
Kafeik Asit	31.144	320	0.9994
(-)-Epikateşin	33.479	280	0.9988
p-Kumarik asit	41.233	320	0.9954
Ferulik Asit	43.509	280	0.9975
trans-2- Hidroksisinamik Asit	49.091	360	0.9994
Kuersetin-hidrat	62.238	360	0.9995

Tablo 3. Malvidin-3-glikozit analizinde kullanılan gradient sistem çözücü akış konsantrasyonu\*

Süre(dakika)	A Konsantrasyon %(h/h)	B Konsantrasyon %(h/h)
0	94	6
15	70	30
30	50	50
35	40	60
41	94	6

\*: Çözücü A: Su/Formik Asit/Asetonitril (87:10:3); Çözücü B: Su/Formik Asit/Asetonitril (40:10:50)

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Şıra ve Şarapların Bazı Fizikokimyasal Özellikleri

Şıra ve şarapların bazı fizikokimyasal kimyasal özellikleri Tablo 4 ve 5'te verilmiştir.

Çalışmada klasik maserasyon yöntemiyle üretilen Öküzgözü şaraplarının yoğunluğu 2009 yılında 0.9927, 2010 yılında 0.9831, "enzim ilaveli klasik maserasyonda"; 2009 yılında 0.9928, 2010 yılında 0.9931, "soğuk maserasyonda"; 2009 yılında 0.9927, 2010 yılında 0.9931, ve "enzim ilaveli soğuk maserasyonda"; 2009 yılında 0.9928, 2010 yılında ise 0.9831 olarak saptanmıştır.

Tablo 4. Üzüm şıralarının bazı fizikokimyasal kimyasal özellikleri\*

	2009	2010
Yoğunluk(g/mL)	1.088±0.001	1.092±0.001
Toplam Asitlik (g/L)**	4.61±0.02	5.09±0.10
pH	3.61±0.030	3.56±0.008
Toplam Fenol (mg GAE/L)	329.09±6.47	501.10±12.36
Toplam Antosiyan (mg/L)	10.68±0.15	25.06±0.58

\*: Sonuçlar ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. \*\*Tartarik asit cinsinden.

Öküzgözü şaraplarında, "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" yöntemlerinin hacmen alkol oranları 2009 yılında sırasıyla %13.30, 13.21, 13.30, 13.21, 2010 yılında ise %12.60, 12.73, 12.80, 12.90 aralığında olduğu görülmektedir. 2009 yılında yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Şarap Tebliğine göre; "şarabın hacmen gerçek alkol miktarı en az %9, toplam alkol miktarı en fazla %15 olmalıdır" [16]. Çeşitli araştırmalarda Öküzgözü şaraplarında alkol miktarının %10.65 ile 13.92 arasında değiştiği bildirilmiştir [17,18]. Çalışmada üretilen Öküzgözü şaraplarının alkol miktarlarının bu değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Öküzgözü çeşidinden elde edilen şaraplarda pH değerleri 2009 yılında 3.63-3.67, 2010 yılında 3.70-3.78 aralığında, toplam asitlik miktarı ise 2009 yılında 4.23 g/L-4.51 g/L arasında, 2010 yılında ise 4.52 g/L-4.91 g/L aralığında saptanmıştır. Anlı ve ark. [19], Öküzgözü üzümünden elde edilen şaraplarda pH değerini 3.45-3.50, toplam asitlik değerini tartarik asit cinsinden 4.30 g/L-4.50 g/L aralığında belirlemişlerdir. Kelebek ve ark. [20], soğuk maserasyon uygulaması ile elde edilen şaraplarda pH değerini 3.56, kontrol örneklerinde ise

3.42 olarak belirtmişlerdir. Çalışmada farklı maserasyon teknikleri uygulanarak yapılan Öküzgözü şaraplarının toplam asitliği ve pH değerlerinin bu değerlerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Öküzgözü şaraplarında, "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" yöntemlerinin toplam uçur asit miktarları asetik asit cinsinden 2009 yılında sırasıyla 0.32, 0.33, 0.34, 0.32 g/L, 2010 yılında ise 0.61, 0.66, 0.56, 0.53 g/L olduğu görülmektedir. Uçur asitler alkol fermantasyonu sırasında oluşurlar ve bunların önemli bir kısmını asetik asit oluşturur. Oluşan uçur asit oranı şıranın bileşimine (asit, şeker, azotlu madde miktarı), maya suşuna ve fermantasyon koşullarına bağlıdır [11]. Türk Gıda Kodeksi'nin 2009 yılında yayınlanan şarap tebliğine göre, "uçur asit miktarı asetik asit cinsinden kısmen fermente olmuş üzüm şırası için 18 meq/L, beyaz ve pembe/roze şaraplar için 18 meq/L, kırmızı şaraplar için 20 meq/L'den fazla olamaz." Çalışmada elde edilen bulgular literatür verileriyle uyumlu olup şarap tebliğinde belirtilen değer altındadır [16].

Tablo 5. Şarapların bazı fizikokimyasal kimyasal özellikleri (ortalama±standart hata)

Parametre	Klasik		Klasik + Enzim		Soğuk		Soğuk + Enzim	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Yoğunluk (g/mL)	0.9927	0.9931	0.9928	0.9931	0.9927	0.9931	0.9928	0.9931
Toplam asitlik (g/L)*	4.46±0.03	4.52±0.1	4.51±0.10	4.71±0.03	4.23±0.01	4.91±0.05	4.31±0.05	4.86±0.05
pH	3.63±0.01	3.78±0.01	3.67±0.10	3.72±0.01	3.59±0.00	3.75±0.04	3.61±0.10	3.70±0.04
Serbest SO <sub>2</sub> (mg/L)	42.0±0.58	31.66±0.57	39.50±0.50	32.66±0.58	40.33±0.58	31.0±0.0	39.66±0.58	31.66±0.58
Toplam SO <sub>2</sub> (mg/L)	81.00±0.10	53.0±1.0	79.20±0.20	52.50±0.10	78.66±0.58	52.50±1.0	77.50±0.50	52.50±0.10
İndirgen şeker (g/L)	1.90±0.0	1.63±0.06	1.83±0.06	1.80±0.0	2.0±0.10	1.60±0.0	1.76±0.12	1.70±0.0
Alkol(%h/h)	13.30±0.0	12.60±0.1	13.21±0.0	12.73±0.15	13.30±0.0	12.80±0.0	13.21±0.0	12.90±0.0
Uçar asit (g/L)**	0.32±0.02	0.61±0.04	0.33±0.0	0.66±0.03	0.34±0.01	0.56±0.01	0.32±0.00	0.53±0.02

\*Tartarik asit cinsinden, \*\*Asetik asit cinsinden

Öküzgözü "klasik maserasyon" örneklerinde şişeleme sonunda indirgen şeker içeriği 2009 yılında 1.90 g/L, 2010 yılında 1.63 g/L; "enzim ilaveli klasik maserasyon" uygulanarak üretilen örneklerde 2009 yılında 1.83 g/L, 2010 yılında 1.80 g/L; "soğuk maserasyon" uygulanarak üretilen örneklerde 2009 yılında 2.0 g/L, 2010 yılında 1.60 g/L; "enzim ilaveli soğuk maserasyon" uygulanarak üretilen örneklerde 2009 yılında 1.76 g/L, 2010 yılında 1.70 g/L olarak saptanmıştır. Fermantasyon sonunda kalan şeker oranlarına göre şaraplar; sek (0-4 g/L), dömi-sek (4-12 g/L), yarı tatlı (12-48 g/L) ve tatlı (>48 g/L) olarak sınıflandırılırlar [16]. Buna göre çalışmada üretilen şarapların tümü fermantasyonlarını tamamlamış sek şaraplar olarak nitelendirilebilir.

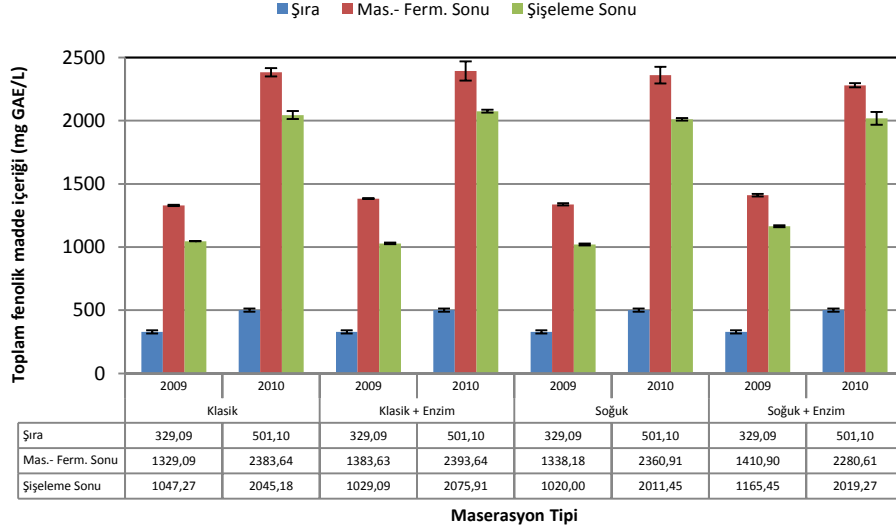
### Toplam Fenolik Madde İçeriği

Öküzgözü şaraplarında, "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" yöntemlerinin toplam fenolik madde içeriği üzerindeki etkisi irdelendiğinde; 2009 yılı örneklerinde toplam fenolik madde içeriklerinin sırasıyla 1047.27-1329.09, 1029.09-1383.63, 1020.00-1138.18, 1165.45-1410.90 mg GAE/L, 2010 yılı örneklerinde ise sırasıyla 2045.18-2383.64, 2075.91-2393.64, 2011.45-2360.91, 2019.27-2280.61 mg GAE/L aralığında olduğu görülmektedir.

2009 yılı değerleri ele alındığında en yüksek toplam fenolik madde içeriğinin 1165.45 mg/L ile "enzim ilaveli soğuk maserasyon", 2010 yılı örneklerinde ise 2075.45 mg/L değeriyle "klasik maserasyon" şaraplarında bulunduğu görülmektedir. Bununla birlikte, soğuk maserasyon uygulaması 2009 yılı için ekstrem bir durum gösterse de, "klasik maserasyon" ve "enzim uygulamalı klasik maserasyon" proseslerinin her iki yıl örnekleri için genel olarak yüksek toplam fenolik madde içeriği verdiği saptanmıştır. Kuşkusuz, daha yüksek sıcaklıkta uzun süreli maserasyon şıraya geçebilecek toplam fenol düzeyini artırıcı etki yapmaktadır. Nitekim, Öküzgözü şarapları üzerine yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş, klasik maserasyon prosesi toplam fenol düzeyini artırmıştır [21]. Ancak, yıla bağlı olarak üzümün yapısında (fenolik yapı, metal iyonları vd) ve pH'sında olan değişimler fenolik maddelerin şıraya geçişi konusunda etkili olmaktadır. Diğer yandan, her dört maserasyon uygulamasında da toplam fenol madde içeriğinin fermantasyon sonu aşamadan itibaren

uygulanan proses işlemlerine (durultma, filtrasyon) bağlı olarak azaldığı görülmektedir (Şekil 1). Buna göre; uygulanan proses sonunda her iki yıl için toplam fenolik madde içeriği düzeyleri fermantasyon sonunda istatistiksel olarak anlamlı azalma göstermiştir [22]. Bu azalma 2009 yılında "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" uygulamalarında sırasıyla %21.3, 25.6, 23.8, 17.4, 2010 yılında ise %14.19, 13.29, 14.79, 11.45 düzeyinde belirlenmiştir. Ayrıca yıllara bağlı olarak şarapların toplam fenolik bileşik içerikleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır (P<0.05).

Elde edilen bulgulardan anlaşılacağı gibi; Öküzgözü çeşidinde klasik ve enzim ilaveli klasik maserasyon uygulamalarının toplam fenolik madde miktarını artırdığı saptanmıştır. Benzer sonuçlar farklı üzüm çeşitleriyle önceki çalışmalarda da bulunmuştur. Anlı [21], Kalecik Karası çeşidinde 5 farklı maserasyon tipi kullanarak yaptığı çalışmada tanen, fenol indisi ve toplam antosiyanin değerlerini araştırmış, tanen miktarı ve toplam fenol indisi, enzim ilaveli klasik maserasyonda klasik maserasyon ve soğuk maserasyona kıyasla daha yüksek belirlenmiştir. Radeka ve ark. [23] yaptıkları çalışmada iki yıl süre ile iki farklı maserasyon yönteminin Malvasia şarapları içerisindeki toplam fenollerin derişimine etkisini incelemişlerdir. Tanık olarak alınan şaraplarda maserasyon işlemi 20°C'de 10, 20 ve 30 saat süre ile uygulamışlar, soğuk maserasyon uygulamasını ise 7°C'de 10, 20 ve 30 saat süre ile gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre; soğuk maserasyon uygulanan şarapta toplam fenol madde içeriği daha düşük düzeyde bulunmuştur. Salinas ve ark. [24], Monastrell üzümlerinde 5,10 ve 15°C'de 8 saat süren soğuk maserasyon uygulamalarının fenolik bileşikler ve renk maddeleri üzerine etkilerini araştırmışlar, maserasyon sıcaklığı düşükçe toplam polifenol indisinin ve tanen miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar düşük maserasyon sıcaklıklarının fenol bileşiklerinin azalmasına yol açtığını vurgulamışlardır. Joscelyne [25], Shiraz çeşidine uygulanan soğuk maserasyon uygulaması ile elde edilen şaraplarda toplam renk pigmentlerini (25.80 au), toplam fenolik madde miktarını (50.56 au) olarak belirlerken, kontrol şaraplarındaki toplam renk pigment (25.85 au) ve toplam fenolik madde miktarını (51.56 au) olduğunu belirtmişlerdir.



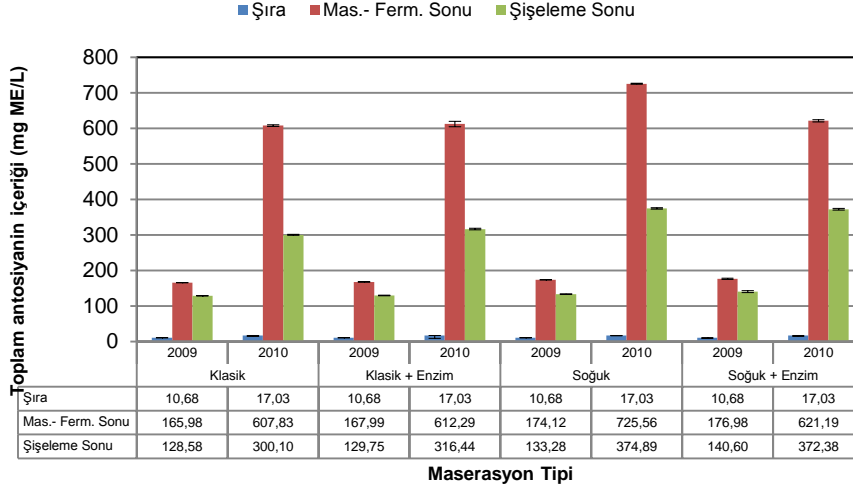
Şekil 1. Şarapların toplam fenolik madde içeriği

### Toplam Monomerik Antosiyenin İçeriği

Şıra ve şarapların toplam monomerik antosiyenin içeriği Şekil 2'de verilmiştir. Öküzgözü şaraplarının farklı proses aşamalarında, "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" için 2009 yılında toplam monomerik antosiyenin içerikleri sırasıyla 128.58-165.98, 129.75-167.99, 133.28-174.131, 140.60-176.98 mg ME/L aralığında belirlenmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi 2009 yılında şişelenen ürün açısından değerlendirildiğinde enzim ilaveli soğuk maserasyonda en yüksek toplam monomerik antosiyenin içeriği elde edilmiş ve bunu sırasıyla soğuk maserasyon, enzim ilaveli klasik maserasyon ve klasik maserasyon örnekleri izlemiş, değerler arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).

Öküzgözü şaraplarının farklı proses aşamalarında, "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" için 2010 yılında toplam monomerik antosiyenin içerikleri sırasıyla 300.10-607.83, 316.44-612.29, 374.88-725.56, 372.38-621.19 mg ME/L aralığında belirlenmiştir. 2010 yılı şişeleme sonrası örneklerinde en yüksek toplam monomerik antosiyenin miktarı "soğuk maserasyon" uygulamasıyla üretilen şarap örneklerinde belirlenmiş bunu "enzim ilaveli soğuk maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon" ve "klasik maserasyon" örnekleri izlemiştir. "Enzim ilaveli soğuk maserasyon" şarapları ile soğuk maserasyon şaraplarının toplam monomerik antosiyenin değeri birbirine istatistiksel açıdan benzerlik göstermiş ( $P > 0.05$ ), "enzim ilaveli klasik maserasyon" ve "klasik maserasyon" şaraplarının toplam monomerik antosiyenin değerleri ile aralarındaki fark da istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Ayrıca yıllara bağlı olarak şarapların toplam monomerik antosiyenin miktarları arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $P < 0.05$ ). Benzer sonuçlar Hereidia

ve ark. [26]'ın soğuk maserasyon uygulamasının Syrah şaraplarının renk ve fenolik bileşikleri üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada da belirlenmiştir. Araştırmacılar soğuk maserasyon uygulamasının şarapların antosiyenin ve flavonoller gibi renkli fenol bileşiklerini istatistiksel olarak önemli düzeylerde artırdığını bildirmişlerdir. Diğer yandan uygulanan dört farklı maserasyon işleminde toplam monomerik antosiyenin içeriğinin fermantasyon sonu aşamadan itibaren uygulanan proses işlemlerine (durultma, filtrasyon) bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Buna göre; uygulanan proses sonunda her iki yıl için toplam monomerik antosiyenin düzeyleri fermantasyon sonunda istatistiksel olarak anlamlı azalma göstermiştir. Bu azalma 2009 yılında "klasik maserasyon", "enzim ilaveli klasik maserasyon", "soğuk maserasyon", "enzim ilaveli soğuk maserasyon" uygulamalarında sırasıyla %22.43, 22.76, 23.56, 20.46, 2010 yılında ise %50.58, 48.37, 48.42, 40.10 düzeyinde belirlenmiştir. Toplam monomerik antosiyenin içeriğindeki bu azalma antosiyenin molekülünün stabil olmamasına ve şarap yapımı esnasında bir kısmının proses gereği uzaklaşması ile açıklanabilir [27]. Şaraplardaki antosiyenin içeriğinin şarapların olgunlaştırma aşamasında her yıl yaklaşık %50 oranında azalabileceği belirtilmiştir [28]. Çalışmada toplam monomerik antosiyenin içeriğindeki bu azalma temel olarak antosiyeninlerin polimerizasyonu sonucu meydana gelmiştir. Şaraplarda olgunlaştırma esnasında flavanol-3-ol'lerin antosiyeninler ve flavonollerle polimerize olabileceği ve bunun sonucunda polimerik pigmentler oluşturabileceği belirtilmiştir. Bu reaksiyonların proantosiyanidinlerin polimerizasyonu ve antosiyeninlerin ve flavonollerin kondensasyonu sonucu oluştuğu ifade edilmiştir [27,29]. Bunun yanı sıra şarap teknolojisinde kullanılan durultma ajanlarının da antosiyenin miktarındaki düşüşte etkili olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir [22].



Şekil 2. Şarapların toplam antosiyanin içerikleri

### Bazı Bireysel Fenolik Bileşikler

Fermentasyon sonu aşamasında şarapların “klasik”, “enzim ilaveli klasik”, “soğuk” ve “enzim ilaveli soğuk maserasyon” uygulamalarında gallik asit içeriği 2009 yılında sırasıyla 12.62, 12.79, 10.93, 12.23 mg/L; 2010 yılında ise 20.55, 21.52, 16.87, 16.50 mg/L olarak belirlenmiştir. Şişeleme aşamasının sonunda ise gallik asit içeriği 2009 yılında 14.48, 15.86, 12.27, 13.37 mg/L; 2010 yılında ise 26.38, 27.52, 29.29 ve 23.85 mg/L olarak belirlenmiştir. 2010 yılı gallik asit içeriği 2009 yılına kıyasla daha yüksek bulunmuş ve yapılan istatistik analizlerde aradaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 6 ve 7). 2009 yılında Öküzgözü şarapları fermentasyon sonu aşamasında kateşin içeriği “klasik”, “enzim ilaveli klasik”, “soğuk” ve “enzim ilaveli soğuk” maserasyonda sırasıyla 39.50, 39.33, 34.01, 34.70 mg/L; 2010 yılında ise 61.19, 66.72, 61.80, 54.72 mg/L olarak belirlenmiştir. Şişeleme aşaması şaraplarında ise kateşin içeriği 2009 yılında 27.25, 29.44, 23.05, 24.85 mg/L; 2010 yılında ise 46.02, 48.15, 47.73 ve 44.540 mg/L olarak belirlenmiştir. Öküzgözü çeşidi fermentasyon aşamasının sonunda epikateşin içeriği 2009 ve 2010 yılında sırasıyla “klasik maserasyonda” 6.89, 9.29 mg/L, “enzim ilaveli klasik maserasyonda” 6.41, 8.50 mg/L, “soğuk maserasyonda” 6.27, 9.51 mg/L, “enzim ilaveli soğuk maserasyonda” ise 8.89, 9.56 mg/L olarak belirlenmiştir. Şişeleme sonunda ise bu değerler yıllara göre sırasıyla 4.59, 6.32 mg/L; 4.72, 8.02 mg/L; 3.38, 6.660 mg/L ve 3.40 mg/L olarak belirlenmiştir.

2009 ve 2010 yılı değerleri ele alındığında en yüksek miktardaki fenolik bileşik kateşin olarak belirlenmiştir. Kateşini sırasıyla gallik asit ve epikateşin takip etmiştir. 2009 ve 2010 yılında en yüksek kateşin içeriği toplam fenolik madde içeriğine paralel olarak “klasik maserasyon” ve “enzim uygulamalı klasik maserasyon” şaraplarında saptanmıştır. Yapılan farklı çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiş, kateşin Öküzgözü şaraplarında en yüksek fenolik bileşik olarak belirlenmiştir [30]. Çalışmada en yüksek miktarda bulunan bireysel fenolik bileşiklerden kateşin, epikateşin

ve hidroksisünamik asit miktarı zamana bağlı olarak azalırken gallik asit miktarında artma meydana gelmiştir. Kateşin ve epikateşin kombinasyonlarından oluşan proantosiyaninler şaraba maserasyon, presleme ve fermentasyon aşamalarında geçerler [29]. Gómez-Plaza ve ark. [31], farklı cibre fermentasyonu süresinin (4, 5 ve 10 gün) fenol bileşiklerinin çözünürlüğü üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, cibre fermentasyonu süresi uzun olan şaraplarda kateşin, prosiyanidin, antosiyanin bileşiklerinin ve renk yoğunluğunun arttığını ve polimer yapılı bileşik içeriğinin yüksek olduğunu açıklamışlardır. Depolama ve sarabın yıllandırılması sırasında, proantosiyanidin ve antosiyanin miktarları sürekli olarak değişir [29]. Şişeleme aşamasının sonunda kateşin, epikateşin, hidroksisünamik asit, kafeik asit içeriğindeki azalma bu bileşiklerin monomerik antosiyaninlerle kondanse olmasıyla, gallik asit içeriğindeki artış ise hidrolize edilebilir tanenlerin hidrolizi yoluyla gallik asit oluşumu ile açıklanabilir.

### Malvidin-3-glikozit

Şarapların malvidin-3-glikozit içeriği Şekil 3'te verilmiştir. 2009 yılında Öküzgözü şaraplarının farklı proses aşamalarında, “klasik maserasyon”, “enzim ilaveli klasik maserasyon”, “soğuk maserasyon”, “enzim ilaveli soğuk maserasyon” için malvidin-3-glikozit içerikleri sırasıyla 59.33-82.36, 53.62-81.49, 68.96-87.75, 70.56-89.14 mg/L aralığında belirlenmiştir. Öküzgözü şaraplarının farklı proses aşamalarında, “klasik maserasyon”, “enzim ilaveli klasik maserasyon”, “soğuk maserasyon”, “enzim ilaveli soğuk maserasyon” için malvidin 3-glikozit içerikleri 2010 yılında sırasıyla 135.89-210.10, 130.38-240.01, 148.48-263.18, 125.48-239.97 mg/L aralığında belirlenmiştir. 2009 yılı değerleri ele alındığında en yüksek malvidin 3-glikozit içeriği 87.75 mg/L ile “soğuk maserasyon” ve 89.14 mg/L ile “enzim ilaveli soğuk maserasyon” şaraplarında saptanmış, 2010 yılında ise “soğuk maserasyon” şaraplarında belirlenmiştir. Ayrıca yıllara bağlı olarak şarapların malvidin-3-glikozit içerikleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $P < 0.05$ ).

Tablo 6. 2009 yılında üretilen Öküzgözü şaraplarına ait bazı bireysel fenolik bileşik içerikleri (mg/L)

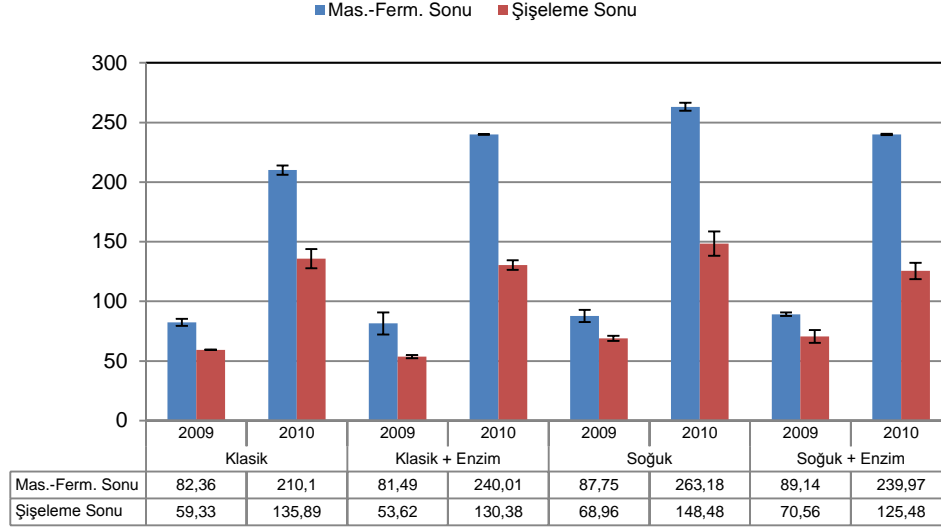
Bileşik	Klasik*	Klasik + Enzim	Soğuk	Soğuk + Enzim
Gallik Asit	12.62±0.63a	12.79±0.17b	10.93±0.83a	12.23±0.47a
Kateşin	39.5±2.07b	39.33±1.77b	34.01±1.93a	34.7±1.17a
Vanilik Asit	<LOQ**	<LOQ	<LO	<LOQ
Kafeik Asit	0.46±0.06a	0.3±0.04a	0.29±0.09a	0.27±0.03a
Epikateşin	6.89±0.31a	6.41±0.38a	6.27±0.71a	8.98±0.95a
p-Kumarik Asit	1.28±0.01b	1.26±0.12b	0.88±0.05a	1.08±0.03ab
Ferulik Asit	0.48±0.00a	0.45±0.03a	0.51±0.02a	0.49±0.09a
Hidroksisinamik	3.33±0.74a	1.54±0.27a	3.128±1.19a	2.26±0.75a
Kuersetin	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Gallik Asit	14.48±0.74ab	15.86±0.14b	12.27±1.00a	13.36±0.29ab
Kateşin	27.25±0.44bc	29.44±0.18c	23.05±0.91a	24.85±1.20ab
Vanilik Asit	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kafeik Asit	0.48±0.03b	0.22±0.04a	0.22±0.01a	0.19±0.01a
Epikateşin	4.95±0.07c	4.75±0.27bc	3.73±0.23ab	3.23±0.46a
p-Kumarik Asit	1.15±0.05b	1.3±0.00b	1.06±0.08a	1.35±0.07b
Ferulik Asit	0.37±0.03a	0.37±0.05a	0.56±0.05b	0.54±0.01b
Hidroksisinamik	2.76±0.14c	1.65±0.03b	1.07±0.17a	1.18±0.17ab
Kuersetin	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

\*Aynı satırdaki küçük harfler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre maserasyon tipleri arasındaki farkı göstermektedir (P<0.05). \*\*LOQ: Tayin edilebilir limitin altında

Tablo 7. 2010 yılında üretilen Öküzgözü şaraplarına ait bazı bireysel fenolik bileşik içerikleri (mg/L)

Bileşik	Klasik*	Klasik + Enzim	Soğuk	Soğuk + Enzim
Gallik Asit	20.55±1.99b	21.52±0.65b	16.87±1.65a	16.50±0.15a
Kateşin	61.19±3.41b	66.72±2.02b	61.80±5.50b	54.72±0.12a
Vanilik Asit	<LOQ**	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kafeik Asit	1.96±0.24a	1.44±0.38a	1.95±0.14a	1.00±0.07a
Epikateşin	9.29±0.61a	8.50±1.75a	9.51±0.16a	9.56±0.41a
p-Kumarik Asit	1.62±0.11ab	1.40±0.80a	1.53±0.04a	1.67±0.13a
Ferulik Asit	0.48±0.05a	0.52±0.034ab	0.47±0.02a	0.61±0.02b
H.sinamik Asit	3.54±0.14a	4.541±1.23a	1.81±1.03a	2.37±0.33a
Kuersetin	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Gallik Asit	31.31±0.28d	27.52±0.50b	29.29±0.17c	23.85±0.00a
Kateşin	46.07±0.69bc	48.15±0.55c	43.73±0.24a	44.54±0.59ab
Vanilik Asit	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kafeik Asit	0.07±0.01ab	0.01±0.00a	0.72±0.04c	0.14±0.02b
Epikateşin	6.32±0.15b	8.02±0.03c	6.66±0.01b	5.73±0.15a
p-Kumarik Asit	1.26±0.57a	1.35±0.22a	1.21±0.01a	1.19±0.01a
Ferulik Asit	0.57±0.03a	0.60±0.01a	0.50±0.03a	0.52±0.03a
H.sinamik Asit	2.39±0.23ab	3.48±0.70b	1.50±0.17a	1.00±0.15a
Kuersetin	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

\* Aynı satırdaki küçük harfler duncan çoklu karşılaştırma testine göre maserasyon tipleri arasındaki farkı göstermektedir (P<0.05). \*\*LOQ: Tayin edilebilir limitin altında



Şekil 3. Şarapların malvidin-3-glikozit içerikleri

“Soğuk maserasyon” ve “enzim uygulamalı soğuk maserasyon” proseslerinin her iki yıl şarapları için genel olarak yüksek malvidin 3-glikozit içeriği verdiği saptanmıştır. Soğuk maserasyon uygulaması üzerine yapılan farklı çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiş, soğuk maserasyon prosesi antosiyanin düzeyini artırmıştır [20]. Malvidin-3-glikozit antosiyaninler içerisinde en baskın bulunan bileşik olup Mazza [32], Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah ve Tempranillo üzümlerinden elde ettiği şaraplarda malvidin-3-glikozitin oranının %44.4-69.4 arasında değiştiğini bildirmiştir. Benzer şekilde Gomez-Plaza ve ark. [31], Monastrell şaraplarında antosiyaninlerin önemli bir kısmını glikozitlerin oluşturduğunu ve bu bileşiklerin içerisinde malvidin-3-glikozitin %62-65 arasında değiştiğini saptamışlardır.

Çalışmada uygulanan proses sonunda her iki yıl için malvidin-3-glikozit düzeyleri fermantasyon sonunda istatistiksel olarak önemli azalma göstermiştir ( $P < 0.05$ ). Bu azalma 2009 yılında “klasik maserasyon”, “enzim ilaveli klasik maserasyon”, “soğuk maserasyon”, “enzim ilaveli soğuk maserasyon” uygulamalarında sırasıyla %28.05, 34.57, 21.84, 21.35, 2010 yılında ise %35.72, 45.84, 43.73, 47.70 düzeyinde belirlenmiştir. Toplam monomerik antosiyanin sonuçlarına benzer olarak meydana gelen bu azalma antosiyaninlerin polimerizasyonu sonucu meydana gelmiştir. Şaraplarda olgunlaştırma esnasında flavanol-3-ol’lerin antosiyaninler ve flavonollerle polimerize olabileceği ve bunun sonucunda polimerik pigmentler oluşturabileceği belirtilmiştir [27,29]. Bakker ve ark. [33], tarafından yapılan bir çalışmada şarapların temel renk bileşiği olan malvidin-3-glikozit içeriğindeki azalmanın olgunlaştırma esnasında ortamda asetaldehit varlığında çok yüksek olabileceği ifade edilmiştir.

## SONUÇ

Elde edilen sonuçlara göre; farklı maserasyon yöntemleri çeşitlerin gerek kimyasal yapılarında, gerekse fenolik ve duyuşal özelliklerinde, önemli farklılıklar meydana getirmektedir. Çalışma amacıyla da belirtildiği gibi belli bir “terroir” yani belli bir coğrafyadaki bağda yetişen yerli bir üzüm çeşidine dört farklı maserasyon uygulaması denenmiştir. Bu nedenle, çalışmada tanımlanan bölgeden elde edilen Öküzgözü çeşidi için farklı maserasyon uygulamasının şarabın fenolik ve duyuşal kalitesinin geliştirilmesi için gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Dünyada şarap prosesini geliştirmek amacıyla farklı süre ve sıcaklıklarda yapılan denemelerde; şarabın aromatik yapısının zenginleştirilmesi, özellikle de kırmızı meyve aromaları bakımından güçlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Çalışmada, Öküzgözü çeşidinde “soğuk maserasyon” uygulamasının “klasik maserasyon” uygulamasına göre toplam fenolik madde içeriği daha düşük, buna karşın, antosiyanin içeriği daha yüksek şaraplar verdiği saptanmıştır. Ayrıca, Öküzgözü çeşidinde “soğuk maserasyon” ve “enzim uygulamalı soğuk maserasyon” uygulamalarının “klasik maserasyon” şaraplarına göre meyvensi karakteri daha güçlü şaraplar verdiği görülmüştür. Bunun yanı sıra şarapların renkli ve renksiz fenolik bileşiklerinin yıllara bağlı olarak değiştiği saptanmıştır. Daha net hükümlere varabilmek için; ülkemizin önemli siyah şaraplık çeşitlerinden Öküzgözü ve Boğazkere ile dünyada verdiği kaliteli şaraplarla bilinen Cabernet Sauvignon vb. çeşitler, benzer şekilde, farklı bölgelerde değişik süre ve sıcaklıklarda farklı proses uygulamalarıyla denenmeli ve bu şekilde çeşitlerin genel karakteristik özellikleri belirlenmelidir. Bunun yanı sıra, bu ve benzer çalışmalarda ortaya çıkan veriler endüstri ile paylaşılarak Anadolu şaraplarının dünya pazarına kalite açısından daha güçlü açılması için yol gösterici olunmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Jackson, R.S. (2000). Wine Science. Academic Press, Elsevier Science, USA.
- [2] Kerridge, G. and Antcliff, A. (1999). Wine grape varieties. Csiro Publishing, Collingwood Vic, Australia.
- [3] Anonymous. (1990). Recueil des Methodes Internationales D'Analyse des Vins et des Mouts, Office International de la Vigne et du Vin, Paris, France.
- [4] Akin, A., Altındışli, A. (2010). Emir, Gök Üzüm ve Kara Dimrit üzüm çeşitlerinin çekirdek yağlarının yağ asidi kompozisyonu ve fenolik madde içeriklerinin belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 8(6), 19-23
- [5] Ribéreau-Gayon, P. (1982). The anthocyanins of grapes and wines. Anthocyanins as food colors. Academic Press, Inc., Orlando, FL. 209-243.
- [6] Farkas, J. (1988). Technology and Biochemistry of Wine. Volume I, Gordon and Breach Sci. Publications, New York, USA.
- [7] Freitas, V., Cruz, H., Silvia, C., Machado, J.M. (1998). Compositional changes of condensed tannins and anthocyanidins in grapes of red Vitis vinifera varieties from Douro vineyard. *Polyphénols Communications* 98. *XIXèmes Journées Internationales d'Etude des Polyphénols*. Lille, France, 379-380p.
- [8] Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Doneche, B., Lanvoud, A. (2000). Handbook of Enology, Volume I: The Microbiology of Wine and Vinification. John Wiley and Sons Ltd., Southern Gate, Chichester, West Sussex, England.
- [9] Sims, C.A., Bates, R.P. (1994). Effect of skin fermentation time on the phenols, anthocyanins, ellagic acid sediment and sensory characteristics of a red Vitis rotundifolia wine. *American Society for Enology and Viticulture*, 45(1), 56-62.
- [10] Rotter, B., 2008. Prefermantation cold maceration. [www.brsquared.org/wine](http://www.brsquared.org/wine). (Erişim tarihi: Temmuz 2018).
- [11] Ough C.S., Amerine, M.A. (1988). Methods for analysis of must and wines. John Wiley and Sons. New York, USA.
- [12] Slinkard, K., Singleton, V.L. (1977). Total Phenol analyses: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28, 49-55.
- [13] Giusti, M.M., Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: Wrolstad, R.E, Editor. Current protocols in food analytical chemistry. John & Wiley, Inc. P F1.2.1-F1.2.13 New York, USA.
- [14] Özkan, G., Göktürk Baydar, N. (2006). A Direct RP-HPLC determination of phenolic compounds in Turkish red wines. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 229-234
- [15] OIV. (2003). Resolution Oeno 22/2003 HPLC-Determination of nine major anthocyanins in red and rosé wine.
- [16] Anonim. (2009). Türk Gıda Kodeksi Şarap Tebliği, Tebliğ No: 2008/67.
- [17] Topaloğlu, F. (1984). Gaziantep ekolojik koşullarına uygun bazı yerli ve yabancı şaraplık üzüm çeşitlerinin şaraplık değerleri üzerinde araştırmalar. Tekel Enstitüleri Yayın No: 301 EM/11. İstanbul.
- [18] Canbaş, A., Cabaroğlu, T., Erten, H., Deryaoğlu, A., Ünal, Ü.M., Selli, S. (2001). Öküzgözü ve Boğazkere üzümlerinin ve bunlardan elde edilen şarapların genel özellikleri. *GAP II. Tarım Kongresi*. 24-26 Ekim, Şanlıurfa, Türkiye, 225- 234p.
- [19] Anlı, R.E., Vural, N., Demiray, S. (2006). Trans-veratrol and other phenolic compounds in Turkish red wines with HPLC. *Journal of Wine Research*, 17(2), 117-125.
- [20] Kelebek, H., Selli, S., Canbaş, A. (2010). Öküzgözü maserasyon uygulamasının antosiyaninler üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 16, 287-294.
- [21] Anlı, R.E. (2004). Farklı şarap işleme yöntemlerinin Kalecik Karası şarabının fenol bileşimi ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 29(6), 451-455.
- [22] Stankovic, S., Jovic, S., Zivkovic, J. (2004). Bentonite and gelatine impact on the young red wine coloured matter. *Food Technology and Biotechnology*, 42(3), 183-188.
- [23] Radeka, S., Herjavec, S., Persuric, D., Lukic, I., Sladonja, B. (2008). Effect of different maceration treatments on free and bound varietal aroma compounds in wine of *Vitis vinifera* L. cv. Malvazia istarska bijela. *Food Technology and Biotechnology*, 46, 86–92.
- [24] Salinas, M.R., Garija, J., Pardo, F., Zalacain, A., Alonso, G.L. (2005). Influence of prefermentative maceration temperature on the colour and the phenolic and volatile composition of rosé wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1527-1536.
- [25] Joscelyne, V.L. (2009). Consequences of extended maceration for red wine colour and phenolics. Doctore Thesis, Adelaide University, 245 p.
- [26] Hereidia, F.J., Escudero-Gilete, M.L., Hernanz, D., Gordilo, B., Melendez-Martinez, A.J., Vicario, I.M., Gonzalez-Miret. M.L. (2010). Influence of the refrigeration technique on the colour and phenolic composition of syrah red wines obtained by prefermentative cold maceration. *Food Chemistry*, 118, 377-383.
- [27] Akalın, A.C. (2011). Nar şaraplarında antioksidan fenolik bileşiklerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 57s.
- [28] Canbaş, A. (1983). Şaraplarda fenol bileşikleri ve bunların analiz yöntemleri. Tekel Enstitüleri. Yayın no: Tekel 279 EM/003, 167s. İstanbul, Türkiye.
- [29] He, F., Pan, Q.H., Shi, Y., Duan, C.Q. (2008). chemical synthesis of proanthocyanidins in vitro and their reactions in aging wines. *Molecules*, 13, 3007-3032.
- [30] Kelebek, H. (2009). Değişik bölgelerde yetiştirilen öküzgözü, Boğazkere ve Kalecik Karası üzümlerinin ve bu üzümlerden elde edilen şarapların fenol bileşikleri profili üzerinde



araştırmalar. Doktora Tezi, ukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 259s.

- [31] Gomez-Plaza, E., Gil-Munoz, R., Lopez-Roca, J.M., Martinez- Cutilas, A. Fernandez-Fernandez, J.I. (2002). Maintenance of color composition of a red wine during storage. Influence of prefermentative practices maceration time and storage. *Lebensm Wiss Technology*, 35, 46-53.

[32] Mazza, G. (1995). Anthocyanin in grape and grape products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(4), 341-371.

[33] Bakker, J., Picinelli, A., Bridle, P. (1993). Model wine solution: colour and composition during aging. *Vitis*, 32, 111-118.

## Gıda Bileşen Analizine Yönelik Düşük Maliyetli Kolorimetrik Ölçüm Cihazı Geliştirilmesi ve Performansının Belirlenmesi: Glukoz ve Protein Tayini ile Model Çalışma

Deniz Baş 

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çankırı

Geliş Tarihi (Received): 19.11.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 28.07.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): denizbas@gmail.com (D. Baş)

☎ 0 376 218 95 35 / 8354 📠 0 376 218 95 36

### ÖZ

Gıda bileşen ve bulaşanlarının hassas ve güvenilir bir şekilde analiz edilmeleri modern toplum için vazgeçilmez bir gerekliliktir. Gıda endüstrisinin günümüz koşulları düşük analiz ve yatırım maliyetine sahip, yerinde (in-situ) ve hızlı analizlere gereksinim duymaktadır. Bu çalışma kapsamında, konvansiyonel spektrofotometrelere alternatif olacak taşınabilir ve düşük maliyetli LED tabanlı optoelektronik bir cihaz geliştirilmiştir. LED-tabanlı cihazın performans testlerinde kolorimetrik analizler içerisinde yaygın olarak kullanılan glukoz ve protein analizleri model olarak seçilmiştir. Bu iki kolorimetrik analiz, konvansiyonel spektrofotometre ile eşzamanlı olarak gerçekleştirilmiş ve LED-tabanlı cihazın performansı belirlenmiştir. LED-tabanlı cihazda tayin limiti değerleri glukoz analizi için 1.25 mM glukoz, protein analizi için 0.084 mg/mL protein olarak saptanmıştır. Konvansiyonel spektrofotometrede elde edilen tayin limiti değerleri sırasıyla 0.70 mM glukoz ve 0.101 mg/mL protein olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, geliştirilen optoelektronik cihazın maliyet ve performans açısından konvansiyonel cihaza önemli bir alternatif olabileceği görülmüş, model analizlerde kullanılabilirliği diğer analizlere de uygulanabilirliğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda bileşeni, Glukoz, Protein, Optoelektronik, Kolorimetrik analiz

### Development of a Low-cost Colorimetric Measurement Device for Food Component Analysis and Determination of its Performance: A Model Study for Glucose and Protein Assays

#### ABSTRACT

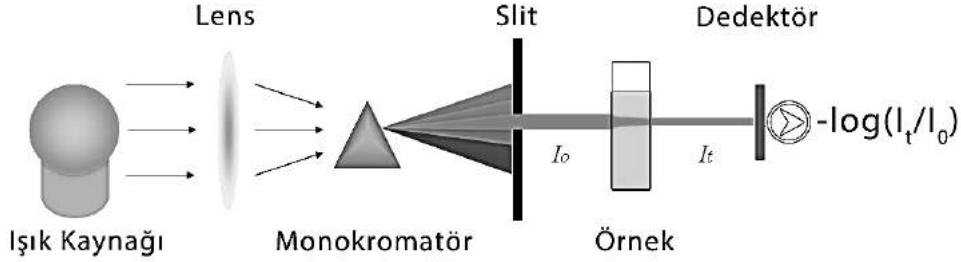
Reliable determination of food components and contaminants is a crucial necessity for a modern society. Moreover, Current food industry demands in-situ and rapid methods with low analysis and investment costs. In this study, a portable and low-cost LED-based optoelectronic device was developed as an alternative to conventional spectrophotometric methods. The performance of a LED-based device was determined by performing two common colorimetric assays as a model, namely glucose and protein. These two colorimetric assays were performed simultaneously with a conventional spectrophotometer, and the analytical performance of a LED-based device was determined. Limit of detection (LOD) values of the LED-based analysis were 1.25 mM for glucose and 0.084 mg/mL for protein determinations. LOD values of a conventional spectrophotometer were 0.70 mM glucose and 0.101 mg/mL protein. As a result, this low-cost optoelectronic device has a potential as a competitive and promising alternative to conventional spectrophotometers, and performance analysis on model assays indicates that it can be also used for assays other than glucose and protein.

**Keywords:** Food component, Glucose, Protein, Optoelectronic, Colorimetric assay

## GİRİŞ

Spektrofotometrik analiz; başta klinik tanı olmak üzere gıda ve çevre analizlerinde kullanılan nitel ve nicel ölçüme olanak tanıyan dolaylı bir analiz yöntemidir. Söz konusu yöntem, molekül veya atomların yaydığı veya absorbladığı (soğurduğu) ışık miktarının ölçülmesi temeline dayanmaktadır. Ölçüm Beer-Lambert yasası olarak adlandırılan absorpsiyon yasasına uygun olarak gerçekleştirilmektedir. Beer-Lambert Yasası, ışığın örnek içinde kat ettiği yol ve analit derişimi arasındaki ilişkiyi ortaya koymakta ve nicel analizin temelini

oluşturmaktadır. Bu yasa uyarınca, analit ile etkileşen ışık demetinin şiddeti örnek içerisinde azalmaktadır. Işık şiddetindeki azalma analit derişimi ile doğru orantılı olarak gerçekleşmekte, böylece nicel analize olanak tanımaktadır [1]. Konvansiyonel anlamda, spektroskopik analiz spektrofotometre adı verilen cihazlar ile gerçekleştirilmektedir. Spektrofotometrik cihazlar beş ana kısımdan oluşmaktadır: (1) kararlı bir ışık kaynağı (2) dalga boyu seçici, (3) numune kabı, (4) ışık dedektörü (ışık enerjisini ölçülebilir sinyale dönüştürür) ve (5) sinyal işleyici (Şekil 1).



Şekil 1. Konvansiyonel spektrofotometrenin bileşenleri ( $I_0$ : örneğe ulaşan ışığın şiddeti,  $I_t$ : detektöre ulaşan ışığın şiddeti,  $-\log(I_t/I_0)$ : absorpsiyon değeri)

Şekil 1'de şematik olarak gösterilen bileşenler içerisinde işlevselliği ve maliyeti açısından en önemli kısım, hedef analitin soğurduğu dalga boyu aralığında ışığın elde edilmesine olanak tanıyan dalga boyu seçicidir. Dalga boyu seçici, geniş spektrumlu (polikromatik) kararlı ışık kaynağından gelen ışın demetini bir prizma yardımıyla sınırlı sayıda dalga boyunda (dar bantlı) ışın ihtiva eden ışığa dönüştüren cihaz veya düzeneklerdir.

Spektrofotometrik analiz açısından bakıldığında, her bir analiz yöntemi belirli bir dalga boyunda gerçekleştirilmekte ve hedef analitin absorbladığı dalga boyundaki ışığın şiddetindeki azalma ile nicel analiz yapılmaktadır. Bu noktada hedef analite özel düşük maliyetli, taşınabilir cihazların geliştirilmesi için belirli bir bant genişliğinde kararlı ve devamlı ışın demeti oluşturan, yarıiletken teknoloji ile geliştirilmiş olan Işık Yayan Diyotların (Light Emitting Diodes, LED) kullanılması önemli avantajlar yaratmaktadır. Işık yayan diyotların kullanılması ile ışık kaynağı maliyetinin azaltılmasının yanı sıra dalga boyu seçici gibi maliyeti oldukça yüksek düzeneklere olan gereksinim de ortadan kalkmaktadır. Böylece oldukça basit bir düzeneğe sahip ölçüm cihazının geliştirilmesi mümkün olabilmektedir. Bunlara ek olarak, LED ışık kaynakları yüksek verimleri, uzun ömürleri ve düşük maliyetli olmaları açısından son yıllarda oldukça popülerdir ve gelecek vaat etmektedirler.

Yapılan literatür incelenmesinde, LED tabanlı spektrofotometrelerin geliştirilmesi açısından sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmaların pek çoğunda ışık kaynağı olarak kullanılan LED'e ek olarak ikinci bir LED, fotodiyot veya diğer bir deyişle dedektör olarak kullanılmıştır. O'Toole ve arkadaşları, biri ışık kaynağı diğeri dedektör olarak kullanılan iki farklı LED içeren bir sistem geliştirmişler ve kolorimetrik akış analizi ile bromkresol yeşili varlığında spektrofotometrik

titrasyon yapmışlardır [2]. Benzer şekilde, Lau ve arkadaşları bromkresol yeşili indikatörü ile performans testi gerçekleştirmişlerdir [3]. Model çözeltiler ile gerçekleştirilen çalışmalara ek olarak, hemoglobin analizi [4], serum alkalın fosfotaz aktivite tayini [5] ve pestisit miktarı ve asetil kolin esteraz aktivitesi [6] üzerine çalışmalar rapor edilmiştir. İkinci LED'in dedektör amacıyla kullanılması maliyetin düşürülmesi açısından faydalı olsa da ışık kaynağı olarak tasarlanmış olan LED'ler ışık sensörü olarak kullanıldığında kararlı ve yüksek performans gösterememektedirler. Bu noktada, dedektör olarak ışık-frekans dönüştürücülerin kullanılması önemli bir alternatif yaratmaktadır. Literatürde ışık-frekans dönüştürücülerin kullanıldığı çalışmalar sınırlı sayıdadır [7, 8]. Yeh ve arkadaşları, timol mavisi, bromkresol yeşili ve fenol kırmızısı gibi indikatörler ile performans testi gerçekleştirmişlerdir [7]. Diğer bir çalışmada ise glukoz analizi yapılarak performans karşılaştırılması yapılmıştır [8]. Performans testi kapsamında dört farklı glukoz derişimi için yüzde hata hesaplanmış ancak analitik olarak önem taşıyan tespit limiti değeri hakkında bilgi verilmemiştir.

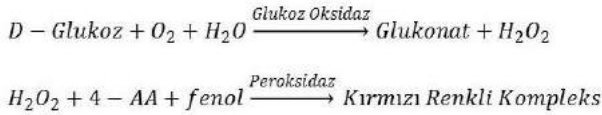
Bu çalışma kapsamında, konvansiyonel spektrofotometrelere alternatif olarak bir veya birkaç dalga boyunda ışık yayan diyotların ışın kaynağı olarak kullanıldığı LED tabanlı optoelektronik ölçüm cihazı endüstriyel işbirliği ve teknoloji transferi kapsamında geliştirilmiştir. Cihaz gıda analizleri ve klinik tanı açısından önemli bir yere sahip olan glukoz ve protein analizlerinin kolorimetrik olarak gerçekleştirilmesine olanak tanıyacak şekilde tasarlanmıştır. Bilindiği üzere kolorimetrik glukoz tayini nişasta (toplam nişasta/zedelenmiş nişasta/dirençli nişasta) ve disakkarit (laktöz/sukroz/maltoz) analizlerinin temelini oluşturmakta ve standart yöntemler (AACC, AOAC ve ICC gibi) arasında yer almaktadır. Kolorimetrik protein analizi ise

düşük maliyeti, uygulama kolaylığı ve yaygınlığı nedeniyle önem taşımaktadır. Glukoz ve protein analizleri, konvansiyonel bir spektrofotometre ve geliştirilen cihaz ile eşzamanlı olarak gerçekleştirilmiş, böylece cihazın spektrofotometre ile karşılaştırılması mümkün olmuştur. Sonuç olarak; geliştirilen optoelektronik ölçüm cihazı, düşük güç gereksinimi dolayısıyla taşınabilir olacağından yerinde (in-situ) analize olanak tanıyacaktır. Buna ek olarak, düşük yatırım maliyeti nedeniyle gelişmekte olan ekonomiler ve KOBİ'ler için önemli bir alternatif analiz yöntemi sunacağı düşünülmektedir.

## MATERYAL ve METOT

D-Glukoz, sığır serum albümin (BSA), glukoz oksidaz (*A. niger*), peroksidaz (yaban turbu), 4-aminoantipirin, fenol, coomassie brilliant blue protein analiz çözeltisi, sodyum hidrojen fosfat ve sodyum dihidrojen fosfat Sigma-Aldrich'den (Almanya) temin edilmiş ve tüm çözeltiler MilliQ kalite deiyonize su kullanılarak hazırlanmıştır.

Glukoz analizi Trinder tarafından ortaya konulan ve iki aşamada gerçekleşen kolorimetrik reaksiyon ile yapılmıştır [9]. Yöntemin ilk aşaması; D-glukozun glukoz oksidaz enzimi katalizöründe  $O_2$  ve  $H_2O$  varlığında oksitlenmesi sonucunda glukonat ve hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) oluşmasıdır. Oluşan  $H_2O_2$ , ikinci aşamada peroksidaz enzimi katalizöründe 4-aminoantipirin (4-AA) ve fenol ile reaksiyona girerek 505 nm'de maksimum absorbans yapan kırmızı renkli bir kompleks (Quinoneimine) oluşturmaktadır (Şekil 2). Oluşan kırmızı renkli bileşiğin miktarı, glukoz miktarı ile doğru orantılıdır.

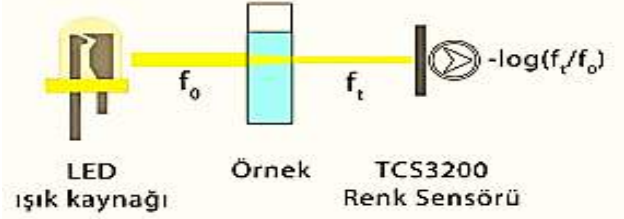


Şekil 2. Glukoz ölçümü reaksiyon mekanizması

Protein analizi, Bradford protein analiz yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir [10]. Yöntem kısaca; coomassie brilliant blue G-250 isimli boyanın proteinler ile etkileşimi sonucunda absorbans spektrumundaki kaymanın saptanması esasına dayanmaktadır. Asidik koşullarda kırmızı renkli olan boyanın rengi protein ile kompleks oluşturması sonucunda mavime dönüşmektedir ve 595 nm'de absorbans yapmaktadır. Artan protein miktarı ile 595 nm'deki absorbans değeri artmakta ve örnekte protein miktarı nicel olarak belirlenebilmektedir.

Optoelektronik sistem Hacettepe Teknokent A.Ş. bünyesinde faaliyet gösteren ARTEC İleri Araştırma Teknolojileri ve Ticaret Ltd. Şirketi ile birlikte yürütülen endüstriyel işbirliği çerçevesinde tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Sistem temelde ışık kaynağı olarak cyan ( $\lambda_{max} = 500$  nm) ve turuncu ( $\lambda_{max} = 590$  nm) LED'ler ve TCS3200 renk sensöründen oluşmaktadır (Şekil 3). Renk sensörü, ışık şiddetini frekansa dönüştürmekte ve kırmızı, yeşil, mavi ve nötral olmak üzere dört farklı

frekans değeri elde edilmektedir. Cihazın güç beslemesi ve veri aktarımı USB bağlantısı ile yapılmaktadır.



Şekil 3. LED tabanlı optoelektronik ölçüm cihazının bileşenleri ( $f_0$ : örneğe ulaşan ışığın frekansı,  $f_t$ : detektöre ulaşan ışığın frekansı,  $-\log(f_t/f_0)$ : absorbans eşdeğeri)

Glukoz analizi cyan LED, protein analizi ise turuncu LED aktif iken gerçekleştirilmiş, böylece dalga boyu seçici kullanılmasına gerek kalmamıştır. Fotodetektör tarafından üretilen kırmızı kanala ait frekans değerleri glukoz analizi, mavi kanala ait frekans değerleri de protein analizi için kullanılmıştır. Örneklerdeki analit miktarının artması, absorblanan ışığın miktarını arttırmakta böylece ilgili kanaldaki frekans değerinde azalma olmaktadır. Bu durum spektroskopik analiz temel olgusu transmittans (geçirgenlik) kavramı ile tamamen aynı olup, nicel analize olanak tanımaktadır.

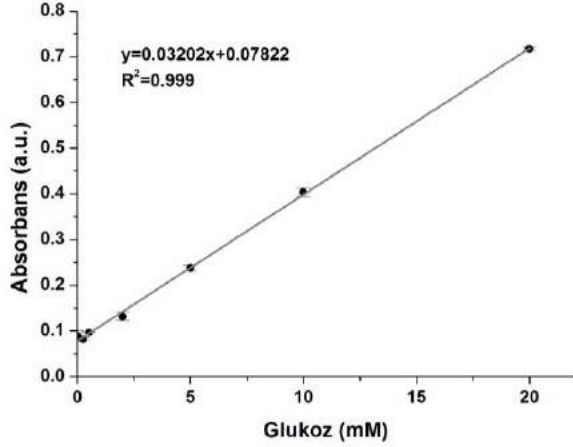
Performans Testleri: Optoelektronik sistem ile yapılan glukoz ve protein analizleri eş zamanlı olarak konvansiyonel spektrofotometre ile gerçekleştirilmiş ve cihazın performansı incelenmiştir. Bu amaçla Agilent Cary 60 UV-Vis spektrofotometre (Agilent Technologies, Santa Clara, California) kullanılarak glukoz analizi 505 nm'de, protein analizi de 595 nm'de absorbans ölçümü yapılarak gerçekleştirilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

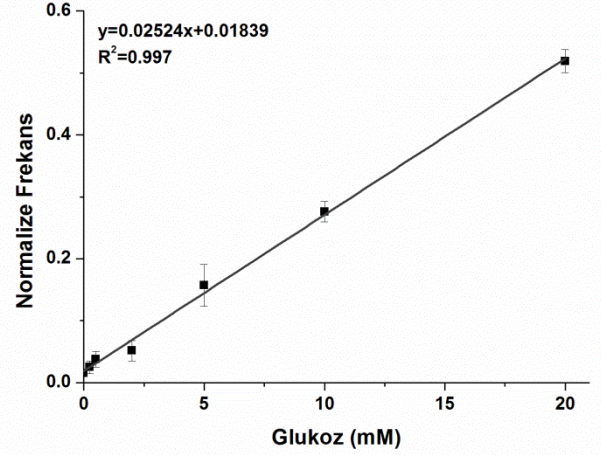
### Glukoz Analizi

Trinder tarafından önerilen enzimatik glukoz analiz yöntemi [9] kullanılarak glukoz analizi gerçekleştirilmiştir. Ölçümler konvansiyonel spektrofotometre ve LED tabanlı ölçüm cihazı ile eşzamanlı olarak yapılmıştır. Konvansiyonel spektrofotometre ile elde edilen glukoz kalibrasyon grafiği Şekil 4'te verilmektedir. Grafik 0.25 mM ve 20 mM glukoz derişim aralığında doğrusaldır ve  $R^2$  değeri 0.999 olarak hesaplanmıştır. Konvansiyonel spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilen glukoz analizinin tespit limiti 0.70 mM glukoz olarak saptanmıştır.

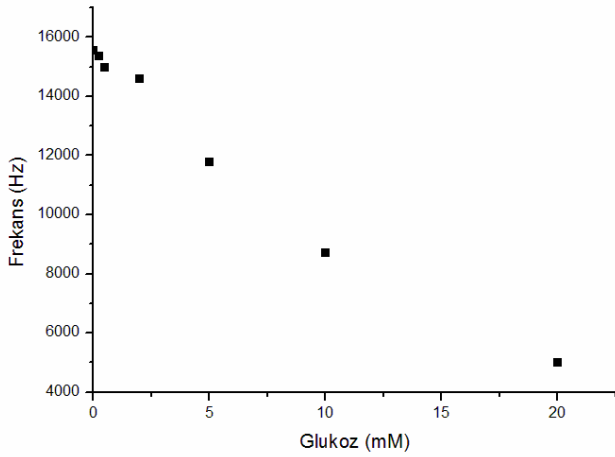
LED tabanlı ölçüm cihazı ile kullanılarak glukoz örneklerinde yapılan eşzamanlı okuma sonucunda ışığın frekansının artan glukoz derişimi ile azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 5). Elde edilen frekans değerleri, glukoz içermeyen kontrol örneğinde elde edilen frekans değerine bölünmüş ve eksi logaritması hesaplanmıştır. Hesaplanan değer normalize frekans değeri olarak adlandırılmıştır. Normalize frekans değeri, absorbans eşdeğeri olarak kullanılarak, glukoz derişimine karşı grafiğe geçirilmiş (Şekil 6) ve elde edilen glukoz kalibrasyon grafiğinin  $R^2$  değeri 0.997 olarak hesaplanmıştır. Glukoz tespit limiti ise 1.25 mM olarak saptanmıştır.



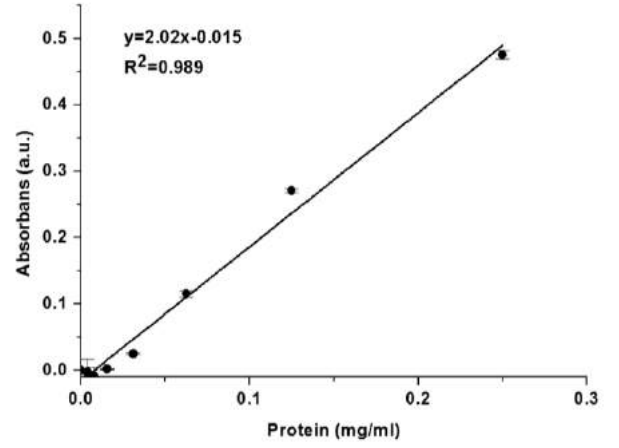
Şekil 4. Konvansiyonel spektrofotometre ile gerçekleştirilen glukoz analizi kalibrasyon grafiği (n=2)



Şekil 6. Glukoz derişimi – normalize frekans grafiği: LED tabanlı ölçüm cihazı ile elde edilen kalibrasyon grafiği (n=2)



Şekil 5. Glukoz derişimi-frekans grafiği: artan glukoz ile ışığın frekansındaki azalma (n=2)

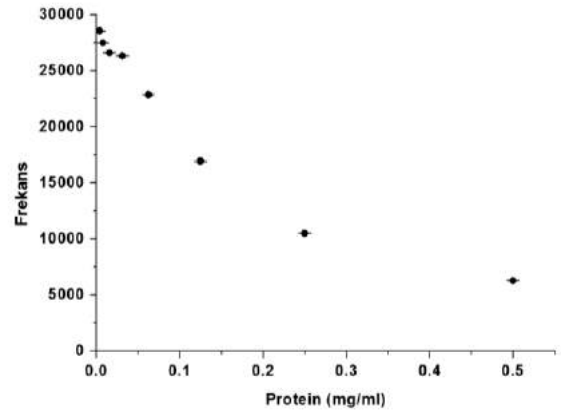


Şekil 7. Konvansiyonel spektrofotometre ile gerçekleştirilen protein analizi kalibrasyon grafiği (n=2)

### Protein Analizi

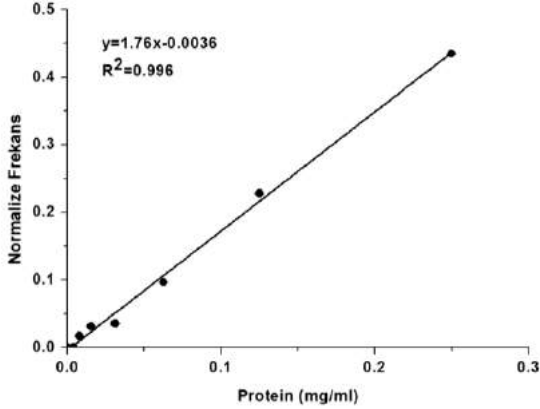
Konvansiyonel spektrofotometre ile elde edilen protein kalibrasyon grafiği Şekil 7'de verilmektedir. Analiz 0.004 mg/mL ve 0.5 mg/mL albümin derişimi aralığında gerçekleştirilmiş olup, grafik 0.25 mg/mL albümin derişimine kadar doğrusaldır ve  $R^2$  değeri 0.989 olarak hesaplanmıştır. Konvansiyonel spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilen protein analizinin tespit limiti 0.101 mg/mL olarak saptanmıştır.

LED tabanlı ölçüm cihazı ile kullanılarak protein örneklerinde yapılan eşzamanlı okuma sonucunda ışığın frekansının artan albümin derişimi ile azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 8). Elde edilen frekans değerleri, protein içermeyen kontrol örneğinde elde edilen frekans değeri kullanılarak daha önce anlatıldığı gibi normalize frekans değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan normalize frekans değerleri, absorbans eşdeğeri olarak kullanılarak, albümin derişimine karşı grafiğe geçirilmiştir (Şekil 9). Normalize frekans değeri ile elde edilen albümin kalibrasyon grafiğinin  $R^2$  değeri 0.996 olarak hesaplanmıştır. Albümin tespit limiti ise 0.084 mg/mL olarak saptanmıştır.



Şekil 8. Protein derişimi-frekans grafiği: artan protein ile ışığın frekansındaki azalma (n=2)

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda LED tabanlı ölçüm cihazının gıda bileşeni olan glukoz ve protein tayininde başarıyla kullanılabileceği gözlemlenmiştir. LED tabanlı ölçüm cihazı, yatırım maliyeti oldukça yüksek olan konvansiyonel spektrofotometre ile kıyaslandığında glukoz ve protein analizlerinde düşük maliyeti ve karmaşık olmayan yapısıyla rekabetçi bir performans göstermiştir.



Şekil 9. Protein derişimi – normalize frekans grafiği: LED tabanlı ölçüm cihazı ile elde edilen kalibrasyon grafiği (n=2)

Cihaz modüler ve basit yapıya bir yapıya sahiptir ve farklı dalga boylarında LED ışık kaynakları ile kolaylıkla konfigüre edilebilme potansiyeli taşımaktadır. Böylece, 400-700 nm dalga boyu aralığında ölçüm alınan kolorimetrik analizlerin tamamının bu cihazla gerçekleştirilmesi mümkün olabilecektir. Kolorimetrik analizlerin önemli bir kısmı enzimatik reaksiyonlar kullanılarak gerçekleştirildiği için geliştirilen cihazın konvansiyonel spektrofotometre karşısında dezavantaja sahip olması söz konusu değildir. Bilindiği üzere, kolorimetrik analizler dolaylı analiz yöntemleri sınıfına girmekte ve seçicilik enzimatik reaksiyonların kullanılması veya spesifik renkli komplekslerin oluşması ile sağlanmaktadır. Nişasta, laktoz, sukroz, maltoz, hidrojen peroksit, etanol, beta-galaktozidaz aktivitesi, alfa-amilaz aktivitesi ve peroksidad aktivitesi tayini gibi pek çok analiz glukoz tayin yöntemi ile aynı prensibe dayandığından 500-510 nm aralığındaki dalga boyunda ölçüm alınması gerekmektedir. Bunlara ek olarak, laktik asit ve malik asit gibi dehidrogenaz enzimlerinin substratlarının kolorimetrik olarak tayini 430-450 nm aralığında gerçekleştirilmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda, geliştirilen cihazın konvansiyonel spektrofotometrelerde olduğu gibi geniş spektrumlu ışık kaynaklarına gereksinimi yoktur. Bu nedenlerden ötürü, cihaz kolorimetrik analizlerin gerçekleştirilmesi için önemli bir alternatif olabilecektir. Devam eden Ar-Ge çalışmalarımız kapsamında cihazın performansında artışın ortaya konulması hedeflenmiş olup, güvenilir sonuç veren düşük maliyetli bir cihazın, öncelikli olarak ülkemiz ekonomisine katkı sağlaması beklenmektedir.

## SONUÇ

Geliştirilen LED tabanlı optoelektronik ölçüm cihazının, sıklıkla kullanılan glukoz ve protein analizlerinin yanı sıra diğer kolorimetrik analiz yöntemlerine de uyarlanması hedeflenmektedir. Böylece, düşük yatırım maliyeti ile KOBİ'ler ve gelişmekte olan ekonomiler için kolaylıkla temin edilebilir bir cihaz arz edilmiş olacaktır. Cihaz düşük maliyetine ek olarak taşınabilir olması sebebiyle, saha analizlerinde de kullanılabilme

potansiyeli taşıdığından, gerek süreç kontrolü gerekse de gıda kontrolü (kalite ve güvenlik) için önemli bir kullanım alanı bulacaktır. Günümüz gıda endüstrisi, otoriteler tarafından getirilen kısıtlamalar nedeniyle sürecin hızlı ve güvenilir bir şekilde takip edilmesi zorunluluğu ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle taşınabilir, düşük maliyetli ve güvenilir ölçüm cihazlarına olan gereksinim ve talep artmaktadır. Sonuç olarak geliştirilen cihaz, güvenilir analitik performans, düşük maliyet ve taşınabilirlik gibi özellikleri ile denetim otoritesi ve sektörün ihtiyaçlarını karşılayabilecek niteliktedir.




## TEŞEKKÜR

Yazar, ARTEC İleri Araştırma Teknolojileri San. ve Tic. Ltd. Şirketi Teknik Müdürü ve Kurucu Ortağı olan Elektrik-Elektronik Yüksek Mühendisi Sayın Turan ŞENCİL'e katkı ve desteklerinden dolayı teşekkür etmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Gündüz, T. (2007). İnrümental Analiz. Gazi Kitabevi, Ankara.
- [2] Toole, M.O., Lau, K.T., Diamond, D. (2005). Photometric detection in flow analysis systems using integrated PEDDs. *Talanta*, 66, 1340-1344.
- [3] Lau, K.-T., Baldwin, S., O'toole, M., Shepherd, R., Yerazunis, W.J., Izuo, S., Ueyama, S., Diamond, D. (2006). A low-cost optical sensing device based on paired emitter-detector light emitting diodes. *Analytica Chimica Acta*, 557, 111-116.
- [4] Mieczkowska, E., Koncki, R., Tymecki, Ł. (2011). Hemoglobin determination with paired emitter detector diode. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 399, 3293-3297.
- [5] Strzelak, K., Koncki, R., Tymecki, Ł. (2012). Serum alkaline phosphatase assay with paired emitter detector diode. *Talanta*, 96, 127-131.
- [6] Bueno, D., Alonso, G., Muñoz, R., Marty, J.L. (2014). Low-cost and portable absorbance measuring system to carbamate and organophosphate pesticides. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 203, 81-88.
- [7] Yeh, T.-S., Tseng, S.-S., 2006. A low cost LED based spectrometer. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 53, 1067-1072.
- [8] Mohammad, K.A., Zekry, A., Abouelatta, M. (2015). LED Based Spectrophotometer can compete with conventional one. *International Journal of Engineering & Technology*, 4(2), 399-407.
- [9] Trinder, P. (1969). Determination of blood glucose using an oxidase-peroxidase system with a non-carcinogenic chromogen. *Journal of Clinical Pathology*, 22(2), 158-161.
- [10] Bradford, M.M. (1976). Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.

## **Koruk Sularının Bazı Kalite Karakteristikleri Üzerine Pastörizasyon ve Potasyum Sorbat İlavésinin Etkisi**

Haluk Ergezer , Ramazan Gökçe , Tolga Akcan 

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

*Geliş Tarihi (Received): 18.01.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 10.08.2018*

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

☎ 0 258 296 31 11 📠 0 258 296 32 62

### **ÖZ**

Koruk suyu ülkemizde sevilerek tüketilen ekşimsi tatta ve ferahlatıcı geleneksel bir içecektir. Üretimi standart olmadığından, koruk suyu her yörede farklı bir şekilde üretilmekte ve bu nedenle sınırlı bir raf ömrüne sahiptir. Bu çalışmada Yediveren çeşidi üzümlerden (*Vitis vinifera*) üretilen koruk sularının bazı fizikokimyasal (renk, pH, toplam asitlik, °Briks ve bulanıklık) ve duyu kalite karakteristikleri üzerine pastörizasyon (85°C'de 15 dakika) ve potasyum sorbat (300 mg/L) uygulamasının etkisi 2°C'de 7 gün boyunca incelenmiştir. Pastörizasyon ve potasyum sorbat ilavesi koruk sularının pH ve bulanıklık değerleri üzerinde etkili bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) ve depolama boyunca tüm gruplarda pH artarken bulanıklık azalış göstermiştir. Örneklerin °Briks değeri gruplar arasında ve depolama boyunca değişiklik göstermemiştir. Pastörizasyon ya da potasyum sorbat uygulamasının örneklerin sarılık değeri üzerine etkisi görülmezken, parlaklık ve kırmızılık bu uygulamalardan önemli derecede etkilenmiştir ( $p < 0.05$ ). Örneklerin aroma puanları 3.2-4.0 arasında ve genel beğeni puanları 3.4-3.8 arasında bulunmuş olup bu değerler ortalamasının üzerindedir. Sonuç olarak, koruk suyunun raf ömrü pastörize edilerek ve/veya mevzuatın izin verdiği ölçüde antimikrobiyal katkı maddeleri ilave edilerek artırılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Koruk suyu, Pastörizasyon, Potasyum sorbat

### **Effect of Pasteurization and Sorbate Addition on Some Quality Parameters of Verjuice**

#### **ABSTRACT**

Verjuice is a sour taste and refreshing traditional drink which is favorably consumed in Turkey. Some people often produce this drink for their own consumption at homes without any technological application, which might be a reason for its limited shelf life. In this study, the effect of pasteurization (15 minutes at 85°C) and potassium sorbate addition (300 mg/L) on some physicochemical (color, pH, total acidity, °Brix and turbidity) and sensory quality characteristics of verjuice samples produced from Yediveren grapes (*Vitis vinifera*) and stored at 2°C for 7 days were evaluated. Pasteurization and potassium sorbate addition had a significant effect on pH and turbidity values of verjuice ( $p < 0.05$ ) while turbidity decreased and pH increased in all groups during storage. Brix value of samples did not show any differences between groups and during storage. Lightness and redness were significantly influenced by these applications ( $p < 0.05$ ) while there was insignificant differences in yellowness of samples between the treatments of pasteurization and potassium sorbate addition. Aroma scores of samples ranged from 3.2 to 4.0 and the overall acceptability score was between 3.4-3.8, above the average scores. As a result, the shelf life of verjuice can be increased by pasteurization and/or by adding antimicrobial additives to the extent permitted by the legislation.

**Keywords:** Verjuice, Pasteurization, Potassium sorbate

## GİRİŞ

Ülkemizde sevilerek tüketilen meyvelerden biri olan, üzümün (*Vitis vinifera L.*) yaklaşık 1200 çeşidi topraklarımızda yetiştirilebilmektedir. 2016-2017 sezonunda ülke genelinde 4 milyon ton civarında üzüm üretilmiş olup üretiminin %50'den fazlası Ege Bölgesi'nde gerçekleştirilmiştir Türkiye'de üretilen üzümlerin yaklaşık %40'ı kurutulularak, %25'i sofralık, %20'si sirke, pekmez ve pestil yapılarak ve %15'i de alkollü içki sanayinde değerlendirilmektedir [1]. Dünya genelinde alkollü içecek, meyve suyu, kurutulmuş ve sofralık olarak tüketilen üzüm, ülkemize özgü şekilde pekmez, pestil, sucuk, köfter, koruk ekşisi ve koruk suyu şeklinde tüketilmektedir [2]. Koruk en yalın haliyle olgunlaşmamış üzümlerin sıkılmasıyla elde edilen üzüm suyu olarak bilinmektedir. Koruk elde edildikten sonra kaynatılır ve içerisine tuz ilave edilirse elde edilen ürün "koruk ekşisi" olarak bilinir. Koruk ekşisi salatalar ve çeşitli yemekler için sos olarak değerlendirilmektedir. Şayet ham koruk hafif sulandırılır ve içerisine belirli oranda şeker ilave edilirse bu ürüne "koruk suyu" denir ve ülkemizde yöresel olarak pek çok bölgemizde özellikle yaz aylarında ferahlatıcı bir içecek olarak tüketilmektedir [3]. Koruk suyu; düşük pH değerine sahip, buruk ve ekşimsi bir tatta ve fenolik madde miktarı oldukça yüksek bir içecektir [4]. Gıda olarak tüketiminin yanı sıra tıbbi amaçla tansiyon ve kolesterolü düşürücü, sindirime yardımcı ve ülser tedavi edici olarak da kullanılmaktadır [5]. Koruk suyunun ülkemizde içmelik olarak kayda değer bir ticari üretimi söz konusu değildir. Üretim daha çok geleneksel metotlarla, ve sınırlı bir raf ömrü dahilinde yapılmaktadır. Üretimin aseptik koşullarda gerçekleştirilmemesi nedeniyle yabani maya ve küllerle kolaylıkla kontamine olabilen koruk suyu, hızla fermente olarak tüketilemeyecek duruma gelebilmektedir. Yine herhangi bir berraklaştırma işlemi uygulanmadığı için bekleme sırasında bulanıklaşım çökelti de oluşturmaktadır [2]. Raf ömrü kısa bu türden gıda maddelerinde ısı işlem uygulaması ve/veya antimikrobiyal katkı maddeleri ilavesi ile raf ömrünü uzatabilmek mümkündür. Meyve suyu gibi sıvı gıdalarda etkili antimikrobiyal uygulamalardan biri pastörizasyon ve bir diğeri de izin verilen antimikrobiyal katkı maddesi olarak potasyum sorbat ilavesidir [2]. Bu çalışmada pastörizasyon ve potasyum sorbat uygulamasının koruk suyunun bazı kalite karakteristikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Koruk Suyu Üretimi

Koruk suyu üretimi için İzmir/Ödemiş yöresinde yetiştirilen Yediveren çeşidi olgunlaşmamış üzümler kullanılmıştır. Salkım halinde elle toplanan üzümler soğuk zincir altında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesislerine ulaştırılmış ve daha sonra koruk suyu üretimi şu şekilde gerçekleştirilmiştir: Salkımlar (3 kg) plastik bir küvet içerisinde tahta bir tokmak yardımıyla iyice ezilmiştir. Ezilmiş karışım içerisine üzüm ağırlığının %50'i kadar (1.5 kg) şeker ilave edilmiş ve karışım kendi haline bırakılarak 1 saat dinlendirilmiştir. Dinlendirme sırasında

şekerin üzüm tanelerine ozmotik basınç uygulayarak koruk suyunun verimini arttırması amaçlanmıştır. Ardından bu karışıma kaynama sıcaklığında 2 L içme suyu ilave edilerek üzüm salkımları el ile iyice sıkılmış ve elde edilen karışım mutfak tipi kaba bir plastik süzgeçten süzölmüştür. Süzöntü ayrı bir ölçülü kaba alınarak kalan cibre üzerine 1 L ılık içme suyu ilave edilerek elle sıkma ve süzme tekrar gerçekleştirilmiştir. İşleme 10 L koruk suyu elde edilene kadar devam edilmiş ve elde edilen süzöntü doğal koruk suyu olarak isimlendirilmiştir [2,3]. Bu aşamadan sonra doğal koruk suyu 5 L'lik iki eşit hacme bölünmüş ve bunlardan birine 300 mg/L düzeyinde potasyum sorbat (Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği hükümlerine göre) ilave edilerek potasyum sorbat ilaveli koruk suyu; diğere ise herhangi bir katkı ilave edilmemiştir. Potasyum sorbat ilave edilmiş ve edilmemiş örnekler tekrar iki eşit hacme bölünerek bunlardan bir tanesi 85°C sıcaklıkta 15 dakika süreyle sıcak su banyosunda pastörize edilmiş, diğere ise pastörize edilmemiştir. Sonuçta pastörize doğal (P), pastörize edilmemiş doğal (NP), pastörize potasyum sorbatlı (PS) ve pastörize edilmemiş potasyum sorbatlı (NPS) olmak üzere 2.5 L'lik 4 farklı grup oluşturulmuştur. Koruk suyu üretimi sonrası örnekler 500 ml lik şişelere (Isolab polipropilen steril şişe) alınarak buzdolabında (2°C) 7 gün süreyle (yöresel tüketim koşulları) depolanmıştır.

### Metot

### Fizikokimyasal Analizler

Koruk suyu örneklerinin renk değerleri renk ölçüm cihazı (Hunter Lab Miniscan XE Plus, ABD) ile CIELAB sistemi referans alınarak belirlenmiştir. Sonuçlar açıklık-koyuluk (L\*), kırmızılık (+a\*) ve sarılık (+b\*) değerleri kullanılarak saptanmıştır[6]. pH ölçümü koruk sularında direkt olarak pH metre ile (Crison Basic 20, İspanya) gerçekleştirilmiştir [7]. Örneklerin suda çözünür kuru madde değerleri (°Briks) refraktometre (RFM 340, İngiltere) kullanılarak [7], titre edilebilir asitlik (tartarik asit eşdeğeri, %) 0.1 N NaOH çözeltisi ile titrasyon yoluyla belirlenmiştir [7]. Örneklerde bulanıklık değerleri türbidimetre (HACH 2100Q, ABD) aracılığı ile cihazın okuyabileceği aralığa göre seyreltilerek belirlenmiş ve sonuçlar "NTU (Nephelometric Turbidity Unit)" değeri ile ifade edilmiştir [7].

### Duyusal Analizler

Koruk suyu örneklerinin duysal değerlendirmesinde hedonik test kullanılmıştır. Panelist olarak yaş aralığı 18-25 olan Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencileri arasından seçilmiş 15 kişilik (8 bayan, 7 erkek) bir gruptan faydalanılmıştır. Bu amaçla örnekler renk, aroma, genel beğeni (5; çok beğendim, 1;hiç beğenmedim) ve ekşilik (5; çok ekşi, 1; hiç ekşi değil) açısından değerlendirilmiştir. Koruk suyu örnekleri soğutulmuş olarak (4-6°C) ve rastgele seçilen 3'er basamaklı sayılarla kodlanarak sunulmuştur. Her örnek grubu test edildikten sonra bir sonraki test için ağız içinin nötrlenmesi amacıyla ılık su kullanılmıştır [8].



## İstatistiksel Analizler

4 farklı grupta değerlendirmeye alınan her gruptan 3 örnekte analizler 2 tekrar 3 paralel ve 3 farklı depolama periyodunda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında sonuçlar ANOVA (Varyans Analizi) kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testiyle değerlendirilmiş ve uygulama grupları arasında farklılık olup olmadığı SPSS istatistik paket programı kullanılarak test edilmiştir [9].

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Koruk suyu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre örneklerin pH değerleri 2.74-2.94 arasında değişiklik göstermiştir. 0.günde PS grubunda en yüksek pH değeri tespit edilirken bunu NPS grubu takip etmiş ve bu örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Fakat P ve NP örnekleri benzer bulunmuştur. 3. günde 0. güne benzer en yüksek pH değeri PS grubunda tespit edilirken, diğer örnekler arasında istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ). 7.günde ise pastörizasyon ya da potasyum sorbat ilavesinin koruk suyu örnekleri üzerine etkili olmadığı belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca PS grubunda pH değişimi gözlenmemiştir. NPS örneklerinde 0 ve 3. günler benzer bulunurken 7. günde pH az da olsa artış göstermiştir. P ve NP gruplarında ise pH değişimi günler arasında farklı, gruplar arasında ise paralellik arz etmiştir. 0. günden 7. güne doğru gidildiğinde tüm örneklerin pH değerleri kısmi bir artış göstermiş olup bu durumun üretim sırasında berraklaştırma işlemi uygulanmayışına bağlı olarak ortamda kalması muhtemel tampon bileşiklerin varlığından ileri geldiği düşünülmektedir. Koruk suyu ile ilgili olarak daha önce yapılmış çalışmalarda pH değerlerinin 2.40–2.80 [10], 2.90–3.00 [2], 2.10–2.70 [3], 2.60-2.90 [4] arasında olduğu belirlenmiş ve bu değerlerin çalışmamızla benzer olduğu görülmüştür. Koruk suyu örneklerinin suda çözünür toplam kuru madde miktarları ( $^{\circ}$ Briks) 8-9 arasında değişiklik göstermiş olup örnekler ve günler arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). Farklı zamanlarda hasat edilmiş ve olgunlaşma düzeyleri farklı üzümlerden elde edilen koruk sularının incelendiği bir çalışmada  $^{\circ}$ Briks değerleri 3.30-9.90 arasında değişiklik göstermiş olup olgunlaşma düzeyi arttıkça  $^{\circ}$  Briks değerinin de arttığı gözlenmiştir [4]. Başka bir çalışmada yediveren çeşidi üzümlerde  $^{\circ}$ Briks değeri 4.50 olarak tespit edilmiştir [2]. 10 farklı üzüm çeşidinden elde edilen koruk sularının incelendiği diğer bir çalışmada ise yine yediveren çeşidi üzümlerin  $^{\circ}$ Briks değerleri 3.21-3.68 arasında bulunmuştur [3]. Çalışmalar arasındaki  $^{\circ}$ Briks farklılıklarının hasat zamanı, hasat çeşidi, olgunlaşma düzeyi gibi faktörlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Koruk suyu örneklerine üretim sırasında herhangi bir berraklaştırma işlemi uygulanmamış ve örneklerin bulanıklık değerleri 57.40-68.50 arasında bulunmuştur. Meyve sularında ortaya çıkan bulanıklığın meyvenin yapısında doğal olarak

bulunan başta fenolik madde, protein, nişasta, bakır ve demir gibi bileşenlerden kaynaklandığı belirtilmektedir [11]. 0. günde en düşük bulanıklık NPS grubunda bulunmuştur. Diğer örnekler arasında ise bulanıklık yönünden herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). 3. günde bulanıklık 0. güne göre P ve NP gruplarında kısmen azalırken ( $p<0.05$ ), PS ve NPS gruplarında ise istatistiksel bir değişiklik gözlenmemiştir. 7. günde bulanıklığın en yüksek PS grubunda olduğu gözlenirken, diğer grupların bulanıklığı arsında önemli bir farklılık görülmemiştir. NPS grubunda depolama boyunca bulanıklıkta değişiklik görülmemesine rağmen diğer gruplarda depolamanın sonunda bulanıklığın azaldığı gözlenmiştir. Buzdolabında depolama boyunca bulanıklığın azalması bulanıklık oluşturan bileşenlerin kompleks oluşturarak çökmesiyle açıklanabilmektedir. Ayrıca aynı günler içerisinde pastörizasyon ve/veya potasyum sorbat uygulaması bulanıklık üzerinde etkili bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Yediveren üzümlerinden üretilen koruk suları ile ilgili bir çalışmada pastörizasyon sonrası oda sıcaklığında depolamaya kıyasla soğukta depolama sırasında bulanıklığın azaldığı belirtilmiştir [2]. Başka bir çalışma da bu çalışmaya benzer şekilde pastörizasyon sırasında sıcaklığın etkisiyle bulanıklık oluşturan bileşiklerin çökeldiği belirtilmiştir [3].

Malik ve tartarik asidin üzümde hakim organik asitler olduğu bildirilmektedir [12]. Bu çalışmada koruk sularının asitlik değerinin malik asit cinsinden %0.42-0.52 arasında olduğu belirlenmiştir. Bu konuda yapılmış farklı çalışmalar incelendiğinde koruk sularının malik asit cinsinden asitlik değerleri %2.48 -3.00, [2], %1.74-3.88 [4], %3.27-3.98 [13] arasında bulunmasına rağmen bu çalışmada asitliğin çok düşük kalmış olması örneklerin sulandırılmış olmasıyla ilişkilendirilebilir. Tablo 1 incelendiğinde tüm analiz günlerinde örnekler arasında herhangi bir farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Depolama boyunca PS ve NPS gruplarında 0. günde asitlik birbirine benzer olan ( $p>0.05$ ) 3 ve 7. günlere göre daha yüksek bulunmuştur. NP grubunda asitlik 0 ve 7. günlerde benzer bulunurken, 3. günde daha düşük tespit edilmiştir. P grubunda ise asitlik dalgalı bir seyir izlemiştir. Genel olarak depolama başlangıcında daha asidik bulunan örneklerdeki asitlik, depolamanın sonuna doğru azalış göstermiştir.

Koruk suyu örneklerine ait renk değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Örneklerin parlaklık değeri 14.34-17.56 arasında değişiklik göstermiştir. 0, 3 ve 7. günlerde gruplar arasında farklılık gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Bu durum pastörizasyon ya da potasyum sorbat uygulamasının parlaklık üzerinde etkili olmadığını ortaya koyması açısından önemlidir. Depolama boyunca parlaklığın tüm gruplarda önemli derecede azaldığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Soğukta depolama sırasında parlaklığın azalışı az da olsa enzimatik reaksiyonlara bağlanabilmektedir [14]. Özellikle fenolik bileşiklerce zengin üzümlerde polifenolik oksidaz enzimi büyük önem taşımakta ve şarap üretiminde kahverengileşmeden sorumlu tutulmaktadır [15, 16].

Tablo 1. 7 gün boyunca 2°C'de depolanan koruk sularının bazı fizikokimyasal özellikleri

Uygulama*	Depolama süresi (Gün)**		
	0***	3	7
	pH		
P	2.76±0.09 <sup>cB</sup>	2.86±0.34 <sup>bAB</sup>	2.91±0.23 <sup>aA</sup>
NP	2.74±0.12 <sup>cB</sup>	2.83±0.15 <sup>bAB</sup>	2.91±0.18 <sup>aA</sup>
PS	2.92±0.34 <sup>aA</sup>	2.93±0.07 <sup>aA</sup>	2.94±0.17 <sup>aA</sup>
NPS	2.83±0.07 <sup>bB</sup>	2.87±0.11 <sup>bB</sup>	2.91±0.26 <sup>aA</sup>
	° Briks		
P	8.50±0.26 <sup>aA</sup>	8.00±0.27 <sup>aA</sup>	8.50±0.56 <sup>aA</sup>
NP	8.50±0.32 <sup>aA</sup>	8.00±0.33 <sup>aA</sup>	9.00±0.67 <sup>aA</sup>
PS	8.50±0.41 <sup>aA</sup>	8.00±0.42 <sup>aA</sup>	8.50±0.89 <sup>aA</sup>
NPS	8.00±0.45 <sup>aA</sup>	8.00±0.21 <sup>aA</sup>	9.00±0.85 <sup>aA</sup>
	Bulanıklık (NTU=Nephelometric Turbidity Unit)		
P	64.7±0.11 <sup>aA</sup>	57.5±0.08 <sup>bB</sup>	57.4±0.21 <sup>bB</sup>
NP	68.5±0.23 <sup>aA</sup>	61.4±0.64 <sup>bB</sup>	58.3±0.17 <sup>bC</sup>
PS	66.7±0.09 <sup>aA</sup>	66.8±0.56 <sup>aA</sup>	65.1±0.34 <sup>aB</sup>
NPS	57.4±0.11 <sup>bA</sup>	59.8±0.27 <sup>bA</sup>	57.8±0.09 <sup>bA</sup>
	Asitlik (malik asit eq %)		
P	0.50±0.07 <sup>aA</sup>	0.43±0.05 <sup>aB</sup>	0.46±0.10 <sup>aAB</sup>
NP	0.48±0.09 <sup>aA</sup>	0.42±0.08 <sup>aB</sup>	0.45±0.09 <sup>aA</sup>
PS	0.51±0.06 <sup>aA</sup>	0.46±0.07 <sup>aB</sup>	0.43±0.12 <sup>aB</sup>
NPS	0.52±0.08 <sup>aA</sup>	0.42±0.09 <sup>aB</sup>	0.45±0.09 <sup>aB</sup>

\*Pastörize doğal (P), pastörize edilmemiş doğal (NP), pastörize sorbatlı (PS) ve pastörize edilmemiş sorbatlı (NPS); \*\*± Standart sapma;\*\*\* a-c Aynı sütundaki ve A-C aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05).

Koruk sularının a\* değerlerinin negatif değerler almış olması bunların yeşilimsi tonlarda olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Örneklerin a\* değerleri -0.81 ile -0.29 arasında bulunmakla birlikte 0. günde pastörizasyon yeşilimsi renk yoğunluğunun azalmasına neden olmuştur. 3. günde de 0. güne benzer şekilde ısı işlem uygulanmış örneklerde yeşilimsilik daha düşük seviyede bulunmuştur. Depolama sonunda NPS grubu diğer örnekler göre daha yeşilimsi bulunurken NP ve PS grupları ise benzer bulunmuştur (p>0.05). Depolama boyunca NPS grubunun a\* değerleri değişmezken diğer gruplarda depolamanın son gününde başlangıç değerlerine göre yeşilimsilikte azalma gözlenmiştir (p<0.05). Üzüm sularında arzu edilen rengin sarımsı yeşil renk olduğu belirtilmekle birlikte çeşitli çalışmalarda farklı tür üzümlerden elde edilen ve farklı teknolojik işlemler uygulanmış koruk suyu örneklerinde renk değerleri de farklılık göstermiştir [2–4]. Bu çalışmada ne pastörizasyon ne de potasyum sorbat uygulaması koruk örneklerinin sarılık değerleri üzerinde etkili bulunmamış ve aynı zamanda depolama süresinin de sarılık üzerine etkili olmadığı tespit edilmiştir (p>0.05).

Koruk suyu örneklerinin duyusal analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Koruk sularının renk puanları 3.8-4.4 arasında değişiklik göstermiş olup aynı gün içerisinde gruplar arasında ve depolama boyunca günler arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir (p>0.05). Örneklerin aroma puanları 3.2-4.0 arasında değişmekle birlikte 0, 3 ve 7. günlerde ısı işlem uygulaması ve potasyum sorbat ilavesi önemli bir etki göstermemiştir. Yine depolama boyunca P grubu hariç örneklerin aromasında herhangi bir değişiklik tespit edilmemiştir.

Depolama sonunda aromanın başlangıca göre kısmen daha yüksek puanlar aldığı gözlenmiş ve bu durumun ekşiliğin artışıyla paralellik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 3). Koruk sularında duyusal olarak ekşiliğin depolama boyunca hissedilir şekilde arttığı görülmekle birlikte bu artışın P ve NP gruplarında önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Ayrıca 0. gün PS grubunda ekşilik en yüksek seviyede algılanmış, diğer günlerde ise örnekler arasında ekşilik açısından farklılık tespit edilmemiştir (p>0.05).

Koruk suları genel beğeni açısından değerlendirildiğinde 0. günde en yüksek beğeniye PS grubu alırken diğer gruplar benzer bulunmuştur (p>0.05). P ve NPS grupları 3. günde en yüksek beğeni puanlarını alırken en düşük puan ise PS grubunda tespit edilmiştir. 7. günde örnekler arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir. Genel olarak tüm günlerde ve depolama boyunca genel beğeni puanları ortalama 3.8 civarında olup bu değer 2.5 seviyesinin oldukça üzerindedir. Kabarcık ve Yediveren çeşidi üzümlerden elde edilen koruk sularının kıyaslandığı bir çalışmada çalışmamıza benzer şekilde Yediveren çeşidi koruk suları panelistler tarafından daha çok tercih edilmiştir [2]. Başka bir çalışmada ise duyusal özellikler üzerine hasat zamanı, potasyum sorbat ilavesi gibi faktörlerin etkili olduğu ayrıca koruk sularında ekşimsi, buruk, tatlı, baharatımsı, eriğimsi aromaların algılandığı belirtilmiştir [4]. Bu çalışmada da bazı panelistler temel duyusal özelliklerin yanı sıra koruk sularında hafif bir burukluk ve ekşim elma aroması hissettiklerini belirtmişlerdir.

Tablo 2. 7 gün boyunca 2°C'de depolanan koruk sularının renk değerleri

Uygulama*	Depolama süresi (Gün)**		
	0***	3	7
	L*(Parlaklık)		
P	16.76±0.04 <sup>aA</sup>	15.26±0.05 <sup>aB</sup>	14.64±0.06 <sup>aC</sup>
NP	17.04±0.07 <sup>aA</sup>	16.42±0.07 <sup>aAB</sup>	14.92±0.08 <sup>aB</sup>
PS	17.43±0.03 <sup>aA</sup>	16.66±0.07 <sup>aB</sup>	15.53±0.11 <sup>aC</sup>
NPS	17.56±0.09 <sup>aA</sup>	16.55±0.08 <sup>aB</sup>	14.34±0.17 <sup>aC</sup>
	a*(Kırmızılık)		
P	-0.68±0.09 <sup>bA</sup>	-0.44±0.06 <sup>cB</sup>	-0.58±0.09 <sup>bAB</sup>
NP	-0.76±0.12 <sup>aA</sup>	-0.81±0.07 <sup>aA</sup>	-0.39±0.07 <sup>cB</sup>
PS	-0.45±0.13 <sup>cB</sup>	-0.55±0.07 <sup>cA</sup>	-0.29±0.07 <sup>cC</sup>
NPS	-0.76±0.10 <sup>aA</sup>	-0.75±0.03 <sup>bA</sup>	-0.72±0.08 <sup>aA</sup>
	b*(Sarılık)		
P	3.75±0.07 <sup>aA</sup>	3.79±0.09 <sup>aA</sup>	3.81±0.06 <sup>aA</sup>
NP	3.56±0.08 <sup>aA</sup>	3.76±0.07 <sup>aA</sup>	3.58±0.10 <sup>aA</sup>
PS	3.94±0.06 <sup>aA</sup>	3.58±0.08 <sup>aA</sup>	3.57±0.08 <sup>aA</sup>
NPS	3.56±0.07 <sup>aA</sup>	3.73±0.07 <sup>aA</sup>	3.51±0.09 <sup>aA</sup>

\*Pastörize doğal (P), pastörize edilmemiş doğal (NP), pastörize sorbatlı (PS) ve pastörize edilmemiş sorbatlı (NPS); \*\*± Standart sapma;\*\*\* a-c Aynı sütundaki ve A-C aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05).

Tablo 3. 7 gün boyunca 2°C'de depolanan koruk sularının duyu analizi sonuçları

Uygulama*	Depolama süresi (Gün)**		
	0***	3	7
	Renk****		
P	4.00±1.02 <sup>aA</sup>	3.80±0.65 <sup>aA</sup>	4.20±0.18 <sup>aA</sup>
NP	3.80±0.90 <sup>aA</sup>	3.80±0.60 <sup>aA</sup>	4.00±0.25 <sup>aA</sup>
PS	4.20±0.85 <sup>aA</sup>	4.20±0.89 <sup>aA</sup>	4.20±0.29 <sup>aA</sup>
NPS	4.00±0.95 <sup>aA</sup>	4.40±1.02 <sup>aA</sup>	4.00±0.23 <sup>aA</sup>
	Aroma		
P	3.2±0.09 <sup>aB</sup>	3.8±0.07 <sup>aA</sup>	4.0±0.21 <sup>aA</sup>
NP	3.2±0.07 <sup>aA</sup>	3.6±0.09 <sup>aA</sup>	3.6±0.26 <sup>aA</sup>
PS	3.6±0.10 <sup>aA</sup>	4.0±0.11 <sup>aA</sup>	3.4±0.14 <sup>aA</sup>
NPS	3.2±0.08 <sup>aA</sup>	3.8±0.06 <sup>aA</sup>	3.6±0.21 <sup>aA</sup>
	Ekşilik		
P	2.8±0.64 <sup>bB</sup>	3.2±0.06 <sup>aA</sup>	3.8±0.21 <sup>aA</sup>
NP	2.8±1.21 <sup>bB</sup>	3.2±0.08 <sup>aA</sup>	3.4±0.24 <sup>aA</sup>
PS	3.6±1.16 <sup>aA</sup>	3.0±0.07 <sup>aA</sup>	3.2±0.38 <sup>aA</sup>
NPS	3.0±1.20 <sup>bA</sup>	3.0±0.08 <sup>aA</sup>	3.2±0.55 <sup>aA</sup>
	Genel Beğeni		
P	3.4±0.10 <sup>bA</sup>	4.0±0.16 <sup>aA</sup>	3.6±0.20 <sup>aA</sup>
NP	3.6±0.10 <sup>bA</sup>	3.8±0.23 <sup>abA</sup>	3.8±0.15 <sup>aA</sup>
PS	4.0±0.07 <sup>aA</sup>	3.4±0.18 <sup>bB</sup>	3.4±0.11 <sup>ab</sup>
NPS	3.4±0.09 <sup>bA</sup>	4.2±0.10 <sup>aA</sup>	3.8±0.14 <sup>aA</sup>

\*Pastörize doğal (P), pastörize edilmemiş doğal (NP), pastörize sorbatlı (PS) ve pastörize edilmemiş sorbatlı (NPS); \*\*± Standart sapma;\*\*\* a-c Aynı sütundaki ve A-C aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05);\*\*\*\* "renk - aroma- genel beğeni" 1: hiç beğenmedim 5: çok beğendim, "ekşilik" 1: hiç ekşi değil 5: aşırı ekşi

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre pastörizasyon ve potasyum sorbat katkılama işleminin koruk suyu üretiminde fizikokimyasal, renk ve duyu özellikler üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığı bilakis koruk suyu üretiminde olumlu sonuçlar ortaya koyabileceği görülmüştür. Özellikle yaz aylarında soğuk olarak tüketilen ve ferahlatıcı nitelikleri nedeniyle fazlaca tercih edilen koruk suyunun burada elde edilen bilgiler ışığında pastörize edilebileceği ve mevzuatın izin verdiği ölçüde antimikrobiyal katkılarla desteklenebileceği düşünülmektedir. Ancak elde edilen bulguların mikrobiyolojik verilerle desteklenmesinde büyük yarar

olacaktır. Sonuç olarak, geleneksel bir içecek olan koruk suyunun ticari olarak üretilebilme potansiyeli bulunmaktadır ve çalışma sonuçları, ürünün ticarileştirilme konusunda girişimde bulunacak kişilere faydalı olabilecek niteliktedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Anonim, 2017. Tarım ürünleri piyasa raporları; üzüm verileri TAGEM yayınları 4s. <https://arastirma.tarim.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasa-Raporlari> (Erişim Tarihi: 10.01.2018).

- [2] Hayoğlu, İ., Kola, O., Kaya, C., Özer, S., Türkoğlu, H. (2009). Chemical and sensory properties of verjuice, a traditional turkish non-fermented beverage from Kabarcık and Yediveren grapes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33, 252–263.
- [3] Öncül, N., Karabıyıklı, Ş. (2015). Factors affecting the quality attributes of unripe grape functional food products. *Journal of Food Biochemistry*, 39, 689–695.
- [4] Dupas de Matos, A., Curioni, A., Bakalinsky, A.T., Marangon, M., Pasini, G., Vincenzi, S. (2017). Chemical and sensory analysis of verjuice: an acidic food ingredient obtained from unripe grape berries. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 44, 9–14.
- [5] Shojaee-Aliabadi, S., Hosseini, S.M., Tiwari, B., Hashemi, M., Fadavi, G., Khaksar, R. (2013). Polyphenols content and antioxidant activity of Ghure (unripe grape) marc extract: Influence of extraction time, temperature and solvent type. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 412–418.
- [6] Hunter Associates Laboratory I, (1996). CIE L\* a\* b\* Color Scale. Vol 8 8:1–4.
- [7] AOAC, (2007). Official Methods of Analysis of AOAC International. *Association of Official Analysis Chemists International*.
- [8] Choi, S.E., Sarah, C., Merrigan, J.M. (2014). Sensory Evaluation. In: *Food Science: An Ecological Approach*, Edited by Sari Edelstein, Academic Press, USA, pp 84–113.
- [9] IBM, (2012). IBM SPSS Advanced Statistics 20. IBM 184.
- [10] Karapınar, M., Şengün İ.Y. (2007). Antimicrobial effect of koruk (unripe grape-*Vitis vinifera*) juice against *Salmonella typhimurium* on salad vegetables. *Food Control*, 18, 702–706.
- [11] Cerreti, M., Liburdi, K., Benucci, I., Esti, M. (2016). The effect of pectinase and protease treatment on turbidity and on haze active molecules in pomegranate juice. *LWT-Food Science and Technology*, 73, 326–333.
- [12] Soyer, Y., Koca, N., Karadeniz, F. (2003). Organic acid profile of Turkish white grapes and grape juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 629–636.
- [13] Vasile Simone, G., Montevecchi, G., Masino, F., Matrella, V., Imazio, S.A., Antonelli, A., Bignami, C. (2013). Ampelographic and chemical characterization of Reggio Emilia and Modena (northern Italy) grapes for two traditional seasonings: “Saba” and “Agresto.” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 3502–3511.
- [14] Wu, S. (2014). Glutathione suppresses the enzymatic and non-enzymatic browning in grape juice. *Food Chemistry*, 160, 8–10.
- [15] Singleton, V.L., Salgues, M., Zaya, J., Trousdale, E. (1985). Caftaric acid disappearance and conversion to products of enzymic oxidation in grape must and wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36, 50–56.
- [16] Yemiş, O., Arslantürk, H.K. (2016). Berrak nar suyu ve konsantrelerinde bulanıklık oluşumu. *Akademik Gıda*, 14(3), 275-283.

## Pirinç Sirkesi ve Çeşitli Ticari Sirkelerin Bazı Kalite Özellikleri

Mustafa Bayram , Cemal Kaya , Esra Esin Yücel , Büşra Er , Esra Gülmez , Elif Terzioğlu 

<sup>1</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat

*Geliş Tarihi (Received): 11.03.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 20.04.2018*

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): mustafa.mbayram@gop.edu.tr (M. Bayram)*

☎ 0 356 252 1616/28 86 📠 0 356 252 17 29

### ÖZ

Bu çalışmada geleneksel yöntemle üretilen ve Türkiye’de ilk defa bilimsel olarak araştırılan pirinç sirkesi, yerel marketten temin edilen ticari üzüm ve elma sirkeleri ve geleneksel yöntemle üretilen ev yapımı üzüm sirkesi kullanılmıştır. Sirkelerde yoğunluk, alkol, kuru madde, toplam asit, uçur asit, pH, kül, renk, toplam fenolik madde analizleri yapılmıştır. Analizi yapılan sirke örneklerinden sadece tarafımızdan üretimi yapılan pirinç sirkesi toplam asit miktarı bakımından TS 1880 EN 13188 standardında belirtilen alt limit olan 40 g/L’nin üzerinde kalarak standarda uygunluk göstermiştir. Ticari sirkelerinin toplam toplam fenolik madde içeriği 0-692.93 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/L aralığında saptanmıştır. Pirinç sirkesinde ise 514.61 mg GAE/L olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pirinç, Sirke, Ticari, Standart

### Some Quality Properties of Rice Vinegar and Various Commercial Vinegar Samples

#### ABSTRACT

Rice vinegar produced by a traditional method and studied scientifically for the first time in Turkey, apple and wine vinegar samples obtained from a local supermarket and homemade wine vinegar were used in this study. Density, alcohol, dry matter content, total acidity, volatile acidity, pH, ash, color and total phenolic content analyses were performed in vinegar samples. Conformance of the vinegars to TS 1880 EN 13188 standard was also investigated. Results showed that only rice vinegar had a total acidity value higher than the lowest limit specified in the TS 1880 EN 13188 standard (40 g/L), being in good conformance with the standard among 9 vinegars. Total phenolic content of commercial and homemade vinegars were in the range of 0-692.93 mg gallic acid equivalent (GAE)/L. In addition, the total phenolic content of rice vinegar was 272.53 mg GAE/L.

**Keywords:** Rice, Vinegar, Commercial, Standard

### GİRİŞ

Fermente gıda üretimi, bilinen gıda işleme tekniklerinin en eskilerinden biridir. Tüketici bilincinin ve sağlıklı gıdalara eğilimin artması fermente ürünlere ilginin artmasına neden olmuştur [1]. Fermente ürünlerden birisi olan sirke TS 1880 Standardına göre, “tarım kökenli sıvılar veya diğer maddelerden, iki ayrı fermantasyonla (alkol ve asetik asit fermantasyonu) biyolojik yoldan üretilen, kendine özgü ürün” olarak

tanımlanmıştır. Bu standartta sirke çeşitleri, üretiminde kullanılan hammaddelere göre; şarap sirkesi, meyve sirkesi, meyve şarabı sirkesi, elma şarabı sirkesi, alkol sirkesi, tahıl sirkesi, malt sirkesi, aromalı sirke ve diğer sirkeler olarak verilmiştir [2]. Sirke FAO/WHO gıda standartlarına göre şöyle tanımlanmaktadır: “sirke, iki fermantasyon prosesi yani etil alkol ve asetik asit fermantasyonu ile, nişasta ve/veya şeker içeren tarımsal kökenli hammaddelerden üretilen, insan tüketimi için uygun olan bir sıvıdır” [3].

Sirke, mayalar tarafından fermente olabilir şekerlerin etanol fermentasyonunu takiben, etanolün *Acetobacter*, *Gluconobacter* ve *Gluconacetobacter* gibi asetik asit bakterileri tarafından aerobik koşullarda asetik aside oksidasyonu sonucu üretilen üründür [4]. Asetik asit bakterileri tarafından etil alkolden asetik asit üretimi, aerobik [oksidatif] bir olaydır. Bu nedenle sirke üretimi mikrobiyolojik açıdan bir fermentasyon olmamasına karşın, endüstride sirke fermentasyonu olarak adlandırılmaktadır [5].

Sirke etil alkolden asetik asit fermentasyonu sonucu elde edildiğine göre, alkol elde edilebilen şekerli ürünlerden, şekere dönüşebilen hububat gibi nişastalı hammaddelerden veya ispirotodan da sirke üretilebilmektedir. Kullanılacak hammaddenin seçimi sirke üretilecek bölgedeki yetiştirilen ürün miktarı ve fiyatlarına bağlıdır [4]. Dünyada farklı hammadde ve teknolojiler kullanılarak çeşitli sirke tipleri üretilmektedir. Pirinç sirkesi, uzakdoğu kökenli bir sirke türüdür. Çin, Japonya ve Kore'de kullanılan geleneksel bir üründür. Pirinç sirkesi fermente pirinç şarabından (sake) üretilir. Pirinç sirkesi üretiminde fermentasyon yöntemi olarak çoğunlukla geleneksel yöntemler kullanılmakla birlikte son zamanlarda kültür yöntemleri de geliştirilmiştir [6]. Japonya'da kullanılan pirinç sirkelerinden Komesu, neredeyse renksiz veya açık sarı renkli bir görünüme ve sade bir tada sahiptir. Çin'de daha yaygın kullanılan Kurozu ise daha koyu renkli bir görünüme sahiptir. Kurozu'nun Komesu pirinç sirkesinden daha güçlü bir lezzeti vardır. Her ikisi de içerdiği aminoasit ve vitaminlerden dolayı sağlıklı ürünlerdir. Bu pirinç sirkeleri Asya piyasalarında ve bazı Avrupa pazarlarında satılmaktadır [6]. Sirkenin kimyasal bileşiminde organik asitler, alkoller, fenolik bileşenler, aminoasitler, tat ve uçucu bileşenler bulunmaktadır [7]. Sirke yapımında kullanılan hammadde, bileşen içeriğindeki fenolik ve organik madde kompozisyonunu belirler. Sirkenin bileşimi doğal ve yapay sirkelerin ayrımı bakımından önemlidir [8,9].

Bu çalışmada geleneksel yöntemle üretilen ve Türkiye'de ilk defa bilimsel olarak araştırılan pirinç sirkesinin ve bunun yanı sıra ülkemizde ticari olarak piyasada satılan çeşitli sirkelerin bazı kalite özelliklerinin ve standarda uygunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Araştırmada pirinç sirkesi üretimi için hammadde olarak yerel bir süpermarketten temin edilen "Baldo" pirinç çeşidi kullanılmıştır. Pirincin sakkarifikasyon aşamasında enzim olarak glukoamilaz (AG300L, Novozyme, Danimarka), etil alkol fermentasyonu için maya olarak *Saccharomyces cerevisiae* (Laffort, Fransa), asetik asit fermentasyonu için kültür olarak Özkaleli A.Ş.'den (Tokat/Türkiye) temin edilen fermentasyonu devam etmekte olan ham üzüm sirkesi kullanılmıştır. Pirinç sirkesi üretimi 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Ayrıca Tokat ilindeki yerel bir marketten temin edilen elma sirkesi (S1, S3, S5), üzüm sirkesi (S2, S4), katkısız elma sirkesi (S7), organik elma sirkesi (S8), ev yapımı elma sirkesi (S6) örnekleri S1'den S8'e

kodlanarak analizleri yapılmış ve elde edilen bulgular üretimi yapılan pirinç sirkesinin (S9) analiz bulgularıyla ve TS 1880 EN 13188 sirke standardında belirtilen değerlerle karşılaştırılmıştır.

### Metot

### Sirke Üretimi

Pirinç sirkesi üretiminde geleneksel yöntem kullanılmıştır. Ayıklama ve temizleme işlemi uygulandıktan sonra pirinçlere ağırlığının 2 katı kadar su ilavesi yapılmış ve otoklavda 110°C'de 7 dakika ısı işlem uygulanarak nişastanın çirşlendirilmesi sağlanmıştır. Bu işlemde sonra pirinçlere yine başlangıç ağırlığının 2 katı kadar su ilavesi yapılarak homojenize edilmiştir. Elde edilen lapaya 0.3 g/L olacak şekilde glukoamilaz ilave edilerek etüvde 55°C'de sakkarifikasyon işlemine bırakılmıştır. Sakkarifikasyon aşamasının sonunda elde edilen mayşeye 0.3 g/L olacak şekilde maya [*Saccharomyces cerevisiae* (Laffort, Fransa)] ilavesi yapılmış ve 30°C'de etil alkol fermentasyonu gerçekleştirilmiştir. Sirke üretiminin ikinci aşaması olan asetik asit fermentasyonunun başlaması için mayşeye 1/10 oranında ham sirke ilave edilmiş ve alkollü mayşe 30°C'de fermentasyona bırakılmıştır. Asetik asit fermentasyonu sonucu oluşan pirinç sirkesi 60-65°C'de 30 dakika pastörize edilerek, filtrasyon işlemi uygulanmış ve analiz edilinceye kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir.

### Analizler

Çalışmada sakkarifikasyon, etil alkol fermentasyonu, asetik asit fermentasyonu aşamalarında ve üretilen pirinç sirkesinde aşağıdaki analizler yapılmıştır. Toplam kuru madde tayini, örnekler 105°C'de etüvde kurutulularak yapılmıştır. Sonuçlar g/100g olarak verilmiştir [4]. Örneklerde pH değerleri Inolab marka pH metre kullanılarak belirlenmiştir [4]. 0.1N NaOH kullanılarak pH 8.5 oluncaya kadar titre edilen örneklerin toplam asit miktarı asetik asit cinsinden g/L olarak verilmiştir [4]. Uçar asit miktarı, toplam asit miktarından, uçmayan asit miktarı çıkarılarak bulunmuştur. Sonuçlar asetik asit cinsinden, g/L olarak verilmiştir [4]. Örneklerin özgül ağırlıkları, 20°C'de piknometre ile tayin edilmiştir [10]. Örneklerin indirgen şeker miktarı Luff-Schoorl yöntemine göre belirlenmiştir ve sonuçlar g/L olarak verilmiştir [4]. Alkol miktarı örneklerin damıtılmasıyla elde edilen alkollü sıvının yoğunluğu piknometre ile belirlenmesiyle önce ağırlık (g/L), sonra da hacim (% h/h ) alkol olarak ifade edilmiştir [4]. Kül miktarı tayini 500-525°C'de kül fırınında yapılmıştır. Sonuçlar % olarak verilmiştir [4]. Serbest mineral asitleri tayini etil alkol eklenen sirke örneklerine indikatör eklenerek renk değişimi gözlemlenerek belirlenmiştir [4].

### Toplam Fenolik Madde İçeriği Tayini

Toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu yöntemine göre saptanmıştır. Örneklerin absorbanasına karşılık gelen toplam fenol bileşikleri miktarı, gallik asit kullanılarak çizilen standart grafikte belirlenmiş, gallik asit cinsinden (GAE) mg/L olarak ifade edilmiştir [11].

## Renk Tayini

Renk analizleri Hunter Kolorimetre renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk okumadan önce cihaza ait standart kalibrasyon skalası ile cihaz kalibre edilmiştir. Örnekler beyaz bir zemine konularak renk (CIE L\*, a\*, b\* değeri) ölçümü yapılmıştır [12].

## İstatistiksel Analiz

Araştırma sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi SPSS (versiyon 20.0) istatistik paket programı yardımıyla Duncan testi kullanılarak yapılmıştır.

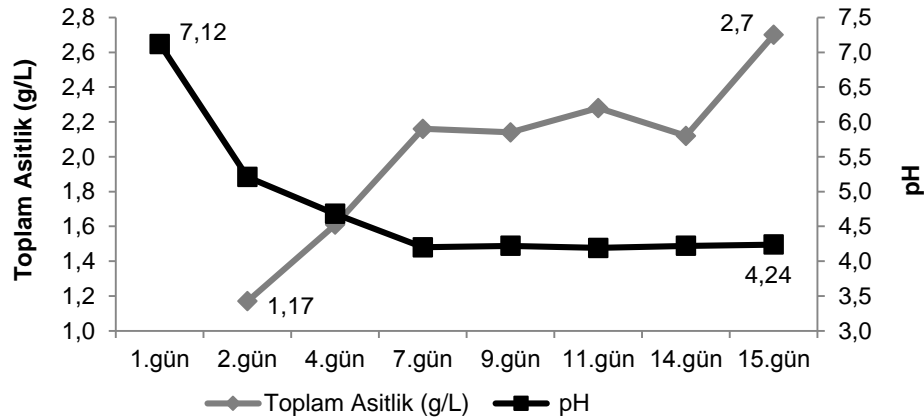
## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Pirinçlerin Şekerlendirilmesi Aşamasında pH Değeri ve Toplam Asit

Sıvılaştırma ve şekerlendirme aşaması sonunda pirinç mayşesinde indirgen şeker miktarı 18.8 g/L olarak belirlenmiştir. Pirinç, mısır, buğday, sorgum ve arpa gibi tahıllar ekme mayası tarafından doğrudan fermente

edilebilir şeker içermeyip, şekerin bir formu olan nişasta ihtiva ederler. Nişastadan etanol üretimi için öncelikle mayanın kullanabileceği glikoz molekülleri elde edilmeli ve fermantasyon ortamına bırakılmalıdır. Bunun için pirincin yapısında bulunan nişasta zincirlerinin parçalanması gerekmektedir. Nişasta sakkarifikasyonu için öncelikle ısı işlem uygulanarak nişasta jelatinizasyonu sağlanmaktadır. Jelatinize nişasta  $\alpha$ -amilaz tarafından parçalanarak sıvılaştırma sağlanmakta ve ardından glukoamilaz ile fermente edilebilir şekerler açığa çıkarılmaktadır. Bu işlem nişastanın viskozitesini düşürür ve çözünürlüğünü artırır [13,14]. Örneklerin sıvılaştırma ve şekerlendirme aşamasındaki asit ve pH değişimleri Şekil 1'de verilmiştir.

Sakkarifikasyon sürecinde örneklerin toplam asitlik miktarı artarken pH değeri azalmıştır. Örneklerin 1. günde toplam asit miktarı 1.17 g/L iken, 15. gün sonunda örneklerin toplam asit miktarı 2.7 g/L olarak belirlenmiştir. Toplam asitlik miktarındaki artışa bağlı olarak pH değeri 1.gün pH 7.12 olarak belirlenmiş olup bu değer 15. gün sonunda 4.24 olarak saptanmıştır.



Şekil 1. Pirinçlerin sıvılaştırılması ve şekerlendirilmesi aşaması süresince pH değeri ve toplam asit miktarındaki değişim

### Etil Alkol Fermantasyon Süresince pH Değeri, Toplam Asit ve Alkol Miktarı

#### pH ve Toplam Asit

Sıvılaştırma ve şekerlendirme aşamasında elde edilen mayşe maya ilave edilerek etil alkol fermantasyonuna bırakılmıştır. Şekil 2'de etil alkol fermantasyonu süresince pirinç mayşesinin günlere bağlı olarak toplam asitlik miktarı ve pH değerleri verilmiştir. Mayşenin etil alkol fermantasyonu 9 gün sürmüştür. Pirinç mayşesinin toplam asitlik miktarı 1. gün 2.7 g/L olarak saptanmış olup bu değer 9. günün sonunda 3.88 g/L olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan pirinç mayşesinin pH değeri

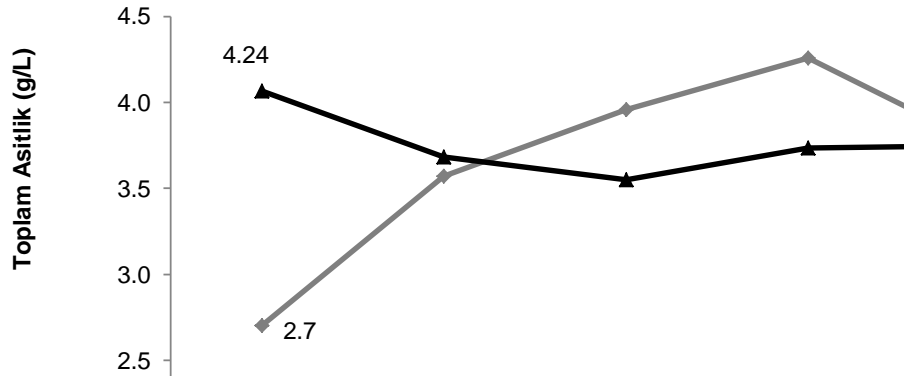
1. ve 9. günlerde sırasıyla 4.24 ve 3.42 olarak saptanmıştır.

#### Alkol

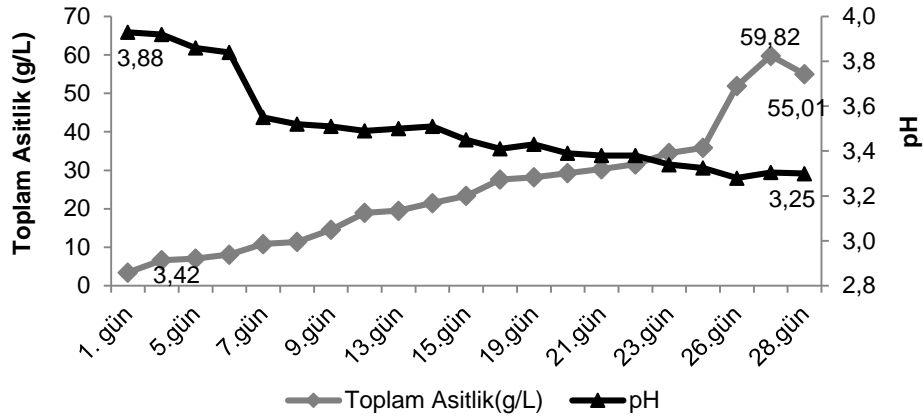
Pirinç mayşesinin etil alkol fermantasyonundan sonra etil alkol oranı %9.62 (v/v) olarak belirlenmiştir.

### Asetik Asit Fermantasyonu Süresince pH ve Toplam Asit

Sirkeleştirilmek istenen alkollü sıvının asetik asit fermantasyonu aşamasında toplam asitlik ve pH değerleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Etil alkol fermantasyonu aşamasında belirlenen toplam asit miktarı ve pH değişimi



Şekil 3. Asetik asit fermantasyonu sürecinde toplam asit miktarı ve pH değerlerindeki değişimler

TS 1880 EN 13188 sirke standardına ek olarak çıkan, Nisan 2004 tarihli tadilin Türkiye başlıklı sapmasında ülkemizde üretilen sirkelerin toplam asit içeriğinin (suda serbest asetik asit cinsinden) 40 g/L'den (4 g/100 mL) az olmaması gerektiği belirtilmektedir [2]. Sirkeleşmenin tamamlandığını tam olarak anlamak için sıvı içeriğindeki alkol ve asit miktarları saptanmaktadır. Sirkeleştirilecek örneğin asetik asit fermantasyonu 28 gün boyunca devam etmiştir. Fermantasyonun başlangıcında toplam asit miktarı 3.42 g/L ve pH değeri 3.88 olarak tespit edilmiştir. 27. gün sonunda toplam asitlik 59.82 g/L, pH 3.25 olarak belirlenmiştir Ortamda alkol kalmayınca sirke bakterileri ihtiyaçları olan enerjiyi sağlayabilmek için asetik asidi parçalamaya başlarlar buna 'üst oksidasyon' denir. Üst oksidasyonun önüne geçmek için sirkeleştirilen sıvıdaki alkol oranı %0.5'e düştüğünde sirkeleşmeye son verilir [15, 16]. Sirkeleşmenin sonunda üst oksidasyonu, yani asetik asidin parçalanmasını engellemek için 28. günde yapılan yapılan toplam asitlik analizinde asitlik miktarının (55.01 g/L) azaldığı tespit edilmiş ve asetik asit fermantasyonuna son verilmiştir.

### Pirinç Sirkelinin ve Piyasadan Temin Edilen Ticari Sirkelerin Bazı Özellikleri

#### pH Değeri ve Toplam Asit

Üretimi yapılan pirinç sirkelerinin piyasadaki ticari sirkelerde karşılaştığımızda elde edilen pH değerleri Tablo 1'deki gibidir. Sirke örneklerinin pH değerleri 2.78

ile 3.39 arasında değişmiştir. Gerbi ve ark. [17], 65 farklı sirke örneğinde yaptıkları çalışmada sirkelerin pH değerlerinin 2.36-3.0 aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Ünal [18], şarap sirkelerinin pH' larının 2.65-2.85 arasında olduğunu bildirmiştir. Pirinç sirkelinin ticari sirkelerle karşılaştırılmasında toplam asitlik değerleri Tablo 1'de görüldüğü gibidir.

Sirkelerde bulunan organik asitlerin çeşit ve düzeyi kullanılan hammadde ve seçilen üretim yöntemine bağlıdır. Sirkelerde bulunan en önemli organik asit asetik asittir. Sirke, değişik hammaddelerden farklı yöntemlerle elde edilen bir fermantasyon ürünüdür. Sirke denildiğinde asetik asit fermantasyonu ile alkolün asetik aside dönüştürüldüğü fermantasyon ürünü anlaşılmaktadır [4, 19]. Etil alkol *Acetobacter* veya *Gluconobacter* türleri tarafından oksidasyona uğratılır ve asetik asit fermantasyonunda miktarı giderek azalır. Asitlik sirkelerde titrasyon yoluyla belirlenir ve sirkede serbest halde bulunan mineral ve organik asitlerin (asetik asit, tartarik asit, malik asit, süksinik asit vb.) miktarını verir [20]. TS 1880 EN 13188 sirke standardına göre, toplam asit miktarları şarap (üzüm) sirkesinde (suda serbest asitlik cinsinden) 60 g/L'den, diğer sirkelerde ise 50 g/L'den az olmamalıdır [2]. Ancak aynı standarda ek olarak çıkan, Nisan 2004 tarihli tadilin Türkiye başlıklı sapmasında, "Ülkemizde üretilen sirkelerin toplam asit içeriği (suda serbest asetik asit cinsinden) litrede 40 gramdan az olmamalıdır" şeklinde ifade edilmektedir. ABD'deki standartlara göre de asetik



asit içeriği en az %4 olmalıdır. Şişelenmiş İngiltere sirkeleri genelde %5 asetik asit içermesine rağmen, İngiltere Gıda Standartları için %4'lük asit seviyesi tavsiye edilmiştir [20]. Bu çalışmada analizi yapılan sirkelerin toplam asit miktarları 5.04 (S5) ile 49,1 g/L (S9); uçur asitlik miktarları ise 4.66 ile 48.97 g/L arasında değişmiştir. Analizi yapılan sirke örneklerinde sadece tarafımızdan üretimi yapılan pirinç sirkelerinin toplam asit miktarı TS 1880 EN 13188 standardında belirtilen alt limit olan 40 g/L'nin üzerinde kalarak standarda uygunluk göstermiştir. S1, S2 ve S5 kodlu sirke örneklerinin toplam asit miktarları (39.78-39.34-38.71 g/L) standartta belirtilen bu değerin çok az altında kalmıştır. Sirke üretimi amacıyla fermantasyon

esnasında şeker azalmakta önce etil alkole sonra asetik aside dönüşmektedir. Örneklerde bulunan doğal asitin yanı sıra asetik asit fermantasyonu ile oluşan asetik asit ortamdaki asitlik oranını arttırmıştır. Akbaş ve Cabaroğlu [22], piyasadan temin ettikleri 12 farklı firmaya ait ticari sirkelerin standarda uygunluğunu belirlemiştir. Analiz edilen sirkelerin toplam asit içerikleri 3.96 ile 5.36 g/100 mL arasında, uçur asit içerikleri 3.56 ile 5.21 g/100 mL arasında ve uçmayan asit içerikleri ise 0.07 ile 0.45 g/100 mL arasında değişmiştir. Sirkelerin uçmayan asit içeriklerinin ise 0.006 ile 0.34 g/L arasında dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Kılıç [10], tarafından yapılan çalışmada sirkelerde uçmayan asit miktarları %0.02-0.46 aralığında saptanmıştır.

Tablo 1. Sirke örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri

Örnek No	pH*	Toplam Asitlik (g/L)	Uçur Asit (g/L)	Kuru Madde (g/L)	Özgül Ağırlık	Kül (%)	Alkol (%)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/L)
1	3.2±0.02b	39.78±0.05e	38.08±0.45e	7.82±0.05g	1.040±0.001	2.99±0.04d	<0.05	338.41±5.99c
2	2.78±0.005a	39.34±0.05e	38.33±0.10e	1.77±0.002c	1.018±0.002	1.96±0.08b	<0.05	354.66±14.99c
3	2.79±0.02a	33.73±0.02d	32.30±0.42d	2.26±0.03e	1.029±0.001	0.89±0.09a	<0.05	0
4	3.38±0.02d	30.76±0.08c	29.20±0.57c	2.32±0.02e	1.019±0.002	3.74±0.09f	<0.05	403.38±11.01d
5	3.18±0.02b	38.71±0.94e	36.83±0.63e	5.79±0.04	1.032±0.002	2.88±0.05d	<0.05	236.01±1.49a
6	3.39±0.02d	5.04±0.05a	1.60±0.05a	2.48±0.02f	1.025±0.002	5.20±0.18g	<0.05	526.97±36.47e
7	3.31±0.01c	29.91±0.05c	29.16±0.08c	1.03±0.03a	1.026±0.003	2.13±0.07b	<0.05	283.33±21.64b
8	3.35±0.005d	18.53±0.22b	17.92±0.23b	1.67±0.03b	1.026±0.002	3.31±0.002e	<0.05	692.93±32.98f
9	3.28±0.07bc	44.89±1.215f	43.55±1.53f	2.10±0.04d	1.036±0.001	2.33±0.01c	<0.05	514.61±39.08e

\*Küçük harfler aynı sütundaki değerler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (P<0.05).

### Toplam Kuru Madde

Toplam kuru madde açısından karşılaştırılan sirkelerin % toplam kuru madde içerikleri Tablo 1'de verilmiştir. Ticari sirke örneklerinin ve üretimi yapılan pirinç sirkelerinin kuru madde içerikleri 1.03 g/L ile 7.82 arasında belirlenmiştir. S1 ve S5 kodlu elma sirkelerinin kuru madde içeriği diğer sirkelere göre daha yüksek miktarda bulunmuştur. 2003 yılı sirke standardının da (TS 1880 EN 13188) kuru madde ile ilgili herhangi bir sınır değeri belirtilmemiştir [2].

### Özgül Ağırlık

Pirinç sirkeleri ve ticari sirkelerin özgül ağırlık değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Sirke örneklerinin özgül ağırlık değerleri 1.018-1.040 (20°C/20°C) aralığında belirlenmiştir. Plessi [19], tarafından sirkelerin yoğunlukları üzerine yapılan çalışmada sirkelerin yoğunluklarının, şarap sirkelerinde 1.0130-1.0200g/cm<sup>3</sup>, balzamik sirkelerde 1.042-1.361 g/cm<sup>3</sup> ve elma sirkelerinde 1.013-1.024 g/cm<sup>3</sup> aralığında değiştiği belirlenmiştir. Şahin ve ark. [23], tarafından yapılan çalışmada öğütülmüş kuru üzümde elde edilen sirkelerde özgül ağırlıkların 1.0100-1.0119 (20°C/20°C) arasında olduğu belirlenmiştir. Ünal [18], şarap sirkelerinde yapılan çalışmada sirkelerin yoğunluklarının 1.0110-1.0135 g/cm<sup>3</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir. Gerbi ve ark. [17], 65 farklı sirke örneğinde yaptıkları çalışmada sirkelerin yoğunluklarını 1.0103-1.0136 g/cm<sup>3</sup> arasında tespit etmişlerdir. Çalışmada saptanan değerler literatür verileriyle uyum içerisinde.

### Kül

Karşılaştırmada yapılan diğer bir analiz kül miktarı tayinidir. Sirkelerin kül içerikleri Tablo 1'de verilmiştir. Sirkede yanmayan maddelerin toplamı olan kül organik yapıda anyonik ve katyonik iyonlardır. Kül içinde, potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, alüminyum, demir, bakır, kurşun, çinko, arsenik; katyonik iyonlar ve fosfatlar, sülfatlar karbonat ve klorürler; anyonik iyonlar olarak yer alırlar [24]. Yapılan çalışmada sirke örneklerinin kül içerikleri 0.9 ve 5.2 g/L arasında bulunmuştur. Örnekler içerisinde S3 kodlu elma sirkesi örneğinin 0.9 g/L ile kül içeriğinin oldukça düşük olduğu saptanmıştır. 2003 yılı sirke standardında (TS 1880 EN 13188) kül içerikleriyle ilgili herhangi bir sınır belirlenmemesine rağmen 1988 yılında çıkan eski standarda (TS 1880) üzüm sirkelerinde kül içeriğinin en az 0.8 g/L olması gerektiği belirtilmiştir. Gerbi ve ark. [17], araştırmalarında inceledikleri şarap ve elma sirkelerindeki kül içeriğinin 2.03-2.25 g/L aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Ünal, [18] çalışmasında üretimi yaptığı sirke örneklerinde kül içeriğinin 1.70-1.79 g/L aralığında olduğunu bildirmiştir. Akbaş ve Cabaroğlu [22], yaptıkları çalışmada 12 farklı firmaya ait ticari sirkelerin standarda uygunluğunu belirlemiştir. Analiz edilen sirkelerin kül içerikleri 0.74 ile 3.56 g/L arasında bulunmuştur.

### Alkol

Sirke örneklerinin tamamında alkol miktarı hacimce %0.5'in altında tespit edilmiştir. Alkol miktarı sirkenin kalite ve verimliliğini ifade eden önemli parametrelerden biridir. Kusursuz sürdürülen bir asetik asit

fermantasyonun da alkolün tamamı sirke asidine okside olur. Konsantrasyon verimi %95 ile %98 olarak normaldir, eksik kalan kısım %2-5 ise büyük oranda gaz halinde kaçan kısımdır [4]. TS 1880 EN 13188'e göre kalıntı alkol oranı şarap sirkeleri dışındaki sirkelerde hacimce %0.5'den, şarap sirkelerinde ise hacimce %1.5'den fazla olmamalıdır [2]. Bu değerlere göre, tüm örnekler alkol miktarı bakımından standarda (TS 1880 EN 13188) uygun bulunmuştur. Ünal [18], tarafından yapılan çalışmalarda şarap sirkelerinde alkol miktarı hacimce %1'in altında tespit edilmiştir. Yine Gerbi ve ark. [17], tarafından sirkede yapılan çalışmada alkol oranının hacimce %0.2 ile 0.5 arasında değiştiği saptanmıştır. Şahin ve Kılıç [25], 23 şarap sirkesi örneği üzerinde yaptığı çalışmada 6 örnekte alkol miktarının hacimce %1.5'in üzerinde olduğunu bildirmiştir.

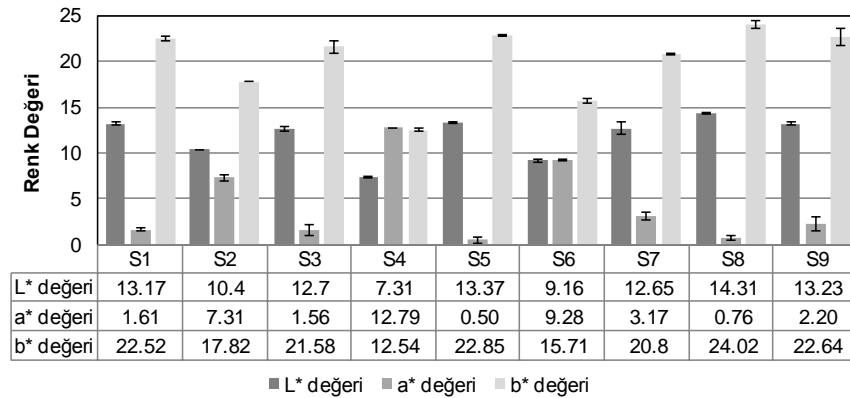
### Toplam Fenolik Madde İçeriği

Pirinç sirkesi ve ticari sirkelerin toplam fenolik madde içerikleri Tablo 1'de verilmiştir. Sirke örnekleri içerisinde en yüksek fenolik madde içeriğine sahip sirkenin S8 kodlu elma sirkesi (692.93 mg/L) olduğu belirlenmiştir. Üretimi yapılan pirinç sirkelerinin (S9) fenolik madde içeriği ise 514.61 mg/L olarak saptanmıştır. S3 kodlu ticari elma sirkesi örneğinde fenolik madde tespit edilememiş olması üretiminde taşış yapılmış olduğunu düşündürmektedir. Sirkenin %80 gibi büyük bir kısmını su oluşturmaktadır, geriye kalan %20'lik kısım ise organik asitler, alkoller, polifenoller, aminoasitler vb.'den oluşmaktadır [7]. Zengin polifenolik madde içeriği sebebi ile meyve, sebze ve bunlardan üretilen gıdalar insan sağlığı için önemlidir [26]. Doğal ve yapay sirkelerin ayrımı bakımından sirkenin bileşiminin belirlenmesi

oldukça önemlidir [8, 9]. Sirkelerin fenolik bileşik içeriği hammadde ve yöntemden etkilenmektedir [26]. Doğal sirkeler fermentasyon yoluyla elde edilir ve yapay sirkelerden bileşimlerinin belirlenmesiyle kolaylıkla ayırt edilebilir. Çünkü konsantrasyon asetik asitin sulandırılması ile elde edilen yapay sirkenin kullanımı pek çok ülkede yasaktır. Yapay sirke, su ve asetik asitten başka herhangi bir madde içermediğinden renksizdir [8]. Bununla birlikte asetik asit fermentasyonu sırasında oluşan bazı fermentasyon yan ürünleri de içermediğinden yapay sirke ile doğal sirke kolayca belirlenebilir [9]. Araştırmacılar sirkeleri coğrafi kökenlerine ve üretim yöntemlerine göre ayırt etmede fenolik maddelerin kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır. Gerbi ve ark. [17], İtalyan, Fransız, İspanyol ve İsveç marketlerinden toplanan elma, şarap ve alkol sirkelerini kimyasal bileşimlerini (yoğunluk, toplam asit, uçur asit, kuru madde, kül ve kül alkaliliği, pH) incelemişler ve bu sirkeleri bileşimlerine göre tanımlamışlardır. Fenol bileşikleri bakımından ise en zengin olan sirkenin elma sirkesi olduğunu açıklamışlardır. Yapılan başka bir çalışmada ise toplam fenolik madde Sherry sirkesinde 200-1000 mg GAE/L aralığında belirlenmiştir [28]. Ancak bu çalışmada sadece 2 adet elma sirkelerinin (S6 ve S8) ve pirinç sirkelerinin (S9) miktarı toplam fenolik madde içeriği bakımından üzüm sirkelerinden yüksek bulunmuştur.

### Renk Değeri

Pirinç sirkesi ve ticari sirkelerin renkleri karşılaştırıldığında elde edilen analiz sonuçları Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Sirke örneklerinin renk değerleri

Pirinç sirkelerinin L\* değeri 13.23, a\* değeri 2.20 ve b\* değeri ise 22.64 tür. Elma ve üzüm sirkeleriyle karşılaştırıldığında pirinç sirkesi (S9), elma sirkelerine (S1, S3, S5, S7, S8) daha çok benzerlik göstermiştir.

### Serbest Mineral Asit İçeriği

Tablo 2'de pirinç sirkesi ve ticari sirkelerin serbest mineral asit içerikleri Var/Yok analizi yapılarak karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Serbest mineral asit sonuçları

Örnek	Var/ Yok
S1	Yok
S2	Yok
S3	Yok
S4	Yok
S5	Yok
S6	Yok
S7	Yok
S8	Yok
S9	Yok

Gıdalarda doğal olarak birçok organik asit bulunmaktadır. Bunlar ya tabii olarak yani yapısal bir bileşik halinde gıdada bulunur ya da fermantasyon yoluyla oluşurlar. Dışarıdan mineral asit ilavesi sirkenin doğal ya da yapay olduğu anlamak için kullanılır. S1 'den S9'a kadar kodlu sirke örneklerinde yapılan var/yok analizlerinde hiçbir örnekte serbest mineral asit varlığına rastlanılmamıştır.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada geleneksel yöntemle üretilen pirinç sirkesi ve çeşitli ticari sirkelerin (ısıl işlem görmemiş elma sirkeleri ve geleneksel yöntemle üretilen ev yapımı sirke, yerel marketten alınan elma ve üzüm sirkeleri) bazı kalite özellikleri saptanmıştır. Analiz sonuçlarına göre üretilen pirinç sirkesinin TS 1880 Sirke Standardı'na uygun olduğu belirlenmiştir. Pirinç sirkesinin toplam fenolik madde içeriği de, analizleri yapılan üzüm ve elma sirkeleriyle kıyaslandığında dikkat çekicidir. Ülkemizde üretilen yapılmayan pirinç sirkesi fenolik bileşik içeriğiyle pirinç sanayi atıklarının kullanılması için alternatif bir ürün olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca bu çalışmanın devamında kusurlu ve kırık pirinçlerde sirke üretimi denenerek ıskartaya çıkabilecek pirinçlerin değerlendirilme potansiyelleri araştırılmalıdır. Sonuçta bu çalışma Türkiye'de pirinç sirkesi ile yapılan ilk bilimsel çalışma olması açısından oldukça önemli olup bundan sonra yapılacak daha detaylı çalışmalara yardımcı olacak ve literatür katkısı sağlayacak niteliktedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Yelikaya, O., Açu, M., Kınık, Ö. (2011). Ülkemizde üretilen fermente süt içeceklerine bir bakış. *Food Sektör*, 61, 68-70.
- [2] Anonim, (2003). TSE-Sirke-Tarım Kökenli Sıvılardan Elde Edilen Ürün-Tarifler, Özellikler ve İşaretleme, TS 1880 EN 13188, Türk Standartları Enstitüsü Necatibey Cad. 112, Ankara.
- [3] Anonim, (2000). Proposed Draft Revised Regional Standard For Vinegar, Codex Alimentarius Commission, FAO, WHO, Rome.
- [4] Aktan, N., Kalkan, H. (1998). Sirke Teknolojisi II. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- [5] Kittelmann, M., Stamm, W., Follmann, H., Trüper, H.G. (1989). Isolation and classification of acetic acid bacteria from high percentage vinegar fermentation. *Applied Microbiology*, 30, 47-52.
- [6] Solieri, L., Giudici, P. (2009). Vinegars of the World. *Italy*, 121-133.
- [7] Casale, M., Abajo, M.J.S., Saiz, J.M.G., Pizarro, C., Forina, M. (2006). Study of the aging and oxidation processes of vinegar samples from different origins during storage by near-infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 557, 360-366.
- [8] Şahin, İ. (1982). Asit Fermantasyonları (Sirke, Laktik ve Sitrik asit Fermantasyonları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu, Teksir No. 78, 142s.
- [9] Kirk, R.S., Sawyer, R. (1991). Pearson's Composition and Analysis of Foods. 9th Edition, Longman Scientific & Technical, England, 708s.
- [10] Kılıç, O. (1976). Piyasada satılan sirkelerin bileşimleri üzerinde bir araştırma. *Gıda*, 1(4/5), 121-125.
- [11] Singleton, V.L., Rossi, J.L. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- [12] Cemeröğlu, B. (2010). Gıda Analizleri, Genişletilmiş 2. Baskı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34 Bizim Grup Basımevi. Ankara, 1-86.
- [13] Aggarwal, N.K., Nigam, P., Singh, D., Yadav, B.S. (2001). Process optimization for the production of sugar for the bioethanol industry from sorghum, a non-conventional source of starch. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 17, 411-415.
- [14] Meral, R., Saydan Kanberoğlu, G. (2012). Tahıllardan etanol üretimi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(3), 61-68.
- [15] Türker, İ. (1963). Sirke teknolojisi ve teknikte laktik asit fermantasyonları. Ankara Üniversitesi Basımevi, 181s. Ankara.
- [16] Özkaya, H., Şahin, E., Türker, İ. (1991). Gıda bilimi ve teknolojisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı, Ankara, 443-467.
- [17] Gerbi, V., Zeppa, G., Beltramo, R., Carnacini, A., Antonelli, A. (1998). Characterization of white vinegars of different sources with artificial neural networks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78, 415-425.
- [18] Ünal, E. (2007). Dimrit üzümünden değişik yöntemlerle sirke üretimi üzerinde bir araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- [19] Plessi, M. (2003). Vinegar. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, Caballero B, Trugo L.C, Finglas P.M. (eds), Academic Press, Oxford, pp. 5996-6003.
- [20] Canbaş, A. (2008). Şarap Teknolojisi Ders Notları, (Yayınlanmamış), Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Balcalı, Adana. 165s.
- [21] Wood, B.J.B. (1985). Microbiology of fermented foods. *Elsevier Applied Science Publishers Ltd., England*, 1, 1-47.
- [22] Akbaş, M., Cabaroğlu, T. (2010). Ülkemizde üretilen bazı üzüm sirkelerinin bileşimleri ve gıda mevzuatına uygunlukları üzerine bir araştırma. *Gıda*, 35(3), 183-188.
- [23] Şahin, İ., Yavaş, İ., Kılıç, O. (1977). Kuru üzüm sirkesi üretiminde öğütme ve çeşitli katkı maddelerinin fermantasyon süresi ve verime etkileri. *Gıda*, 2(3), 95-110.
- [24] Cabaroğlu, T. (1991). Nevşehir Ürgüp bölgesinde yetiştirilen şaraplık beyaz Emir üzümü üzerinde teknolojik araştırma. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 37s.
- [25] Şahin, İ., Kılıç, O. (1981). Kuru üzüm ve şarap sirkelerinin bileşimleri ve kontrol yöntemleri üzerinde araştırma. *Gıda*, 6(6), 5-13.

- [26] Budak, H.N., Güzel-Seydim, Z.B. (2012). Sirke üretimi ve bazı fonksiyonel özellikleri [http://www.gidateknolojisi.com.tr/haber/2012/10/sirke-uretimi-ve-bazi-fonksiyonel-ozellikleri\\_](http://www.gidateknolojisi.com.tr/haber/2012/10/sirke-uretimi-ve-bazi-fonksiyonel-ozellikleri_)
- [27] Garcia-Parilla, M.C., Heredia, F.J., Troncoso, A.M. (1999). Sherry wine vinegar: Phenolic composition changes during aging. *Food Research International*, 32, 433-440.
- [28] Alonso, A.M., Castro, R., Rodriguez, M.C., Guillen, D.A., Barroso, C.G. (2004). Study of the antioxidant power of brandies and vinegars derived from Sherry wines and correlation with their content in polyphenols. *Food Research International*, 37, 715–721.
-

## Sulu Enzimatik Ekstraksiyon ile Fındık Yağında Verim ve Kalitenin Geliştirilmesi

Özge Ermiş , Caner Kazma , Duygu Kıbcı , Derya Kahveci 

Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34755 İstanbul

*Geliş Tarihi (Received): 20.01.2017, Kabul Tarihi (Accepted): 29.06.2018*

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): derya.kahveci@yeditepe.edu.tr (D.Kahveci)*

☎ 0 216 578 04 18 📠 0 216 578 04 00

### ÖZ

Son on yılda, endüstriyel yemeklik yağ üretiminde yaygın olarak kullanılan çözgen ekstraksiyon yöntemi yerine daha sağlıklı ve yağda kalite kaybını en aza indirebilecek yöntemlerin arayışı hız kazanmıştır. Sulu enzimatik ekstraksiyon, çözgen ekstraksiyon yöntemine alternatif olarak öne çıkan yöntemlerdendir. Bu çalışmada, ham fındıktan 50°C'de fındığın kütlesine göre %2 Pectinex® ya da %2 Viscozyme® enzimleri ile bu iki enzimin eşit oranda karışımı eklenerek ham yağ elde edilmiştir. Sulu enzimatik ekstraksiyon yönteminin yağ verimi ve elde edilen yağın kalite özellikleri çözgen ekstraksiyon (kloroform:metanol) yöntemi kullanılarak elde edilen yağ ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla yağların serbest asitlik ve peroksit değeri belirlenmiştir. Ham yağ ekstraksiyonu için kullanılan farklı yöntemlerin ham yağ verimi ile elde edilen yağların serbest asitlik ve peroksit değerleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). Bu denemeler sonucunda en yüksek verim %70.74±2.68 ile Pectinex® ve Viscozyme® enzimlerinin ikili karışımı ile yapılan ekstraksiyonda sağlanmıştır. En düşük serbest asitlik ve peroksit sayısı değerleri ise Viscozyme® enzimi tek başına kullanılarak elde edilen yağlarda belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yağ ekstraksiyonu, Sulu enzimatik ekstraksiyon, Selülaz, Pektinaz

### Improvement of Crude Hazelnut Oil Yield and Quality by Aqueous Enzymatic Extraction

#### ABSTRACT

In the last decade, search for healthier methods that can minimize the loss of oil quality has increased instead of a solvent extraction method, which is commonly used in the production of edible oils in food industry. Aqueous enzymatic extraction is a potential alternative to solvent extraction. In this study, hazelnut oil was extracted from raw hazelnuts at 50°C by using 2% Pectinex®, 2% Viscozyme® or their equal mixture (2% based on hazelnut weight). The oil yield and the quality characteristics of extracted oils were compared with oils obtained by solvent extraction (chloroform:methanol). For this purpose, free acidity and peroxide values of extracted oils were determined. Results indicated that methods used for crude oil extraction had a significant effect on crude oil yield and the free acidity and peroxide values of extracted oils ( $p<0.05$ ). The highest yield (70.74±2.68%) was obtained in the extraction containing equal mixtures of Pectinex® and Viscozyme®. The lowest free acidity and peroxide values were determined in oils obtained by Viscozyme® enzyme alone.

**Keywords:** Oil extraction, Aqueous enzymatic extraction, Cellulase, Pectinase

## GİRİŞ

Fındık, *Corylus avellana* L. ailesine ait, sert kabuklu bir meyve olarak tanımlanabileceği gibi, ağaçların çekirdeğinin içerisindeki yenilebilir kısım olarak da tanımlanabilir. Fındık yetiştiriciliği, dünyada yaygınlık açısından bademden sonra ikinci sırada gelmektedir. Fındık, en yaygın olarak, Türkiye, İtalya, İspanya, Amerika Birleşik Devletleri, Çin, İran, Yunanistan, Fransa, Azerbaycan, Rusya, Kırgızistan, Portekiz, Beyaz Rusya, Moldova, Tacikistan, Gürcistan, Ukrayna, Tunus, Macaristan, Kıbrıs ve Kamerun'da yetiştirilmektedir. Son 5 yıllık süreçte dünya fındık üretimi ortalama 778 kabuklu/bin tona çıkmıştır. Türkiye, bu üretimin %68'ini (530 kabuklu/bin ton) gerçekleştirmektedir [1]. Gıda endüstrisinde iç fındığın %80'i bisküvi, şekerleme, dondurma, pasta ve tatlı yapımında kullanılmaktadır. Üretilen fındığın iç piyasada ve ihracatta değerlendirilmeyen kısmı ise yağlık fındık olarak değerlendirilmektedir [2].

Fındık yağı tekli doymamış yağ asitlerince zengin olması nedeniyle fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmektedir. Türkiye'de üretilmiş yedi fındık çeşidi üzerinde yürütülmüş olan bir analizde, fındığın yağ asidi miktarının yetiştiği yere, kullanılan gübreye, toplanma zamanına, mevsime ve sıcaklığa göre değiştiği belirtilmiştir [3,4]. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı verilerine göre, 100 gram fındık yağında 66.04 g toplam tekli doymamış yağ asidi, 21.7 8g çoklu doymamış yağ asidi, 7.65 g toplam doymuş yağ asidi bulunmaktadır. Ayrıca fındık yağının içeriğinde palmitik asit, stearik asit, araşidik asit, behenik asit, lignoserik asit, palmitoleik asit, oleik asit ve birçok yağ asidi bulunmaktadır. Bunların yanında 100 gram fındığın içeriğinde, insan sağlığına olumlu yönde etkisi bulunan 55.25 IU E vitamini ve 37.08 mg alfa tokoferol bulunmaktadır [5,6].

Endüstride bitkisel kaynaklardan yağ eldesi için çeşitli ekstraksiyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin zaman alıcı olmaları (Soxhlet, ultra ses), pahalı olmaları (süperkritik ekstraksiyon), düşük verime sahip olmaları (presleme), yüksek enerji gereksinimleri, çevreye zararlı olmaları gibi dezavantajları bulunmaktadır [4,7]. Devavantajları bulunmasına rağmen, çözgen ekstraksiyonu, ekspeller baskı ve hidrolik presleme endüstride en çok kullanılan yöntemlerdir. Çözgen ekstraksiyonu, hızlı olması ve yağda kalıntı bırakmaması nedeniyle tercih edilmektedir [4].

Enzimler, reaksiyonların gerçekleşebilmesi için alternatif bir metabolik yolda ilerleyip reaksiyonu gerçekleştirdikten sonra herhangi bir bozulmaya uğramadan çıkmaktadırlar. Bozulmaya uğramadıkları için, birden fazla reaksiyonda tekrar tekrar kullanılabilen ve böylelikle proses maliyetlerini düşürmektedirler. Ayrıca substrata has olmaları sayesinde yalnızca hedef reaksiyonu gerçekleştirmektedirler. Proses sonrası atık su ile doğaya karışan verimi azalmış enzimler, çevre dostu şekilde amino asitlerine ayrılıp doğaya karışmaktadırlar. Bu gibi avantajları sayesinde enzimler endüstriyel reaksiyonlarda kullanılmaktadırlar [8].

Yağlı tohumlardan yağ eldesinde sulu enzimatik ekstraksiyon teknolojisi, diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre doğaya dost olmasından dolayı tercih edilebilmektedir. Ayrıca substrata özel olmaları, yağ eldesinde verimi yükseltebilmektedir [9, 10]. Enzimatik proses, yağlı tohum hücrelerinin hücre çeperlerini veya proteinleri metabolize eder [9]. Böylelikle sulu enzim ve yağlı tohumların hidroliz edilmiş kısımları reaksiyon ortamında çöktürüldüğünde, tohumların yağ kısmı elde edilmiş olur. Fakat yağlı tohumların kompleks karbonhidrat olması ve su fazının yağ ile oluşturmuş olduğu emülsiyon sistemi sebebiyle, yağın tamamını ilk seferde ve tek enzim çeşidi ile almak mümkün olmayabilir.

Bu çalışmada, sulu enzimatik ekstraksiyonu gerçekleştirmek amacıyla ticari olarak kullanılan iki enzim çeşidi (Viscozyme® ve Pectinex®) ve bunların kombinasyonu kullanılmış olup, çözgen ekstraksiyonu ile sulu enzimatik ekstraksiyonun yağ verimleri ve elde edilen yağların kalitesi karşılaştırılmıştır. Elde edilen yağların kalite özelliklerini belirlemek amacıyla serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerleri ölçülmüştür.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Deneylerde Türkiye'de yetiştirilmiş, içinde taş ve toz gibi yabancı madde bulunmayan kabuksuz fındık (*Corylus avellana*) kullanılmıştır. Fındık yağı ekstraksiyonunda Novozymes (Bagscaerd, Danimarka) firmasından bağışlanan Pectinex® Ultra SP-L (ksilanaz, pektinaz ve selülaz içerir) ve Viscozyme® -L (arabinaz, selülaz, beta glukanaaz, hemiselülaz ve ksilanaz içerir) enzimlerinden yararlanılmıştır. Kullanılan diğer bütün kimyasallar Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir.

### Metot

#### Sulu Enzimatik Yöntem İle Fındık Yağı Ekstraksiyonu

Öğütücüde (IKA A11 Basic, Almanya) öğütülen fındıktan 90 g tartılmış ve 500 mL amber şişelerde üzerine 200 mL saf su eklenerek, 1.8 g (fındık ağırlığının %2 si olacak şekilde) Viscozyme, Pectinex ve bu iki enzimin eşit oranda karışımı eşliğinde 50°C sıcaklıkta 4 saat boyunca 450 rpm hız ile karıştırma yapılarak ekstraksiyona bırakılmıştır. Belirlenen enzim konsantrasyonu, benzer çalışmalarda kullanılan aralıklar göz önüne alınarak, verimli yağ eldesini mümkün kılacak ve ekonomik üretim sağlayacak en düşük değer olarak seçilmiştir. Reaksiyon sıcaklığı, her iki enzimin optimum sıcaklık aralıkları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Tüm ekstraksiyonlar 3 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

#### Ekstraksiyon Karışımından Fındık Yağının Ayrıştırılması

Ekstraksiyon sonrasında santrifüj tüplerine alınan karışım, 20°C sıcaklıkta 8000 rpm dönüş hızında 10 dakika boyunca santrifüj işlemine (Sigma 3-30K,

Almanya) tabii tutulduktan sonra, üst fazda bulunan yağ pastör pipeti yardımıyla alınmıştır. Fındığın yapısında bulunan ve emülgatör özelliğine sahip fosfolipitler tarafından tutulan yağların alınması amacıyla karışım -20°C'de dondurulmuş ve 16 saat sonrasında çözündürme yapılarak tekrar 20°C sıcaklıkta 8000 rpm dönüş hızında 10 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve üst

fazda bulunan yağlar alınmıştır. Dondurma-çözündürme işlemleri bir kez daha tekrar edilmiş ve elde edilen bütün yağlar oksidasyonu engellemek amacıyla karanlık ortamda ve -20°C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Elde edilen yağ verimini hesaplamak için 1 numaralı denklem kullanılmıştır:

$$\% \text{ Yağ verimi} = \frac{\text{Ekstraksiyon sonucu elde edilen yağ miktarı}}{\text{Ekstraksiyona giren fındık miktarı}} \times 100 \quad (1)$$

### Çözgen ile Fındık Yağı Ekstraksiyonu ve Fındık Yağının Karışımından Ayırılması

Çözgen ile yağ ekstraksiyonu için Bligh & Dyer yönteminden faydalanılmıştır [11]. 90 g öğütülmüş fındık, 500 mL amber şişelerde 200 mL kloroform:metanol (2:1) karışımı eşliğinde oda sıcaklığında 450 rpm karıştırma hızı ile 2 saat boyunca karıştırılmış ve karışım pompa yardımı ve buchner hunisine filtre kağıdı yerleştirilerek süzülmüştür. Bu işlem sonrasında elde edilen karışımdaki çözgen, 45°C sıcaklıkta dönerli buharlaştırıcıda (BUCHI, Almanya) 250 mbar basınçta uzaklaştırılmış ve elde edilen fındık yağı -20°C sıcaklıkta karanlık ortamda muhafaza edilmeden önce 0.2 g sodyum sülfat eklenmiştir. Tüm ekstraksiyonlar 3 tekrarlı olacak şekilde

gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yağ verimini hesaplamak için 1 numaralı denklem kullanılmıştır.

### Fındık Yağında Serbest Yağ Asidi Miktarının Belirlenmesi

Çözgen ve enzimatik ekstraksiyon sonucunda elde edilen fındık yağından 2.5 g, 50 mL hacmindeki erlene tartılmış, 50 mL etil alkol kullanılarak yağın çözünmesi sağlanmış, daha sonra 1 mL %1'lik fenolftalein indikatörü eşliğinde 0.05 N NaOH ile titrasyon yapılmıştır [12]. Serbest yağ asitliği sonucu % oleik asit cinsinden ifade edilmiş ve sonuçlar hesaplanırken 2 numaralı denklemden faydalanılmıştır. Tüm analizler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

$$\% \text{ oleik asit cinsinden serbest yağ asitliği} = \frac{V \times N \times 282}{m} \times 100 \quad (2)$$

V: Sarf edilen NaOH miktarı (mL)  
N: NaOH çözeltisinin normalitesi (mol/L)  
282: Oleik asitin molekül ağırlığı (g/mol)  
m: Analiz edilen yağın miktarı (g)

### Fındık Yağında Peroksit Miktarının Belirlenmesi

Fındık yağındaki peroksit değerinin belirlenmesinde IDF (74A:1991) metodu kullanılmıştır [13]. Öncelikle FeCl<sub>2</sub> çözeltisi hazırlamak için 0.2 g baryum klorür dihidrat 25 mL saf suda çözülmüştür, daha sonra bu çözelti yavaş bir şekilde ve karıştırma eşliğinde 0.25 g FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ve 25 mL su ile hazırlanan demir(II) sülfat çözeltisine eklenmiştir. Bu işlemin devamında, bu çözeltiye 2 mL 10 N HCl eklenmesi sonucu çöken baryum sülfat filtre kağıdıyla 3 kez süzülmüş, böylece berrak bir demir (II) çözeltisi elde edilmiştir. Elde edilen bu demir (II) çözeltisi amber şişe ve karanlık bir ortamda muhafaza edilmiştir. Diğer taraftan analizde kullanılan başka bir çözelti olan amonyum tiyosiyanat çözeltisini hazırlamak için 1.5 g amonyum tiyosiyanat saf suda çözülmüş ve hacmi 5 mililitreye tamamlanmıştır. Fındık yağının peroksit sayısını belirlemek için cam bir tüpe 0.3 g fındık yağı tartılmış, üzerine 9.8 mL kloroform:metanol (7:3, v/v) çözeltisi eklendikten sonra 2-4 saniye vortekle karıştırılmıştır. Daha sonra bu çözeltiye 50 µL amonyum tiyosiyanat çözeltisi eklenerek tekrar 2-4 saniye vortekste karıştırıldıktan sonra üzerine 50 µL demir (II) çözeltisi eklenerek bir kez daha vortekste 2-4 saniye karıştırma işlemi yapılmıştır. Son olarak, bu karışım 5 dakika boyunca karanlıkta bekletilmiş ve 500 nm dalga boyunda yağ hariç bütün kimyasalları içeren kör çözeltiye karşı spektrofotometrede (Thermo Evolution

220, Almanya) analiz edilmiş ve absorpsiyon değerleri belirlenmiştir. Bütün bu işlemler loş ışıkta, 10 dakika içinde ve 3 paralelli olarak yapılmıştır. Peroksit sayısının hesaplanmasında 3 numaralı denklemden faydalanılmıştır:

$$\text{Peroksit Sayısı} = \frac{(A_s - A_b) \times m}{55.84 \times m_o \times 2} \quad (3)$$

A<sub>s</sub>: Yağ örneğinin absorpsiyon değeri  
A<sub>b</sub>: Kör çözeltinin absorpsiyon değeri  
m: Kalibrasyon eğrisinin eğimi (Bu IDF metoduna göre 41.52 olarak belirlenmiştir.)  
55.84: Demir elementinin molekül ağırlığı (g/mol)  
m<sub>o</sub>: Yağ örneğinin miktarı (g)

### İstatistiksel analiz

Tüm deneyler 3 tekrarlı olarak yapılmış ve sonuçlar ortalamaya±standart sapma olarak verilmiştir. Farklı yöntemlerle elde edilen verim, serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerleri, SPSS programında ANOVA testine tabii tutulmuş ve p<0.05 düzeyinde farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Yağ verimlerinin karşılaştırılması

Yöntem seçiminde en önemli parametre olarak görülen yağ veriminin kullanılan çözgen ve sulu enzimatik ekstraksiyon yöntemleri ile değişimi, Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı yöntemlerle elde edilen fındık yağı verimleri<sup>1</sup>

Ekstraksiyon Yöntemi	Yağ Verimi (%)
Çözgen	36.27±2.09 <sup>ab</sup>
Pectinex®	25.61±6.82 <sup>b</sup>
Viscozyme®	35.73±4.80 <sup>ab</sup>
Pectinex® & Viscozyme®	42.45±1.60 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Her ekstraksiyon 3 tekrarlı yapılmış ve veriler ortalamaya±standart sapma şeklinde verilmiştir. Sütündeki farklı harfler, ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkları ifade etmektedir ( $p<0.05$ ).

En yüksek verim Pectinex® ve Viscozyme® enzimlerinin birlikte kullanılmasıyla yapılan ekstraksiyonda, en düşük verim ise yalnızca Pectinex® enzimiyle yapılan ekstraksiyonda elde edilmiştir. Bu iki ekstraksiyon koşuluyla elde edilen verimler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Hücre çeperine etki eden enzimlerden Viscozyme® içerisindeki arabinaz, selülaz, beta glukanz, hemiselülaz ve ksilanaz enzimlerinin, Pectinex® içerisindeki silanz, pektinaz ve selülaz enzim karışımından daha yüksek yağ verimi sağladığı görülmektedir. Bu durum, endüstriyel üretimde stok kısıtı durumunda, Viscozyme® kullanımına öncelik sağlanması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca iki enzim karışımı farklı yüzdelerde kullanılarak, en yüksek yağ eldesinin sağlandığı yüzde belirlenerek verim yüzdesi ileriki çalışmalarda konu edilecektir.

En yüksek verimin iki farklı enzimin birlikte kullanılmasıyla elde edilmiş olması, beklenen bir sonuçtur. Viscozyme® enzimi selülaz, hemiselülaz, arabinaz gibi enzimleri içerdiğinden fındık hücre duvarlarını parçalayarak hücre içinde hapsolmuş yağ partiküllerinin sulu ortama geçişini kolaylamıştır [14]. Diğer yandan, Pectinex® enziminin hücre duvarında bol miktarda bulunan ve fındık yağının ortama geçişini engelleyici özelliğe sahip olan pektin bileşenini

parçalama yeteneğinden faydalanılmıştır. Böylece en yüksek verim elde edilmiştir. Pectinex® ya da Viscozyme® enzimleri tek başına kullanıldığında çözgen (kloroform:metanol) ile elde edilen verime ulaşamamıştır. Bunun en büyük sebeplerinden biri, kullanılan çözgenlerin yağı çözebilme gücünün suya göre daha fazla yüksek olmasıdır. Bir diğer deyişle, fındık hücreleri ve çözgen arasındaki yağın kütle transfer hızı suya göre oldukça yüksektir. Bu nedenle hücre duvarı ya da pektin parçalama özelliği olmadan da yüksek miktarda yağ elde etmek mümkündür. Yapılan bir çalışmada da, susamdan hekzan kullanılarak Soxhlet ekstraksiyon ile elde edilen yağ verimi, Vizcozyme ile elde edilen verimden yüksek bulunmuştur [15].

Sudan arındırılmış ayçiçeği küspesinin sulu enzimatik ekstraksiyonunu etkileyen parametrelerin incelendiği bir çalışmada, proteaz (Protex® 7L) ve selülaz (Multifect CX 13L) enzimleri değişik miktarlarda kullanılmış, her iki enzimin 0.02 oranında kullanıldığı ekstraksiyonda verimin %40 ile en yüksek değerine ulaştığı belirtilmiştir [16]. Bu çalışmada, fındık yağı ekstraksiyonu için yukarıda verilen sonuçları destekleyici şekilde, iki farklı enzimin karışımı kullanılarak, enzimlerin tek başına kullanıldığı duruma göre daha yüksek verim sağlanmıştır. Benzer bir çalışmada Jatropha (Hint fıstığı) tohumu yağı üretimi amacıyla, proteaz (Protizyme®), pullulanaz (Promozyme®) ve pektinaz (Pectinex® Ultra SP-L) ile fermentasyon ile elde edilmiş ve saflaştırılmamış selülaz enzimleri ve bu enzimlerin karışımı ile yapılan sulu enzimatik ekstraksiyon sonucunda elde edilen yağ verimini incelenmiştir. En yüksek verim, %49 ile bu dört enzimin birlikte kullanıldığı ekstraksiyonda elde edilmiştir [17]. Bu çalışmada da mevcut çalışmadaki sonuçları destekler nitelikte bulgular elde edilmiştir. Yağın hücrelerden transferine direnç gösteren farklı yapılar ne kadar çok parçalanırsa yağ verimi de o denli artış göstermektedir.

### Fındık yağının kalite özelliklerinin karşılaştırılması

Serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerleri, yağlarda kalitenin belirlenmesinde en önemli karakteristik özelliklerdir. Çözgen ve sulu enzimatik ekstraksiyon sonucunda elde edilen yağların kalitesinin karşılaştırılması amacıyla serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı analiz edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı yöntemlerle elde edilen fındık yağında kalite özellikleri<sup>1</sup>

Parametre	Ekstraksiyon yöntemi			
	Çözgen	Pectinex®	Viscozyme®	Pectinex® & Viscozyme®
Serbest yağ asidi içeriği (% oleik asit)	0.53 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.26 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.33 ± 0.02 <sup>c</sup>
Peroksit sayısı (mEq/kg)	0.958 ± 0.248 <sup>a</sup>	0.148 ± 0.059 <sup>b</sup>	0.093 ± 0.023 <sup>b</sup>	0.084 ± 0.018 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Her ekstraksiyon 3 tekrarlı yapılmış ve veriler ortalamaya±standart sapma şeklinde verilmiştir. Satırdaki farklı harfler, ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkları ifade etmektedir ( $p<0.05$ ).

Çözgen ekstraksiyonu ile elde edilen fındık yağının en yüksek asitliğe sahip olduğu ve onu sırasıyla Pectinex®, Pectinex® & Viscozyme® ve Viscozyme® enzimleriyle yapılan ekstraksiyonların izlediği tespit edilmiştir. Ayrıca

enzimatik ekstraksiyon ile elde edilen yağların serbest asitlik değerlerinin, çözgen ekstraksiyonu ile elde edilen yağın değerlerine göre istatistiksel olarak önemli derecede düşük olduğu görülmüştür. Bu da enzimatik



ekstraksiyonun elde edilen yağın kalitesini büyük oranda koruduğunu gözler önüne sermiştir. Soğuk çözgenle yağ eldesinde kullanılan metanol-kloroform karışımı, farklı polarlıktaki (kloroform: 4,1 ; metanol: 5,1) solventlerin çözme yeteneğinin yüksek oluşundan dolayı çift fazlı olarak kullanılmıştır [18]. Metanolla fındık içerisinde su fazında çözünebilen biyoyararlı kısım elde edilirken, yağ fazında çözünen kısım ise kloroform ile elde edilmektedir. Çift fazlı solvent ekstraksiyonu, elde edilen yağ kalitesini ölçmek için daha sonraki çalışmalar için altyapı oluşturmaktadır [18,19]. Literatürde benzer çalışmalarda farklı sonuçlar rapor edilmiştir. Örneğin kamelya çekirdek yağı üretiminde hekzan kullanılarak Soxhlet ekstraksiyon ile elde edilen yağın serbest yağ asidi miktarı, sulu enzimatik ekstraksiyon ile elde edilen yağa kıyasla daha düşük çıkmıştır [20]. *Pinus pumila* çekirdek yağının eldesinde sulu enzimatik ekstraksiyon ile Soxhlet ekstraksiyon karşılaştırıldığında, serbest yağ asidi miktarları oldukça yakındır (sırasıyla 2.88 ve 2.72 mg KOH/g) [21]. Diğer yandan, çözgen ekstraksiyonuna kıyasla daha düşük serbest yağ asidi içeren yağ eldesine olanak sağlayan sulu enzimatik ekstraksiyon prosedürleri de rapor edilmiştir [15,22-25]. Bu çalışmalarda enzimatik yöntem, yüksek sıcaklıkta hekzan ile yapılan çözgen ekstraksiyonu ile karşılaştırılmış olduğundan, serbest yağ asidi miktarının düşük olması, ılımlı reaksiyon koşullarına bağlanmıştır. Mevcut çalışmada çözgen ekstraksiyonu oda sıcaklığında yapılmışsa da, yağ ve çözgen fazlarının birbirinden ayrılması amacıyla yapılan distilasyon işleminde asitliğin bir miktar atmış olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 2'de verilen peroksit sayısı sonuçlarına göre, çözgen ekstraksiyonu ile elde edilen yağın peroksit sayısı, farklı enzimlerle elde edilen yağa kıyasla 9 ila 10 kat daha yüksektir. En düşük peroksit sayısının, aynı zamanda en fazla yağ veriminin elde edildiği Pectinex & Viscozyme enzimlerinin karışımı ile yapılan ekstraksiyon sonucunda elde edilen fındık yağında olduğu görülmüştür. Ayrıca peroksit sayısı bakımından çözgen ekstraksiyonu ile enzimatik ekstraksiyon arasında istatistiksel olarak önemli derecede bir fark olduğu görülmektedir. Literatürde hekzan kullanılarak Soxhlet ekstraksiyon ile elde edilen yağ, sulu enzimatik ekstraksiyon ile elde edilen yağ ile kıyaslandığında, mevcut sonuçlara benzer şekilde peroksit sayısının enzimatik üretim ile düşürülebildiği belirtilmiştir [15,20-23,26]. Ayrıca soğuk pres ile sulu enzimatik ekstraksiyonun karşılaştırıldığı çalışmalarda da enzimatik yöntem ile daha düşük peroksit sayısına sahip yağ elde edilebilmiştir [22,23,26]. Burada etken olan özelliğin, peroksit sayısı tayininde miktarı ölçülen hidroperoksit bileşiklerin suda çözünür olmaları ve buna bağlı olarak yağda ölçülen değer düşmesi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Türkiye'de yetiştirilen fındık çeşitlerinde antioksidan karaktere sahip olan alfa tokoferol miktarının, yetiştirildiği coğrafyaya göre değişkenlik gösterse de, yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir [27]. Bu bakımdan fındık yağı ekstraksiyonunda kullanılan, pektin ve hücre duvarını parçalayıcı özelliğe sahip olan enzimlerin, yağda çözünen alfa tokoferol ve diğer antioksidan özelliğe sahip bileşenlerin yağa geçişini artırarak yağda

oksidasyonu azalttığı bilinmektedir [26]. Enzimatik ekstraksiyonun çözgen ekstraksiyonuna göre daha yüksek sıcaklıkta ve uzun süreli yapılması ve buna rağmen peroksit değerinin enzimatik ekstraksiyonda daha düşük çıkması, antioksidan özellikteki bileşenlerin yağı oksidasyondan korumasıyla ilişkilendirilebilir.

## SONUÇ

Fındık yağı üretiminde çözgen ekstraksiyonuna alternatif olarak sulu enzimatik ekstraksiyon yöntemi kullanılarak hem daha yüksek verimde yağ elde edilmiş, hem de elde edilen yağın kalitesi serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerleri bakımından iyileştirilmiştir. Enzimatik ekstraksiyonda az miktarda enzim kullanılması ve çözgen kullanılmaması, bu yöntemi daha çevre dostu bir uygulama yapmaktadır. Bu avantajlarının yanı sıra kullanılan enzimatik ekstraksiyonun büyük ölçekte kullanılmasını zorlaştıracak yönlerinden biri, emülsiyon oluşumu sebebiyle ekstraksiyon karışımından yağın ayrıştırılmasının güçlüğü olmakla beraber, mevcut çalışmada kullanılmış olan dondurma-çözündürme metodunun yanı sıra emülsiyonun tekrar enzimatik hidrolize tabi tutulması yoluna gidilebilir. Elde edilen yağın kalite kriterleri, enstrumental analizlerle yağ asidi kompozisyonu ve biyoyararlı maddeler belirlenerek çalışma geliştirilebilir. Tüm kalite kriterleri sağlandıktan sonra, metanol:kloroform karışımı ve enzim ile muamele edilmiş fındık örnekleri duyuşsal olarak değerlendirilerek raf ömrü çalışmalarına katkı sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Anonim, (2015). Fındık sektör raporu, 2014, Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [2] Yavuz G.G., Polat, K. (2012). Durum ve Tahmin Fındık 2011/2012, *TEPGE* Yayın No: 1918 ISBN: 978-975-407-338-6 ISSN: 1306-0260, T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ankara.
- [3] Taş, N.G., Gökmen V. (2015). Profiling triacylglycerols, fatty acids and tocopherols in hazelnut varieties grown in Turkey, *Journal of Food Composition and Analysis*, 44, 115-121.
- [4] Tunç, İ., Çalışkan, F., Özkan, G., Karacabey, E. (2014). Mikroalga destekli Soxhlet cihazı ile fındık yağı ekstraksiyonunun yanıt yüzey yöntemi ile optimizasyonu. *Akademik Gıda Dergisi*, 12(1), 20-28.
- [5] Fındık yağı (Türkomp Gıda Kodu: 05.02.0004), Sıvı ve Katı Yağlar, Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı verisi (Son erişim: 15.11.2016).
- [6] Kavrulmuş Fındık, İç (Türkomp Gıda Kodu: 09.02.0057), Meyve ve Meyve Türleri, Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı Verisi (Son erişim: 15.11.2016).
- [7] Kwaku, T., Ohta, Y. (1997). Aqueous extraction of coconut oil by an enzyme-assisted. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 497-502.
- [8] Holum, J. (1968). Elements of General and Biological Chemistry, 2nd edition, Wiley, New York, 377p.
- [9] Rosenthal, A., Pyle, D.L., Niranjan, K. (1996). Aqueous and enzymatic processes for edible oil

- extraction. *Enzyme and Microbial Technology*, 19(6), 402-420.
- [10] Singh, R.K., Sarker, B.C., Kumbhar, B.K., Agrawal, Y.C., Kulshreshtha, M.K. (1999). Response surface analysis of enzyme assisted oil extraction factors for sesame, groundnut and sunflower seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 36(6), 511-514.
- [11] Bligh, E.G., Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911-917.
- [12] Leitgeb, M., Knez, Ž. (1990). The influence of water on the synthesis of n-butyl oleate by immobilized *Mucor miehei* lipase. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67(11), 775-778.
- [13] Shantha, N.C., Decker, E.A. (1994). Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal of AOAC International*, 77(2), 421-424.
- [14] Concha, J., Soto, C., Chamy, R., Zuniga, M.E. (2004). Enzymatic pretreatment on rose-hip oil extraction: hydrolysis and pressing conditions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(6), 549-552.
- [15] Latif, S., Anwar, F. (2011). Aqueous enzymatic sesame oil and protein extraction. *Food Chemistry*, 125, 679-684.
- [16] Campbell, K.A., Vaca-Medina, G., Glatz, C.E., Pontalier, P.Y. (2016). Parameters affecting enzyme-assisted aqueous extraction of extruded sunflower meal. *Food Chemistry*, 208, 245-251.
- [17] Shah, S., Sharma, A., Gupta, M.N. (2005). Extraction of oil from *Jatropha curcas* L. seed kernels by combination of ultrasonication and aqueous enzymatic oil extraction. *Bioresource Technology*, 96(1), 121-123.
- [18] Anonim, (2017). Polarity Index, Louisiana State University, USA. <http://macro.lsu.edu/HowTo/solvents/Polarity%20index.htm> (Erişim Tarihi: 01.11.2016).
- [19] E.Choek., Min D.B. (2009). Mechanisms of Antioxidants in the Oxidation of the Food, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 345, 358.
- [20] Fang, X., Fei, X., Sun, H., Jin, Y. (2016). Aqueous enzymatic extraction and demulsification of camellia seed oil (*Camellia oleifera* Abel.) and the oil's physicochemical properties. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118, 244-251.
- [21] Chen, F., Zhang, Q., Gu, H., Yang, L. (2016). An approach for extraction of kernel oil from *Pinus pumila* using homogenate-circulating ultrasound in combination with an aqueous enzymatic process and evaluation of its antioxidant activity. *Journal of Chromatography A*, 1471, 68-79.
- [22] Mehanni, A.E.S., El-Reffaei, W.H.M., Melo, A., Casal, S., Ferreira, I.M.P.L.V.O. (2017). Enzymatic extraction of oil from *Balanites aegyptiaca* (desert date) kernel and comparison with solvent extracted oil. *Journal of Food Biochemistry*, 41, e12270-e12275.
- [23] Tan, Z.J., Yang, Z.Z., Yi, Y.J., Wang, H.Y., Zhou, W.L., Li, F.F., Wang, C.Y. (2016). Extraction of oil from flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) using enzyme-assisted three-phase partitioning. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 179, 1325-1335.
- [24] Latif, S., Diosady, L.L., Anwar, F. (2008). Enzyme-assisted aqueous extraction of oil and protein from canola (*Brassica napus* L.) seeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(10), 887-892.
- [25] Li, X.J., Li, Z.G., Wang, X., Han, J.Y., Zhang, B., Fu, Y. J., Zhao, C. J. (2016). Application of cavitation system to accelerate aqueous enzymatic extraction of seed oil from *Cucurbita pepo* L. and evaluation of hypoglycemic effect. *Food Chemistry*, 212, 403-410.
- [26] Ezech, O., Niranjana, K., Gordon, M.H. (2016). Effect of enzyme pre-treatments on bioactive compounds in extracted tiger nut oil and sugars in residual meals. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93, 1541-1549.
- [27] Ozdemir, M., Ackurt, F., Kaplan, M., Yildiz, M., Loker, M., Gurcan, T., Seyhan, F.G. (2001). Evaluation of new Turkish hybrid hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties: fatty acid composition,  $\alpha$ -tocopherol content, mineral composition and stability. *Food Chemistry*, 73(4), 411-415.

## Spirulina'dan (*Spirulina platensis*) Klorofil-a ve Fikosiyanin Pigment Ekstraksiyonuna Ultrasonikasyon Süresinin Etkisi

Salih Aksay , Rıdvan Arslan 

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 33343, Mersin

Geliş Tarihi (Received): 17.09.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 10.10.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [saksay@mersin.edu.tr](mailto:saksay@mersin.edu.tr) (S. Aksay)

☎ 0 324 361 00 01 📠 0 324 361 00 32

### ÖZ

Mikroalgelere olan ilgi protein, elzem yağ asitleri, vitaminler ve pigmentler gibi besinsel bileşenler yönünden oldukça zengin olmaları nedeniyle giderek artmaktadır. *Spirulina platensis*'in rengi mavi fikosiyanin ve yeşil klorofil pigmentlerinden ileri gelmekte olup bu pigmentler süt ürünleri, jöle ve sakız gibi gıda ürünleri ile eczacılıkta renklendirici olarak kullanılabilir. Spirulinadan pigment ekstraksiyonunda çözümlerle ekstraksiyon, süperkritik akışkan, dondurma/çözdürme, sonikasyon ve enzimasyon gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada farklı sürelerde ultrasonikasyon uygulamasının (1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45 ve 60 dakika) metanol ve sulu sodyum nitrat çözeltisiyle (%1.5 NaNO<sub>3</sub>) klorofil-a ve fikosiyanin ekstraksiyonuna ve elde edilen pigmentlerin antioksidan aktivitesine (FRAP: Ferric İndirgeme Antioksidan Potansiyel) etkisi incelenmiştir. Ultrasonikasyon sonrası metanol ve sodyum nitratla çözümlerle ekstraksiyonu 120 dakika boyunca manyetik karıştırıcıyla ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Klorofil-a derişimi kontrol örneğinde 6.75 mg/g kuru spirulina olarak bulunurken; sonikasyon uygulama süresiyle artarak 30. dakikada 7.70 mg/g kuru spirulina derişime ulaşmış ve sonrasında sabit kalmıştır. Kontrol örneğinin fikosiyanin derişimi 34.52 mg/g spirulina bulunurken, sonikasyon uygulama süresiyle artarak 45. dakikada 51.83 mg/g kuru spirulina derişime ulaşmış ve sonrasında sabit kalmıştır. En yüksek antioksidan aktivite 60 dakika sonikasyon ardından çözümlerle ekstraksiyonda elde edilmiş ve klorofil-a ile fikosiyanin için sırasıyla 15.74 mg/g ve 11.98 mg/g olarak bulunmuştur. Sonuç olarak klorofil-a metanol ekstraksiyonu öncesi 30 dakika ultrasonikasyon, fikosiyanin sodyum nitrat ekstraksiyonu öncesi 45 dakika ultrasonikasyon işlem süreleri önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Spirulina platensis*, Ultrasonikasyon, Klorofil-a, Fikosiyanin, Antioksidan aktivite

### Effects of Ultrasonication Time on Chlorophyll-a and Phycocyanin Pigment Extraction from *Spirulina platensis*

#### ABSTRACT

Interest on microalgae has increased in food, pharmacy and cosmetic industries because of their high nutrient contents such as proteins, essential oils, vitamins and pigments. Phycocyanin and chlorophyll, which are responsible for blue and green pigments in *Spirulina*, are used as colorants in foods such as dairy products, chewing gums and jellies, and pharmacy. For pigment extraction from *Spirulina*, various methods are used such as solvent extraction, supercritical solvent, freezing/thawing, sonication and enzymation. In this study, the effect of ultrasonication process time on the extraction of phycocyanin and chlorophyll-a prior to the application of solvent extraction with methanol and aqueous sodium nitrate solution (1.5% NaNO<sub>3</sub>), and the antioxidant activity (FRAP, Ferric Reducing Ability of Plasma) of extracts were determined. Ultrasonication for 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45, and 60 minutes were applied prior to methanol and NaNO<sub>3</sub> solvent extraction for 120 minutes at room temperature. Chlorophyll-a concentration with 6.75 mg/g dry spirulina for control sample increased to 7.70 mg/g dry spirulina by 30 minute sonication process, and it remained constant at further sonication times. Moreover, phycocyanin concentration with 34.52 mg/g dry spirulina for

control sample increased to 51.83 mg/g dry spirulina up to 45 minute sonication process and remained constant at further sonication. Antioxidant activity of chlorophyll-a and phycocyanin were 15.74 mg/g and 11.98 mg/g, respectively for 60 minutes sonic application followed by solvent extraction. In conclusion, prior to solvent extraction, 30 minute sonication process is recommended for chlorophyll-a while 45 minute process for phycocyanin.

**Keywords:** *Spirulina platensis*, Ultrasonication, Chlorophyll-a, Phycocyanin, Antioxidant activity

## GİRİŞ

Mikroalgler zengin besin içeriği ve sağlık üzerindeki etkileri nedeniyle farklı alanlarda kullanılmakta olup, insanlar tarafından yüzyıllardır gıda ve gıda katkıları olarak tüketilmektedir. Mikroalglerin besin kompozisyonu, karbonhidratlar, proteinler, vitaminler, lipidler, antioksidanlar ve diğer iz elementler gibi farklı kimyasal ve biyolojik bileşiklerden oluşmaktadır. Mikroalglerin içerdikleri bileşiklerin biyoaktif özellikleri sayesinde, sağlık üzerindeki yararları etkileri; antiviral, antikanser, antidiyabetik, antibiyotik, antioksidan, prebiyotik, probiyotik, bağışıklık sistemi güçlendiricisi, kardivasküler sistem koruyucusu, hipokolesterolemik ve antiaterojenik şeklinde sıralanabilir. Bunların yanında, antibiyotik ve antibakteriyel olarak kullanılan farklı ürünler de alglerden elde edilebilmektedir [1]. Endüstriyel açıdan değerli olan birçok bileşiğin özellikle pigmentlerin elde edilmesinde, gıda endüstrisinde sağlık amaçlı, proteince zengin ve fonksiyonel besleyici özelliğe sahip, düşük kalorili gıda üretiminde de mikroalglerin kullanımı bulunmaktadır [2-4]. Ayrıca mikroalglerin toprak zenginleştirme, hayvan yemi, atık su arıtım, biyodizel üretimi, hidrojen üretimi, losyon, cilt kremi, pigment üretimi gibi kullanımları da bulunmaktadır [5-8].

Mikroalgler (*Chlorella*, *Dunaliella* ve *Spirulina* gibi) sadece gıda üretimi için değil, aynı zamanda pigment gibi ticari önemi olan kimyasalların elde edilmesi açısından da önemli canlılardır. Üretilen pigment türüne göre değişkenlik gösterirken, genel olarak mikroalg hücre kuru ağırlığının %0.5-1.5'i kadar klorofil, %0.1-0.2'si kadar karotenoid ve %14-20'si kadar fikobiliprotein gibi pigmentleri üretebilmektedirler. Yalnız *Dunaliella* türü kuru ağırlığının yaklaşık %14'üne kadar  $\beta$ -karoten üretebilmektedir. Ticari olarak üretimi yapılan mikroalgler *Dunaliella salina* ve *Scenedesmus acutus*'tan  $\beta$ -karoten, *Spirulina sp.*'den fikosiyenin, *Haematococcus pluvialis*'ten astaksantin, *Nannochloropsis oculata*'dan ksantofil, *Muriellopsis sp.*'den Lutein ve *Porphyridium cruentum*'dan Fikoeritrin üretilmektedir. *Spirulina platensis*'ten elde edilen mavi renkli fikosiyenin pigmenti, bir antioksidan olarak bağışıklık sistemini güçlendirici ve anti-inflamatuvar etkiye sahiptir. Fikosiyenin, stabilitesi nedeniyle kozmetik formülasyonlarda ve gıda renklendiricisi olarak da kullanılabilir [2, 9-11].

*Spirulina platensis*, genellikle birkaç milimetre uzunluğunda ve çapı 3-12  $\mu$ m silindirik hücrelerden oluşan, spiral şekilli bir prokaryotik organizma olup, yüksek sıcaklıklarda (35-38°C) ve yüksek alkali ortamda üreyebilmektedir. Özellikle Asya, Güney Amerika ve Afrika kıtalarında beslenme amacıyla ve besin destek maddesi olarak kullanılan *Spirulina*, modern

biyoteknolojik yöntemler kullanılarak dünyada ticari anlamda en fazla üretimi yapılan bir siyanobakteridir. *Spirulina platensis* %55-70 protein oranında içeren, esansiyel aminoasit ve yağ asitleri, Fe ve Ca minerallerince ve vitamince zengin, biyoaktif özellikteki klorofil, karoten ve mavi renkli fikosiyenin pigmentlerini yüksek miktarlarda yapılarında bulundurmaktadır. Spirulinadan pigment ekstraksiyonunda çözümlerle ekstraksiyon, süperkritik akışkan, dondurma/çözdürme, sonikasyon ve enzimasyon gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır [4, 5, 12, 13].

Bu çalışmada farklı sürelerde ultrasonikasyon uygulamasının (1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45 ve 60 dakika) metanol ve sulu sodyum nitrat çözeltisiyle (%1.5 NaNO<sub>3</sub>) klorofil ve fikosiyenin ekstraksiyonuna ve elde edilen pigmentlerin antioksidan aktivitesine (FRAP: Ferric Reducing Ability of Plasma) etkisi incelenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

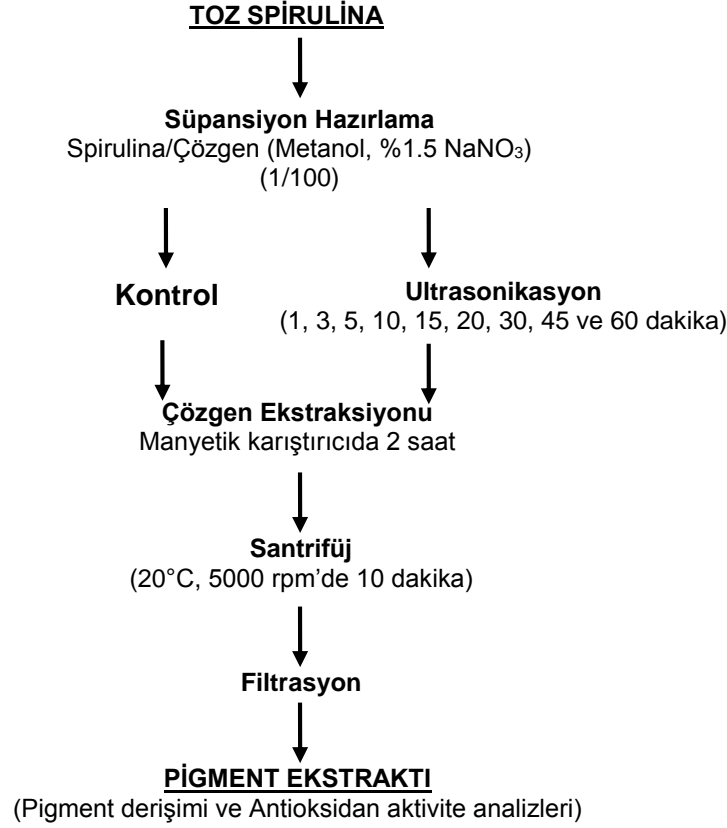
Çalışma materyali olarak, CN Lab Nutrition Asian Group (Shaanxi, Çin) işletmesinden temin edilen %100 *Spirulina platensis* tozu kullanılmıştır. Toz spirulina materyali kullanım süresince -20°C derin dondurucuda saklanmıştır.

### Pigment Ekstraksiyonu

*S. platensis*'den klorofil-a ekstraksiyonu Macías-Sánchez ve ark. [14] önerdiği saf metanol, fikosiyenin ekstraksiyonu Boussiba ve Richmond [15] önerdiği %1.5'lik sodyum nitrat sulu çözeltisi kullanılarak yapılmıştır. Kontrol olarak kullanılan çözen ekstraksiyonu uygulamasında 0.5 g toz *Spirulina* tartılarak 50 mL çözen içerisinde (katı/sıvı oranı 1/100 olarak kullanılmıştır) süspansiyon hazırlanmıştır. Süspansiyon ortam sıcaklığında 2 saat manyetik karıştırıcıda karıştırma işleminden sonra 20°C sıcaklıkta 5000 rpm'de santrifüj (J.P. Selecta Medifriger BL-S, İspanya) edilmiştir. Klorofil-a derişimi berrak metanol pigment çözeltisi filtre edildikten sonra spektrofotometrede (Agilent Cary 60 UV-Vis, Malezya) 666 nm dalga boyundaki absorbans değeri ölçülerek hesaplanmıştır (Klorofil-a (mg/g) = 13.9 x A<sub>666</sub>). Fikosiyenin derişimi ise santrifüj sonrası berrak sodyum nitrat çözeltisinin spektrofotometrede 620 nm dalga boyundaki absorbans değeri ölçülerek hesaplanmıştır (Fikosiyenin (mg/g) = 137 x A<sub>620</sub>). Ultrasonikasyon sürelerinin pigment ekstraksiyonunun etkisini incelemek için hazırlanan *Spirulina* süspansiyonu 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45 ve 60 dakika süreyle 53 kHz ultrasonik banyoda (Kudos, Ultrasonic Cleaner, SK1200H, 53 kHz, 50W) tutulmuştur. Ultrasonikasyon sonrasında çözenle

manyetik karıştırıcıda karıştırma işlemi 2 saate tamamlanarak kontrol örnekleriyle aynı işlemler uygulanmış, klorofil-a ve fikosiyenin derişimleri hesaplanmıştır. Ekstraksiyon ve pigment analizleri ikişer

tekrar ve iki paralel olarak yapılmıştır. Şekil 1'de Toz *Spirulina platensis*'ten çözgen ve ultrasonikasyon işlemiyle pigment ekstraksiyonu akım şeması verilmiştir.



Şekil 1. Toz *Spirulina platensis*'ten çözgen ve ultrasonikasyon uygulamalarıyla pigment ekstraksiyonu

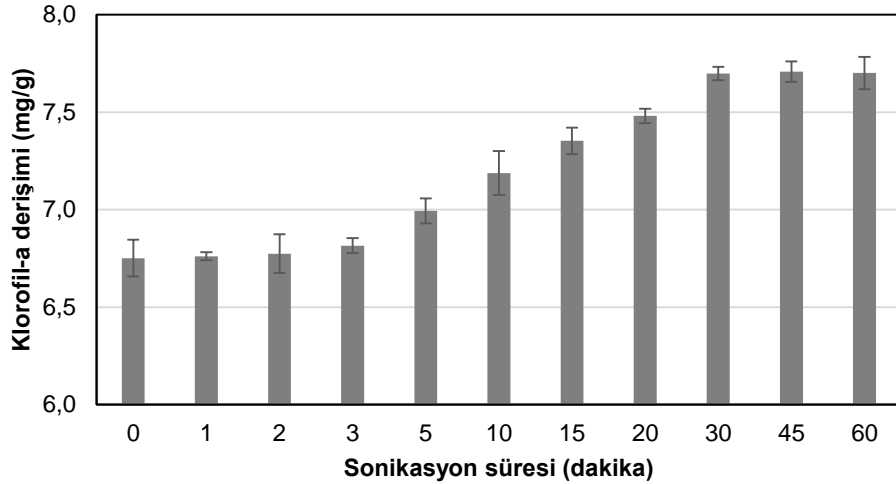
### Antioksidan Aktivite

Antioksidan aktivite tayini Benzie and Strain [16] önerdikleri FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) yöntemine göre yapılmıştır. 0.3 M asetat tamponu (pH 3.6), TPTZ çözeltisi (23.4 mg 2,4,6-tripiridil-s-triazin 7.5 mL 40 mM HCl içerisinde çözülürülerek hazırlanan) ve 20 mM Ferrik çözeltisi (0.541 g FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O tartılıp distile suyla 100 mL'ye tamamlanmıştır) 10:1:1 oranında olacak şekilde karıştırılıp FRAP çözeltisi hazırlanmıştır. FRAP çözeltisi analiz antioksidan aktivite belirlenmesi sırasında günlük olarak taze hazırlanmıştır. Uygun oranda seyreltilmiş pigment ekstraktlarının antioksidan aktivite analizi için, 200 µL örnek ve 1.8 mL FRAP çözeltisi karıştırıldıktan sonra 10 dakika 37°C'deki su banyosunda inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda örneklerin, 593 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Agilent Technologies, Cary 60–UV-Vis, Malezya) absorbansları ölçülmüştür. Sonuçlar 0-100 ppm ile hazırlanan standart grafik yardımıyla ppm FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O cinsinden hesaplanarak verilmiştir.

Antioksidan aktivite analizleri 3 paralel olarak yapılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

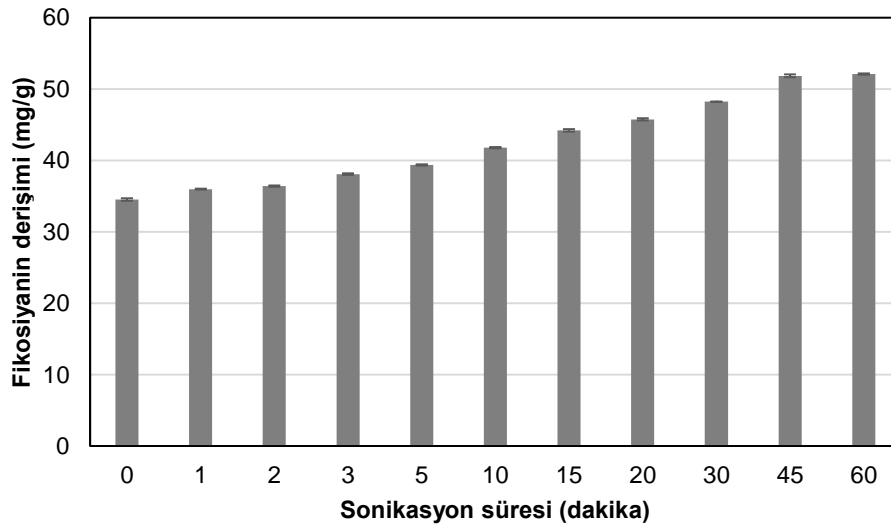
Ultrasonikasyon uygulamadan saf metanol kullanarak manyetik karıştırıcıda iki saatlik karıştırma sonunda 6.751±0.094 mg/g spirulina klorofil-a ekstrakte edilmiştir. Ultrasonikasyon uygulama süresiyle orantılı olarak sonik uygulama ve ardından metanol ekstraksiyonunda klorofil-a derişimi artmış ve 30. dakikada yaklaşık 7.70±0.035 mg/g spirulina değerine ulaşmıştır (Şekil 2). Bu süreden sonra 45 ve 60 dakika ultrasonikasyon uygulamalarında derişim 7.70 mg/g spirulina civarında sabit kalmıştır. Saf metanol kullanılarak yapılan Saf metanol kullanılarak yapılan kontrol ekstraksiyonuna göre 30 dakikalık ultrasonikasyon ile klorofil-a derişimi yaklaşık %14 daha fazla bulunmuştur. Farklı spirulina türlerinde yapılan ekstraksiyon çalışmalarında klorofil-a derişiminin 9.26-13 mg/g spirulina arasında olduğu, yaş örneklerde ekstraksiyon veriminin kuru örneklerle göre daha düşük olduğu belirlenmiştir [4, 13, 17].



Şekil 2. Ultrasonikasyon süresinin ekstrakte edilen klorofil-a derişimine etkisi

Sodyum nitrat çözeltisiyle 2 saatlik kontrol ekstraksiyonunda fikosiyenin derişimi  $34.52 \pm 0.169$  mg/g spirulina olarak bulunmuştur. Fikosiyenin derişimi ultrasonikasyon uygulama sürene paralel olarak artış göstermiş ve 10 dakika sonikasyon ve ardından çözgen ekstrasyonu uygulamasında  $41.783 \pm 0.068$  mg/g spirulina değerinin ulaşmıştır. Otuz dakikalık ultrasonikasyon sonrasında  $48.221 \pm 0.023$  mg/g spirulina derişimine ulaşırken ekstraksiyondaki artış yavaşlamış, 45. dakikada  $51.831 \pm 0.207$  mg/g spirulina derişime, 60 dakika sonikasyonda çok fazla artış olmamış ve  $52.096 \pm 0.096$  mg/g spirulina derişimde yataya gelmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi 45 dakika ultrasonikasyon sonrasında sodyum nitrat çözeltisiyle yapılan ekstraksiyon sonrasında derişimde önemli bir

artış olmadığı ancak kontrol ekstraksiyonuna göre sonik uygulamada fikosiyenin derişiminin yaklaşık %50 daha yüksek olduğu söylenebilir. Sonikasyon uygulaması sonrasında spirulinedan klorofil-a ekstraksiyonu yaklaşık %0.77 civarında literatürdeki ortalama %1 değerinden daha az bulunurken fikosiyenin miktarı literatürde verilen %4.26'dan daha yüksek yaklaşık %5.2 civarında bulunmuştur. Moraes ve ark. [18] dondurma çözündürme, sonikasyon, enzimasyon ve asit uygulamalarının fikosiyenin ekstraksiyonuna etkisini inceledikleri çalışmada benzer olarak en yüksek verimi sonik uygulamada dondurma çözündürme uygulamasına göre yaklaşık %57 verim artışı olduğunu rapor etmişlerdir.



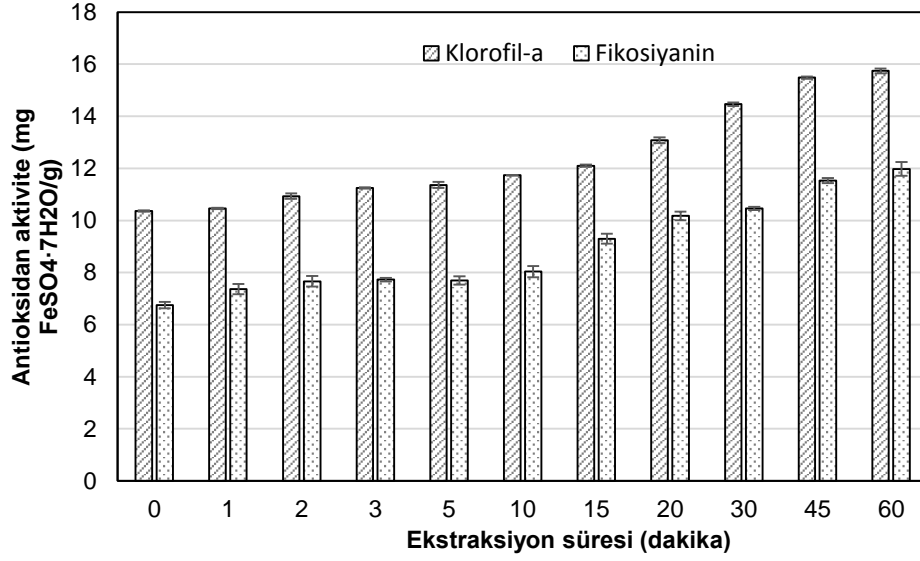
Şekil 3. Ultrasonikasyon süresinin ekstrakte edilen fikosiyenin derişimine etkisi

Ultrasonikasyon süresinin ekstrakte edilen klorofil-a ve fikosiyenin pigmentlerinin antioksidan aktivitelerine etkisi Şekil 4'de gösterilmiştir. Kontrol olarak kullanılan çözgen ekstraksiyonlarında klorofil-a ve fikosiyenin pigmentlerinin antioksidan aktiviteleri sırasıyla  $10.365 \pm 0.025$  mg/g ve  $6.749 \pm 0.121$  mg/g olarak bulunmuştur. Sonikasyon süresiyle doğru orantılı olarak antioksidan aktivite artış

göstermiş ve 60 dakika sonikasyon sonunda klorofil-a  $15.745 \pm 0.094$  mg/g, fikosiyenin pigment ekstraksiyonunda  $11.977 \pm 0.267$  mg/g değerine çıkmıştır. Heriki kontrol ve sonik uygulamasında da klorofil-a pigmentinin fikosiyenine göre antioksidan aktivite değerinin daha yüksek olduğu söylenebilir. Kuatrakul ve ark. [19] taze *Spirulina* örneğini kullanarak

sıcak hava ve mikroalga vakumlu kurutma sonrasında antioksidan aktiviteleri 5.17-9.65 mg FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O/g kuru ağırlık olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmamızda

sonikasyon etkisiyle doku parçalanmasına bağlı olarak daha fazla pigment ekstraksiyonunun antioksidan aktiviteyi de arttırdığı söylenebilir.



Şekil 4. Ultrasonikasyon süresinin ekstrakte edilen klorofil-a ve fikosiyanin pigmentlerinin antioksidan aktivitelerine etkisi

## SONUÇ

Sadece çözgen ekstraksiyonuna göre ultrasonikasyon uygulaması ve ardından çözgen ekstraksiyonuyla daha yüksek pigment ekstraksiyonun elde edilebildiği gözlenmiştir. Sonikasyon uygulama süresi ile pigment ekstraksiyon verimi ve elde edilen pigmentlerin antioksidan aktiviteleri orantılı olarak artış göstermiştir. En yüksek antioksidan aktivite 60 dakikalık sonikasyon uygulamasında elde edilmiş olsa da çözgen ekstraksiyonu öncesi klorofil-a için 30 dakika, fikosiyanin ekstraksiyonunda 45 dakika sonikasyonun yeterli olabileceği söylenebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nce 2017-1-TP2-2246 Proje Numarası ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR



- [1] Demiriz, T. (2008) Bazı Alglerin Antibakteriyel Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2008.
- [2] Kavas, G., Kavas, N. (2009) Fonksiyonel gıdalarda mikroalglerin nutrasötik olarak kullanılması. *Dünya Gıda Dergisi*, 7, 96-98.
- [3] Venugopal, V. (2009). Marine Products for Healthcare: Functional and Bioactive Nutraceutical Compounds from the Ocean, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 528s.
- [4] Yılmaz, H.K., Duru, M.D. (2011). Syanobakteri *Spirulina platensis*'in besin kimyası ve mikrobiyolojisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 4(1), 31-43.

- [5] Richmond, A. (2004). Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology. Blackwell Science Ltd., New Jersey, USA, 588s.
- [6] Gouveia, L. (2008). Microalgae in Novel Food Products. In Food Chemistry Research Developments, Edited by K.N. Papadopoulos, Nova Science Publishers Inc. New York, USA, 75-111s.
- [7] Eliçin, K., Koç, C., Gezici, M., Gürhan, R. (2013). Biyoyakıt amaçlı mikroalg üretimi için bazı yetiştirme parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9(2), 99-107.
- [8] Gökpınar, Ş., Işık, O., Göksan, T., Durmaz, Y., Uslu, L., Ak, B., Önalın, S.K., Akdoğan, P. (2013). Algal biyoteknoloji çalışmaları. *Yunus Araştırma Bülteni*, 13(4), 21-26.
- [9] Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2), 87-96.
- [10] Duru, M.D., Yılmaz, H.K. (2013). Mikroalglerin pigment kaynağı olarak balık yemlerinde kullanımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2), 112-118.
- [11] Raposo, M.F.J., Morais, R.M.S.C., Morais, A.M.M.B. (2013). Health applications of bioactive compounds from marine microalgae. *Life Sciences*, 93, 479-486.
- [12] Habib, M.A.B., Parvin, M., Huntington, T.C., Hasan, M.R. (2008). A review of culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1034 Rome.
- [13] Soundarapandian, P., Vasanthi, B. (2008). Effects of chemical parameters on *Spirulina platensis* biomass production: Optimized method for phycocyanin extraction. *International Journal of Zoological Research*, 4(1), 1-11.

- [14] Macías-Sánchez, M.D., Mantell, C., Rodríguez, M., Ossa, E.M., Lubián, L.M., Montero, O. (2005). Supercritical fluid extraction of carotenoids and chlorophyll a from *Nannochloropsis gaditana*. *Journal of Food Engineering*, 66(2), 245–251.
- [15] Boussiba, S., Richmond, A. (1979). Isolation and characterization of phycocyanin from the blue-green algae *Spirulina platensis*. *Archives of Microbiology*, 120(2), 155-159.
- [16] Benzie, I.F.F., Strain, J.J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70- 76.
- [17] Koru, E. (2012). Earth Food Spirulina (Arthrospira): Production and Quality Standarts. In Food Additive. Edited by El-Samragy, In Tech. Croatia, 256s.
- [18] Moraes, C.C., Sala, L., Cerveira, G.P., Kalil, S.J. (2011). C-Phycocyanin extraction from *Spirulina platensis*. *Wet Biomass*, 28(1), 45–49.
- [19] Kuatrakul, I., Kuarthongsri, P., Yabuuchi, C., Somsai, K., Utama-ang, N. (2017). Sensory descriptive analysis and physicochemical properties of *Spirulina platensis* from different drying processes: Hot air drying and microwave vacuum drying. *Current Applied Science and Technology Journal*, 17(2), 191–199.
-



## UHT İçme Sütlerinde Jelleşme Sorunu: Enzimlerin Etkisi

Firuze Ergin , Ahmet Küçükçetin 

Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

Geliş Tarihi (Received): 15.07.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 05.10.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [kucukcetin@akdeniz.edu.tr](mailto:kucukcetin@akdeniz.edu.tr) (A. Küçükçetin)

☎ 0 242 310 65 69 📠 0 242 310 63 06

### ÖZ

Sütün raf ömrünü uzatmak için endüstride kullanımı en yaygın ısıtma işlemi UHT (Ultra High Temperature - Çok Yüksek Sıcaklık Uygulaması) işlemidir. Ancak, depolama sırasında enzimatik ve fiziksel etkilere bağlı olarak meydana gelen jel oluşumu UHT içme sütlerinin raf ömrünü kısaltmaktadır. Çiğ sütte bulunan psikrotrofik bakteriler tarafından üretilen yüksek sıcaklığa dirençli proteinazlar ile sütün yapısında doğal olarak bulunan plazmin ve plazmin sistemi enzimleri UHT içme sütlerinde jel oluşumuna neden olmaktadır. Söz konusu enzimler, sütün en önemli proteini olan kazeine farklı şekilde etki etmekte ve UHT içme sütlerinde farklı metabolitler üretmektedir. Bu derlemede, UHT içme sütlerinde meydana gelen jelleşmenin oluşum mekanizması ve oluşumunu etkileyen enzimler hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** UHT içme sütü, Jelleşme, Proteinaz, Plazmin

### Gelation Problem in UHT Milk: Effect of Enzymes

#### ABSTRACT

The most prevalent heat treatment method used in the industry to extend shelf life of milk is UHT (Ultra High Temperature) process. However, the gel formation occurred depending on enzymatic and physical effects during storage shortens the shelf life of UHT milk. Heat-stable proteinases produced by psychotropic bacteria, and the native plasmin and plasmin system enzymes in raw milk cause gel formation in UHT milk. These enzymes differently affect casein, which is the most important milk protein, and produce different metabolites in UHT milk. In this review, it is aimed to give information about the mechanism of gelation and enzymes affecting its formation in UHT milk.

**Keywords:** UHT milk, Gelation, Proteinase, Plasmin

#### GİRİŞ

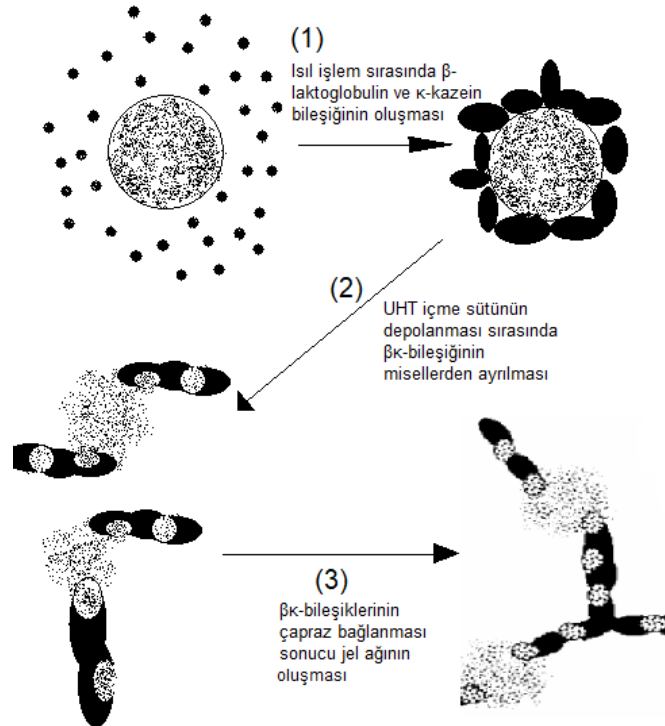
Başta protein, karbonhidrat ve yağ olmak üzere mineral maddeler ve vitaminler ile zengin bir bileşimine sahip olan süt, bireylerin dengeli ve yeterli beslenmesinde önemli bir yere sahiptir [1, 2]. Bununla birlikte süt; içerdiği besin öğeleri, yüksek su miktarı ve yaklaşık nötr pH değerine sahip olması ile mikroorganizmaların gelişimi için de uygun bir ortam oluşturmaktadır [3]. Sağlık açısından güvenilirliğini sağlamak ve raf ömrünü uzatmak için süte endüstride pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısıtma işlemleri uygulanmaktadır [4]. Türk

Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği'ne göre ısıtma işlemi görmüş içme sütü; pastörizasyon, UHT veya sterilizasyon işlemlerinden biriyle ısıtma işlemi görerek tüketiciye sunulan süt olarak tanımlanmaktadır [5]. Patojen mikroorganizmaların vejetatif formlarının tamamının, diğer mikroorganizmaların büyük bir kısmının yok edilmesi ile elde edilen pastörize içme sütlerinin 6°C'yi geçmeyecek sıcaklarda depolanması gereksinimi ve raf ömrünün kısa olması, çiğ sütün büyük kısmının UHT içme sütü üretiminde kullanılmasına yol açmaktadır [5, 6]. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2017 yılında ülkemizde

pastörize içme sütü ve UHT içme sütü olarak toplam 1548880 ton içme sütü üretilmiştir [7]. UHT içme sütü; oda sıcaklığında saklanabilen ticari olarak steril bir ürün üretmek amacı ile çiğ sütün kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerinde en az değişikliğe yol açarak bozulma yapabilen tüm mikroorganizmaları ve bunların sporlarını yok eden, en az 135°C'de 1 saniye veya benzer etkiyi oluşturabilecek sıcaklık-süre kombinasyonlarında gerçekleştirilen ve yüksek sıcaklıkta kısa süreli sürekli akış altında uygulanan ısı işlem uygulanmış süt olarak ifade edilmektedir [5]. UHT içme sütleri oda sıcaklığında 6-9 ay muhafaza edilebilse de, ısı işlem uygulaması ve muhafazası sırasında sütün yapısında fiziksel ve biyokimyasal reaksiyonlar meydana gelmekte ve süt bileşiminde bulunan protein, karbonhidrat, yağ ve vitaminlerin yapısı değişebilmektedir [8, 9]. Söz konusu değişimler UHT içme sütlerinde jelleşmeye, çökelmeye, yağ ayrılmasına, kötü kokuya ve renk değişimlerine neden olmaktadır [10, 11]. UHT içme sütlerinin depolanması sırasında jel oluşumunu etkileyen temel faktörler; enzim aktiviteleri, UHT işleminin değişkenleri, depolama sıcaklığı ve süt bileşimi ile kalitesi olarak sıralanabilmektedir [12]. Bu derlemede UHT içme sütlerinde meydana gelen jelleşmenin oluşum mekanizmasının ve oluşumunu etkileyen enzimatik faktörlerin açıklanması amaçlanmaktadır.

## UHT İÇME SÜTLERİNDE JELLEŞMENİN OLUŞUM MEKANİZMASI

UHT içme sütlerinin raf ömrünü kısaltan jelleşme, 20°C'deki sütün viskozite değerinde 10 mPa.s'den fazla bir artış olması ve sütün akıcılığını yitirmesi olarak ifade edilmektedir [13]. Süte 70°C ve üzerindeki sıcaklık değerlerinde ısı işlem uygulanması sırasında  $\beta$ -laktoglobulin denatüre olmaktadır. Denatürasyonun ilk aşamasında  $\beta$ -laktoglobulinin tersiyer globüler yapısı açılmakta, serbest hale gelen tiyol grupları ve hidrofobik etkileşimler ile monomerler arasında dönüşümlü reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Denatürasyonun ikinci aşamasında ise, dönüşümsüz olarak sülfidril grupları ve hidrofobik etkileşimler ile  $\beta$ -laktoglobulin agregatları oluşabileceği gibi,  $\beta$ -laktoglobulin ile  $\kappa$ -kazein veya süt yağı globül membranındaki proteinler gibi diğer sülfidril içeren moleküller arasında disülfid bağları da oluşabilmektedir [14, 15]. Isıl işlem sonucunda oluşan  $\beta$ -laktoglobulin ve  $\kappa$ -kazein bileşimi ( $\beta\kappa$ -bileşimi), UHT içme sütünün depolanması sırasında kazeinden kısmen veya tamamen ayrılarak aralarında çapraz bağlar yapmaktadır. Jel yapısı, peyniraltı suyu proteinlerinin özellikle de  $\beta$ -laktoglobulinin  $\kappa$ -kazein ile etkileşime girmesi ve depolama sırasında bileşikler arasındaki çapraz bağlanmalar sonucu oluşan üç boyutlu protein ağından meydana gelmektedir (Şekil 1) [16].



Şekil 1. UHT içme sütlerinde jelleşme modeli (McMahon'den [17] uyarlanmıştır.)

Depolama sırasında sütte gerçekleşen jelleşmenin mekanizması tam olarak belirlenemese de, yapılan çalışmalar enzimatik ve enzimatik olmayan fizikokimyasal tepkimelerin jelleşmeye neden olabileceğini ortaya koymaktadır [18]. Maillard reaksiyonunun UHT içme sütlerinde jelleşme oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada; çiğ süttten, UHT süttten ve 30°C'de 11 ile 27 ay depolanan UHT

içme sütlerinden asit çöktürme yöntemiyle ayrılan kazeinin toplam çökelme katsayıları sırasıyla 7.3, 7.6, 13.4 ve 13.7 s olarak tespit edilirken,  $\text{NH}_2$  içerikleri sırasıyla 100, 95.9, 95.7 ve 77.8  $\text{NH}_2/\text{mg}$  kazein olarak belirlenmiştir. Çalışmada, UHT işlemi ve artan depolama süresi ile birlikte farklı süttlerden elde edilen kazeinin  $\text{NH}_2$  içeriğinde azalma olduğu, söz konusu durumun maillard reaksiyonundan kaynaklandığı belirtilmiştir.

Maillard reaksiyonu sonucunda polipeptit zincirlerindeki net yükün değişimiyle spesifik grupların etkileşime girmesinin, sütün koloidal yapısını bozabileceği ve jelleşmeye neden olabileceği bildirilmiştir [19]. Yapılan başka bir çalışmada ise, laktoz oranı %0.05'in altına düşürülen sütlere %3 ve %6 oranlarında laktoz veya sakkaroz eklendikten sonra 140°C'de 4 saniye UHT işlemi uygulanmıştır. Aseptik koşullarda dolmuştur yapılan sütler 4, 20 ve 35°C'lerde 22 hafta süresince depolanmıştır. Depolama süresinin 21. haftasında 4 ve 20°C'lerde depolanan tüm sütlerde jelleşme olduğu, 35°C'de depolanan sütlerde ise depolama süresince jelleşme meydana gelmediği; ancak 40. haftadan sonra sütün çökelti ve serum olmak üzere iki faza ayrıldığı tespit edilmiştir. Depolama süresince 4 ve 20°C'lerde depolanan sütler ile 35°C'de depolanan ve sakkaroz içeren sütlerin renginde değişim gözlenmezken, 35°C'de depolanan ve laktoz içeren sütlerde kahverengi rengin gözlemlendiği belirtilmiştir. Şeker içerikleri farklı olmasına rağmen, jelleşme görülen tüm sütlere ait elektron mikroskopu görüntülerinin benzer olduğu saptanmıştır. Çalışma sonunda, yüksek sıcaklıkta depolanan ve laktoz içeren sütlerde maillard reaksiyonu sonucunda kahverengi bileşenlerin oluştuğu; ancak maillard reaksiyonu ve jel oluşumu arasında korelasyon olmadığı belirlenmiştir [20]. Jelleşme ile sonuçlanan diğer bir fizikokimyasal tepkime de ısı işlemi ile birlikte kazein misellerinin potansiyel enerjilerinin değişimidir. Potansiyel enerjideki farklılıklar, kazein misellerin kümeleşmesini hızlandırmakta ve depolama sırasında sütün viskozitesini arttırmaktadır [21]. Manji ve Kakuda [22] ise, depolama sırasında sütlerde oluşan jelleşmenin iki aşamada gerçekleştiğini; ilk aşamada enzimlerin etkisi ile sütte değişimler meydana geldiğini ve ikinci aşamada ise fizikokimyasal tepkimeler sonucunda sütün stabilitesini kaybederek jel oluşumu gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

## UHT İÇME SÜTLERİNİN ENZİMLERİN ETKİSİYLE JELLEŞMESİ

Sütün doğal enzimlerinden olan plazmin ve yüksek sıcaklığa dirençli bakteri proteinazları UHT içme sütlerinde jelleşme sorununa neden olmaktadır. Proteolitik enzimler, kazein miselinden  $\beta$ k bileşiminin ayrılmasını hızlandırarak ve kazeini proteolitik hidrolize uğratarak sütün jelleşmesine etki etmektedir. Plazmin ve bakteriyel proteinazlar direkt olarak  $\beta$ k-bileşiklerine etki etmese de, bağlı oldukları  $\alpha$ <sub>s1</sub>-kazein gibi diğer kazein fraksiyonlarına etki ederek  $\beta$ k- bileşiklerinin misellerden ayrılmasını sağlamaktadır. Serbest hale geçen  $\beta$ k-bileşiklerinin birleşmesi ve kritik yoğunluğa ulaşması ile yarı katı jel oluşmaktadır [17].

### Bakteri Proteinazları

Çiğ süt, mezofilik bakterilerin gelişimini engellemek ve kaliteyi korumak için işleninceye kadar geçen sürede çiftliklerde ya da süt işleme tesislerinde soğukta depolanmaktadır [23]. Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği'ne göre, içme sütü üretiminde kullanılacak olan çiğ sütler üretim tesisinde sütün kabulünden sonra 4 saat içinde işlenmeyecekse,

6°C'yi geçmeyen bir sıcaklığa soğutulmalı ve ısı işlem uygulanıncaya kadar bu sıcaklıkta tutulmalıdır [5]. Çiğ sütün uzun süre soğukta depolanması doğal mikrobiyotasının değişmesine neden olmaktadır. Soğutulmuş çiğ sütte başlangıçta Gram pozitif mezofilik aerobik bakteriler baskın olarak bulunurken, depolama süresinin uzamasıyla Gram negatif ve Gram pozitif psikrotrofik bakteriler baskın duruma geçmektedir [24]. Psikrotrofik bakteriler, 7°C veya daha düşük sıcaklık değerlerinde gelişebilen ve metabolik faaliyetlerini optimum 20-30°C sıcaklık değerleri arasında gösteren bakteriler olarak tanımlanmaktadır [25]. Süte uygulanan ısı işlem sıcaklıklarında psikrotrofik bakteriler inaktif hale gelmektedir. Bununla birlikte, söz konusu bakterilerin sütte ürettikleri enzimler yüksek sıcaklığa karşı direnç göstererek içme sütlerinde bozulmaya neden olmaktadır [26].

Soğukta depolanan çiğ sütlerde psikrotrofik bakterilerden *Pseudomonas* cinsine ait suşların baskın mikrobiyotayı oluşturduğu bildirilmektedir [27]. Almanya'da yapılan bir çalışmada, 10 farklı çiftlik ve süt işletmesinden toplam 20 çiğ süt örneği alınarak 2 ile 4 gün süresince 4°C'de depolanmıştır. Depolama sonunda çiğ sütlerdeki toplam bakteri sayıları 30, 15 ve 6°C sıcaklık değerlerinde sırasıyla 5, 7 ve 10 gün inkübasyondan sonra belirlenmiştir. Inkübasyon sonrası çiğ süt örneklerinde toplam 2906 bakteri izolasyonunun tanımlanması yapılmıştır. Çiğ sütlerde en yaygın olarak *Pseudomonas*, *Lactococcus* ve *Acinetobacter* cinslerinin bulunduğu ve söz konusu cinslerin toplam bakteri izolasyonlarının %66'sını oluşturduğu saptanmıştır. Proteolitik ve lipolitik aktivitenin tespiti için 6°C'de agar difüzyon yöntemiyle 966 bakteri izolatu incelenmiş ve bakteri izolasyonlarının %22'sinin proteolitik, %16'sının lipolitik, %20'sinin ise hem proteolitik hem de lipolitik aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Tanımlanan *Pseudomonas* cinsine ait izolasyonların tümünün proteolitik ya da lipolitik aktiviteye sahip olduğu, tanımlanan *Acinetobacter* cinsine ait izolasyonların ise tamamına yakınının lipolitik aktivite gösterdiği tespit edilmiştir [27]. Yapılan diğer bir çalışmada, Avustralya'da bulunan üç farklı süt çiftliğinden (A, B ve C) bir yıl boyunca her ay toplanan çiğ sütler 2, 4, 6, 8 ve 10°C sıcaklık değerlerinde 10 gün depolanmıştır. Çiğ sütlerde psikrotrofik bakteri sayısının  $5.75 \times 10^2$  ile  $6.72 \times 10^3$  kob/mL arasında değiştiği belirlenmiştir. Çiğ sütlerdeki psikrotrofik bakteri sayısının en yüksek olduğu aylar Avustralya için kış mevsiminin yaşandığı Haziran, Temmuz ve Ağustos olarak saptanırken, en düşük olduğu aylar ise yaz mevsiminin yaşandığı Aralık, Ocak ve Şubat olarak tespit edilmiştir. MALDI-TOF MS ile yapılan çalışmalar sonucunda çiğ sütlerde toplam 604 bakteri izolatu tanımlanmıştır. Filogenetik analizler ile söz konusu bakterilerin *Alphaproteobacteria*, *Betaproteobacteria*, *Gammaproteobacteria*, *Bacilli*, *Actinobacteria*, *Flavobacteria* ve *Sphingobacteria* sınıflarına ait oldukları ve *Gammaproteobacteria* (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Hafnia*), *Bacilli* (*Bacillus*, *Paenibacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*) ile *Actinobacteria* (*Microbacterium*, *Micrococcus* ve *Rhodococcus*) sınıflarına ait bakterilerin toplam

psikrotrofik bakterilerin %89'unu oluşturdukları belirlenmiştir. A ve C çiftliklerinden toplanan çiğ sütlerde *Pseudomonas* cinsinin de içinde bulunduğu *Gammmaproteobacteria* sınıfına ait bakteriler %82 oranında baskın olarak bulunurken, B çiftliğinden toplanan çiğ sütlerde bakterilerin %44'ünün *Bacilli* sınıfına ait olduğu tespit edilmiştir. Depolama sıcaklığı 2 ve 4°C olan çiğ sütlerde *Pseudomonas* (özellikle *Pseudomonas fluorescens*) ile *Bacillus* cinsine ait bakterilerin sayısında artış olduğu saptanırken, 6°C ve üzerindeki sıcaklıklarda depolanan çiğ sütlerde ise mezofilik özellik gösteren bakterilerinin sayısında artış olduğu belirlenmiştir. İzole edilen *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Microbacterium*, *Lactococcus*, *Acinetobacter* ve *Hafnia* cinslerine ait bakterilerin sırasıyla %62.5, %53.3, %70.2, %5.3, %25.6 ve %40'ının proteaz aktivitesine sahip olduğu; sırasıyla %58.3, %50.1, %65.2, %1.3, %19.8 ve %34.2'sininin 142°C'de 4 saniye UHT uygulamasından sonra proteaz aktivite gösterdiği saptanmıştır. Çalışma sonucunda, çiğ sütlerin elde edildiği aylara ve bölgelere göre psikrotrofik bakteri sayısı ile mikroorganizma çeşitliliğinin değiştiği, proteaz aktivitesinin UHT işleminin sonrasında da devam ettiği belirlenmiştir.

Stoeckel ve ark. [28] yaptıkları çalışmada, *Pseudomonas weihenstephanensis* DSM 29166, *Pseudomonas proteolytica* 691 ve *Pseudomonas* sp. W15a bakterilerinin raf ömrü süresince UHT içme sütlerinin stabilitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Çiğ süt, 60°C'de 32 saniye süresince uygulanan termizasyon işleminden sonra üç kısma ayrılmış ve 10<sup>4</sup> kob/mL olacak şekilde sırasıyla *Pseudomonas* sp. W15a, *P. weihenstephanensis* DSM 29166 ve *P. proteolytica* 691 bakterileri aşılansak 4-5 gün süresince 6°C'de bekletilmiştir. UHT işlemi öncesi bakteri aşılansak 6°C'de bekletilmiş sütlerle bakteri aşılansak ve 6°C'de bekletilmemiş sütlerin belirli oranlarda eklenmesi ile elde edilen süt karışımlarından, UHT işlemi öncesi bakteri aşılansak 6°C'de bekletilmiş sütlerden ve bakteri aşılansak 6°C'de bekletilmemiş sütlerden 140°C'de 8.4 saniye ısıtım uygulanması ile üretilen UHT içme sütleri 4 ay süresince 20°C'de depolanmıştır. Depolama süresi sonunda bakteri aşılansak sütün üretilen kontrol grubu UHT içme sütlerinde herhangi bir proteolitik aktivite tespit edilmezken, *P. weihenstephanensis* DSM 29166 aşılansak ve bakteri aşılansak süt içermeyen 6°C'de bekletilmiş sütün üretilen UHT içme sütlerinde 0.35 picokatal/mL (pkat/mL) ile en yüksek proteolitik aktivite değeri saptanmıştır. Çalışmada depolama süresince UHT içme sütlerine ait acılık, krema tabakası, partikül, çökelti ve jel oluşumu değerleri incelenmiştir. Kontrol grubu UHT içme sütlerinde söz konusu kusurlardan herhangi biri tespit edilememiştir. Proteolitik aktivite değeri 0.05 pkat/mL ve üstünde olan tüm UHT içme sütlerinde acılık belirlenmiş olup, *P. weihenstephanensis* DSM 29166 aşılansak 6°C'de bekletilmiş süte bakteri aşılansak sütün 1:1 oranında eklenmesi ile elde edilen karışımdan üretilen UHT içme sütlerinde ve *P. weihenstephanensis* DSM 29166 aşılansak ve bakteri aşılansak süt içermeyen 6°C'de bekletilmiş sütün üretilen UHT içme sütlerinde üretimden hemen sonra acılık saptanmıştır. *Pseudomonas* sp. W15a aşılansak 6°C'de bekletilmiş ve

bakteri aşılansak süt içermeyen sütün üretilen UHT içme sütlerinde ve *P. weihenstephanensis* DSM 29166 aşılansak sütlerden üretilen tüm UHT içme sütlerinde depolama süresinin sonunda çökelti oluşum değerlerinin %100 olduğu tespit edilmiştir. Proteolitik aktivite değeri 0.07 pkat/mL'den yüksek olan UHT içme sütlerinin yüzeyinde 1 cm'den daha kalın bir krema tabakasının oluştuğu belirlenirken, proteolitik aktivite değeri 0.16 pkat/mL değerine ulaşan UHT içme sütlerinde depolama süresinin sonunda jelleşme meydana geldiği saptanmıştır. Çalışmada, depolama süresince *Pseudomonas* cinsi bakteriler tarafından üretilen peptidazların süt serumunda ve yağ globül membranında bulunan kazeine etki ederek acı tadın, krema tabakasının ve çökeltinin oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir.

*Pseudomonas* cinsi bakteriler, her bir molekülünde altı ile sekiz adet kalsiyum ve bir adet çinko iyonu bulduran, metalloenzim karakterde serralisin ailesine ait ve AprX olarak adlandırılan proteazlar sentezleyebilmektedir [29, 30]. *Pseudomonas* cinsi bakteriler tarafından sentezlenen metaloproteazların molekül ağırlıkları, optimum aktivite gösterdikleri pH ve sıcaklık değerleri, ortamda bulunan Ca<sup>2+</sup> gibi iyonların konsantrasyonları ile termal dirençleri farklılıklar göstermektedir [31]. AprX proteinin yapısında kalsiyum ve çinko ile S-S (disülfid) bağlarının olmasından dolayı yüksek sıcaklık değerlerine karşı direnç gösterebildiği bildirilmektedir [32].

*Pseudomonas* LBSA1 bakterisinin UHT içme sütlerinin stabilitesi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada çiğ süt, 5x10<sup>4</sup> kob/mL olacak şekilde *P. LBSA1* aşılansak sonra 6°C'de 72 saat bekletilmiştir. *P. LBSA1* ile kontamine süt ve bakteri içermeyen kontrol grubu süt UHT işlemine tabi tutulduktan sonra 90 gün süresince 20°C'de depolanmıştır. Kontamine sütün üretilen UHT içme sütlerinde depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde kazein olmayan azot miktarları sırasıyla 2.9, 4.7, 7.0 ve 8.0 g/kg olarak belirlenirken, protein olmayan azot miktarları ise sırasıyla 1.2, 2.9, 3.9 ve 4.7 g/kg olarak saptanmıştır. Kontrol grubu UHT içme sütlerinde ise kazein olmayan azot ve protein olmayan azot değerlerinin sırasıyla 3.1 ve 1.3 g/kg olduğu ve her iki değer de depolama süresince değişmediği tespit edilmiştir. Kontamine sütün üretilen UHT içme sütlerinde negatif yüklü kazein misellerinin ve partikül hidrasyonunun depolama süresince azaldığı belirlenmiş olup, söz konusu durumun sütte gerçekleşen proteoliz sonucu kazein misellerinin arasındaki itme kuvvetinin azalması ve agregatların oluşmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Çalışmada, ayrıca *P. LBSA1* tarafından sentezlenen proteaz enzimi tanımlansak, enzimin çalışma koşulları ve kazeine olan etkisi araştırılmıştır. Yapılan gen dizilimi analizi sonucunda *P. LBSA1* tarafından sentezlenen proteaz enziminin 49 kDa molekül ağırlığına sahip AprX olduğu, en yüksek aktiviteyi pH 9.0'da ve 40°C'de gösterdiği saptanmıştır. Sodyum kazeinat, sodyum kazeinattan elde edilen saf kazein miseli ve peyniraltı suyu proteini çözültülerine 0.07 µg/mL olacak şekilde saflaştırılmış AprX enzimi ilave edildikten sonra 37°C'de 24 saat süresince inkübe edilmiştir. Peyniraltı suyu proteinlerinin AprX'den

etkilenmediği, misel haldeki kazeinin sodyum kazeinata göre daha yavaş hidrolize olduğu belirlenmiştir. İnkübasyonun ilk 4 saatinde sodyum kazeinat çözeltisinde  $\beta$ -kazeinin tamamının parçalandığı,  $\kappa$ -kazeinin  $\alpha_s$ -kazeine göre hidrolize karşı daha dirençli olduğu tespit edilmiştir. Misel haldeki kazein çözeltisinde ise  $\beta$ - ve  $\kappa$ -kazeinin  $\alpha_s$ -kazeine göre daha hızlı parçalandığı saptanmıştır. İnkübasyonun sonunda sodyum kazeinat ve misel haldeki kazein çözeltilerinde sadece 3 ve 16 kDa molekül ağırlığına sahip iki molekülün tespit edildiği ve 16 kDa ağırlığındaki molekülün peynir yapımı sırasında  $\kappa$ -kazeinin parçalanmasıyla oluşan para- $\kappa$ -kazein olduğu belirlenmiştir [30]. Konu ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise, mikrofiltrasyon işlemi uygulanarak somatik hücre sayısı  $10^4$  somatik hücre/mL'nin altına ve toplam bakteri sayısı 10 kob/mL'ye düşürülen çiğ süt iki kısma ayrılmıştır. Bir kısım süte *Pseudomonas fluorescens* F bakterisinden elde edilen ve 45 kDa molekül ağırlığına sahip AprX enziminden 0.2 mg/L ilave edilirken, kontrol grubunu oluşturan diğer kısma ise enzim ilavesi yapılmamıştır. Her iki süt grubu  $140^\circ\text{C}$ 'de 4 saniye süresince UHT işlemine tabi tutulduktan sonra  $20^\circ\text{C}$ 'de 90 gün depolanmıştır. Depolama sonunda kontrol grubu sütün stabilitesinin bozulmadığı, akışkanlığını ve homojenliğini koruduğu belirlenirken, enzim içeren sütlerin bulunduğu şişelerin diplerinde beyaz çökelti tabakasının oluştuğu saptanmıştır. Enzim ilavesi yapılan sütte kazein olmayan azot miktarının depolamanın 8. ve 90. günlerinde sırasıyla 9.2 ve 18.5 g/kg, protein olmayan azot miktarının ise sırasıyla 6.2 ve 13.9 g/kg olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu sütlerde depolama süresince kazein olmayan azot (3.1 g/kg) ile protein olmayan azot (1.4 g/kg) miktarının değişmediği belirlenmiştir. Enzim içeren sütlerde depolama boyunca kazein olmayan azot fraksiyonuna ait peptitler kromatografik yöntemlerle tanımlanmış ve orijinlerine göre peptit sayısının  $\beta$ - >  $\alpha_{s1}$ - >  $\kappa$ - >  $\alpha_{s2}$ - kazein olacak şekilde sıralandığı saptanmıştır. Kontrol grubu sütün zeta potansiyel değerinin -17.3 mV olduğu ve depolama sonuna kadar sabit kaldığı belirlenmiş olup, enzim içeren sütlerde zeta potansiyel değerinin ilk 8 gün içinde -13.9 mV'a düştüğü tespit edilmiştir. Enzim içeren sütlere ait partikül boyutu değerlerinin depolamanın 8. ve 30. günlerinde sırasıyla 0.7 ile 9  $\mu\text{m}$  ve 2 ile 700  $\mu\text{m}$  arasında değiştiği saptanmıştır. Sütün zeta potansiyel değerinin düşmesi ile birlikte kazein miselleri arasındaki itme kuvvetinin azaldığı ve söz konusu durumun sütte partikül oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir [32].

Soğukta depolanan çiğ sütlerde *Pseudomonas* türleri dışında *Serratia*, *Aeromonas* ve *Erwinia* türlerinde de AprX enziminin sentezini yöneten apr geninin bulunduğu bildirilmesiyle birlikte, konu ile ilgili diğer türlere ait detaylı çalışmalar yapılmıştır [33]. Machado ve ark. [34] çiğ süttten izole edilen 17 farklı *Serratia liquefaciens* suşları ile *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas fragi* ve *Pseudomonas lundensis* bakterilerini  $10^4$  kob/mL düzeyinde aşılacakları çiğ sütlerin proteoliz değerlerini  $7^\circ\text{C}$ 'de 2 ve 4 gün ile  $5^\circ\text{C}$ 'de 5 gün depoladıktan sonra ölçmüşlerdir. *S. liquefaciens*, *P. fluorescens* ve *P. lundensis* bakterilerinin sayısının  $7^\circ\text{C}$ 'de 2 gün depolanan sütlerde  $10^6$ - $10^7$  kob/mL düzeyine ulaştığı ve proteoliz değerlerinin 0.2  $\mu\text{mol}$

glisin eşdeğeri/mL değerinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Proteoliz değerlerinin  $7^\circ\text{C}$ 'de 2 gün,  $7^\circ\text{C}$ 'de 4 gün ve  $5^\circ\text{C}$ 'de 5 gün bekletilen sütlerde sırasıyla 0-0.514, 0.147-28.685 ve 0.043-27.159  $\mu\text{mol}$  glisin eşdeğeri/mL arasında değiştiği saptanmıştır. Yüksek proteolitik aktivite değerine sahip *S. liquefaciens* L53 ve *S. liquefaciens* L98 suşlarına ait yüksek sıcaklığa direnç gösteren proteaz enzimlerinin tespiti için yapılan elektroforez analizi sonucunda, 52 kDa molekül ağırlığında sadece bir tane protein belirlenmiştir. Söz konusu proteinin yapısında kalsiyum ve çinko bulduran bir metalloproteaz olduğu ve sentezinin ser2 geni tarafından gerçekleştiği saptanmıştır. Çalışmada, ser2 ve apr genlerinin nükleotid dizilerinde benzerlik bulunmadığı; ancak her iki genin de, yapılarında kalsiyum ve çinko bağlanma bölgelerini içeren M10 peptidaz ailesine ait olduğu belirtilmiştir.

Baglinere ve ark. [35] yaptıkları bir çalışmada,  $5 \times 10^4$  kob/mL olacak şekilde *Serratia liquefaciens* L53 ve *Serratia liquefaciens* L64 aşılacakları çiğ sütü  $7^\circ\text{C}$ 'de 72 saat bekletmişlerdir. Bakteri aşılardan sütler ile bakteri aşılardan kontrol grubu sütler  $140^\circ\text{C}$ 'de 4 saniye UHT işlemine tabi tutulduktan sonra  $20^\circ\text{C}$ 'de 90 gün depolanmıştır. Kontrol grubu UHT içme sütü ve *S. liquefaciens* L64 aşılardan süttten üretilen UHT içme sütünün depolama süresi sonunda akışkanlığını koruduğu, *S. liquefaciens* L53 aşılardan süttten üretilen UHT içme sütünün bulunduğu şişelerin diplerinde ise beyaz tortu tabakasının oluştuğu belirlenmiştir. Kontrol grubu UHT içme sütünde, *S. liquefaciens* L64 ve *S. liquefaciens* L53 aşılardan sütlerden üretilen UHT içme sütlerinde kazein olmayan azot miktarları 90 günlük depolama sonunda sırasıyla 3.3, 3.4 ve 8.3 g/kg; protein olmayan azot miktarları ise sırasıyla 1.4, 1.5 ve 4.3 g/kg olarak tespit edilmiştir. Kazein olmayan azot fraksiyonlarının, kontrol grubu UHT içme sütünde 145  $\beta$ -kazein, 54  $\alpha_{s1}$ -kazein, 22  $\alpha_{s2}$ -kazein ve 19  $\kappa$ -kazein orijinli peptit olduğu, *S. liquefaciens* L64 aşılardan sütlerde ise 346  $\beta$ -kazein, 191  $\alpha_{s1}$ -kazein, 56  $\alpha_{s2}$ -kazein ve 96  $\kappa$ -kazein orijinli peptit bulunduğu saptanmıştır. *S. liquefaciens* L64 aşılardan süttten üretilen UHT içme sütünde  $\kappa$ -kazeinin 95-105 aminoasit dizilimine sahip, kazeinomakropeptitten türeyen peptitler belirlenmiş olup, *S. liquefaciens* L64 tarafından sentezlenen Ser2 proteaz enziminin rennet benzeri etki göstererek süt stabilizasyonunu bozduğu belirtilmiştir.

Sütün bakteriyel proteazların etkisi sonucunda jelleşmesi ile peynir yapımı sırasında rennetle koagüle olması birbirine benzetilse de, çeşitli farklılıklar bulunmaktadır. Bakteriyel proteazlar ile rennet arasındaki temel fark; rennet sadece  $\kappa$ -kazeinin 105.-106. aminoasitleri arasındaki peptit bağına etki ederken, bakteriyel proteazlar düşük etki özgülüğüne sahiptir. Bir diğer farklılık ise bakteriyel proteazların etkisi ile  $\kappa$ -kazein sadece %5-10 oranında hidrolize uğrarken, rennet etkisi ile  $\kappa$ -kazeinin hidroliz oranının %80-90'lara ulaşmasıdır. Peynir yapımındaki koagülasyon süresi ile karşılaştırıldığında UHT içme sütlerinde jelleşme daha uzun sürede meydana gelmektedir [13, 36].

## Plazmin

Sütte doğal olarak bulunan plazmin enzimi, UHT içme sütlerinde jelleşme sorununa neden olabilmektedir [37]. Plazmin, sütte baskın olarak bulunan, pH 7.5 ve 37°C'de optimum düzeyde aktivite gösteren ve kan kaynaklı tripsin benzeri bir serin proteinazdır [38]. Plazmin, inaktif formdaki plazminojen, plazminojen aktivatörleri ve inhibitörlerini içeren karmaşık bir sistemin parçasıdır. Süt ve süt ürünlerinde, plazmin sistemini oluşturan bileşenler proteolizi aktive veya inhibe etmek için birbirleriyle ve diğer süt bileşenleriyle etkileşime girmektedir. Plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörleri sütün kazein fraksiyonunda; plazmin inhibitörleri ile plazminojen aktivatör inhibitörleri ise serum fraksiyonunda yer almaktadır. Sütte, doku-tipi ve ürokinaz-tipi olmak üzere sırasıyla kazein ve somatik hücrelerle ilişkili olarak bulunan iki tip plazminojen aktivatör bulunmaktadır. Söz konusu aktivatörler plazminojenin arjinin-izolösin (Arg557-Ile558) peptitleri arasındaki bağı hidroliz ederek plazmine dönüşmesini sağlamaktadır. Plazminojen aktivatör inhibitörleri ile plazmin inhibitörleri de plazminojenin plazmine dönüşümünü ve plazminin kazeini hidrolizini engellemektedir. Yüksek sıcaklığa karşı plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörlerinin stabil olduğu, plazminojen aktivatör inhibitörleri ile plazmin inhibitörlerinin ise hassas olduğu bildirilmektedir [21, 39]. Saint Denis ve ark. [40] yaptıkları bir çalışmada, sütte plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörlerinin 60 ve 140°C sıcaklık değerleri arasındaki inaktivasyon kinetiklerini incelemişlerdir. Enzimin %90'ının inaktif olması için gereken süre değeri olan D değerinin plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörü için 70°C'de sırasıyla 11700, 8040 ve 9960 saniye; 140°C'de ise sırasıyla 13, 11 ve 16 saniye olduğu belirlenmiştir. Plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörü için aktivasyon enerjileri 70-90°C arasındaki sıcaklık değerleri için sırasıyla 244, 230 ve 241 kJ/mol olarak tespit edilirken, 95-140°C arasındaki sıcaklık değerleri için sırasıyla 29, 35 ve 24 kJ/mol olarak saptanmıştır. Plazminojen aktivatörünün plazmin ve plazminojene göre sıcaklığa karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca 1, 2, 3, 4 ve 5 g/mL olacak şekilde  $\beta$ -laktoglobulin eklenen kazein çözeltileri 90°C'ye ısıtılarak  $\beta$ -laktoglobulinin plazmin ve plazminojen aktivatörü üzerine etkisi araştırılmıştır.  $\beta$ -laktoglobulin eklenmeyen kazein çözeltilerinde plazmin ve plazminojen aktivatörü için D değerinin sırasıyla 833 ve 1180 saniye olduğu, 5 g/mL  $\beta$ -laktoglobulin eklenen kazein çözeltilerinde ise sırasıyla 101 ve 160 saniye olduğu tespit edilmiştir. Kazein çözeltilerindeki  $\beta$ -laktoglobulin miktarının artışına bağlı olarak söz konusu enzimlerin inaktivasyonları için gereken sürenin azaldığı belirlenmiştir. Plazminojenin yapısında 48 sistein, 23 disülfid bağı ve 2 serbest tiyol grubu mevcutken,  $\beta$ -laktoglobulinin yapısında 2 sülfid bağı ve 1 serbest tiyol grubu bulunmaktadır [41, 42]. Plazmin ile plazminojen 50-70°C'ler arasında,  $\beta$ -laktoglobulin ise 70°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda denatüre olmaya başlamakta ve yapılarında bulunan tiyol grupları serbest hale gelerek reaksiyona girebilmektedir [14, 43]. Plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörünün

sıcaklık ile dönüşümsüz inaktivasyonu, içerdikleri serbest tiyol grupları ile  $\beta$ -laktoglobulin ve ortamdaki diğer denatüre plazmin sistemi enzimlerinin tiyol grupları arasında tekrardan disülfid bağlarının meydana gelmesi ile gerçekleşmektedir [42].

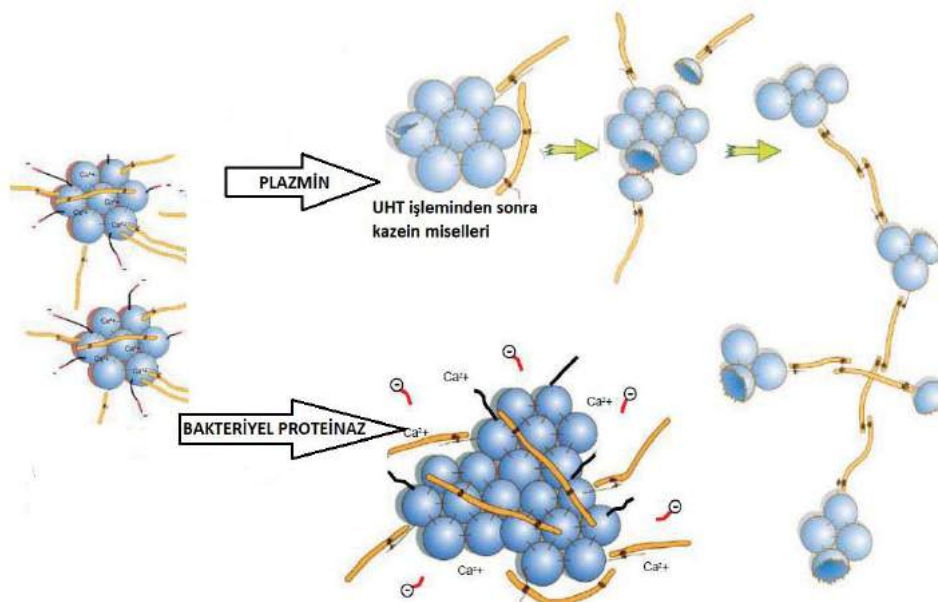
UHT işlemi ile içme sütlerinde plazmin, plazminojen ve plazmin aktivatörü tamamen inaktive edilememekte ve depolama süresince UHT içme sütlerinde bozulmaya neden olmaktadır. Çiğ sütün yapısında yaklaşık 0.3 mg/L plazmin ile 9.0 mg/L plazminojen olduğu ve plazminin aktivitesi sonucu oluşan bozulmayı engellemek için sütte bulunan mevcut plazminin %99.9'unun inaktive edilmesi gerektiği bildirilmiştir [13, 42]. Yapılan bir çalışmada, 134.4°C'de 14.2 saniye UHT işlemi uygulanarak doğal plazmin aktivitesi tamamen inhibe edilen sütlere steril ortamda 0.15 mg/L olacak şekilde plazmin ilave edilmiştir. Plazmin ilavesi yapılmayan kontrol grubu UHT içme sütleri ile plazmin ilaveli UHT içme sütlerinin 23°C'de 181 gün depolanması süresince fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Depolamanın 27. gününde plazmin ilave edilen UHT içme sütlerinde hafif sarı renk ve süt yüzeyinde küçük partiküller belirlenirken, depolamanın 100. gününde süt yüzeyinde pıhtı yapısının, dibinde ise saydam, yumuşak ve kolay bozulabilen jel yapısının oluştuğu saptanmıştır. Kontrol grubu UHT içme sütlerinde depolamanın sonunda jelleşme olmadığı belirlenmiştir. Plazmin ilaveli UHT içme sütleri ile kontrol grubu sütlerin viskozite değerlerinin depolamanın 56. gününe kadar eşit (4 cP) olduğu; ancak sonrasında plazmin ilaveli UHT içme sütlerinin viskozite değerinin artarak depolama sonunda yaklaşık 36 cP'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Elektroforez ile yapılan analizler sonucunda, plazmin ilaveli UHT içme sütlerinde  $\beta$ -kazeinin  $\alpha$ -kazeine göre daha hızlı hidrolize uğradığı, 23 hafta sonunda  $\alpha$  ve  $\beta$ -kazeinin tamamının hidrolize olduğu,  $\kappa$ -kazeinin ise tespit edilebildiği belirlenmiştir. Çalışma sonunda düşük konsantrasyonda plazmin varlığının UHT içme sütlerinde jelleşmeye neden olduğu değerlendirilmiştir [44]. Plazmin aktivitesinin UHT içme sütlerindeki jelleşme sorununa etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada, 72 ve 95°C'lerde 180 saniye ön ısıtma işlemi uygulanan sütler 150°C'de 0.2 saniye tutulduktan sonra aseptik paketlenerek 20°C'de 16 hafta depolanmıştır. UHT işleminden sonra yapılan analizlerde, 72°C'de ön ısıtma uygulanan UHT içme sütlerinde plazmin ve plazminojen aktivitelerinin sırasıyla %30.9 ve %14.0 olduğu, 95°C'de ön ısıtma uygulanan UHT içme sütlerinde ise plazmin ve plazminojen aktivitesinin olmadığı belirlenmiştir. Ön ısıtma işlemi 72°C'de uygulanan UHT içme sütlerinde depolama süresince plazminojen aktivitesinde azalış; plazmin aktivitesinde ise artış olduğu saptanmıştır. Söz konusu durumun plazminojen aktivatörlerinin sıcaklığa karşı dirençli, plazmin ve plazminojen aktivatör inhibitörlerinin ise hassas olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Depolamanın 6. haftasında 72°C'de ön ısıtma işlemi uygulanan UHT içme sütlerinde acılaşıma başladığı, 10. haftadan sonra sütlerin bulunduğu şişelerin dibinde yumuşak ve kırılğan bir jel tabakasının oluştuğu ve 16. haftadan sonra sütün tamamen jelleştiği tespit edilmiştir. Depolama süresinin sonunda 95°C'de

ön ısıtma işlemi uygulanan UHT içme sütlerinin viskozite değerlerinin değişmediği, jelleşme ve çökelti sorununun olmadığı saptanmıştır. UHT işleminden sonra 72 ve 95°C'de ön ısıtma uygulanan sütlerin viskozite değerleri sırasıyla 2.0 ve 2.5 mPas olarak belirlenirken, 72°C'de ön ısıtma işlemi uygulanan UHT içme sütlerinde 10. haftanın sonunda ortalama viskozite değeri 13.6 mPas olarak tespit edilmiştir. Kromatografik analizler sonucunda, 72°C'de ön ısıtma uygulanan UHT içme sütlerinde en hızlı parçalanmanın  $\beta$ -kazein A<sup>1</sup> fraksiyonunda olduğu ve bunu sırasıyla  $\alpha_{s1}$ -kazein ile  $\beta$ -kazein A<sup>2</sup>'nin takip ettiği belirlenmiştir. Ön ısıtma işlemi 72°C'de uygulanan UHT içme sütlerinde meydana gelen jelleşmenin  $\beta$ -kazein A<sup>1</sup> ve  $\alpha_{s1}$ -kazeinin %95'inin parçalanmasından sonra; acı tadın ise  $\beta$ -kazeinin yaklaşık %75'inin ve  $\alpha_{s1}$ -kazeinin %70'inin parçalanmasından sonra olduğu tespit edilmiştir.  $\beta$ - ve  $\alpha_{s1}$ -kazein orijinli polipeptitlerin jel kısmında sütün sıvı kısmına göre daha fazla miktarda bulunduğu,  $\kappa$ -kazein ve peyniraltı suyu proteinlerinin ise jel ve sıvı kısmında hemen hemen aynı miktarlarda olduğu saptanmıştır.  $\kappa$ -kazein ve peyniraltı suyu proteinlerinin jel yapısında diğer kazein fraksiyonlarına göre daha düşük miktarlarda bulunmasından dolayı jel oluşumunun temel nedeninin serbest hale geçen  $\beta$ -bileşiklerinin olmayabileceği bildirilmiştir [45]. Plazminin aktivitesi sonucu UHT içme sütlerinde oluşan acılaşmaya ve jelleşmeye neden olan peptitlerin tanımlanmasının amaçlandığı başka bir çalışmada ise, süte önce 74°C'de 180 saniye ön ısıtma işlemi sonrasında ise 150°C'de 0.2 saniyeden daha kısa süre UHT işlemi uygulanmıştır. UHT işlemi uygulanan sütler aseptik ambalajlanarak 14 hafta süresince 20°C'de depolanmıştır. Depolama süresince UHT içme sütlerinde 36 adet  $\alpha_{s2}$ -kazein, 31 adet  $\alpha_{s1}$ -kazein ve 17 adet  $\beta$ -kazein orijinli olmak üzere toplam 84 farklı peptit belirlenirken, 66 peptidin sadece plazmin aktivitesi sonucu olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu peptitlerin 23'ünün UHT içme sütlerinde acılaşmaya neden olabileceği ve  $\alpha_{s1}$ -kazein ile  $\alpha_{s2}$ -

kazein orijinli peptitlerin acı tat oluşturma potansiyellerinin  $\beta$ -kazein orijinli peptitlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, kazein miselinin iç kısmında oransal olarak daha fazla bulunan  $\beta$ -kazein ile  $\alpha_{s2}$ -kazeinin depolanmanın ilk 4 haftasında UHT içme sütlerinde yüksek oranda parçalanmasının tespiti ile plazminin kazein miseli içerisine nüfuz edebilme yeteneğine sahip olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca, plazminin etki etmek için kazein miselinin sütün serum fazı ile temas halinde olan hidrofilik bölgelerine yüksek; hidrofobik ve fosforilize bölgelerine ise daha az ilgi gösterdiği saptanmıştır. Plazminin kazein-kazein ve kazein-kalsiyum fosfat bağlarının bulunduğu bölgeleri hidrolize etmesi ile misel yapısının stabilitesinin bozulmasının ve misellerin bir araya gelmesinin UHT içme sütlerinde jelleşme nedeni olabileceği bildirilmiştir [46].

### Plazmin ve Bakteri Proteinazları

Plazmin ile bakteri kaynaklı proteinazlar, UHT içme sütlerinde farklı hidroliz ürünlerinin ve jel yapısının oluşumuna yol açmaktadır. Bakteriye proteinazlar, UHT içme sütlerinde koyu kıvamlı pıhtı ve jel tabakasının oluşumuna neden olurken, plazmin etkisi ile süt yüzeyinde önce kremamsı bir tabaka oluşmakta sonrasında ise bu tabaka kalınlaşarak teleme benzeri yapıya dönüşmektedir. Plazminin neden olduğu jel yapısı kısmen parçalanmış kazein miselleri ve zayıf misel bağlantılarından oluşmaktadır. Bakteriye proteinazlarının etkisi ile oluşan jel yapısı ise plazminin neden olduğu jel yapısına göre daha sıkı bir protein ağına sahip olmakla birlikte, daha fazla kazein miseli ve misel agregatları içermektedir (Şekil 2). Plazmin ve bakteriye proteinazların kazein üzerine farklı etkileri sonucunda oluşan parçalanma ürünleri çeşitli kromatografik ve elektroforetik yöntemlerle analiz edilerek UHT içme sütlerinde jelleşmenin kaynağı tespit edilebilmektedir [13].



Şekil 2. Plazmin ve bakteriye proteinaz enzimlerinin kazeine etkisi (Anonim [48]'den uyarlanmıştır.)

UHT içme sütlerinde plazmin ve bakteriyel proteinaz olan AprX enziminin süt proteinleri üzerine gösterdiği farklı hidrolitik etkilerin araştırıldığı bir çalışmada; farklı oranlarda AprX enzimi (10, 20 ve 50 µg/mL) ilave edilen UHT içme sütleri oda sıcaklığında ve 42°C'de, plazmin (0.8, 1.6 ve 2.4 µL/mL) ilave edilen UHT içme sütleri ise oda sıcaklığında ve 37°C'de 6 hafta süresince depolanmıştır. Oda sıcaklığında depolanan, 20 µg/mL AprX enzimi ve 1.6 µL/mL plazmin içeren UHT içme sütlerinin her ikisinde de 4. haftada jel yapısının oluştuğu, artan enzim konsantrasyonu ve depolama sıcaklığı ile birlikte jel yapısının oluşması için gereken sürenin kısaldığı belirlenmiştir. AprX enziminin etkisi ile oluşan jel yapısının plazminin etkisi ile oluşan jel yapısına göre daha sert, serum kısmının ise daha az opak olduğu saptanmıştır. Enzim ilave edilmeyen UHT içme sütlerinde partikül boyutu dağılım yoğunluğunun ortalama 200 nm olduğu ve depolama sonuna kadar değişmediği, bununla birlikte depolama süresince AprX içeren UHT içme sütlerinde partikül boyutunun arttığı ve dağılım yoğunluğunun 500 nm ile 1 µm arasında olduğu belirlenmiştir. Plazmin içeren UHT içme sütlerinde ise depolamanın 3. haftasında partikül boyutu yoğunluğunun 200 nm'den küçük, 200 nm ile 1 µm arası ve 1 µm'den büyük olmak üzere üç farklı aralıkta dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan kromatografik analizler sonunda, AprX enzimi ilave edilen UHT içme sütlerinde κ-kazeinin depolama süresince tamamen hidrolize uğradığı ve AprX enziminin sırasıyla en fazla κ-, β-, α<sub>s1</sub>-kazeine etki ettiği saptanmıştır. Plazmin ilave edilen UHT içme sütlerinde jel yapısının oluşmaya başlamasıyla birlikte β-kazein A<sup>1</sup> ve α<sub>s1</sub>-kazein 9P fraksiyonlarının tamamen hidrolize olduğu ve jelleşmenin başlaması için toplam β- ve α<sub>s1</sub>-kazeinin %60'ının hidrolize olması gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, AprX enzimi ve plazmin ilave edilen UHT içme sütlerinde jel yapısının oluşması için enzim konsantrasyonu ve depolama sıcaklığından bağımsız olarak toplam protein hidroliz derecelerinin sırasıyla yaklaşık olarak %1.3 ve %2.1 olduğu ortaya konulmuştur [47]. Yapılan başka bir çalışmada, UHT içme sütlerine 200 mL/L bakteriyel proteinaz ve 100 mg/mL plazmin eklendikten sonra 40°C'de 3 saat inkübe edilmiştir. Hem enzim eklenmiş UHT içme sütlerinin hem de enzim ilave edilmeyen kontrol grubu UHT içme sütlerinin inkübasyondan sonra %12'lik trikloroasetik asit (TCA) ile pH 4.6'da çözünen protein fraksiyonları RP-HPLC (Ters faz yüksek basınç sıvı kromatografisi) kullanılarak incelenmiştir. Bakteriyel proteinaz içeren UHT içme sütlerinde pH 4.6'da çözünen protein fraksiyonlarına ait kromatogramda sadece analizin ilk 20 dakikasında kolonu terk eden metabolitlerin bulunduğu; plazmin eklenen UHT içme sütlerinde ise analizin 20 ile 40. dakikaları arasında da kolonu terk eden metabolit grubunun olduğu saptanmıştır. Analizin ilk 20 dakikasında belirlenen metabolitlerin, 20 ile 40. dakikalar arasında belirlenen metabolitlere göre asitle daha iyi çözüldüğü, daha az hidrofobik özellikte ve daha küçük molekül ağırlığında olduğu belirtilmiştir. Enzim ilavesi yapılmayan kontrol grubu UHT içme sütleri ile plazmin ilave edilen UHT içme sütlerinin TCA'da çözünen protein fraksiyonlarına ait kromatogramların benzer olduğu tespit edilirken, UHT içme sütlerinde plazmin aktivitesi sonucu oluşan metabolitlerin TCA'da

çözünmediği belirtilmiştir. Bununla birlikte, bakteriyel proteinaz ilave edilen UHT içme sütlerinde TCA'da çözünen protein fraksiyonlarına ait kromatogramda analizin ilk 20 dakikasında kolonu terk eden metabolitlerin olduğu saptanmıştır. Çalışmada ayrıca 100, 500, 1000 ve 2000 mg/mL plazmin eklenen UHT içme sütlerinde floresamin yöntemiyle belirlenen TCA'da çözünen protein fraksiyonları miktarlarının sırasıyla 0.09, 0.12, 0.16 ve 5.0 mmol/L; pH 4.6'da çözünen protein fraksiyonları miktarlarının ise sırasıyla 3.4, 4.1, 5.8 ve 11.6 mmol/L olduğu tespit edilmiştir. Düşük konsantrasyonlarda plazmin içeren UHT içme sütlerinde TCA'da çözünen protein fraksiyonlarının önemsenmeyecek miktarlarda olduğu; ancak yüksek konsantrasyondaki plazmin etkisi ile UHT sütlerde fazla miktarda TCA'da çözünebilen aminoasit ve küçük molekül ağırlıklı peptit üretiminin gerçekleştiği belirtilmiştir [49].

## SONUÇ

Süt endüstrisinde UHT işlemi, düşük enerji tüketimine sahip olmasının yanında, sütlerin uzun süre muhafaza edilebilmesini ve ortam sıcaklığında depolanabilmesini sağladığı için diğer ısı işlem yöntemlerine göre daha fazla tercih edilmektedir. UHT içme sütleri oda sıcaklığında 6-9 ay muhafaza edilebilse de, süttün doğal enzimlerinden olan plazmin ve plazmin sistemi enzimleri ile yüksek sıcaklığa dirençli bakteri proteinazları UHT içme sütlerinde depolama süresince jelleşme sorununa yol açmaktadır. Jel oluşumu ile viskozitesi artan UHT içme sütlerinde proteoliz sonucu oluşan bileşiklerin neden olduğu acılaşıma meydana gelmekte ve sonuç olarak sütün raf ömrü kısalmaktadır. UHT içme sütlerinin raf ömrünü etkileyen diğer faktörler; yaş, laktasyon dönemi ve hastalık durumu gibi sütün elde edildiği hayvana özgü özellikler ile mevsimsel değişikliklere bağlı olarak farklılık gösteren sütün bileşimi ve mikrobiyal kalitesi, UHT işleminin değişiklikleri ve depolama sıcaklığı olarak sıralanabilmektedir. Konu ile ilgili yapılacak çalışmalarda, UHT içme sütlerinin muhafaza sürelerini uzatabilmek için söz konusu tüm faktörlerin etkisinin detaylı olarak incelenmesi ve enzimlerin neden olduğu proteolitik etkilerin engellenmesine veya kontrol altında alınmasına yönelik uygulamaların araştırılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Ünal, R., Besler, H.T. (2008). Beslenmede sütün önemi. Sağlık Bakanlığı Yayın No:727. Ankara.
- [2] Hodgkinson, A.J., Wallace, O.A.M., Boggs, I., Broadhurst, M., Prosser, C.G. (2018). Gastric digestion of cow and goat milk: Impact of infant and young child *in vitro* digestion conditions. *Food Chemistry*, 245, 275-281.
- [3] Claeys, W.L., Cardoen, S., Daube, G., De Block, J., Dewettinck, K., Dierick, K., De Zutter, L., Huyghebaert, A., Imberechts, H., Thiange, P. (2013). Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits. *Food Control*, 31(1), 251-262.
- [4] Muñoz, I., Gou, P., Picouet, P.A., Barlabé, A., Felipe, X. (2018). Dielectric properties of milk



- during ultra-heat treatment. *Journal of Food Engineering*, 219, 137-146.
- [5] Anonim, (2000). Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği. T.C. Resmi Gazete. 23964 (2000/6), Ankara.
- [6] Gunnar, R., Jens, K. (2006). Extended shelf life milk-advances in technology. *International Journal of Dairy Technology*, 59(2), 85-96.
- [7] Anonim, (2018). Süt ve süt ürünleri üretimi miktarı ve değişim oranları. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- [8] Richards, M., De Kock, H.L., Buys, E.M. (2014). Multivariate accelerated shelf-life test of low fat UHT milk. *International Dairy Journal*, 36(1), 38-45.
- [9] Urgan, M., Saatli, T.E., Türk, A., Koca, N. (2017). Isıl işlem görmüş içme sütlerinde (Pastörize, UHT ve Laktozsuz UHT Süt) hidrokümetilfurfural içeriğinin belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 15(3), 249-255.
- [10] Richards, M., Buys, E.M., De Kock, H.L. (2016). Survival analysis, consumer perception and physico-chemical analysis of low fat UHT milk stored for different time periods. *International Dairy Journal*, 57, 56-61.
- [11] D'Incecco, P., Rosi, V., Cabassi, G., Hogenboom, J.A., Pellegrino, L. (2018). Microfiltration and ultra-high-pressure homogenization for extending the shelf-storage stability of UHT milk. *Food Research International*, 107, 477-485.
- [12] Deeth, H. (2017). High Temperature Processing of Milk and Milk Products. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 261p.
- [13] Datta, N., Deeth, H. (2001). Age gelation of UHT milk-a review. *Food and Bioprocess Technology*, 79(4), 197-210.
- [14] Wolz, M., Mersch, E., Kulozik, U. (2016). Thermal aggregation of whey proteins under shear stress. *Food Hydrocolloids*, 56, 396-404.
- [15] Loveday, S.M. (2016).  $\beta$ -Lactoglobulin heat denaturation: A critical assessment of kinetic modelling. *International Dairy Journal*, 52, 92-100.
- [16] Vaghela, K.D., Chaudhary, B.N., Mehta, B.M. (2018). A review on proteolysis rate in UHT milk: Its mechanism, pattern, assessment and enzymatic changes during storage. *Research & Reviews: Journal of Dairy Science and Technology*, 6(3), 1-16.
- [17] McMahon, D.J. (1996). Age-gelation of UHT milk: Changes that occur during storage, their effect on shelf life and the mechanism by which age-gelation occurs. Heat treatments and alternative methods. IDF Symposium, Vienna Austria, 315p.
- [18] Malmgren, B., Ardö, Y., Langton, M., Altskär, A., Bremer, M.G., Dejmek, P., Paulsson, M. (2017). Changes in proteins, physical stability and structure in directly heated UHT milk during storage at different temperatures. *International Dairy Journal*, 71, 60-75.
- [19] Andrews, A., Cheeseman, G. (1972). Properties of aseptically packed ultra-high-temperature milk: II. Molecular weight changes of the casein components during storage. *Journal of Dairy Research*, 39(3), 395-408.
- [20] Venkatachalam, N., McMahon, D.J., Savello, P. (1993). Role of protein and lactose interactions in the age gelation of ultra-high temperature processed concentrated skim milk. *Journal of Dairy Science*, 76(7), 1882-1894.
- [21] Chavan, R.S., Chavan, S.R., Khedkar, C.D., Jana, A.H. (2011). UHT milk processing and effect of plasmin activity on shelf life: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(5), 251-268.
- [22] Manji, B., Kakuda, Y. (1988). The role of protein denaturation, extent of proteolysis, and storage temperature on the mechanism of age gelation in a model system. *Journal of Dairy Science*, 71(6), 1455-1463.
- [23] Alves, M.P., Salgado, R.L., Eller, M.R., Dias, R.S., Oliveira de Paula, S., Fernandes de Carvalho, A. (2018). Temperature modulates the production and activity of a metalloprotease from *Pseudomonas fluorescens* 07A in milk. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 992-999.
- [24] Samaržija, D., Zamberlin, Š., Pogačić, T. (2012). Psychrotrophic bacteria and milk and dairy products quality. *Mljekarstvo*, 62(2), 77-95.
- [25] Akan, E., Yerlikaya, O., Kınık, Ö. (2014). Psikrotrof bakterilerin çiğ süt ve süt ürünleri kalitesine etkisi. *Akademik Gıda*, 12(4), 68-78.
- [26] Xin, L., Meng, Z., Zhang, L., Cui, Y., Han, X., Yi, H. (2017). The diversity and proteolytic properties of psychrotrophic bacteria in raw cows' milk from North China. *International Dairy Journal*, 66, 34-41.
- [27] von Neubeck, M., Baur, C., Krewinkel, M., Stoeckel, M., Kranz, B., Stressler, T., Fischer, L., Hinrichs, J., Scherer, S., Wenning, M. (2015). Biodiversity of refrigerated raw milk microbiota and their enzymatic spoilage potential. *International Journal of Food Microbiology*, 211, 57-65.
- [28] Stoeckel, M., Lidolt, M., Achberger, V., Glück, C., Krewinkel, M., Stressler, T., von Neubeck, M., Wenning, M., Scherer, S., Fischer, L. (2016). Growth of *Pseudomonas weihenstephanensis*, *Pseudomonas proteolytica* and *Pseudomonas* sp. in raw milk: Impact of residual heat-stable enzyme activity on stability of UHT milk during shelf-life. *International Dairy Journal*, 59, 20-28.
- [29] Sørhaug, T., Stepaniak, L. (1997). Psychrotrophs and their enzymes in milk and dairy products: Quality aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 8(2), 35-41.
- [30] Matéos, A., Guyard-Nicodème, M., Baglinière, F., Jardin, J., Gaucheron, F., Dary, A., Humbert, G., Gaillard, J.L. (2015). Proteolysis of milk proteins by AprX, an extracellular protease identified in *Pseudomonas* LBSA1 isolated from bulk raw milk, and implications for the stability of UHT milk. *International Dairy Journal*, 49, 78-88.
- [31] Ertan, H., Cassel, C., Verma, A., Poljak, A., Charlton, T., Aldrich-Wright, J., Omar, S.M., Siddiqui, K.S., Cavicchioli, R. (2015). A new broad specificity alkaline metalloprotease from a *Pseudomonas* sp. isolated from refrigerated milk: Role of calcium in improving enzyme productivity. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 113, 1-8.
- [32] Baglinière, F., Matéos, A., Tanguy, G., Jardin, J., Briard-Bion, V., Rousseau, F., Robert, B.,

- Beaucher, E., Gaillard, J.L., Amiel, C., Humbert, G., Dary, A., Gaucheron, F. (2013). Proteolysis of ultra high temperature-treated casein micelles by AprX enzyme from *Pseudomonas fluorescens* F induces their destabilisation. *International Dairy Journal*, 31(2), 55-61.
- [33] Martins, M.L., de Araújo, E.F., Mantovani, H.C., Moraes, C.A., Vanetti, M.C.D. (2005). Detection of the apr gene in proteolytic psychrotrophic bacteria isolated from refrigerated raw milk. *International Journal of Food Microbiology*, 102(2), 203-211.
- [34] Machado, S.G., Heyndrickx, M., De Block, J., Devreese, B., Vandenberghe, I., Vanetti, M.C.D., Van Coillie, E. (2016). Identification and characterization of a heat-resistant protease from *Serratia liquefaciens* isolated from Brazilian cold raw milk. *International Journal of Food Microbiology*, 222, 65-71.
- [35] Baglinière, F., Jardin, J., Gaucheron, F., De Carvalho, A.F., Vanetti, M.C.D. (2017). Proteolysis of casein micelles by heat-stable protease secreted by *Serratia liquefaciens* leads to the destabilisation of UHT milk during its storage. *International Dairy Journal*, 68, 38-45.
- [36] McMahon, D.J., Brown, R.J. (1984). Enzymic coagulation of casein micelles: A review. *Journal of Dairy Science*, 67(5), 919-929.
- [37] Bhatt, H., Cucheval, A., Coker, C., Patel, H., Carr, A., Bennett, R. (2017). Effect of micellar structure of casein and its modification on plasmin-induced hydrolysis. *International Dairy Journal*, 75, 75-82.
- [38] Aydemir, O., Dervişoğlu, M., Temiz, H. (2008). Süt alkali proteinazı plazmin. *Gıda Dergisi*, 33(5), 235-240.
- [39] Ismail, B., Nielsen, S. (2010). Invited review: plasmin protease in milk: current knowledge and relevance to dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 93(11), 4999-5009.
- [40] Saint Denis, T., Humbert, G., Gaillard, J.L. (2001). Heat inactivation of native plasmin, plasminogen and plasminogen activators in bovine milk: A revisited study. *Le Lait*, 81(6), 715-729.
- [41] Tolkach, A., Kulozik, U. (2007). Reaction kinetic pathway of reversible and irreversible thermal denaturation of beta-lactoglobulin. *Le Lait*, 87(4-5), 301-315.
- [42] Stoeckel, M., Lidolt, M., Stressler, T., Fischer, L., Wenning, M., Hinrichs, J. (2016). Heat stability of indigenous milk plasmin and proteases from *Pseudomonas*: A challenge in the production of ultra-high temperature milk products. *International Dairy Journal*, 61, 250-261.
- [43] Burbrink, C.N., Hayes, K.D. (2006). Effect of thermal treatment on the activation of bovine plasminogen. *International Dairy Journal*, 16(6), 580-585.
- [44] Kohlmann, K., Nielsen, S., Ladisch, M. (1991). Effects of a low concentration of added plasmin on ultra-high temperature processed milk. *Journal of Dairy Science*, 74(4), 1151-1156.
- [45] Rauh, V.M., Sundgren, A., Bakman, M., Ipsen, R., Paulsson, M., Larsen, L.B., Hammershøj, M. (2014). Plasmin activity as a possible cause for age gelation in UHT milk produced by direct steam infusion. *International Dairy Journal*, 38(2), 199-207.
- [46] Rauh, V.M., Johansen, L.B., Ipsen, R., Paulsson, M., Larsen, L.B., Hammershøj, M. (2014). Plasmin activity in UHT milk: Relationship between proteolysis, age gelation, and bitterness. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(28), 6852-6860.
- [47] Zhang, C., Bijl, E., Hettinga, K. (2018). Destabilization of UHT milk by protease AprX from *Pseudomonas fluorescens* and plasmin. *Food Chemistry*, 263, 127-134.
- [48] Anonim, (2018). Research Theme 6-Proteases in UHT Milk. [https://www.wur.nl/upload\\_mm/4/0/8/d661dad0-5e6b-491d-9283-7a04047ba98b\\_6%20Proteases%20in%20UHT%20milk.pdf](https://www.wur.nl/upload_mm/4/0/8/d661dad0-5e6b-491d-9283-7a04047ba98b_6%20Proteases%20in%20UHT%20milk.pdf) Erişim tarihi: 29.06.2018
- [49] Datta, N., Deeth, H.C. (2003). Diagnosing the cause of proteolysis in UHT milk. *LWT-Food Science and Technology*, 36(2), 173-182.

## Et ve Et Ürünlerinin Kalitesini Geliştirmede Kullanılan Yeni Teknikler

Pelin Talu Özkaya  , Semra Kayaardı 

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

*Geliş Tarihi (Received): 28.08.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 10.10.2018*

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): pelin.talu@yahoo.com (P. Talu Özkaya)*

📞 0 236 201 22 52 📠 0 236 241 21 43

### ÖZ

İnsan beslenmesinde son derece önemli bir yere sahip olan et, yağlılığı ve sahip olduğu yağın içeriği, bozulma ve zehirlenmelere açık olması nedeniyle güvenilirliği bakımından son zamanlarda endişe uyandırmakta ve aynı zamanda ekonomik kayıpları da beraberinde getirmektedir. İşlenmiş et ürünlerinin ise kanser başta olmak üzere çeşitli hastalıklarla ilişkilendirilmesinden ötürü sağlık bilinci yüksek toplumlarda imajı zedelenmiş durumdadır. Bu derlemede, tüketici talepleri doğrultusunda söz konusu endişe ve dezavantajlı durumların giderilerek et ve et ürünlerinin daha sağlıklı, hatta fonksiyonel, aynı zamanda da besleyici ve güvenli olması yönünde kalitesini geliştirme amaçlı kesim öncesi ve kesim sonrası uygulanabilecek alternatif teknikler ele alınmaktadır. Bu amaçla, canlı hayvanlar üzerinde kalite odaklı genetik yaklaşımlar ile besleme stratejileri, kesim sonrasında ise etin elde edilmesinden itibaren işlemeye hazırlanması, ürüne dönüştürülmesi ve ambalajlanmasına yönelik alternatif uygulamalara yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Et ve et ürünleri, Kalite, Yeni teknikler

### Novel Techniques for Improving the Quality of Meat and Meat Products

#### ABSTRACT

Meat, which has an important place in human diet, has brought concerns about safety and economic losses together with its consumption due to the content and composition of its fat, susceptibility to spoilage and food poisonings. In health conscious societies, meat products have gained a negative image because of its link with several diseases, especially cancer. In this review, alternative techniques which could be applied pre- or post-slaughter in order to improve the quality of meat and meat products by providing natural, healthy, more functional, more nutritious and safer products while discharging quality variations, worries and disadvantages conditions are reviewed. Pre-slaughter stage includes quality focused genetic approaches and feeding strategies on live animals. Post slaughter stage deals with obtained meat and novel techniques about its preparations for further processes, processing and packaging steps.

**Keywords:** Meat and meat products, Quality, Novel techniques

#### GİRİŞ

İnsan beslenmesinde değerli bir gıda olan etin bileşim ve besleyici değeri konusunda üretici ve tüketicilerin giderek artan bir farkındalığa sahip olduğu görülmektedir. Çoğu gelişmiş ülkede gelir düzeyinin yükselmesiyle birlikte besleyici ve kaliteli et teminine yönelik talep de artmaktadır [1,2].

Et kalitesi, genel olarak "ette tüketici tarafından değerlendirilen ve aranılan özelliklerin ölçümüdür" şeklinde tanımlanabilir. Ülkemizde kalite kavramı, et sanayisi açısından gittikçe önem kazanmaya başlayan bir faktördür [3]. Bu nedenle, tüketici memnuniyetinin artırılması ve özellikle son yıllarda, en çok da kırmızı et ile ilgili olarak sağlık açısından et tüketimine ilişkin olumsuz yargıların giderilmesi adına kapsamlı iyileştirme

ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Kalitenin geniş kapsamlı bir kavram olmasından dolayı bu çalışmada, gerek sağlık ve güvenilirlik gerek teknolojik özellikler gerekse lezzet ve tüketim hazzı bakımından et kalitesinin geliştirilmesi amacıyla, hayvanın genetik özelliklerinden yetiştirilmesine ve sonrasında soframıza ulaşıncaya dek tüm aşamalarda (üretim, ambalajlama, depolama gibi) kullanılabilecek olan yeni alternatif tekniklerin kategorize edilerek genel hatlarıyla ele alınması amaçlanmıştır.

## KESİM ÖNCESİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN STRATEJİLER VE YENİ TEKNİKLER

### Genetik ve Genom Stratejileri

Et kalitesindeki varyasyonlar, hayvan yetiştirme stratejilerine de konu olmakta ve ilgili stratejilerin tüm populasyonlarda et kalitesini geliştirilebileceği öne sürülmektedir. İyi tasarlanmış bir genetik çaprazlama programı, et kalitesi bakımından sonuçları kısa sürede ortaya çıkabilecek bir genetik potansiyel sağlayabilmektedir. Bunun sağlanma oranı, söz konusu programlara DNA bazlı teknolojilerin entegrasyonu ile artırılabilen olup böyle bir programın temelinde de tüm genomu dağılmış olan binlerce DNA markörü (işaretleyici) yer almaktadır. Genetik ve genom teknolojilerinin, çiftlik aşamasının ötesinde karkas ve et parçalarının beklenen kalite özelliklerine göre ayırımında da yararlı bir araç olması umulmaktadır [4]. Nitekim son yıllarda, canlı organizmaların moleküler organizasyonu ile ilgili daha fazla bilgi elde edilmiş, çeşitli sekanslama teknikleri (SNP array, RNA sekanslama, vb.) ve genomik metotlarda kaydedilen gelişmeler ile birlikte yüzlerce veya binlerce gen, protein ve metabolitlerin eşzamanlı analizi mümkün hale gelmiştir. Çiftlik hayvanlarında ete ait kalite özellikleri ile ilgili bazı proteinler, mRNA'lar veya metabolitler, domuz, sığır ve tavukta tespit edilmiştir. Bunlar, her tür için ilgilenilen kalite unsurlarının öngörü ve değerlendirmesinde ve türler arasında potansiyel markör (işaretleyiciler) konumundadır. Halen geliştirilmekte olan hızlı metotlar, bu markörlerin kesimhanelerde karar ve yönetim aşamalarında kullanımını, karkas ya da parçaların uygun pazarlara sevkini mümkün kılacaktır. Hatta markörler, canlı hayvanlardaki kullanımı genetik seleksiyonun gelişmesine ve beklenen kalite düzeyinin tam anlamıyla sağlanmasına yardımcı olmak üzere üretim sistemlerine adapte edilecektir. Bu bağlamda nihai amaç, et üretim zincirlerinde ürün kalitesinin yönetimi için etkin moleküler araçlar elde edebilmektir [5].

Genetik markörlerin ticari kullanımı mümkün olup bu markörler, tür farkıyla ilişkili varyasyonların giderilmesine yardımcı olabilir. Domuz eti üretim endüstrisinde Halotan gen ve Napole geni gibi genetik markörler, ticari olarak ulaşılabilen kalite markörleridir. Bu gen markörlerinin kullanımı, domuz etinde kalite varyasyonlarının giderilmesi ve toplam kalitenin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Halotan geni, domuzlarda stres sendromu ile ilişkili bulunmuş olup, hayvanların kesimden hemen önce strese girmesinin metabolizma hızında artış ve çok hızlı bir post-mortem

pH düşüşüne, dolayısıyla soluk, yumuşak, sızıntılı (PSE: Pale, Soft, Exudative) et eldesine neden olduğu rapor edilmiştir. Rendement Napole geni (RN-) ise domuz etinin kırmızı, yumuşak ve sızıntılı (RSE: Red, Soft, Exudative) olmasının nedeni olarak gösterilmektedir. Domuz populasyonundan bu genin etkilerinin ortadan kaldırılması için yapılan seleksiyonların, yağsız et kompozisyonunda önemli bir değişiklik yaratmadan domuz etinin toplam kalitesini geliştirebileceği ileri sürülmektedir [6].

### Yetiştirme Aşaması: Alternatif Besleme Uygulamaları

Genom, hayvanın türü, yaş, cinsiyet, vb. faktörlerin yanı sıra nitelik ve nicelik olarak hayvanın beslenme şeklinin, elde edilecek etin aynası olarak görüldüğü söylenebilir. Bu nedenle yetiştirme aşamasında, özellikle de hayvanların beslenmesine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmış ve et kalitesi, güvenilirliği ve raf ömrünün geliştirilmesini sağlayabilecek yeni formülasyonlar ve/veya beslenme stratejilerinin geliştirilmesi yoluna gidilmiştir.

Tüketicilerin sağlıklı ve güvenli et teminine yönelik talepleri üzerine pek çok ülkede antibiyotik ve büyüme takviyelerinin kullanımına yasak getirilmesi, araştırmacıları sağlıklı tavuk eti üretimine ilişkin yeni stratejiler bulmaya itmiştir. Bilindiği üzere probiyotikler, antibiyotiklere iyi bir alternatif olarak görülen canlı mikrobiyal bileşenler olup bunların kanatlı beslenmesinde kullanımı, hayvanların sağlık ve gelişimi üzerindeki olumlu etkilerle ilişkilendirilmiş, özellikle de yağ asidi profili ve oksidatif stabilize gibi fizikokimyasal özellikleri olumlu yönde değiştirdiği kaydedilmiştir [7]. Tablo 1'de, kanatlılar için hazırlanan probiyotik mikroorganizmalar yer almaktadır.

Küçükbaş hayvan eti ve ürünleri de, yüksek besleyici değeri ve organoleptik özellikleri dolayısıyla yüksek kaliteli gıdalar arasında sayılmaktadır. Fakat bazen, söz konusu ürünlerin ihtiva ettiği yağın miktar ve içeriğine yönelik tüketicinin gözündeki negatif imaj nedeniyle bu et ve et ürünlerinin tüketimi, toplum içerisinde tartışmalı hale gelmiştir. Koyun sütü ve etinde yüksek oranda doymuş yağ asitleri, düşük oranda da çoklu doymamış yağ asitleri bulunmakta ve bu özellik, kardiyovasküler hastalıklara olan yatkınlık ile ilişkilendirilmektedir. Besleme, küçükbaş (koyun, keçi) hayvan eti ve ürünlerinin kalitesini etkileyen temel faktör olduğundan, beslenme stratejileri tüketici taleplerinin üretime adaptasyonunu sağlayacak şekilde çoğunlukla yağ içeriğini modifiye etme amaçlı geliştirilmektedir [8]. Fakat doymamış yağ asitleri oranını artırmak, ürünü oksidasyona daha duyarlı hale getirerek raf ömrünü kısaltmakta, genellikle kötü tat ve koku oluşumuyla kendini göstermekte ve kanserojen olarak bilinen bileşiklerin oluşumuyla ilişkilendirilmektedir. Bu amaçla hayvanın beslemenin bir parçası olarak yaygın kullanım alanına sahip olan E vitamini kullanımı, sentetik orijinli olması ve omega-3 PUFA alımının çok yüksek olduğu durumlarda biyoverimliliğinin kısıtlı kalması nedeniyle antioksidan etki olarak tam bir kabul görmemektedir. Bu sebeple, hayvan beslenmesinin fenolik bileşenlerce

zengin doğal bitkisel kaynaklarla takviye edilmesi yaygın bir uygulama bulmaktadır [8].

Et kalitesinin geliştirilmesi amacıyla çeşitli hayvanların beslenmesinde yararlanılan takviyeler ve elde edilen sonuçlar, Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Kanatlı beslenmesinde kullanılan probiyotik mikroorganizmalar [7]

Mikroorganizma	Cins	Tür
Bakteri	<i>Lactobacillus</i>	<i>thermophilus, acidophilus, brevis, bulgaricus, casei, fermentum, gallinarum, jensenii, plantarum, reuteri, rhamnosus, salivarius</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>amilolique-faciencie, cereus, coagulans, licheniformis, megaterium, mesentericus, natto, polymixa, subtilis,</i>
	<i>Bifidobacterium</i>	<i>animalis, bifidium, bifidus, thermophilus</i>
	<i>Enterococcus</i>	<i>faecium</i>
	<i>Escherichia</i>	<i>coli</i>
Küf	<i>Aspergillus</i>	<i>niger, oryzae</i>
Maya	<i>Saccharomyces</i>	<i>boulardii, cerevisiae, faecium, salivarius subsp. thermophilus</i>

Tablo 2. Hayvanların beslenme aşamasında yararlanılan alternatif uygulamalar ve etkileri

Uygulama alanı	(Takviye türü)	Sağlanan etki	Kaynak
Tavuk eti	Probiyotik	Yağ asitleri profilinde değişim (doymamış yağ asitlerinde artış, doymuş yağ asitlerinde azalma) lipid stabilitesi	7
Domuz	Sentetik ve doğal D vitamini	Genel performans, karkas ağırlığı ve <i>Longissimus thoracis</i> renk değerlerinde olumlu etki, etin antioksidan düzeyinde artış	9
Kuzu/koyun ürünleri	ve CLA (konjuge linoleik asit) ve omega-3	Yağ asidi profilinin doymamışlık düzeyindeki artış ile kalp damar sağlığı yönünden daha olumlu özellik kazanması (fonksiyonellik)	8
Kuzu	Doğal fenolik bileşen kaynakları (üzüm posası)	Fonksiyonel özelliklerde artış, etin depolama süresince renk ve oksidatif stabilitesinin korunması	8
Broyler	Mannan oligosakkarit (MOS)	Büyüme performansında artış, göğüs etinde daha iyi kalite ve oksidatif stabilite	11
Modern sığırcılık	Ferulik asit kullanımı	Lipid oksidasyonuna karşı stabilite artışı	10
Sığır	D vitamini	Post mortem proteolizin gelişmesi, kesme kuvvetinde azalma, et gevrekliğinde artış	9
Alpaka (tüylü lama/Avustralya'da kırsal üretim)	Tahıl miksi takviye formülasyonu	Kas içi yağlar ve yeme kalitesinde artış, sağlıklı bir yağ asidi profili	12

## KESİM SONRASINDA ET VE ET ÜRÜNLERİNE YÖNELİK UYGULANABİLECEK ALTERNATİF TEKNİKLER

Canlı hayvanın kesim olgunluğuna ulaşmasıyla beraber kesime sevki esnasındaki stres durumu ve genel refahı, kesim ortamının fiziksel ve hijyenik koşulları, kesim tekniği ve tekniğin uygulanma becerisi ve hızına ilişkin standartlara uygunluğun sağlandığı varsayılarak kesim sonrasında uygulanabilecek olan alternatif teknikler ele alınmakta ve bunlar, etin hammadde olarak herhangi bir ürüne işleme öncesi, işleme alternatifleri ve alternatif ambalajlama tekniklerini içermektedir.

### Etin İşlemeye Hazırlanması

Karkas duşlama işlemi, özellikle soğuk depolama öncesinde yaygın olarak uygulanmakta ve dekontaminasyon sağlamaktadır. Son yıllarda duşlama işlemi, Japonya'da ortaya çıkan ve diğer ülkelerde de yaygınlaşmaya başlayan elektrolit su (EW: electrolyzed

water) kullanımıyla yapılmaktadır. Uygulamalar, sodyum klorür gibi yaygın olarak kullanılan bir tuzun su içerisinde çözülmesi ve bir aparat yardımıyla güç kaynağına bağlanması ile gıda proseslerinde sanitizer (temizleme maddesi) olarak kullanılmasına dayanmakta ve önemli ölçüde bakteriosidal, virüsidal ve orta seviyeli bir fungisidal işlevi görmektedir [13]. Ancak genel uygulama şekli olan daldırma (immersiyon) ile mikrobiyal yükün azaltılması, büyük hacimlerde EW sarfiyatına yol açtığından bu teknolojinin endüstriyel ölçekte uygulanabilmesi adına sarfiyatı azaltma ve antimikrobiyal verimi artırmayı amaçlayan çalışmalar gerekmektedir. Bu kapsamda, domuz filetolarının duşlanmasında farklı tür (hafif asidik, asidik ve bazik) ve kombinasyonlarda elektrolit su spreyleme yönteminin mikrobiyolojik ve oksidatif kalite üzerine etkileri araştırılmış ve bazik elektrolit su + asidik elektrolit su kombinasyonunun kesimde kullanılan su miktarını azaltma ve etin mikrobiyolojik kalitesini geliştirmede faydalı bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır [14].

Etin islenmeden önce kalitesini artırmak amacıyla elektrik alan uygulaması da iyi bir alternatif yöntem olarak gösterilebilir. Bu tekniğe yönelik yapılan bir araştırmada  $E=0-5.8 \times 10^4$  V/m'lik elektrik alan uygulamasının  $-20^\circ\text{C}$ 'de dondurma süresince kuzu etinin kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiş ve et dokusunda önemli mikroyapısal değişimler oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Uygulanan elektrik alan sayesinde, oluşan buz kristallerinin boyutunda klasik dondurma işlemine kıyasla %60'lık azalma olmuş, sızıntı kaybında da düşüş gözlenmiştir. Etin renk ve sertliği bu uygulamadan önemli ölçüde etkilenmemiştir. Fakat genel itibarıyla, dondurma işlemi boyunca gıdanın daha az zarar görmesini sağlaması ve etin kalitesini korumayı mümkün kılmasının yanı sıra düşük bir enerji sarfiyatından ibaret olması, bu teknolojinin endüstriyel uygulama alanını genişletmektedir [15]. Bir başka teknik olarak ultrason, insan kulağının işitebileceğinden daha yüksek frekanstaki ses dalgalarının vücut dokularından geçirilmesiyle yansıyan sinyallerin bir dönüştürücü aracılığıyla görselleştirilerek genellikle karkas kalitesinin derecelendirilmesinde, özellikle de miktarı değişken olan yağ dokusuna göre sınıflandırmada kullanılmakta iken [16] son yıllarda dekontaminasyon ve mikrobiyal inaktivasyon sağlamasıyla da ön plana çıkmaktadır. Ultrason tekniğinin tek başına ya da diğer proses teknikleri ve/veya muhafaza metotları ile birlikte etin gevreklik ve marınasyon etkinliğini artırarak genel kalitesini yükselttiği ifade edilmektedir. Ayrıca, kasların sıkıca sarılarak rigor süresince sertleşmesinin önüne geçilmesinin hedeflendiği akıllı streç (PiVac) tekniği de tüm karkasa veya asılma süresince belli kas gruplarına uygulanabilmektedir. Teknik, ürüne şekil bakımından form da kazandırarak avantaj oluşturmakta ve sıcak parçalama yapılan karkaslara uygulanarak etin gevrekleşmesinde kayda değer gelişme sağlamaktadır. Yüksek basınç, şok dalgaları, ultrason, PEF (Pulsed Electrical Field: vurgulu elektrik alan) ve PiVac teknikleri gibi yöntemler, genel itibarıyla kas yapısını fiziksel bir bozunmaya uğratarak proteoliz ve olgunlaşma düzeyini ilerletmekte, kas proteinlerinin denatürasyon ve çözünürlüğünü iyileştirmek suretiyle gevrekliğin artırılmasında rol oynamaktadır [17].

## İşleme Aşaması

### Isıl Uygulamalar

Etin güvenli ve daha da önemlisi tüketilebilir hale gelmesinde ısıl muameleleri göz ardı etmek mümkün değildir. Yeme kalitesini geliştiren alternatif bir pişirme tekniği olarak düşük sıcaklık-uzun süre (LTLT: Low Temperature Long Time) uygulaması, son yıllarda restoranlar, yerel mutfaklar ve hazır yemek sektöründe geniş bir uygulama alanına sahip olmuştur. Yöntem, etin  $60^\circ\text{C}$ 'ye yakın veya daha düşük sıcaklıklarda saatler ve hatta günlere dayanan uzun bir süre boyunca izotermal tutulmasına dayanmaktadır. En popüler LTLT uygulamalarından biri, *sous vide* olarak anılan, vakum ambalajlanmış etin su, buhar veya bir ısıtma ortamı aracılığıyla pişirilmesi tekniğidir. Yöntemin, raf ömrünü

uzattığı da ifade edilmekte, ancak ısıya dirençli patojenlerin canlı kalma riskine karşı ek teknolojiler gerekebilmektedir [18].

Kızılötesi, radyo frekans ve mikrodalga ısıtma gibi yeni termal teknolojilerin ise gıda ürünlerinde hızlı ve üniform bir ısınma sağladığı ve bilhassa tüketime hazır et ürünlerinde bir nevi pastörizasyon etkisi gösterebileceği üzerinde durulmaktadır. Nitekim son ürün olan yoğurdun raf ömrünü uzatmak üzere kültür ekimi yapılmış olan süte uygulanan radyo frekans ısıtma ile  $58^\circ\text{C}$  ve  $65^\circ\text{C}$ 'de ürünün LAB (laktik asit bakterileri) düzeyinde kısmi bir koruma sağlandığı görülmüş ve yeni ısıtma teknolojilerinin fermente et ürünleri üretiminde çeşitli uygulama basamaklarına adapte edilebileceği fikri oluşmuştur [19].

### Isıl Olmayan Uygulamalar

Gıdalara uygulanan ısıl işlemlerin, herhangi bir gıdanın gerek üretiminde gerekse tüketimi öncesinde vazgeçilmez olduğu düşünülse de, ısıl işlem görmüş gıdalara karşı son yıllarda giderek artan olumsuz düşünceler ve minimum işlem görmüş gıdalara yönelik tüketici talepleri, ısıtma ile ortaya çıkan besin kayıplarının en aza indirilmesi isteği ya da ısıl işlemlerin üretim aşamasında önemli bir maliyet girdisi oluşturması, gıda sektöründe alternatif yöntemlerin geliştirilmesine yönelmeyi sağlamıştır. Ayrıca mikrodalga ve ohmik ısıtma gibi hızlı ısıtma sağlayan yöntemlerde bile soğutma işlemi yeteri kadar hızlı yapılamadığı için, ürünler normalden fazla ısıya maruz kalabilmektedir. Bu yüzden ısıl olmayan işlemler üzerinde yoğun araştırmalara devam edilmektedir [20]. Yine de söz konusu teknikler (mikrodalga ve ohmik ısıtma), yüksek basınç ve radyo frekans ile birlikte yeni çözündürme teknikleri arasında gösterilmekte ve konvansiyonel çözündürme prosesinde söz konusu olan çözünme süresinin uzun oluşu, üründe mikroorganizmaların gelişebilmesi, damlama kaybının oluşması, üründe yüzey oksidasyonu ve renk değişimleri gibi olumsuzlukları giderebilmektedir. Ancak uygulama zorluğu, ekipman ve işletim maliyetinin fazla olması gibi birkaç dezavantajına dikkat çekilse de, bu tekniklerin gıdalarda aşırı ısınma oluşturmaması, sızıntı kaybı ve çözünme süresini azaltması yönünden faydalı olacağı savunulmakta ve bu nedenle geleneksel tekniklere alternatif olarak kullanımının yaygınlaşacağı düşünülmektedir [21].

Mevcut durumda, ısıl uygulamalar ne tümüyle terk edilebilmekte ne de alternatif metot geliştirmeye yönelik çalışmalar son bulmaktadır. Dolayısıyla ısıl uygulamalardan ısıl olmayan uygulamalara tam bir geçiş söz konusu olmasa dahi taze et veya et ürünleri üretiminde çeşitli amaçlarla tercih edilebilecek ve ürün kalitesini geliştirebilecek alternatif yöntemler literatürde yer bulmuş ve etkileri açıklanmıştır. Tablo 3'te, ısıl olmayan çeşitli uygulamaların uygulandığı ürün ve sağladığı etkiler yer almaktadır.

Tablo 3. Isıl olmayan bazı alternatif uygulamaların çeşitli et ve et ürünlerinin kalitesi üzerine etkisi

Uygulama Matriksi	Uygulanan Metod	Sağlanan Etki	Kaynak
Fermente et ürünleri ve çeşitli gıdalar	Vurgulu ışık	Dekontaminasyon	19
Fermente sucuklar vb. et ürünleri	İrradyasyon (ışınlama)	Renk, mikrobiyolojik & duyu kalite, uçucu azot miktarında uygulama dozuna bağlı değişimler ve <i>E.coli</i> O157:H7'de azalma, biyojen amin düzeyinin düşmesi	
Et ürünleri	Yüksek basınç **Ayrıca az tuzlu et ürünleri üretiminde Yüksek basınç + doğal antimikrobiyaller (bitkisel bioaktif bileşikler ve bakteriyosinler), antioksidanlar (bitkisel fenolik maddeler) ve aktif ve akıllı paketlenme uygulaması	Duyusal ve besleyici özellikler değişmeksizin daha uzun ömürlü ve güvenli et ürünlerinin eldesi, mikrobiyolojik kalite artışı	22
Sıcak parçalama ile üretilmiş (hot-boned) sığır bifteği	Yüksek basınç	<i>Longissimus thoracis</i> kasında yeme kalitesi ve gevreklik artışı, fiziksel özelliklerde genel bir iyileşme	23
Balık ve ürünleri		Parazitler ve mikroorganizmaların inaktivasyonu, raf ömrünün uzatılması, kabukluların iskelet ayırma işlemlerinde performansı artırma ve etlerinin kolaylıkla ve de tamamen ayıklanabilmesi	24
Ördek eti	Yüksek basınç (uygulamayı takiben pişirme)	Yeme kalitesinde artış	25

Tabloda verilen yöntemler içerisinde öne çıkan yüksek basınçla işleme, genellikle ortam sıcaklığında uygulanan ve gıda ürünlerinin islenmesinde en fazla umut vadeden en yeni teknolojilerden biri konumundadır [25]. Zira özellikle son yıllarda, minimal işlem görmüş ve katkı içermeyen, yani daha sağlıklı olarak ifade edilebilecek "tüetime hazır gıdalara" giderek artan bir talep mevcuttur. Öte yandan, farklı ülkelerde işlenmiş ve tüetime hazır et ürünleri, gıda kaynaklı salgınların bir numaralı etkeni olarak gösterilen ve *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli* ile ilişkilendirilmektedir. Fakat steril bir ürün eldesinin 600 MPa gibi yüksek basınçlar ile sağlanmasının ekonomik olmaması ve daha da önemlisi ürünün kalite özelliklerini olumsuz etkileyebilme durumu, mikroorganizmalara karşı çoklu engel (multi hurdle) yaklaşımı ile uygulanan basınç düzeyi düşük tutularak proses giderlerinin azaltılması ve ürünün daha güvenli ve kaliteli hale getirilmesi yolunda araştırmalar yapılmaktadır.

Yüksek basınç tekniğinin uygulanmasında işlem parametreleri kadar uygulama matriksine de dikkat çekilmekte, taze ette alınabilecek tekstürel sonuçların, uygulanan basınç, uygulama sıcaklığı, süre, kas türü ve post-mortem evre gibi unsurlara bağlı olarak sertleşmeden kayda değer bir gevrekleşmeye kadar değişebilen bir yelpaze oluşturduğu ifade edilmektedir. Esasen söz konusu işlemin raflarda yerini alacak olan taze etlere değil de, tüetime hazır ürünlere uygulanmasının daha uygun olduğu öne sürülerek ideal parametreler 20-150 MPa ve  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  olarak önerilmektedir [26].

### Et Ürünlerini Fonksiyonelleştirme ve Doğal Katkı Kullanım Alternatifleri

Tüketicilerin, besleyiciliğin yanı sıra sağlıklı olma yönünde de fonksiyonellik taşıyan et ürünlerinin geliştirilmesine yönelik talebi ile fonksiyonel ingredientlerin kullanıldığı, tuz, nitrit/nitrat, kolesterol ve yağ azaltılmış, yağ asidi profili modifiye edilmiş ürünlerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır [19]. Tüketiciler özellikle, bilinç düzeylerinin de artmasıyla yüksek yağ içeriğinden ötürü sucuk, salam, sosis gibi et ürünlerinin tüketimini son yıllarda azaltmaya yönelmiştir. Et ürünlerine olan bu yaklaşımı değiştirmek amacı ile gıda endüstrisi, geleneksel ürünlerin yağ miktarını azaltma ya da yeni formülasyonlar geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir [27]. Ne var ki, et ve et ürünlerinin güvenilir ve sağlıklı olması, doğallık ile doğrudan ilişkilendirildiğinden, fonksiyonel katkıların kullanımı tam anlamıyla tatmin sağlamamakta ve tüketiciler mevcut üretim teknolojilerinin bir parçası olan katkı maddeleri ile ilgili rahatsızlık ve endişe duymaktadır. Bu nedenle, daha sağlıklı ürünlere artan talep neticesinde doğal ve organik ürünlerin üretimi ve yeni ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar artmaktadır [28]. Ancak sağlık ve büyüme açısından oldukça değerli bileşenler içeren et, özellikle mikrobiyal kontaminasyona son derece duyarlı ve kolay bozulan bir gıda olduğundan hem tüketici sağlığı bakımından risk taşımakta hem de et endüstrisinde ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Bu çerçevede en azından, ette antimikrobiyal aktivitenin sağlanarak tüketicinin sağlığı ve güvenilirliği, aynı zamanda doğallık yönündeki

taleplerini karşılamak adına doğal koruyuculardan faydalanma yoluna gidilmektedir [2].

Ancak mikrobiyolojik kalite ve güvenilirliğin artırılması yönünde kaydedilen gelişmeler tek başına yeterli olmayıp, etteki kimyasal değişim ve dönüşümlerin de kontrol altında tutulması; bunun da, tüketici hassasiyetini göz önüne alacak şekilde doğal kaynaklarla sağlanması son derece önemlidir [29]. Bilhassa fenolik yapıları sentetik antioksidanların (bütillendirilmiş hidroksitoluen gibi) sağlık üzerindeki olası zararlı etkilerinden ötürü kullanımının tartışmalı hale gelmesi nedeniyle doğal antioksidanların kullanımı üzerine çalışmalar yapılmış ve

doğal antioksidan kaynakları alternatif katkıları arasındaki yerini almıştır [29, 30].

Doğal malzemelerden elde edilen yenilebilir kaplamalar da birincil ambalaj niteliğinde koruma sağlayan, gıda ürünlerinin kalitesini artırma ve depolama süresinin uzatılmasında umut vadeden bir uygulamadır [31]. Özellikle de et ürünlerinin yüzeyinde depolama sırasında nem kaybını sınırlayacak antimikrobiyal veya antioksidan içeren yenilebilir kaplamalar kullanılıp geliştirilmektedir [32]. Kitosan başta olmak üzere, yenilebilir kaplamaların kullanım amacı, dolayısıyla ürünlerin kalitesi üzerindeki rolü, diğer alternatif uygulamalar ile birlikte Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Et ürünlerinin fonksiyonel özelliklerini ve kalitesini artırmaya yönelik alternatif uygulamalar

Uygulama	Sağlanan Etki	Kaynak
Yeni starter kültür kullanımı ( <i>Bifidobacterium</i> ve <i>Lactobacillus</i> , bazı <i>Lactococcus</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Saccharomyces</i> ve <i>Propionibacterium</i> türleri)	Ürünün, sağlık açısından faydalı moleküllerce zenginleşmesi, ürünlerdeki biyojen amin ve kolesterol düzeyinde düşüş, ürünün probiyotik özellik kazanarak fonksiyonelleşmesi	19
Doğal diyet lifi kaynakları kullanımı (seker pancarı, bezelye, buğday, yulaf, limon albedoları, soya, elma, armut, seftali, elma ve portakal lifleri)	Duyusal, tekstürel ve teknolojik özelliklerin gelişmesi (su tutma kapasitesini artırma, depolama stabilitesini iyileştirme, pıslama kayıplarını düşürme), formülasyon giderlerini azaltma ve yağlı azaltılmış ürün eldesiyle kolon kanseri başta olmak üzere kalp-damar hastalıkları, kabızlık, kolesterol gibi rahatsızlık risklerini azaltan fonksiyonel özelliklerin kazanımı	27
Peynir alt suyu proteinleri	Tekstürel özelliklerin gelişimi; kıvam artırma, jel oluşumunu güçlendirme, emülsiyon oluşturma, su tutma ve serum ayrılmasını engelleyerek stabilite ve kaliteyi geliştirme	33
*Doğal lezzet artırıcılar veya baharatlar, *kereviz suyu veya konsantresi, ıspanak, havuç, kereviz, marul ve pancar, sebze suları ve sebze tozları (nitrat kaynağı) *Biberiye (antioksidan)	*Et ürünlerinin nitrit/nitrat katkı maddeleri ile kürlenmesi yerine doğal bitkisel kaynaklarla kür edilerek daha sağlıklı/organik ürün üretimi, *Üründe doğal lezzetler ve stabilitenin sağlanması	28
Et ürünlerine starter veya koruyucu kültür olarak bakteriyosin üreten LAB'nin inokulasyonu	*Antimikrobiyal etki (doğrudan ürüne bakteriyosin ilavesi ya da ambalaj malzemesine bakteriyosinin katılması da mümkündür)	2
Çeşitli baharatlar, çay ve meyvelerden fenolik bileşenler, özellikle taneli meyvelerden (hoca yemisi, yaban mersini, böğürtlen, vb.) antosiyanin ekstraktları ve antioksidan polifenoller	Raf ömrünün artırılması, oksidatif stabilitenin artırılması (doğal antioksidan özellik)	29, 30
	*depolama süresinin uzatılması *ürünü mekanik ve mikrobiyal hasarlardan koruma, *uçucu lezzet bileşenlerinin uzaklaşmasını ve gıdanın aşırı olgunlaşmasını önlemekte, *estetik bir görünüm sağlamaktadır	31
Kitosan (yenilebilir kaplama) ile et ürünlerinin kaplanması	*fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalite özelliklerini geliştirme *nem transferi, gaz geçişleri ve lezzet bileşenlerine karşı bariyer görevi *oksidasyon ve yüzeydeki mikrobiyal yükün azaltılması	34, 32



## Ambalajlama Tekniklerinin Et Kalitesini Koruma/Geliştirmede Kullanılması

Yeni teknoloji yenilebilir veya yenilemeyen paketleme materyalleri ile gıdalarda mikrobiyal gelişimi engelleyebilmek için antimikrobiyal maddelerin bir polimere katılarak kullanıldığı sistemler sayesinde gıdadan ortama ya da ortamdan gıdaya oksijen, nem ve aroma maddelerinin geçişi sınırlanırken aynı zamanda antimikrobiyal aktivite sağlanarak gıdaların raf ömrünün artırıldığı bilinmektedir [32].

Fakat önceden de belirtildiği gibi, et ve ürünlerinin depolanmasındaki kritik unsurlar yalnızca mikrobiyolojik kökenli değildir. Et ve et ürünleri, önemli endojen E vitamini düzeylerine sahip olmalarına rağmen, oksijensiz ortamda vakumla paketlenmeleri halinde bile lipit oksidasyonu devam edebilmektedir. Dolayısıyla, et ve et ürünleri inert gaz altında vakumla paketlenerek oksijenle teması minimuma indirgenmek suretiyle lipit oksidasyonu azaltılabilir [35].

Taze kırmızı et için çoğunlukla hava geçirgenliği olan ambalajlar kullanılmakta ise de, vakum ve modifiye atmosfer paketleme (MAP) teknikleri daha uzun bir raf ömrü sağlamaktadır. Üzerinde pek çok araştırma ve gelişmeler kaydedilmiş olduğu halde antioksidan, antimikrobiyal işlevler sağlama ve etin kalite özelliklerini stabilize etmek ve geliştirmek amacıyla aktif ve akıllı ambalajlama teknikleri günümüzde yaygın bir kullanım alanına sahip değildir. Gıda ambalajlama ve dolayısıyla et ambalajlama işlemlerine, nanoteknoloji alanında kaydedilen ilerlemelerin de entegre edileceği tahmin edilmektedir. Güvenlik ve kalitenin korunmasında ambalaj materyali, ambalaj ortamı veya üründe meydana gelen değişimlere dair istenen bilgilerin sensör kullanımıyla sağlanmasına yönelik çalışmalar halen gelişim aşamasındadır [36].

Yine de ambalajlama teknolojilerindeki yeni arayışlar ve bunların et endüstrisine entegrasyon çabaları hız kesmemektedir. Çünkü günümüzün gelişmiş ülkelerinde bilinçli tüketiciler, daha kaliteli, besleyici değeri yüksek, fonksiyonel değere sahip ürünler ve ek işleme ve katkı maddeleri kullanımına başvurulmaksızın raf ömrünün uzatılmasını talep etmektedir. Aktif ve akıllı ambalajlama, paketlenmiş etin ambalaj işlevselliği ve ürünün raf ömrünü artırmada daha yüksek kalite ve güvenlik sağlanması adına umut vadeden çözümler arasındadır. Son zamanlarda yapılan araştırmaların temel hedefi de, ambalajlı etin kalite ve güvenilirliğini artırırken maliyeti düşürmenin yanında doğal malzemeler ve sinerjik etkilerinden yararlanarak çevreye olumsuz etkileri gidermek olarak ifade edilebilmektedir [37].

## SONUÇ

Et ve et ürünlerinin sağlık açısından olumsuz etkiye sahip olduğunun ifade edilmesi, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar başta olmak üzere çeşitli rahatsızlıklarla ilişkilendirilmesi, tüketiminin son yıllarda azalmasına neden olmuştur. Esasen oldukça kıymetli bir gıda olan ete, itibarının iadesi için öncelikle tüketicilerin

sesine kulak verilerek kalitenin geliştirilmesi amacıyla arayışlar ve çalışmalar yapılmıştır.

Et ve et ürünlerinin kalitesinin geliştirilmesinde tüm uygulamaların başlangıç noktası, genetik biliminin yardımıyla çeşitli kalite özelliklerinin genomdaki karşılığına göre uygun seleksiyon ve üretim stratejilerinin en iyi kalitede et eldesini sağlayacak canlı hayvanların yetiştirilmesini mümkün hale getirmesi olarak görülebilmektedir. Genetik potansiyeli bilimsel olarak elverişli konumdaki bu hayvanların uygun refah koşullarında yetiştirilmesi, özellikle de yeni besleme stratejileriyle tüketiciye daha fazla hitap edecek olan yağlılığı ve yağının niteliği (yağ asitleri içeriği) modifiye edilmiş sağlıklı et eldesi, hayli yaygınlaşmış olan bir uygulama stratejisidir.

Et kalitesini etkileyen birçok faktör bulunmakta ve üretimin her aşaması aynı derecede önem arz etmektedir. Kesim ve sevkini ideal koşullarda yapıldığı varsayıldığında, etin işlenmeye hazırlanması, ürüne dönüşmesi ve ambalajlama işlemlerine yönelik de pek çok çalışma yapıldığı, etin kalitesini tüketici istekleri doğrultusunda geliştirme ve sürdürmeye yönelik çeşitli yolların var olduğu görülmektedir. Dolayısıyla lezzet ve tekstür gibi duyuşsal özelliklerden ödün verilmeksizin daha doğal ve sağlıklı, hatta fonksiyonel özelliklere sahip, besleyici ürün üretimini en güvenli ve ekonomik şekilde sağlama yolları araştırılmaktadır. Bunlar içerisinde işlemeye hazırlık aşaması genellikle etkili dekontaminasyon, çözündürme/ısıtma tekniklerini içermektedir. Etin çeşitli ürünlere işlenmesinde ise katkı maddelerine yönelik olumsuz imaj nedeniyle doğal ve fonksiyonel bitkisel ekstraktlar, peynir altı suyu tozu gibi hayvansal ingredientler ve probiyotik organizmalar gibi katkıların kullanımı vasıtasıyla daha sağlıklı ve işlevsel ürün eldesi öne çıkmaktadır. Ayrıca ısı uygulamalarında modifikasyonlar ve yeni alternatif ısıtma tekniklerinin yanı sıra ısı olmayan uygulamalar ile de et ürünleri besin kaybına uğramaksızın, ısıtma-soğutma maliyetinden de tasarrufla mümkün olan en yüksek kalitede elde edilmeye çalışılmaktadır. Doğal yenilebilir kaplamalar ve ambalajlama teknikleri, ürünlerin kalitesi ve güvenliliğinin maksimum sürede korunması açısından destekleyici konumda olup ürünün tüketiciyle buluştuğu noktada görselliği de etkilemektedir.

Bu derlemede ele alınan yöntemlerin gelecekte daha da çeşitlendirilip geliştirileceği tahmin edilmekte, ancak özellikle genetik bilimi ve yetiştirme aşamasının potansiyeli artıracağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Jung, E.Y., Hwang, Y.H., Joo, S.T. (2016). Muscle profiling to improve the value of retail meat cuts, *Meat Science*, 120, 47-53.
- [2] Woraprayote, W., Malila, Y., Sorapukdee, S., Swetwathana, A., Benjakul, S., Visessanguan, W. (2016). Bacteriocins from lactic acid bacteria and their applications in meat and meat products. *Meat Science* 120, 118-132.
- [3] Söbeli, C., Kayaardı, S. (2014). Et kalitesini belirlemede yeni teknikler. *Gıda*, 39(4), 251-258.



- [4] Berry, D.P., Conroy, S., Pabiou, T., Cromie, A.R. (2017). Animal breeding strategies can improve meat quality attributes within entire populations. *Meat Science*, 132, 6-18.
- [5] Picard, B., Lebret, B., Cassar-Malek, I., Liaubet, L., Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Hocquette, J.F., Renand, G., 2015. Recent advances in omic technologies for meat quality management. *Meat Science*, 109, 18-26.
- [6] Miller, R.K. (2002). Meat Processing, Improving Quality 3: Factors affecting the quality of raw meat. Texas A & M University, College Station, CRC Press LLC and Woodhead Publishing Ltd.
- [7] Popova, T. (2017). Effect of probiotics in poultry for improving meat quality. *Food Science*, 14, 72-77.
- [8] Manso, T., Gallardo, B. (2016). Modifying milk and meat fat quality through feed changes. *Small Ruminant Research*, 142, 31-37.
- [9] Duffy, S.K., Kelly, A.K., Rajauria, G., Jakobsen, J., Clarke, L.C., Monahan, F.J., Dowling, K.G., Hull, G., Galvin, K., Cashman, K.D., Hayes, A., O'Doherty, J.V. (2018). The use of synthetic and natural vitamin D sources in pig diets to improve meat quality and vitamin D content. *Meat Science*, 143, 60-68.
- [10] González-Ríos, H., Dávila-Ramírez, J.L., Peñá-Ramos, E.A., Valenzuela-Melendres, M., Zamorano-García, L., Islava-Lagarda, T.Y., Valenzuela-Grijalva, N.V. (2016). Dietary supplementation of ferulic acid to steers undercommercial feedlot feeding conditions improves meat quality and shelf life. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 111-121.
- [11] Cheng, Y., Du, M., Xu, Q., Chen, Y., Wen, C., Zhou, Y. (2018). Dietary mannan oligosaccharide improves growth performance, muscle oxidative status, and meat quality in broilers under cyclic heat stress. *Journal of Thermal Biology (accepted manuscript)*, 75, 106-111.
- [12] Smith, M.A., Bush, R.D., van de Ven, R.J., Hopkin, D.L. (2017). The effect of grain supplementation on alpaca (*Vicugna pacos*) production and meat quality. *Small Ruminant Research*, 147, 25-31.
- [13] Al-Haq, M.I., Sugiyama, J., Isobe, S. (2005). Applications of electrolyzed water in agriculture & food industries. *Food Science and Technology Research*, 11(2), 135-150.
- [14] Athayde, D.R., Flores, D.R.M., da Silva, J.S., Genro, A.L.G., Silva, M.S., Klein, B., Mello, R., Campagnol, P.C.B., Wagner, R., de Menezes, C.R., Barin, J.S., Cichoski, A.J. (2017). Application of electrolyzed water for improving pork meat quality. *Food Research International*, 100, 757-763.
- [15] Dalvi-Isfahan, M., Hamdami, N., Le-Bail, A. (2016). Effect of freezing under electrostatic field on the quality of lamb meat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 68-73.
- [16] Çilek, S., Dirican, S. (2008). Koyun karkaslarının derecelendirilmesinde ultrasonografik yöntemlerin kullanımı. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*: 21-23 Mayıs 2008, Bildiri Özetleri Kitabı, sayfa: 533-536, Erzurum.
- [17] Turantaş, F., Kılıç, G.B., Kılıç, B. (2015). Ultrasound in the meat industry: General applications and decontamination efficiency. *International Journal of Food Microbiology*, 198, 59-69.
- [18] Dominguez-Hernandez, E., Salaseviciene, A., Erbjerg, P. (2018). Low-temperature long-time cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms. *Meat Science*, 143, 104-113.
- [19] Ojha, K.S., Kerry, J.P., Duffy, G., Beresford, T., Tiwari, B.K. (2015). Technological advances for enhancing quality and safety of fermented meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 44, 105-116.
- [20] Kaletunç, G. (2009). Gıda endüstrisinde alışılmamış yöntemler. *Bilim ve Teknik (Eylül)*, 60-63.
- [21] Bozkır, H., Baysal, T., Ergün, A.R. (2014). Gıda endüstrisinde uygulanan yeni çözündürme teknikleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 38-44.
- [22] Hygreeva, D., Pandey, M.C. (2016). Novel approaches in improving the quality and safety aspects of processed meat products through high pressure processing technology - A review. *Trends in Food Science & Technology*, 54, 175-185.
- [23] Morton, J.D., Pearson, R.G., Hannah Y., Lee, Y., Smithson, S., Mason, S.L., Bickerstaffe, R. (2017). High pressure processing improves the tenderness and quality of hot-boned beef. *Meat Science*, 133, 69-74.
- [24] de Oliveira, F.A., Neto, O.C., dos Santos, L.M.R., Ferreira, E.H.R., Rosenthal, A. (2017). Effect of high pressure on fish meat quality e A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 1-19.
- [25] Khan, M.S., Ali, S., Abid, M., Cao, J., Jabbar, S., Tume, R.K., Zhou, G. (2014). Improved duck meat quality by application of high pressure and heat: A study of water mobility and compartmentalization, protein denaturation and textural properties. *Food Research International*, 62, 926-933.
- [26] Warner, R.D., McDonnell, C.K., Bekhit, A.E.D., Claus, J., Vaskoska, R., Sikes, A., Dunshea, F.R., Ha, M. (2017). Systematic review of emerging and innovative technologies for meat tenderisation. *Meat Science*, 132, 72-89.
- [27] Ekici, L., Ercoşkun, H. (2007). Et ürünlerinde diyet lif kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 83-90.
- [28] Palamutoğlu, R., Sarıçoban, C. (2012). Et ürünlerinde nitrat ve nitrite alternatif doğal kütleme maddeleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3), 46-58.
- [29] Lorenzo, J.M., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba, F.J., Putnik, P., Kovačević, D.B., Shpigelman, A., Granato, D., Franco, D. (2018). Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. *Food Research International*, 106, 1095-1104.
- [30] Cunha, L.C.M., Monteiro, M.L.G., Lorenzo, J.M., Munekata, P.E.S., Muchenje, V., de Carvalho, F.A.L., Conte-Junior, C.A. (2018). Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. *Food Research International*, 111, 379-390.
- [31] Arnon-Rips, H., Poverenov, E. (2018). Improving food products' quality and storability by using Layer

- by Layer edible coatings. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 81-92.
- [32] Sürengil, G., Kılınc, B. (2011). Gıda - ambalaj sektöründe nanoteknolojik uygulamalar ve su ürünleri açısından önemi. *Journal of FisheriesSciences.com*, 5(4), 317-325.
- [33] Özcan, T., Delikanlı, B. (2011). Gıdaların tekstürel özelliklerinin geliştirilmesinde peynir altı suyu protein katkılarının fonksiyonel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 77-78.
- [34] Abdallah, M.R.S., Mohmaed, M.A., Mohamed, H.M.H., Emara, M.M.T. (2017). Improving the sensory, physicochemical and microbiological quality of pastirma (A traditional dry cured meat product) using chitosan coating. *LWT - Food Science and Technology*, 86, 247-253.
- [35] Konyalıoğlu, S. (2001). Et kalitesi üzerine diyetle alınan E vitamininin etkileri. *Hayvansal Üretim*, 42(2), 25-36.
- [36] McMillin, K.W. (2017). Advancements in meat packaging. *Meat Science*, 132, 153-162.
- [37] Schumann, S., Schmid, M. (2018). Packaging concepts for fresh and processed meat – Recent progresses. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 47, 88-100.
-

## Jelatin Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Fatma Coşkun Topuz<sup>1,2</sup> , Gökhan Boran<sup>2</sup>  <sup>1</sup>Hakkari Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 30000 Hakkari<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 65080 Van

Geliş Tarihi (Received): 04.04.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 12.02.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [gboran@yyu.edu.tr](mailto:gboran@yyu.edu.tr) (G. Boran) 0 432 225 17 01  0 432 225 17 30

### ÖZ

Gıdalar üretimden tüketime kadar pek çok farklı şekilde kalite kaybına uğramaktadır. Bu nedenle; depolama, nakliye ve pazarlama süresince gıdaların duyu özellikleri ve besin değeri korunurken söz konusu kalite kayıplarının önlenmesi esastır. Son zamanlarda, yenilebilir film ve kaplamalar alternatif bir ambalaj yöntemi olarak önem kazanmıştır. Yenilebilir film ve kaplamalar; özellikle tüketime hazır, pişmeye hazır ya da ön pişirme uygulanmış parça, derisiz veya kabuksuz gıdalarda, gıda ile asıl ambalaj materyali arasında ikincil bir kaplama olarak kullanılabilir. Yenilebilir film ve kaplamalar; antioksidanlar, antimikrobiyeller, renk ve tat bileşenleri gibi fonksiyonel bileşenlerin taşınmasında önemli bir rol oynayabilir. Yenilebilir film ve kaplamaların üretiminde pek çok doğal biyopolimer kullanılabilir. Bu biyopolimerlerden biri olan jelatin; kolay bulunması, nispeten ucuz olması, çok fonksiyonlu olması, gıdalarla uyumlu olması, kolay kullanımı ve genel olarak güvenli kabul edilmesi nedeniyle bazı avantajlar sunmaktadır. Bu derlemede, son yıllarda yapılan çalışmalar ışığında jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların üretimi, uygulamaları, formülasyonları, kullanılan bileşenler, mekanik kuvvet, geçirgenlik ve fonksiyonel özellikleri değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda muhafaza, Jelatin, Yenilebilir film ve kaplama, Aktif ambalaj

### Gelatin Based Edible Films and Coatings

#### ABSTRACT

Foods may undergo quality loss in many different ways from production to consumption. Therefore, it is essential to prevent quality loss while preserving sensory characteristics and nutritional value of foods during storage, transportation and marketing. Edible films and coatings have recently gained interest as an alternative way of packaging. They can be used especially for ready to eat, ready to cook or precooked portioned, skinned or peeled food pieces as a secondary covering layer between the food and the primary packaging. Edible films and coatings can also play an important role in carrying multifunctional ingredients like antioxidants, antimicrobials, coloring and flavoring agents. Many natural biopolymers can be used in manufacturing of edible films and coatings. Gelatin, as one of those biopolymers, brings some advantages as it is readily available, relatively cheap, multifunctional, compatible, easy to use and generally recognized as safe. In this review, recent studies on gelatin based edible films and coatings, their production, applications, formulations, ingredients, mechanical strength, barrier and functional properties are reviewed.

**Keywords:** Food preservation, Gelatin, Edible film and coating, Active packaging

## GİRİŞ

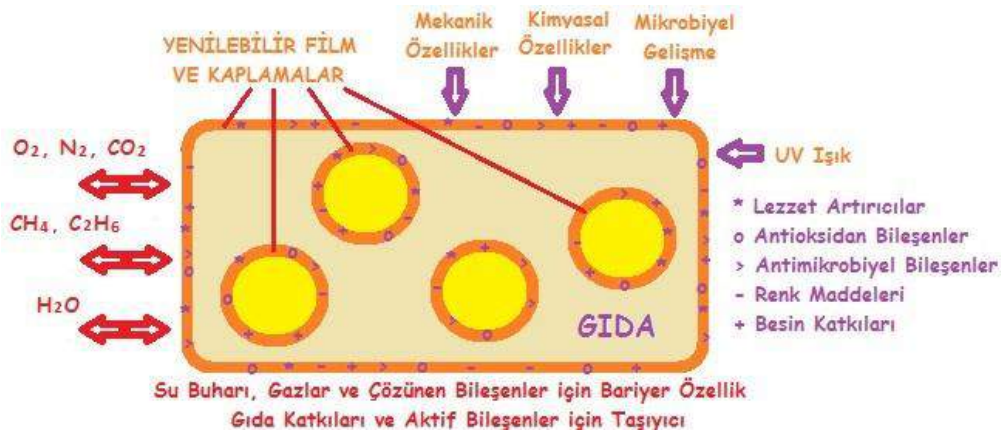
Gıdaların en az kalite kaybıyla ve güvenli bir şekilde tüketiciye ulaştırılması gıda işleme endüstrisinin en önemli amaçlarından biridir. Gıdalar gerek üretim, gerek depolama ve gerekse nakliye sırasında çeşitli etkenler nedeniyle bozulmaktadır. Kalite kayıplarının önlenmesi, gıda bütünlüğünün sağlanması, tüketicinin bilgilendirilmesi gibi amaçlarla çeşitli ambalajlar kullanılmaktadır. Söz konusu ambalajlar genellikle sentetik plastiklerden üretilmektedir. Ancak son zamanlarda, özellikle çevre kirliliği ve gıda ile istenmeyen etkileşimler nedeniyle, sentetik ambalajların yerine yenilebilir ambalajlar geliştirilmeye çalışılmaktadır. Yenilebilir film ve kaplamalar (YFK) farklı kaynaklardan elde edilen çeşitli karbonhidrat, yağ ve proteinlerin taşıyıcı polimer olarak kullanıldığı materyallerdir. YFK üretiminde kullanılan proteinlerden biri de jelatindir. Bu çalışmada, jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların üretimi, kompozisyonu, fonksiyonel ve mekanik özellikleri ve kullanım olanakları üzerine son yıllarda yapılan çalışmalar derlenmiştir. Ayrıca, antioksidan ve antimikrobiyel bileşenlerle zenginleştirilen yenilebilir film ve kaplamaların aktif ambalaj olarak kullanım potansiyeli mercek altına alınmıştır.

## YENİLEBİLİR FİLM VE KAPLAMALAR (YFK)

YFK çok yeni bir uygulama olmamakla birlikte, son yıllarda gittikçe önem kazanmıştır. İlk defa Çin'de nem kaybını azaltmak için limon ve portakallar mumla kaplanmış ve bu uygulama yenilebilir kaplamaların ilk uygulaması olarak ortaya çıkmıştır. 16. yüzyılda Avrupa'da aynı amaçla etlerin yüzeyi yağla kaplanmış, 19. yüzyılda ise jelatin bazlı kaplamaların kullanımı başlamıştır [1]. Nüfusun artmasına paralel olarak zirai

alanların ve gıda kaynaklarının sınırlı olması, üretilen gıda ürünlerinin ambalajlanmasını ve daha dayanıklı hale getirilmesini gerektirmiştir. Çalışan insan sayısının artması ve özellikle kadınların iş yaşamına katılması hazır gıda sektörünün hızla gelişmesine, pratik ve fonksiyonel ambalaj malzemelerinin kullanımının artmasına neden olmuştur [2, 3].

Petrokimya temelli polistiren, poliamid ve polietilen gibi plastik maddeler ambalajlama materyali olarak gıda sanayinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu bileşiklerin gıda ambalajlamada yaygın kullanılmasının nedeni üstün yapısal ve performans özellikleri, su buharı ve gaz geçişi için iyi bir bariyer olmaları ve esnek bir yapıya sahip olmalarından kaynaklanmaktadır [4]. Yenilebilir filmler, organik biyopolimer bazlı materyallerdir. Bu ince yapılı materyaller, gıdaların yüzeyine kaplama şeklinde uygulanarak gıdanın dış etkilere karşı korunması amacıyla kullanılmaktadır [5-7]. Petrokimyasal ambalaj materyalleri biyobozunur bir yapıya sahip olmamalarından dolayı doğada ayrışmamaktadır. Ancak organik biyopolimerlerden üretilen yenilebilir film ve kaplamalar doğada ayrışabilmektedir. Bu niteliklerinden dolayı, yenilebilir film ve kaplamalar ekolojik zarar vermemekte, başka bir ifadeyle doğa dostu ambalaj materyali olarak son yıllarda yoğun talep görmektedir. Bunun yanı sıra, mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştirilebilmesi yenilebilir film ve kaplamaların alternatif bir ambalaj materyali olarak kullanımını mümkün kılmıştır [8-13]. Ayrıca, hidrofilik özellik gösteren yenilebilir filmler, düşük su aktivitesinde oksijen ve karbondioksit gazlarının geçişini engellemede başarılı sonuçlar vermektedir [14, 15]. Yenilebilir film ve kaplamaların şematik gösterimi Şekil 1 'de verilmiştir [16].



Şekil 1. Yenilebilir film ve kaplamaların fonksiyonel kullanımı ([16] numaralı kaynaktan uyarlanmıştır.)

Yenilebilir film ve kaplamaların kompozisyonu, su aktivitesi, pH değeri ve antimikrobiyel madde içeriği mikroorganizmaların faaliyetleri bakımından önem taşımaktadır [2]. Çabuk bozulan gıdaların raf ömrünü etkileyen en önemli faktörler atmosferik oksijenin etkisi ve aerobik mikroorganizmaların gelişimidir. Bu faktörlerin her biri tek başına veya birbiri ile bağlantılı olarak gıdanın renk, tat ve koku gibi duysal niteliklerinde değişiklikler meydana getirebilmekte ve

kalite kaybına neden olmaktadır. Gıdaların bozulmasını geciktirmek amacıyla uygulanan soğukta muhafaza tekniklerinin yanında uygun ambalajlama teknikleri de gıdaların tazeliğinin korunması için önemlidir [17].

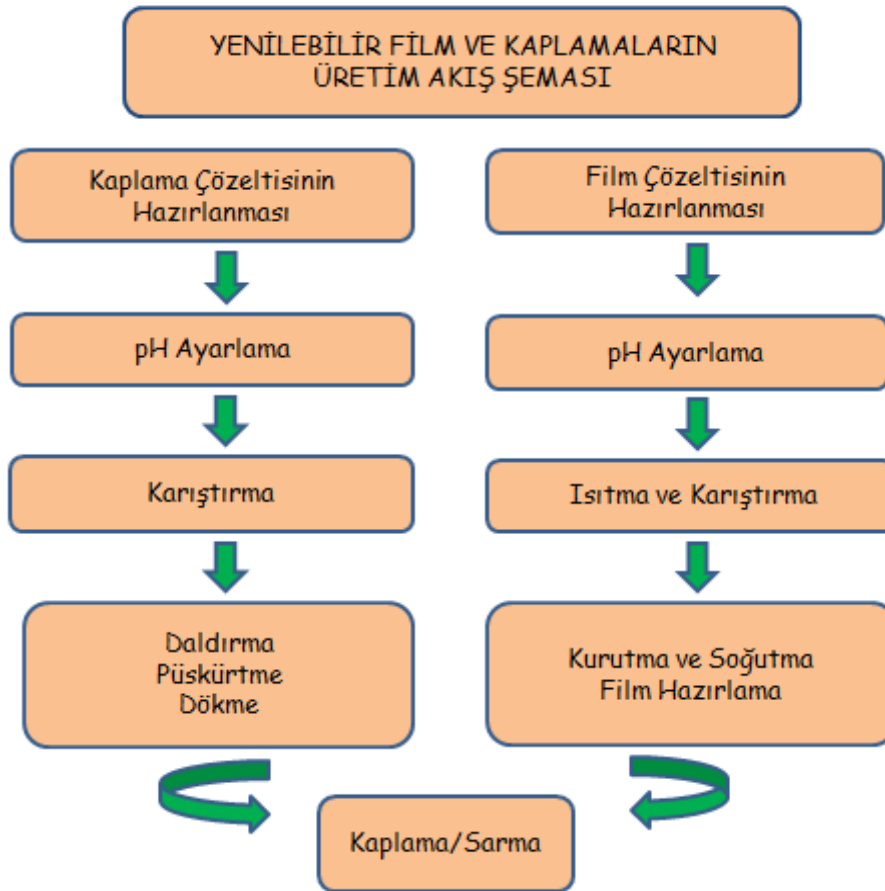
Yenilebilir film ve kaplamalar gıda kökenli mikroorganizmaların neden olduğu hastalıklarla mücadele amacıyla da önem arz etmektedir. Yenilebilir film ve kaplamaların yapılarına katılabilen antimikrobiyel

maddeler sayesinde gıdaların bozulması kontrol altına alınabilmektedir. Antimikrobiyel maddelerin yenilebilir film ve kaplamalar yoluyla kullanılması, gıdaların söz konusu antimikrobiyel maddeleri içeren çözeltilere daldırılması veya bu maddelerin gıda yüzeyine doğrudan püskürtülmesi gibi yöntemlere göre daha etkili olmaktadır [18-20]. Yenilebilir filmler, gıdalardan ayrı olarak işlenen ve daha sonra gıdaların ambalajlanmasında kullanılan materyallerdir. Yenilebilir kaplamalar ise doğrudan gıda üzerine uygulanan ince tabakalı yenilebilir materyallerdir. Bir başka ifade ile yenilebilir kaplama, bir gıda üzerinde oluşmuş ince tabaka halindeki materyal olarak ifade edilirken; yenilebilir film ise gıda bileşenleri ya da gıda üzerine uygulanmak üzere önceden hazırlanmış, ince ve yenilebilir materyal olarak tanımlanır [21].

### YFK ÜRETİMİNDE KULLANILAN POLİMERLER

Yenilebilir film ve kaplamalar bitkisel ve hayvansal kökenli kaynaklardan elde edilmektedir. Yenilebilir filmlerin hazırlanmasında temelde 3 grup organik polimer (karbonhidrat, protein ve lipit) kullanılmaktadır. YFK üretiminde en yaygın kullanılan karbonhidratlar nişasta (patates, mısır, buğday veya pirinç kaynaklı), selüloz (pamuk, sert odunsu bitkilerden elde edilen), çeşitli zamklar (guar, keçiyoynuzu, aljinatlar, karragenan, pektin gibi) ve kitin/kitosandır. YFK üretiminde kullanılan proteinler ise elde edildikleri

kaynağa göre hayvansal ve bitkisel olmak üzere ikiye ayrılır. Hayvansal kaynaklı proteinlere kazein, peynir altı suyu proteini, kolajen veya jelatin örnek olarak verilebilir. Bitkisel kaynaklı proteinlere ise zein, gluten ve soya proteini örnek olarak verilebilir. YFK üretiminde kullanılan üçüncü önemli organik polimer grubu lipitlerdir. Çapraz bağlı gliseritler, vaksılar, hayvansal ve bitkisel kaynaklı yağlar bu grupta yer alır [22-24]. Karbonhidrat bazlı yenilebilir film ve kaplamaların yüksek mekanik dayanıma sahip olduğu, gaz ve su buharı geçirgenliği düşük filmler üretilebildiği birçok çalışma ile ortaya konmuştur [25]. Bunun yanı sıra, et ürünleri, meyve sebze gibi çabuk bozulabilen gıdaların muhafazasında başarılı sonuçlar alındığı gösterilmiştir. Su ürünleri ve özellikle balık filetolarının lipit oksidasyonu ve su kaybı nedeniyle uğradığı kalite kayıplarının karbonhidrat bazlı YFK uygulamaları ile büyük ölçüde önlenebileceği saptanmıştır [26]. Yenilebilir film ve kaplamaların bazı temel niteliklere sahip olması gerekmektedir. Üretimde kullanılan bileşenler genellikle güvenli kabul edilen (Generally Recognized as Safe, GRAS) statüde olmalı, seçici geçirgenlik ve yapısal bütünlük sağlamalı, mekanik dayanımı yeterli olmalı, katkı maddelerinin fonksiyonel etkilerini destekleyen ve koruyan özellikte olmalı, uzun depolama süresince bütünlüğünü ve kalitesini koruyabilmelidir [27]. YFK üretiminde kullanılan genel işlem akışı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Yenilebilir film ve kaplamaların üretim akış şeması

## Kolajen ve Jelatin

Jelatinin hammaddesi olan kolajen, hayvansal dokularda en fazla bulunan proteindir. Kolajen yaklaşık 330 kDa molekül ağırlığında olan ve suda çözünmeyen en önemli bağ doku proteindir. Son bilgilere göre, 28 tip kolajen bulunmaktadır. Bunlardan en yaygını Tip I kolajendir ve daha çok deri, kemik ve tendon gibi bağ dokuda bulunur. Tip II kolajen ise özellikle kıkırdak dokuda bulunmaktadır. Tip III kolajen yaşa bağlı olarak büyük değişiklik gösteren bir proteindir. Diğer kolajen tipleri ise çok küçük miktarlarda bulunur ve genellikle dokudan dokuya farklılık gösterir [28-30].

Jelatin, kolajenin kısmi hidrolizi ile elde edilen ve ortalama molekül ağırlığı 30 kDa'dan fazla olan kolajen parçalarından oluşmaktadır. Dünya çapında üretilen jelatinin yaklaşık %70'i gıda sanayi, %15'i ilaç sanayi, %10'u fotoğraf sanayi tarafından kullanılmaktadır. Jelatin, gıda endüstrisinde tatlı ve şekerlemeler, fırıncılık ürünleri, bira ve şarap gibi alkollü içecekler, berrak meyve suları, dondurma ve bazı süt ürünlerinde tekstürü geliştirme, su tutma kapasitesini artırma, berraklaştırıcı ve koruyucu kaplama olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar üstün özellikleri nedeniyle jelatinin YFK üretiminde de kullanılabileceğini göstermiştir [31].

## JELATİN BAZLI YFK

Jelatin bazlı YFK, jelatinin taşıyıcı polimer olarak kullanıldığı ve çeşitli plastikleştiricilerin kullanımı ile birlikte mekanik dayanımının artırıldığı materyallerdir. Üretiminde kullanılan çeşitli maddelerle jelatin bazlı YFK'nin fonksiyonel, organoleptik, besleyici ve mekanik özellikleri geliştirilebilir. Uygun plastikleştiriciler yardımıyla jelatin bazlı YFK'nin parlaklığının azaldığı, uzama ve esneme kabiliyetinin arttığı görülmektedir. Bu amaçla en yaygın kullanılan plastikleştirici madde gliseroldür. Filmlerin mekanik özelliklerini iyileştirmek için gliserol dışında kullanılan diğer plastikleştiriciler sorbitol, şeker, ksilitol, maltitol gibi hidrofilik bileşiklerdir [25].

## Jelatin Bazlı YFK ile İlgili Çalışmalar

Bu bölümde jelatin bazlı YFK üretimi ve jelatin bazlı YFK'nin çeşitli gıdaların raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmalar derlenmiştir. Söz konusu çalışmaların bazılarında kullanılan yardımcı bileşenler, uygulanan ürünler ve elde edilen sonuçlar Tablo 1 'de listelenmiştir. Yayınlanan bir çalışmada, jelatin bazlı filmlere ilave edilen bal mumu etanol ekstraktının filmlerin çeşitli özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Söz konusu filmlere bal mumu etanol ekstraktından başka plastikleştirici olarak sorbitol ilave edilmiştir. İlave edilen ekstrakt karışımının filmlerin nem içeriği, çözünürlüğü, su buharı geçirgenliği, polifenol içeriği ve *Staphylococcus aureus* karşı antimikrobiyel aktivitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Artan konsantrasyonlarda bal mumu ekstraktı kullanımı, filmlerin kırılma kuvvetini ve su buharı geçirgenliğini kontrol altına göre azaltmıştır. Ayrıca ekstraktın, filmlerin *Staphylococcus aureus* karşı antimikrobiyel etkisini artırdığı tespit

edilmiştir [32]. Başka bir çalışmada, jelatinle beraber kitosan ilavesinin filmlerin bazı nitelikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kitin veya kitosan kullanılan filmlerde radyasyon veya ultrases uygulandığında filmlerin mekanik dayanımı, kimyasal kararlılığı ve organoleptik nitelikleri iyileşmektedir [10]. Buna örnek teşkil eden bir çalışmada, somondan elde edilen jelatin ile hazırlanan filmlere kitosan ilavesi yapılmıştır. Filmlerdeki kitosanın, *Escherichia coli* üzerindeki antimikrobiyel etkisi incelenmiştir. Çalışmada, artan kitosan konsantrasyonu ile birlikte camsı geçiş sıcaklığının düştüğü, absorbe edilen su miktarının arttığı böylece filmlerin su içeriğinin ve özgül hacminin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Agar difüzyon metodu ile yapılan incelemelerde kitosanın *Escherichia coli* bakterisine karşı antimikrobiyel etki gösterdiği belirlenmiştir [33]. Farklı bir çalışmada da, gıda kökenli patojenlere karşı jelatin bazlı filmlere bakteriyosin ve flavonoid eklenmiştir [34]. Çalışma sonucunda bakteriyosin veya flavonoidin tek başlarına kullanıldığında jelatin filmlerde antioksidan özellik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca bu iki antimikrobiyel bileşenin birlikte kullanımının mikroorganizmaların inhibisyonunda sinerjistik bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmaların yanı sıra jelatin bazlı filmlerin antimikrobiyel ajanlarla birlikte kullanılmadığı çalışmalar da yapılmıştır. Bu çalışmalardan birinde, jelatin bazlı filmlere bazı doğal antioksidan maddeler eklenmiş ve elde edilen filmlerin çeşitli performans özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada incelenen antioksidan kaynakları yeşil çay, üzüm tohumu (proantosyanidin ve polifenoller), zencefil ve mabet yaprağı ekstraktıdır. Mabet yaprağı ekstraktının kullanıldığı jelatin bazlı filmlerin en yüksek 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) aktivitesine sahip olduğu anlaşılmıştır. UV ışınlarının geçişini en iyi engelleyen filmlerin mabet yaprağı ekstraktı ilave edilen filmler olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yeşil çay ekstraktının filmlerin nem geçirgenliğini azalttığı ve filmlerin nem içeriklerinin değişmediği saptanmıştır. Mekanik özellikler incelendiğinde, en düşük gerilme kuvveti ve kopma noktasında uzama yüzdesinin üzüm tohumu ekstraktı eklenen filmlere ait olduğu saptanmıştır. Çalışma neticesinde yeşil çay ekstraktı, mabet yaprağı ekstraktı ve üzüm tohumu ekstraktı eklenen jelatin bazlı filmlerin gıda ambalajlamada başarıyla kullanılabileceği belirtilmiştir [42]. Jelatin bazlı film ve kaplamalar farklı muhafaza ve işleme teknolojilerinin kullanımına olanak tanımaktadır. Bu teknolojilerden biri de radyasyon uygulamasıdır. Radyasyon uygulamasının kullanıldığı bir çalışmada jelatin bazlı filmlere pektin eklenmiş ve bu filmlere 10, 20 ve 30 kGy dozlarında gama radyasyonu uygulanmıştır [43]. 10 kGy dozunun uygulandığı filmlerin gerilme kuvvetinin en yüksek, su buharı geçişinin ise en az seviyede olduğu belirlenmiştir. Çalışmada radyasyon dozu arttıkça pektin-jelatin bazlı filmlerin L, a ve b değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Başka bir çalışmada, sığır jelatinine farklı oranlarda gliserol ilave edilmiş ve ekstrüzyon ile film üretimi gerçekleştirilmiştir [44]. Bu çalışmada, plastikleştirici içeriğinin jelatin filmlerin çeşitli mekanik ve bariyer özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Jelatin bazlı filmlerde, gliserol oranı

artıkça oksijen geçirgenliğinin artış gösterdiği, gerilme kuvvetinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, gliserol oranı arttıkça filmlerin sudaki çözünürlüğünün arttığı belirlenmiştir. Çalışma sonunda %0,2 oranında gliserol içeren jelatin bazlı filmlerin en düşük su buharı ve oksijen geçirgenliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada, amino gruplu aktif kil (NH<sub>2</sub>-MMT) farklı oranlarda susuz etanol ve toluen ile birlikte kullanılmıştır. Jelatin matriksine nüfuz eden aktif kil sayesinde peptid zincirlerinin tekrar üçlü sarmal yapı kazandığı tespit edilmiştir. Aktif kildeki artan amino grubu konsantrasyonu ile filmlerin suyu engelleme düzeyi, UV ışınlarını engelleme özelliği, mekanik nitelikleri ve ısıl kararlılığı gelişme göstermiştir [45]. Başka bir çalışmada da farklı pH düzeylerinde ekstrakte edilen balık jelatininin çeşitli özellikleri incelenmiştir [46]. En yüksek gerilme kuvveti pH 5,0'te ekstrakte edilen jelatin ile hazırlanan filmlerde tespit edilmiştir. Diğer

tarafından, farklı pH değerlerinde elde edilen jelatinlerle hazırlanan filmlerin renk ve saydamlık özelliklerinin pH ile etkilenmediği ortaya konmuştur. Farklı balık derileri üzerinde yapılan bir çalışmada, dil ve kedi balığı derisinden elde edilen jelatinlerin antioksidan aktivitesini arttırmak amacıyla hodan bitkisi ekstraktı ilave edilmiştir [47]. Dil balığı jelatininde kopma kuvveti kedi balığı jelatinine göre daha düşük olduğu ancak kopma deformasyonunun daha yüksek olduğu saptanmıştır. Jelatinin kaynağına bağlı olmaksızın hodan bitki ekstraktı eklenen filmlerde antioksidan aktivitenin daha yüksek olduğu, kopma kuvvetinin azaldığı, film opaklığının ise arttığı tespit edilmiştir. Hodan ekstraktının  $\alpha$ -tokoferol ve BHT antioksidanları içeren filmlere göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği ortaya konmuştur.

Tablo 1. Jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamalarla ilgili yapılan çalışmalar

Kaplama Materyali	İlave Bileşenler	Ürün	Elde Edilen Sonuç	Kaynak
Siğir jelatini	Gliserol, Adaçayı yağı, Kenevir yağı	-	Bitkisel özütlerle antioksidan etki oluşturulmuştur.	[35]
Domuz jelatini	Gliserol, Potasyum sorbat, Bentonit	-	Yenilebilir filmin mekanik dayanımı geliştirilmiştir.	[36]
Balık jelatini	Mısır yağı	Katı emülsiyon preparat	Yenilebilir filmlerin reolojik ve mekanik özellikleri iyileştirilmiştir.	[37]
Gümüş sazan balığı deri jelatini ve kitosan	NaOH, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , Asetik asit, İzopropanol, Kekik yağı	Balık	Balıklarda oksidatif bozulma yavaşlatılmış ve raf ömrü uzatılmıştır.	[38]
Siğir jelatini	Propilen glikol, Lavanta yağı, Kekik yağı	-	Bakteriyel gelişme ve oksidatif bozulma baskılanmış, filmlerin fiziksel ve mekanik özellikleri geliştirilmiştir.	[39]
Nişasta ve jelatin	Mısır nişastası, Tip A jelatin, Gliserol	Dondurulmuş kırmızı üzüm	Raf ömrü uzatılmış, filmlerin fizikokimyasal özellikleri iyileştirilmiştir.	[13]
Esansiyel yağlar	Kekik yağı, Karanfil yağı, Gliserol, Peyniraltı suyu protein izolatu	Tavuk filetoları	Tavuk filetolarının raf ömrü uzatılmıştır.	[40]
Jelatin ve laponit film	Tip A jelatin tozu, Laponit	Taze kırmızı et	Laponit ile etin raf ömrü uzatılmıştır.	[41]

Taze olarak tüketime sunulmayan balıkların uzun süreli muhafazasında çeşitli işleme teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Bu işleme teknolojileri arasında en yaygın kullanılanı dondurma teknolojisidir. Dondurma teknolojisi, balık etindeki biyokimyasal değişimleri ve mikrobiyel gelişimi yavaşlatarak dayanıklılığı sağlamakta, ancak sardalya gibi yüksek yağ içeren balıklarda lipid oksidasyonuna engel olamamaktadır. Balık ve balık ürünlerinde bu problemin önüne geçilebilmek amacıyla koruyucu maddeler kullanılabilir. Bu maddeler sahip oldukları antimikrobiyel ve antioksidan aktiviteleri nedeni ile balığın raf ömrünün uzamasına yardımcı olmaktadır [26, 48]. Çeşitli antimikrobiyel bileşenlerin kullanıldığı film veya kaplamalarla balık filetolarının raf ömrünün uzatılması mümkündür. Bu bileşenlerin antioksidan aktiviteleri içerdikleri fenolik bileşiklerden ileri gelmektedir [47]. Balıklar üzerinde jelatin bazlı filmlerin

etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, alabalıklar jelatin filmlerle kaplanmış ve defne yağı ilavesinin etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, defne yağının alabalıkların raf ömrü üzerinde etkili olduğu, bu şekilde kaplanan balıkların 22 güne kadar kalite özelliklerini kabul edilebilir düzeyde koruduğu anlaşılmıştır. Söz konusu raf ömrü jelatin bazlı filmle kaplanmayan balıklarda 15 gün, sadece jelatin filmi ile kaplanan balıklarda 20 gün olarak tespit edilmiştir [26, 49]. Başka bir çalışmada, soğukta depolanan alabalıkları kitosan-jelatin karışımı bir film ile çift kat kaplama uygulanmıştır [50]. Depolama 16 gün süreyle buzdolabı sıcaklığında 4±1°C'de yapılmıştır. Balıkların kitosan-jelatin filmi ile kaplanarak depolama süresince kalite özelliklerini koruduğu tespit edilmiştir.

Farklı bir çalışmada, jelatin bazlı yenilebilir filmler üzerinde zeytinyağının etkisi incelenmiştir [51]. Film



üretiminde plastikleştirici olarak gliserol kullanılırken söz konusu çalışmada sığır jelatini taşıyıcı polimer olarak kullanılmıştır. Elde edilen filmlerdeki yağ damlacıklarının büyüklüğü azaldıkça filmlerin suyu engelleme özellikleri ve gerilme kuvvetleri daha iyi olmaktadır. Filmlere hidrofobik bir karakter kazandıran zeytinyağının ayrıca UV ışınlarını engellemede oldukça başarılı olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada patates nişastası ve jelatin bazlı filmler üretilmiş, bu filmlerin bazı kimyasal ve ısıl özellikleri incelenmiştir. Patates nişastası ve sığır jelatini bazlı filmlere plastikleştirici olarak gliserol ve sitrik asit monohidrat eklenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, jelatin ilavesi filmlerin mekanik dayanımını geliştirmiş, jelatin içeren film örneklerinde su buharı geçirgenliğinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Nişasta/jelatin oranının optik geçirgenlik üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir [52]. Başka bir çalışmada, taze tavukgöğsü filetoları alginat-kekik ve yağ-propiyonik asit ile zenginleştirilmiş aktif yenilebilir filmlerle kaplanmıştır [53]. Kaplanmış veya kaplanmamış tavuk filetoları arasında duyuşsal bir fark saptanmamıştır. Ancak depolama boyunca et yüzeyinde pH değeri, renk ve duyuşsal bazı farklılıklar olduğu saptanmıştır. Kaplamanın etlerin raf ömrünü iyileştirdiği ve alginat-propiyonik asit kaplamasının taze tavukgöğsü filetolarının raf ömrünü %33 oranında uzattığı tespit edilmiştir.

## SONUÇ

Ülkemizde üretimi sınırlı olan jelatinin çok çeşitli kullanım alanları ortaya çıkmıştır. Yenilebilir film ve kaplamalar bu alanlardan biridir. Son yıllarda yapılan çalışmalar jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların gıda muhafazasında başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir. Jelatin bazlı film ve kaplamalar çeşitli fonksiyonel bileşenlerin taşıdığı ve etkin bir şekilde gıda ile temasının sağlandığı bir ortam yaratmaktadır. Çeşitli bileşenlerle mekanik ve fonksiyonel özellikleri geliştirilen film veya kaplamalar taze gıdaların raf ömrünü artırmak amacıyla etkin bir şekilde kullanılabilir. Yenilebilir film ve kaplamaların en önemli dezavantajı mekanik özelliklerinin ve dayanımının yeterince iyi olmaması ve bu nedenle sentetik ambalaj materyallerinin yerini alamamasıdır. Diğer bir ifadeyle, yenilebilir film ve kaplamalar geleneksel ambalaj materyallerinin yerini alan ambalaj materyalleri değildir. Ancak, yenilebilir film ve kaplamalar gıda ile doğrudan temas halinde olan ve gıdaların tüketimi öncesinde ayrılması gerekmeyen iç kaplama olarak düşünülebilir. Son yıllardaki çalışmalar ve elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, jelatin bazlı film ve kaplamaların fiziksel, mekanik, kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin geliştirilerek gıda muhafazası amacıyla yaygın bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR







[1] Uçan, F., Mercimek, H.A. (2013). Gıda endüstrisinde kitosan filmlerin önemi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(2), 79-85.

- [2] Temiz H., Yeşilsu, A.F. (2006). Bitkisel protein kaynaklı yenilebilir film ve kaplamalar. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2), 41-50.
- [3] Kılınççeker, O., Doğan, İ.S., Küçüköner, E. (2009). Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillet. *Food Science and Technology*, 42, 868-873.
- [4] Hanani, Z.A., Roosb, Y.B., Kerry, J.P. (2014). Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products. *International Journal of Biological Macromolecules*, 71, 94-102.
- [5] Sobral, P.J.A., Menegalli, F.C., Hubinger, M.D., Roques, M.A. (2001). Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocolloids*, 15, 423-432.
- [6] Krishna, M., Nindo, C.I., Min, S.C. (2012). Development of fish gelatin edible films using extrusion and compression molding. *Journal of Food Engineering*, 108, 337-344.
- [7] Galus, S., Mathieu, H., Lenart, A., Debeaufort, F. (2012). Effect of modified starch or maltodextrin incorporation on the barrier and mechanical properties, moisture sensitivity and appearance of soy protein isolate-based edible films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 148-154.
- [8] Fadini, A.L., Rocha, F.S., Alvim, I.D., Sadahira, M.S., Queiroz, M.B., Alves, R.M.V., Silva, L.B. (2013). Mechanical properties and water vapour permeability of hydrolysed collagen-cocoa butter edible films plasticised with sucrose. *Food Hydrocolloids*, 30, 625-631.
- [9] Fakhoury, F.M., Martelli, M.S., Bertan, C.L., Yamashita, F., Mei, I.L.H., Queiroz, C.F.P. (2012). Edible films made from blends of maniocstarch and gelatin—influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. *LWT - Food Science and Technology*, 49, 149-154.
- [10] Elsabee, M.Z., Abdou, E.S. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering C*, 33, 1819-1841.
- [11] Kanmani, P., Rhim, J.W. (2014). Physical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin based active nanocomposite films containing AgNPs and nanoclay. *Food Hydrocolloids*, 35, 644-652.
- [12] Hosseinia, S.F., Rezaeia, M., Zandib, M., Farahmandghavi, F. (2015). Bio-based composite edible films containing *Origanum vulgare* L. essential oil. *Industrial Crops and Products*, 67, 403-413.
- [13] Fakhouria, F.M., Martellia, S.M., Caonc, T., Velascod, J.I., Helena, L., Mei, I. (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 57-64.
- [14] Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., Luo, Y. (2011). Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22, 608-615.

- [15] Xiao, Q., Tong, Q. (2013). Thermodynamic properties of moisture sorption in pullulan–sodium alginate based edible films. *Food Research International*, 54, 1605-1612.
- [16] Salgado, P.R., Ortiz, C.M., Musso, Y.S., Giorgio, L.D., Mavri, A.N. (2015). Edible films and coatings containing bioactives. *Current Opinion in Food Science*, 5, 86-92.
- [17] Sürengil, G., Kılınç, B. (2011). Gıda - ambalaj sektöründe nanoteknolojik uygulamalar ve su ürünleri açısından önemi. *Journal of Fisheries Sciences*, 5(4), 317-325.
- [18] Lu, F., Ding, Y., Ye, X., Liu, D. (2010). Cinnamon and nisin in alginatecalcium coating maintain quality of fresh northern snakehead fish filets. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 1331-1335.
- [19] Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V., Gopal, S. (2012). Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage. *Food Hydrocolloids*, 26, 167-174.
- [20] Lee, H., Min, S.C. (2014). Development of antimicrobial defatted soybean meal-based edible films incorporating the lactoperoxidase system by heat pressing. *Journal of Food Engineering*, 120, 183-190.
- [21] Aldemir, Ö. (2013). Balık filetolarının kaplanmasında salça üretim atıklarının kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- [22] Dursun, S., Erkan, N. (2009). Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı. *Journal of Fisheries Sciences*, 3(4), 352-373.
- [23] Wan, J., Liu, C., Liu, W., Tu, Z., Wu, W., Tan, H. (2015). Optimization of instant edible films based on dietary fiber processed with dynamic high pressure microfluidization for barrier properties and water solubility. *LWT - Food Science and Technology*, 60, 603-608.
- [24] Santacruz, S., Rivadeneira, C., Castro, M. (2015). Edible films based on starch and chitosan: Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. *Food Hydrocolloids*, 49, 89-94.
- [25] Marana, J.P., Sivakumara, V., Sridharb, R., Immanuel, V.P. (2013). Development of model for mechanical properties of tapioca starch based edible films. *Industrial Crops and Products*, 42, 159-168.
- [26] Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Diaz, O. (2012). Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 14, 92-98.
- [27] Delikanlı, B., Özcan, T. (2014). Probiyotik içeren yenilebilir film ve kaplamalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 59-70.
- [28] Jimin, G., Liming, G., Xinying, L., Changdao, M., Defu, L. (2014). Periodate oxidation of xanthan gum and its crosslinking effects on gelatin-based edible films. *Food Hydrocolloids*, 39, 243-250.
- [29] Ortiz-Zarama, M.A., Jiménez-Aparicio, A., Perea-Flores, M.J., Solorza-Feria, J. (2014). Barrier, mechanical and morpho-structural properties of gelatin films with carbon nanotubes addition. *Journal of Food Engineering*, 120, 223-232.
- [30] Yetim, H. (2011). Jelatinin üretimi, özellikleri ve kullanımı. 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi. 19-20 Kasım 2011 Ankara.
- [31] Gökçin, M. (2013). Uskumru (*Scomber scombrus*) ve Levrek (*Dicentrarchus labrax*) Kemiklerinden Jelatin Eldesi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Adana.
- [32] Bodini, R.B., Sobral, P.J.A., Favaro-Trindade, C.S., Carvalho, R.A. (2013). Properties of gelatin-based films with added ethanolepropolis extract. *LWT - Food Science and Technology*, 51, 104-110.
- [33] Celisa, D., Azocar, M.I., Enrianea, J., Paezb, M., Matiacevich, S. (2011). Characterization of salmon gelatin based film on antimicrobial properties of chitosan against E. coli. 11<sup>th</sup> International Congress on Engineering and Food (ICEF11).
- [34] Ibarguren, C., Céliz, G., Díaz, A.S., Bertuzzi, M.A., Daz, M., Audisio, M.C. (2015). Gelatine based films added with bacteriocins and a flavonoid ester active against food-borne pathogens. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 28, 66-72.
- [35] Cozmuta, M.A., Turila, A., Apjok, R., Ciocian, A., Cozmuta, L.M., Peter, A., Nicula, C., Gali, N., Benkovic, T. (2015). Preparation and characterization of improved gelatin films incorporating hemp and sage oils. *Food Hydrocolloids*, 49, 144-155.
- [36] Vanin, F.M., Hirano, M.H., Carvalho, P.A., Moraes, I.C.F., Bittante, B., Sobral, P.J.A. (2014). Development of active gelatin-based nonocomposite films produced an automatic spreader. *Food Research International*, 63, 16-24.
- [37] Hatterm, N.M., Mohes, S., Haug, J.I., Draget, I.K. (2015). Interfacial and rheological properties of gelatin based solid emulsions prepared with acid or alkali pretreated gelatins. *Food Hydrocolloids*, 43, 700-707.
- [38] Wu, J., Ge, S., Liu, H., Wang, S., Chen, S., Wang, J., Li, J., Zhang, Q. (2014). Properties and antimicrobial activity of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) skin gelatin-chitosan films incorporated with oregano essential oil for fish preservation. *Food Packaging and Shelf Life*, 2(1), 7-16.
- [39] Martucci, J.F., Gende, L.B., Neira, L.M., Ruseckaite, R.A. (2015). Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. *Industrial Crops and Products*, 71, 205-213.
- [40] Pan, I.F., Granda, X.C., Mate, J.I. (2014). Antimicrobial efficiency of edible coatings on the preservation of chicken breast filets. *Food Control*, 36, 69-75.
- [41] Li, X., Liu, A., Ye, R., Wang, Y., Wang, W. (2015). Fabrication of gelatin-laponite composite films: Effect of concentration of laponite on physical properties and the freshness of meat during storage. *Food Hydrocolloids*, 44, 390-398.

- [42] Li, J.H., Miao, J., Wu, J.L., Chen, S.F., Zhang, Q. (2014). Preparation and characterization of active gelatin-based films incorporated with natural antioxidants. *Food Hydrocolloids*, 37, 166-173.
- [43] Joa C., Kangb H., Leea N.Y., Kwonb J.H., Byun M.W. (2005). Pectin- and gelatin-based film: effect of gamma irradiation on the mechanical properties and biodegradation. *Radiation Physics and Chemistry*, 72, 745–750.
- [44] Hanani, Z.A., McNamara, J., Roos, Y.H., Kerry, J.P. (2015). Effect of plasticizer content on the functional properties of extruded gelatin-based composite films. *Food Hydrocolloids*, 31, 264-269.
- [45] Ge, L., Li X., Zhang, R., Yang, T., Ye, X., Li D., Mu, C. (2015). Development and characterization of dialdehyde xanthan gum crosslinked gelatin based edible films incorporated with amino-functionalized montmorillonite. *Food Hydrocolloids*, 51, 129-135.
- [46] Weng, W., Zheng, H., Su, W. (2014). Characterization of edible films based on tilapia (*Tilapia zillii*) scale gelatin with different extraction pH. *Food Hydrocolloids*, 41, 19-26.
- [47] Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C., Montero, P. (2010). Biodegradable gelatin chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. *Food Microbiology*, 27, 889-896.
- [48] Özbay, T., Ayas, D. (2011). Dondurarak depolanan sardalya (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) filetoalarının raf ömrü üzerine kitosan ve asetik asit uygulamalarının etkileri. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 7(2), 11-22.
- [49] Alparslan, Y., Baygar, T., Hasanhocaoglu, H., Metin, C. (2014). Effects of gelatin-based edible films enriched with laurel essential oil on the quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during refrigerated storage. *Food Technology and Biotechnology*, 52(3), 325–333.
- [50] Nowzari, F., Shábanpour, B., Ojagh, S.M. (2013). Comparison of chitosan–gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 141, 1667-1672.
- [51] Ma, W., Tang, C.H., Yin, S.W., Yang, X.Q., Wang, Q., Liu, F., Wei, Z.H. (2012). Characterization of gelatin-based edible films incorporated with olive oil. *Food Research International*, (49), 572-579.
- [52] Yılmaz, S. (2012). Patates nişastası - jelatin biyofilmlerin üretimi, termal ve kimyasal özelliklerinin analizi. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- [53] Matiacevich, S., Acevedo, N., López, D. (2015). Characterization of edible active coating based on alginate–thyme oil–propionic acid for the preservation of fresh chicken breast fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2792-2801.

## Kabuklu Deniz Ürünleri: Norovirüs Salgınları ve Sporadik Enfeksiyonlar İçin Risk\*

Sevinç Sökel<sup>1</sup>  , Mehmet Kale<sup>2</sup>  , Sibel Hasırcıoğlu<sup>2</sup>  , Sibel Yavru<sup>3</sup>  , Oğuz Gürsoy<sup>4</sup>  ,  
Kübra Kocatürk<sup>5</sup> 

<sup>1</sup>Sağlık Bakanlığı Burdur İl Sağlık Müdürlüğü, Burdur

<sup>2</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Viroloji Anabilim Dalı, Burdur

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Viroloji Anabilim Dalı, Konya

<sup>4</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Burdur

<sup>5</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Burdur

Geliş Tarihi (Received): 12.07.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 04.10.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [drsokel15@gmail.com](mailto:drsokel15@gmail.com) (S. Sökel)

☎ 0 248 234 36 66 📠 0 248 233 45 51

\*Bu çalışma 2. Uluslararası Turizm ve Mikrobiyal Gıda Güvenliği Kongresinde (13-14 Aralık 2017, Manavgat, Antalya) poster bildiri olarak sunulmuştur.

### ÖZ

Daha önceleri *Caliciviridae* familyasından Norwalk benzeri virüsler olarak bilinen norovirüsler (NoV), ikozahedral kapsid simetrisine sahip, zarfsız, pozitif (+) polariteli, tek iplikli RNA virüsleridir. NoV enfeksiyonu hem sekretuar hem de osmotik ishale neden olmaktadır. Enfeksiyonun meydana gelmesi için birkaç NoV partikülü yeterli olmaktadır. NoV, esas olarak kontamine gıdalar ve su ile yayılmaktadır. Virüsün yayılmasında kişiden kişiye doğrudan ve kontamine yüzeylerle temas sorumludur. Genel olarak, NoV kaynaklı epidemik ve pandemik salgınlar görülmekte olup sporadik vakalar da bildirilmiştir. Salgınlar ve sporadik enfeksiyonlar, NoV ile kontamine olmuş kabuklu deniz ürünleri (örneğin midye, istiridye ve yengeç), yumuşak kırmızı meyveler (çilek ve ahududu), sebzeler (marul, domates ve maydanoz), unlu mamuller, şarküteri ürünleri, salatalar, sandviçler, su ve buzun tüketimi sonucunda meydana gelmektedir. NoV, Dünya çapında bakteriyel olmayan ishal vakalarının yarısından fazlasından sorumludur. Midye ve istiridye gibi kabuklu deniz ürünlerinden kaynaklanan NoV salgınları Dünya'da yaygın olarak görülmektedir. Virüs bulaşmış sularda yetiştirilen kabuklu deniz ürünlerinin ve enfekte bireyler tarafından hazırlanan deniz ürünlerinin salgınlarda rol oynayabileceği bildirilmektedir. Midye ve istiridye gibi çift kabuklu/çenetli deniz ürünleri, beslenme faaliyetlerinin bir parçası olarak büyük miktarlarda suyu filtreleyebilmekte ve bu nedenle sıklıkla kanalizasyonla kontamine olmuş sığ, kıyı ve nehir sularındaki virüsleri biriktirip yoğunlaştırabilmektedir. Derinlik, su sıcaklığı, yağış ve rüzgâr ile midye ve istiridye yetiştirme alanlarındaki suyun tuzluluğu salgın risklerinin tahmini için önemli faktörlerdir. Kabuklu deniz ürünlerinin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde gıda kaynaklı hastalıkların yayılmasında önemli olduğu bildirilmektedir. Türkiye'de tüketim için denizden yılda 78 ton kara midye avlanmaktadır. Toplanan midyelerde NoV varlığı, bu kabuklu deniz ürününün Türkiye'de gıda kaynaklı viral enfeksiyonlar ve salgınlar için önemli bir kontaminasyon kaynağı olabileceğini göstermektedir. Ülkemizde avlanan kabuklu deniz ürünlerinde NoV varlığının izlenmesi, turistik bölgelerdeki salgınların önlenmesi ve Türk denizlerinin viral kontaminasyon potansiyelinin izlenmesi için kullanılabilir. Bu çalışmada, NoV kaynaklı gastroenterit salgınlarında kabuklu deniz ürünlerinin rolü ve kabuklu deniz ürünleri kaynaklı bulaşmaların önlenmesinde kullanılabilecek başlıca stratejiler derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Norovirüs, Kabuklu deniz ürünü, Midye, İstiridye, Gastroenterit.

## Shellfish: Risk for Norovirus Outbreaks and Sporadic Infections

### ABSTRACT

NoVs, previously known as Norwalk-like viruses from the *Caliciviridae* family, are non-enveloped, positive-sense, single-stranded RNA viruses with icosahedral capsid symmetry. NoV infection causes both secretory and osmotic diarrhea. A few NoV particles are sufficient to produce infection. NoV is mainly spread by contaminated food and water. Direct person-to-person contact or contact with contaminated surfaces and fomites are also responsible for spreading the virus. In general, epidemic and pandemic outbreaks occur due to NoVs. Sporadic cases have also been reported. Outbreaks and sporadic infections have been reported to be resulting from consumption of NoV contaminated shellfish (e.g. mussel, oyster, and crab), soft red fruits (strawberry and raspberry), vegetables (lettuce, tomatoes and parsley), bakery products, delicatessen meats, salads, sandwiches, water and ice. NoV is responsible for more than half of nonbacterial diarrheal diseases around the world. Outbreaks of NoV originating from shellfish such as mussels and oysters are common in the world. It has been reported that shellfish grown in virus contaminated waters and seafood products prepared for consumption by infected individuals may play a role for outbreaks. Bivalve molluscan shellfish, such as mussels and oysters, can filter out large quantities of water as part of their feeding activities and, accumulate and concentrate viruses from shallow, coastal and river waters frequently contaminated with sewage. Depth, water temperature, precipitation, wind and salinity of the water in the mussel and oyster growing area are important factors for the prediction of outbreak risks. Shellfish has been reported to be important in the spread of foodborne diseases in developed and developing countries. In Turkey, 78 tons of black mussels per year are collected from sea for consumption. The presence of NoV in mussels indicates that this shellfish could also be an important contaminant for foodborne viral infections and outbreaks in Turkey. Monitoring the prevalence of NoV in shellfish collected from Turkey can be used to prevent outbreaks in touristic locations and to monitor the potential of Turkish seas for viral contaminations. In this study, the role of shellfish in viral gastroenteritis outbreaks associated with NoV and strategies for preventing virus transmission via shellfish are reviewed.

**Keywords:** Norovirus, Shellfish, Mussel, Oyster, Gastroenteritis.

### GİRİŞ

Bulantı, kusma ve ishal semptomları ile seyreden hastalıklar akut gastroenterit (AGE) enfeksiyonları olarak tanımlanmakta ve söz konusu enfeksiyonlar tüm yaş gruplarını etkilemektedir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), kontamine gıda kaynaklı ishal vakalarından her yıl iki milyondan fazla insanın öldüğünü bildirmektedir [1]. Bakteri, küf, protozoa ve virüslerin neden olduğu enfeksiyöz ishaller çoğunlukla kontamine gıda ve sular aracılığı ile meydana gelmektedir. Enfeksiyöz ishallerin yarısında etken Norovirüs (NoV)'ler olarak belirlenmiştir [2].

Enterik virüsler, başlıca bakteriyel olmayan AGE hastalık etkenleridirler. *Caliciviridae*, *Adenoviridae*, *Herpesviridae*, *Picornaviridae* ve *Reoviridae* ailelerine ait virüsler olan enterik virüsler salgınlara neden olmaktadır. Enterik virüsler kontamine su, gıda ve çevre yolu ile insanlara bulaşmaktadır. Dünya'da tüm yaş gruplarında gıda kaynaklı AGE salgınlarının en önemli etkenleri, *Caliciviridae* ailesinden olan NoV ve Sapovirüs olarak bildirilmektedir [3]. Amerikan Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi (Centre for Disease Control and Prevention, CDC) verilerine göre, Amerika'da her yıl 19-21 milyon NoV kaynaklı AGE vakası görüldüğü, bunlardan 56.000-71.000 kişinin hastanede yatarak tedavi gördüğü ve enfeksiyon kaynaklı 570-800 ölüm vakası gerçekleştiği rapor edilmektedir [4].

Dünya'da görülen gıda kaynaklı AGE salgınlarının yaklaşık yarısında etken olarak NoV tespit edilmektedir. Salgınların tedavisi, kontrolü ve korunma önlemlerinin yapılabilmesi için ulusal süveyans sistemleri önem arz

etmektedir. Bölgesel veya ulusal düzeyde birçok süveyans sistemi kullanılmaktadır. Örnek olarak; Amerika Birleşik Devletleri'nde FoodNet ve Avrupa'da PulseNet sistemleri süveyansda kullanılmaktadır [5]. Türkiye'de de ulusal düzeyde günlük olarak bulantı, kusma, karın ağrısı ve ishal vakası verileri girilerek salgınlara erken müdahale etmeyi amaçlayan Erken Uyarı ve Yanıt Sistemi (EUYS) kullanılmaktadır [6].

Dünya'da NoV salgınları sıklıkla kontamine sularda yetişen/yetiştirilen deniz kabukluları ve yumuşakçaların tüketimine bağlı olarak görülmektedir. Ancak, Türkiye'de deniz kabukluları ve yumuşakçaların tüketimi Avrupa ve Amerika'ya göre daha az miktarda olması ve bu ürünlerin pişirilerek tüketilmesi bunlara bağlı salgınları azaltmaktadır. Türkiye'de deniz kabukluları arasında midye tüketimi yaygın düzeydedir. Seyyar satıcılar aracılığı ile açıkta satılan ve tüketilen midyelere bağlı görülen ishal vakaları besin zehirlenmesi olarak değerlendirilmekte ve etkeni belirlemeye yönelik gerekli araştırmalara gidilmemektedir.

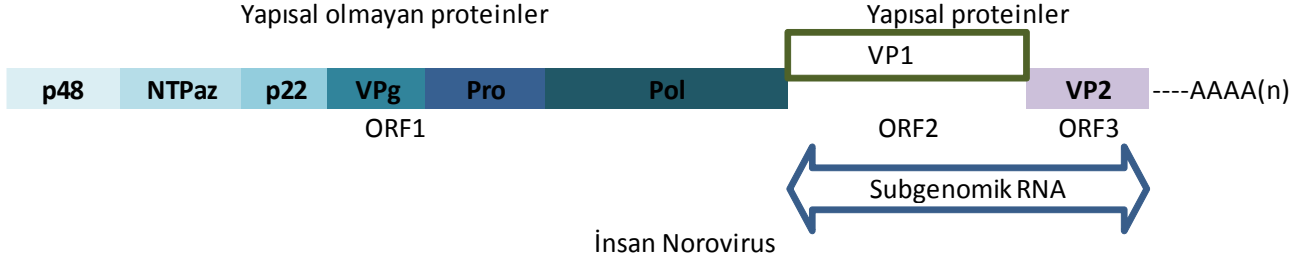
Bu derleme, NoV kaynaklı gastroenterit salgınlarında kabuklu deniz ürünlerinin rolü ve kabuklu deniz ürünleri kaynaklı bulaşmaların önlenmesinde kullanılabilecek başlıca stratejiler ile ilgili bilgiler verilmektedir.

### NOROVİRÜS

İlk defa 1929'da bebeklerde "hyper emesis hiemis" olarak bilinen NoV, 1968 yılında ABD'de (Norwalk, Connecticut) görülen salgın sonrası ancak 1972'de tanımlanabilmiş ve Norwalk benzeri virüs (*Norwalk Like Virüs*) olarak isimlendirilmiştir. Virüs, Uluslararası Virüs

Taksonomi Komitesi tarafından 1998'de *Caliciviridae* ailesine ait genusta sınıflandırılmıştır [7-9]. *Caliciviridae* ailesinde yer alan NoV zarfsız, ikozahedral simetrik ve pozitif ssRNA yapısına sahiptir. Virüs genomu 7,5-8,5 kb olup, açık okuma çerçevesi (open reading frame, ORF) içermektedir [10]. Yapısal olan ve olmayan proteinler

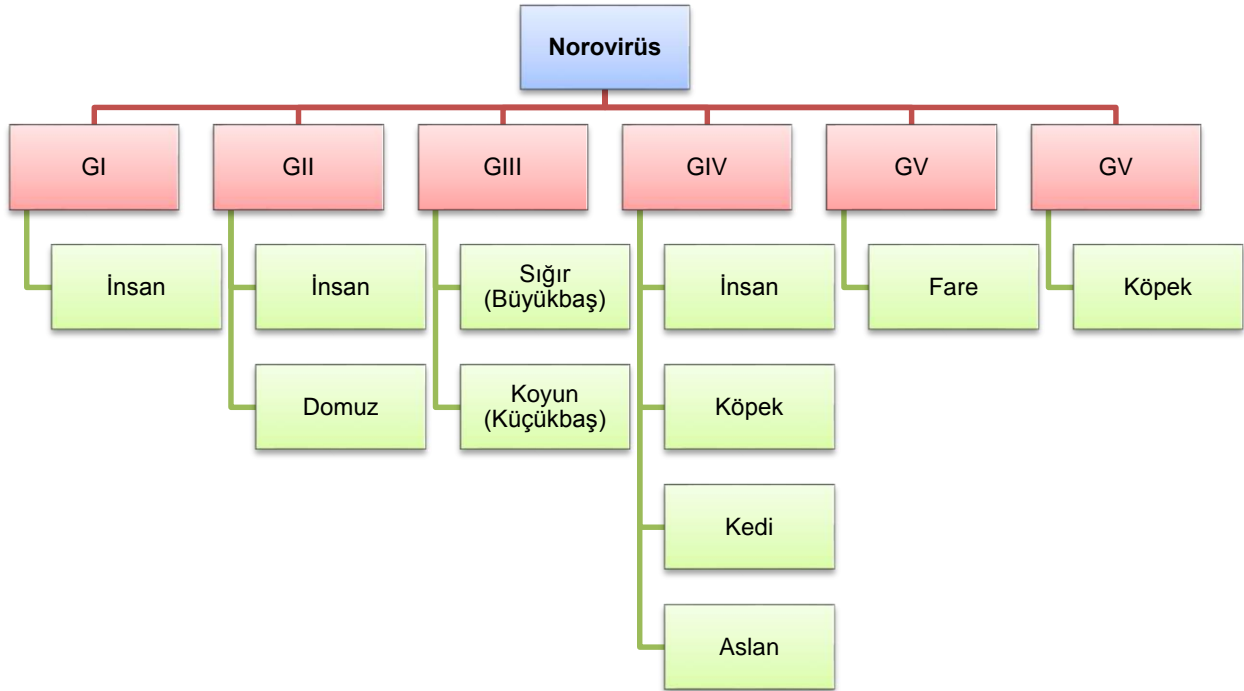
ORF tarafından kodlanmaktadır. Yapısal olmayan proteinler ORF1, kapsid proteinlerini büyük (VP1) ve küçük (VP2) olarak sırasıyla ORF2 ve ORF3 kodlanmaktadır. ORF4 yeni identifiye edilmiştir ve immün yanıtın oluşumunda yardımcı olduğu düşünülmektedir [11-14] (Şekil 1).



Şekil 1. NoV'un genomik yapısı (Karst ve ark. [15]'dan uyarlanmıştır)

Virüsün beş katlı kapsidi, üçlü eksenle ikozahedral simetrisi ve 32 kupa şeklinde çöküntü görünümünde yapısı bulunmaktadır. Genetik yapı temel alınarak Virüsün tiplendirilmesinde suş, genotip ve genogrup

temel alınarak sınıflandırmanın yapılması tavsiye edilmiştir [16]. Son yıllarda yapılan çalışmalar ile insan ve hayvanlarda enfeksiyona neden olan NoV'ler beş genogrup (GI-GV) altında sınıflandırılmışlardır (Şekil 2).



Şekil 1. NoV'un sınıflandırılması (Karst ve ark. [15]'dan uyarlanmıştır)

### Norovirüs Epidemiyolojisi

NoV'a bağlı enfeksiyonlar, epidemi ve pandemi yanında sporadik olarak da görülebilmektedir [17]. Virüsün insanlara bulaşması en sık kontamine gıda ve suların ağız yoluyla alınması ile gerçekleşmektedir.

Aside dirençli virüs, mideden ince bağırsaklara geçerek çoğalmaktadır. Virüs sitoplazma içinde replike olarak, jejunumun villuslarında kısalma, epitelyum hücrelerinde

bozulma, mitokondri şişkinliği, hücre içi ödem, kript hipertrofisi ve lamina propiada mononükleer hücre infiltrasyonuna neden olmaktadır. Ancak, bu histolojik yapının iki hafta içerisinde normal görünümüne döndüğü bildirilmektedir [18, 19]. NoV enfeksiyonunda görülen ishaller, sekretuar ve ozmotik ishal şeklinde görülmektedir. Sekretuar ishal, lümeneye anyon girişi artışına, ozmotik ishal ise ince bağırsak hücrelerinde bozulmaya bağlı olarak iyon ve su dengesizliğine neden olmaktadır [20, 21].

NoV enfeksiyonunda kusma, bulantı, karın ağrısı ve kısa süreli ishaller şekillenmektedir. Ancak virüs atılımının semptomlar geçtikten sonra 3-4 hafta daha devam ettiği bildirilmiştir. Küçük çocuklarda ise virüs atılımının daha uzun süre devam etmesi nedeni ile aile içi bulaş olabileceği bildirilmektedir [22]. Virüs, immün yetmezliği bulunan hastalarda uzun süren ve tedavisi zor olan ishalleri neden olmakta ve dışkı ile atılımının sekiz ay devam edebildiği belirtilmektedir. Tüm yaş gruplarını etkilese de NoV enfeksiyonu özellikle çocuk ve yaşlıları daha çok etkilemektedir. Yaşlı hastaların dışkılarında virüs konsantrasyonunun yüksek olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur [23, 24].

Bulaşma hızı yüksek olan NoV'ların yayılımı gıda ve su kaynaklı olarak fekal-oral yolla, insandan insana, kontamine çevre teması veya yoğun kusma olgularında hava yolu ile gerçekleşmektedir [25-29]. Bir diğer önemli bir bulaş yolu, kontamine sulara yaşayan veya yetiştirilen deniz kabuklularının tüketimidir [30]. NoV enfekte bireylerin dışkılarında yüksek sayılarda ( $10^5$ - $10^{11}$  partikül/g dışkı) bulunmakta ve bulaştığı yüzeylerde uzun süre dayanıklılığını sürdürebilmektedir. NoV için minimum enfekte edici doz suşa bağlı olmakla birlikte 10-100 virüs partikülü kadar az olduğuna inanılmaktadır [31].

Virulansı yüksek olan NoV özellikle hastane, okul, otel, tatil bölgeleri, seyahat gemileri gibi kalabalık ve kapalı ortamlarda kolay yayılmakta ve bu ortamlarda salgınlar daha fazla görülebilmektedir. Kapalı ortamlarda yakın temas, kontamine eşyalar ve yetersiz hijyen uygulamaları virüs yayılımını kolaylaştırmaktadır [14, 32]. NoV enfeksiyonları yılın her döneminde görülebilmeye rağmen, kış ve bahar aylarında daha sık görülmektedir [14, 33]. Su kaynaklı NoV kontaminasyonları özellikle şehirlerde kısa sürede büyük salgınlara neden olmaktadır. Dünya'da ve Türkiye'de birçok NoV salgını bildirilmiştir. Dünya'da 1995, 2002, 2006 ve 2008 yıllarında pandemi şeklinde salgınlar rapor edilmiştir. Türkiye'de ise NoV salgını ilk kez 2008 yılında resmi olarak rapor edilmiştir [34, 35].

İki bin dokuz ile iki bin on iki yılları arasında CDC'ye yapılan NoV salgın ihbarlarının %78'inin gıda kaynaklı, kalan bölümünün ise gıda dışı olduğu rapor edilmiştir. Gıda dışı bulaş kaynakları; insandan insana, kontamine çevre ve su olarak belirlenmiştir. Bir kısım salgınlarda ise kaynak belirlenememiştir [27]. Gıdaların üretimi, işlenmesi ve hazırlanması sırasında enfekte kişiler aracılığı ile kontamine olduğu bildirilmiştir. Salgın nedenleri olarak en sık çiğ veya az pişmiş olarak tüketilen gıdalar; salatalar, salata sosu, yeşil soğan, domates, maydanoz, marul, bulgur, tostlar, kremalar, pastalar, donmuş gıdalar, sıvı gıdalar (kontamine sularla hazırlanan meyve suları), meyveler, midye ve istiridye gibi kabuklu deniz hayvanları listelenmiştir [36, 37]. İnsandan insana bulaş ile ikincil atak oluşması sonrası NoV salgın süresinin uzayabileceği bildirilmektedir. İkincil atak hızının %14-33 arasında değiştiği bildirilmektedir [7]. 2002 yılında İtalya'da bir markette satılan çiğ midye kaynaklı NoV salgınında atak hızının %79 düzeyinde olduğu bildirilmiştir [38].

NoV'un Influenza gibi yeni suşlar sonucu 2-3 yılda bir salgınlara neden olduğu bildirilmektedir. NoV GGII suşu Dünya'da en yaygın görülen suştur. 2001 yılından itibaren NoV enfeksiyonlarında ağırlıklı olarak GGII.4 suşu da tespit edilmeye başlamıştır. Çin'de 2014-2015 yıllarında NoV GGII.17 ve Avrupa'da 2016 yılında NoV GGII.P16 ve GGII.2 suşları dominant suşlar olarak tespit edilmiştir [39-44].

Bu bilgiler ışığında NoV'un, diğer AGE etkeni virüslerden bazı farklılıkları ortaya çıkmaktadır. Bunlar; yetişkinlerin de etkilenmesi nedeni ile iş-güç kaybına bağlı ekonomik etkilerdir. İnsanlarda hastalığın en belirgin semptomu kusmadır. Bunun sonucunda çevre kontaminasyonu sonucu ikincil salgınlar ve özellikle gıda hazırlanması sırasında asemptomatik kişiler aracılığı ile gıdaların kontaminasyonu gerçekleşebilmektedir. Bir diğer farklılık, farklı suşlar ile enfeksiyon gelişmesi sonucu bağışıklığın kısa süreli oluşmasıdır.

### Klinik

NoV'a bağlı gelişen enfeksiyonlar akut, kronik, asemptomatik ve nadiren gastrointestinal sistem dışı semptomlar şeklinde görülebilmektedir. Bu semptomların boyun sertliği, ışığa duyarlılık ve damar içinde koagülasyon olduğu belirlenmiştir [45]. NoV enfeksiyonu en sık gastroenterit olguları şeklinde görülmektedir. Bu olgularda bulantı, kusma, karın ağrısı ve ishal (sulu, mukussuz ve kansız) en sık görülen semptomlardır. Bunlara ek olarak hastalarda ilk 24 saatte baş ağrısı, kas ağrısı ve hafif ateş ( $38$ - $39^{\circ}\text{C}$ , %37-45'inde) görülebilir [22]. İnkübasyon süresi 24-48 saat arasında olup, klinik bulgular 12-72 saat sürmektedir [46]. NoV enfeksiyonu küçük çocuklar, yaşlılar ve bağışıklık sistemi baskılanmış (immünsupresif) kişilerde uzun sürebilmektedir [47].

### Tanı, Tedavi, Korunma

Dışkıda NoV antijeni, %30-70 duyarlılığı ve %69-100 spesifikliğı olan enzime bağlı bağışıklık testi (enzyme-linked immünsorbent assay, ELISA) kitleri kullanılarak tespit edilmektedir [48, 49]. Moleküler yöntemlerin gelişmesi ile virüs kapsid genin 5' bölgesinden dizayn edilen gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyon (RT-PCR) testi ile de NoV suşları tespit edilebilmektedir ve bu test en çok kullanılan test olarak bildirilmiştir. RT-PCR, konvansiyonel testlere göre daha kısa sürede sonuç vermektedir. Aynı zamanda virüs partikül miktarının sayısal olarak belirlenmesi de testin avantajı olarak değerlendirilmektedir [50, 51]. Salgınlarda etkenin belirlenmesinde ELISA ve RT-PCR yöntemlerinin birlikte kullanılması önerilmektedir [34].

NoV enfeksiyonlarında ishal sonucunda su kaybına bağlı olarak kilo kaybı olmaktadır. Tedavide de asıl olan dehidratasyonun önlenmesidir. Bunun yanında ribavirin ve piperazin gibi etken maddeler içeren antiviral/antinoroviral ilaçların kullanımı ve antiadezyon terapisi önerilmektedir [45, 52, 53].

Başlıca bulaşma yolu gıda ve su olan NoV enfeksiyonlarında gıda güvenliği ve hijyen korunmada

en önemli faktördür. Kişisel hijyen ve kontamine çevre ile temas kontaminasyonlarda önem arz etmektedir. Özellikle gıda hazırlanan yüzeylerin dezenfeksiyonunda hipoklorit (%0.1) kullanılması önerilmektedir. Gıda hazırlayan kişilerin hijyen kurallarına uymaları gıda güvenliği açısından önemlidir [44, 54].

## KABUKLU DENİZ ÜRÜNLERİ VE NOROVİRÜS

Gıdalara bağlı ortaya çıkan NoV salgınlarına taze olarak tüketilen sebzeler, meyveler, hazır gıdalar ve istiridyeye gibi deniz ürünleri neden olmaktadır. Gıda kaynaklı NoV salgınlarının %33'ünün lifli sebze, %16'sının meyve ve %13'ünün deniz kabukluları kaynaklı olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir [14]. NoV enfeksiyonlarının ortaya çıkışında deniz ürünleri önemli rol oynamaktadır. Deniz ürünlerinin virüs ile kontaminasyonu (i) deniz ürünlerinin bulunduğu/yetiştirildiği suların insan ve hayvan atıkları ile kontamine olması ve (ii) enfekte kişiler tarafından yiyeceklerin hazırlanmaları ve servis edilmeleri sırasında meydana gelen kontaminasyon olmak üzere başlıca iki şekilde meydana gelmektedir [55]. Deniz kabukluları içinde buldukları suyu filtre ederek beslenmektedirler. Bundan dolayı deniz kabuklularındaki virüs miktarının içerisinde buldukları sudan 100-1000 kat fazla olabileceği ve tüketimleri sırasında insanların virüs kokteyline maruz kalabileceği bildirilmiştir [56]. Le Guyader ve ark. [57] istiridyeye kaynaklı NoV salgınlarında, hastalar ve istiridyelerde benzer virüsü tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada NoV'nin insanlarda olduğu gibi istiridyeye dokularına da karbonhidrat bağı ile bağlandıkları hipotezi, immünohistokimyasal yöntemle NoV partikülünün istiridyenin *Crassostrea gigas* glikanına bağlandığının belirlenmesiyle doğrulanmıştır. Yapılan çalışmalarda GGI-1 suşunun sindirim divertikülüne insan kan yüzey antijenine (human blood surface antigen, HBSA) benzer karbonhidrat bağı, GGII-3 ve GGII-4 suşlarının sindirim, solungaç ve kabuk dahil tüm dokulara sialik asit bağı [58] ile bağlandığı belirlenmiştir. İstiridyelerde, NoV'nin pasif süzmeyle değil aktif olarak karbonhidrat bağları ile toplandığı belirlenmiştir. Bu bağlanmanın, GGI-1 suşunda lektin ve anti-kan A grubu antikoru ile inhibe olduğu bildirilmiştir [57]. Deniz ürünleri kaynaklı NoV salgınlarında virüs partikül miktarının az olduğu durumlarda bile enfeksiyon geliştiği ve deniz kabuklularının sindirim divertiküllerinde (digestive diverticula) NoV GGII ve GGI tespit edildiği rapor edilmiştir [59].

Türkiye denizlerinde avcılığı yapılan deniz kabukluları/yumuşakçalar endüstriyel ve insan tüketimine sunulmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığının istatistiklerine göre Akivades ve kum midyesi 20.937 ton/yıl, deniz salyangozu 10.354 ton/yıl çıkarılarak endüstride kullanılmaktadır. Denizlerden 78 ton/yıl Kara midye (*Mediterranean mussel*) insan tüketimi için çıkarılmaktadır [60, 61].

## Dünya'da Kabuklu Deniz Ürünlerine Bağlı Gelişen NoV Salgınları ve Epidemiyolojisi

NoV enfeksiyonlarının en sık görülen bulaşma yolu kontamine gıdaların tüketimidir. Gıda kaynaklı bulaşma; kontamine özellikle de kanalizasyon ile kontamine olmuş

sularda yetişen/yetiştirilen deniz kabukluları [14, 55, 56, 62-64] veya kontamine sularla sulanan meyve/sebzelerin tüketimleri ile gerçekleşmektedir. Temiz sularda yetişen/yetiştirilen kabuklu deniz ürünlerinin tüketim için işlenmeleri, paketlenmeleri, servis edilmeleri sırasında da ürünler hasta kişiler tarafından NoV ile kontamine edilebilmekte ve salgınlar gerçekleşebilmektedir [55, 56, 65]. Bu bulaşma şekli hasta kişiler tarafından hazırlanan diğer gıdaların tüketimi için de geçerli bir durumdur [56]. Kabuklu deniz ürünlerinin üretiminin yapıldığı yerin kanalizasyon deşarj oranı, atık su arıtma etkinliği ve uzaklığı, bölgede yaşayan insan yoğunluğu ve yağış miktarının artmasıyla su akış hızının artması kirlenmeyi arttıran faktörler olarak rapor edilmektedir. Aynı zamanda suyun tuzluluğu ve sıcaklığının da midye ve istiridyeye gibi kabuklu deniz ürünlerinde NoV bulunma miktarını etkileyebileceği bildirilmektedir [63-65]. Gıda kaynaklı NoV salgınlarının yarısının enfekte gıda üreticisi kişilerden kaynaklandığı ifade edilirken %83'ünün ticari olarak hazırlanan gıdalar aracılığı ile meydana geldiği bildirilmektedir. Salgınların, gıda üreticilerinin eğitimi ve deniz kabuklularının üretimindeki proseslerde yapılacak düzenleme ve önlemlerle engellenebileceği ifade edilmektedir [14].

Bellou ve ark. [62] 1980-2012 yılları arasında kabuklu deniz ürünlerine bağlı olarak bildirilen salgınları incelemişler ve salgınların büyük çoğunluğunun NoV (%83.7) ve Hepatit A virüsü'ü (%12.8) kaynaklı olduğunu rapor etmişlerdir. Salgınların %58.4'ünün taze istiridyeye ve %3.0'ünün dondurulmuş istiridyeden kaynaklandığı ve en sık Doğu Asya, Avrupa, Okyanusya, Avustralya, Afrika kıtalarında yaşandığı tespit edilmiştir. Deniz ürünlerinin çok tüketildiği Japonya salgınların %63.7'sinin görüldüğü ülke olarak bildirilmiştir. Kabuklu deniz ürünlerinin kontamine sularla yetişmesi veya yetiştirilmesi ile bu ürünlerin az pişirilmesinin salgınlarda başlıca bulaşma yolu olduğu yazarlar tarafından ayrıca ifade edilmiştir [62]. Türkiye'de kabuklu deniz ürünlerinden midyelerde NoV varlığının belirlenmesine yönelik İzmir körfezi ve İstanbul boğazında yapılan iki çalışmada sırasıyla %30 (9/30) [5] ve %4.5 (GGII-4suşu) [66] prevalansta NoV tespit edildiği bildirilmiştir. Bu çalışmalarda halk sağlığı açısından az pişmiş midye tüketiminin hastalıklara yol açabileceği ve risk oluşturduğu rapor edilmektedir [5, 66]. Amerika'da yapılan bir çalışmada [63], 1973-2006 yılları arasında bildirilen deniz ürünlerine bağlı 188 adet salgının yumuşakçalar (istiridyeye, deniztarağı vb.), deniz kabukluları (yengeç vb.) ve balık kaynaklı olduğu bildirilmiştir. Söz konusu salgınların %21.3'ünde hastalık etkeninin virüs olduğu ve en fazla NoV kaynaklı enfeksiyonların görüldüğü ifade edilmiştir. Birleşik Krallık'ta yapılan bir çalışmada [65], kontamine gıda tüketimine bağlı olarak şekillenen NoV vakalarının %3-11 arasında gerçekleştiği ve kontaminasyon kaynağı gıdaların %16'sının istiridyeye olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonunda araştırmacılar, midye gibi pişirilerek tüketilen deniz kabuklularında NoV'un inaktive olduğu ancak istiridyeye gibi çiğ tüketilen kabukluların halk sağlığı açısından risk oluşturduğu sonucuna varmışlardır [65]. Bu çalışmayı doğrular nitelikte olan başka bir çalışmada, Fransa ve İtalya'da 2005 yılında görülen AGE salgınının



kaynağının NoV GGI-4 ve GGII-4 ile kontamine olmuş istirdiyeler olduğu tespit edilmiştir [67]. Başka bir çalışmada ise Avrupa'da paketlenmiş olarak satılan istirdiyelerin %9'unda NoV tespit edildiği ve mevsime bağlı sıcaklık artışı ile NoV etkinliğinin arttığı rapor edilmiştir [68].

Gıda kaynaklı NoV'un dünya genelindeki genogrup skalasının belirlediği bir çalışmada [69]; global olarak gıda kaynaklı salgınların %14'ünde etkenin NoV olduğu bu salgınların %10'unun GGII-4, %27'sinin diğer genogruplardan ve %37'sinin GGII-4 ve diğer genogrupların karışımından meydana geldiği bildirilmiştir [69]. Fransa'da 2012 yılında bir bakımevinde ortaya çıkan NoV salgınında hem klinik örnekler, hem istirdiye ve hem de istirdiyelerin üretim bölgelerinde tespit edilen NoV suşlarının benzer olduğu bildirilmiştir [70]. Güney Kore'de 2013 yılında bir okulda istirdiye kaynaklı salgında insan ve istirdiye örneklerinde NoV GGII tespit edilmiştir [59, 71]. Kabuklu deniz ürünleri kaynaklı 2009-2014 yılları arasında bildirilen viral AGE salgınlarında tespit edilen NoV suşlarının filogenetik analizi sonucu klinik ve gıda örneklerinde %100 korelasyon görülmüştür [72]. Bu ve benzeri çalışmalar kabuklu deniz ürünlerinin gıda kaynaklı AGE salgınlarında, özellikle viral etken olarak NoV'nin halk sağlığı riski oluşturduğunu göstermektedir.

NoV'nin çevre koşullarına dayanıklılığının test edildiği bir çalışmada, NoV ile kontamine edilen yeraltı suyunun 61 gün sonra denekleri etkilemediği tespit edilmiştir. Aynı çalışmada NoV'nin dondurulmuş (<-20°C) ve soğutulmuş gıdalarda (<10°C) altı aya kadar enfeksiyözitesini koruyabildiği ifade edilmiştir [54].

NoV kaynaklı enfeksiyon hastalıklarının tanısında PCR kullanılmaktadır. Konvansiyonel ve RT-PCR yöntemlerine ek olarak kontamine deniz kabuklularında virüsü belirlemede duyarlılığı daha yüksek olan RT-Booster PCR yöntemi de tavsiye edilmektedir [73].

### Korunma Önlemleri

Avrupa birliği düzenlemelerinde (EC 91/492) kabuklu deniz ürünlerinin yetiştirilmesi için kullanılan sular mikrobiyolojik kalite açısından üç sınıfta incelenmektedir. Ancak söz konusu sınıflandırmada suyun mikrobiyolojik kalitesi *Escherichia coli* (*E. coli*) ve/veya toplam fekal koliformların sayısına bakılarak değerlendirilmekte olup virüs kontaminasyonu açısından bir değerlendirmeyi içermemektedir [74]. Bakterilerin enterik virüslerin varlığının yeterli bir göstergesi olmadıkları ve Avrupa Birliği düzenlemelerine uygun kabuklu deniz ürünlerini tüketenlerde çok sayıda virüs enfeksiyonunun meydana geldiği literatürde bildirilmektedir [75]. Yine kabuklu deniz ürünlerinin yetiştirildikleri sulardan avlanmaları/toplanmaları öncesi temiz sulardan geçirilmesi, ısıtma işlemine maruz bırakılması veya depurasyon işlemi uygulanması mikrobiyal kirlilik düzeyinin azaltılmasında önemlidir [56]. Depurasyon işlemi sirkülasyon tankında bulunan kabuklu deniz ürünlerinin üzerinden dezenfekte edilmiş (ultraviyole, ozon vb. uygulamalarla) suyun sirküle edilmesi işlemidir. Ancak uygulama söz konusu işlemlerle bakteriler daha

hızlı bir şekilde tasviye edilmektedir [56, 75]. Schwab ve ark. [76] tarafından yapılan bir çalışmada 48 saatlik depurasyon işlemi *E. coli* sayısında %95'lik bir azalma belirlemişken NoV'nin sayısında sadece %7 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Konu ile ilgili olarak yapılan başka bir çalışmada Polo ve ark. [77], *Venerupis pullastra* ve Akdeniz midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) hepatit A virüsü ile NoV genogrupları I (GGI) ve II (GGII)'nin uzaklaştırılması için 7 gün uygulanan depurasyonun işleminin etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada her iki kabuklu deniz hayvanında da yedi günün sonunda bütün virüslerin bulunduğu ancak en çok NoV GGI'nin bulunduğu belirlenmiştir. Bu bilgilerin yanı sıra kabuklu deniz ürünlerinin dünya genelinde geleneksel tüketim şekilleri (çiğ ya da çok az pişmiş, virüslerin çoğunlukla biriktiği sindirim organlarıyla beraber bütün olarak tüketimleri) kabuklu deniz ürünlerini yüksek riskli bir gıda grubu haline getirmektedir [77]. Bu nedenlerle kabuklu deniz ürünlerinin yetiştirildiği/Yetiştirildiği suların fekal kontaminasyon açısından izlenmeleri ve tüketim öncesi bakteriyel/viral dekontaminasyonu sağlayacak ön işlemlerin uygulanması gerekmektedir.

Kabuklu deniz ürünlerinde mikrobiyal patojenlerin (bakteri ve virüslerin) ortadan kaldırılması için depurasyon, pişirme ve ısıtma pastörizasyonu, dondurma, işleme ve yüksek basınç uygulaması gibi farklı metotlar kullanılabilmektedir. Ancak sözü edilen metotların hiç biri ürünün duyu özelliklerini etkilemeden toplam virüs inaktivasyonunu garanti edememektedir. NoV dekontaminasyonu açısından etkili metot kabuklu deniz ürünlerinin pişirilmesi [78]. Kabuklu deniz ürünlerine uygulanacak 90°C'de en az 90 saniyelik ısıtma işlemi NoV dekontaminasyonu açısından yeterli olacaktır [79]. Deniz kabuklularının buharda pişirilmesinin de salgınla katkıda bulunduğu ifade edilmektedir [63]. Zira yapılan bir çalışmada midyelerin 3 dakika süre ile kaynatılması sırasında iç sıcaklığın 90°C'ye çıktığı ancak aynı sürede yapılan buharda pişirme işlemi iç sıcaklığın ancak 63°C'ye ulaştığı belirlenmiştir [80]. Kabuklu deniz ürünlerinde mikrobiyal dekontaminasyon için kullanılan ısıtma olmayan metotlardan birisi yüksek basınç uygulamasıdır. İstirdiyelerin dezenfeksiyonu için yüksek basınç işlemcisi ile 3 dakikalık 275-300 MPa basınç uygulamasının istirdiyenin çiğ tat ve dokusunu, dolgun ve sulu yapısını koruduğu ve kısmi protein denatürasyonundan dolayı hafif pişmiş bir görünüm verdiği bildirilmektedir [78]. Ancak uygulamanın etkinliğinin işlem sıcaklığı, tuz konsantrasyonu, matriks kompozisyonu gibi faktörler ile virüsün bağlı olduğu genetik grup ve alt türlerine bağlı olarak değişim gösterdiği belirtilmektedir. Örneğin istirdiyelerdeki insan NoV'nin kedi (feline calicivirus, FCV) ve fare (murine norovirus, MNV-1) NoV'lerine göre yüksek basınç işlemine daha dayanıklı olduğu rapor edilmiştir [78]. Virüs dekontaminasyonunda kullanım potansiyeline sahip metotlardan biri olan ultraviyole ışın uygulaması işlemin yalnızca yüzey uygulamalarındaki etkinliği nedeniyle kabuklu deniz ürünlerinde sınırlı kullanım alanı bulabilecektir. Literatürde farklı dozlarda iyonize radyasyon (gama ışınları) uygulamalarının virüs dekontaminasyonu için kullanım potansiyelini gösteren çalışmalar [81, 82] bulunmakla birlikte konu ile ilgili daha

fazla çalışmanın yapılması gerekli görülmektedir. Dondurulma ve çözündürme işlemlerinin virüs yükünü önemli düzeyde düşürmediği ve hatta 20 yıl dondurulmuş olarak bekletilen NoV ile kontamine dışkı örneklerinde çözündürme sonunda RT-PCR ile yüksek seviyelerde ( $6,2 \times 10^{10}$  g dışkı) NoV tespit edildiği bildirilmektedir [78]. Richards ve ark. [78] viral dekontaminasyonun sağlanması için ilave avantajlar sağlayacağı düşüncesiyle (i) temiz sularda uzun süre bekletmenin ardından yüksek basınç uygulaması, (ii) pastörizasyon sonrası dondurma veya (iii) depurasyon sonrası orta dereceli pişirme işlemi gibi kombine metotların kullanımını önermektedir. Ancak virüslerin enfektif dozlarının çok düşük olması, viral dekontaminasyonun çok sayıda çevresel faktör tarafından etkilenmesi, etkinin genotip ve alt türlerde farklılık gösterilmesi gibi sınırlayıcı faktörler nedeniyle kabuklu deniz ürünlerinde virüsler açısından gıda güvenliğinin sağlanabilmesi için konu ile ilgili çalışmaların sürdürülmesi zorunlu görülmektedir.

Kabuklu deniz ürünlerinin tüketimine bağlı viral AGE salgınlarının önlenmesine yönelik olarak "erken uyarı sistemi" oluşturulması önemlidir. Konu ile ilgili olarak istiridyelerle yapılan bir çalışmada araştırmacılar, erken uyarıyı oluşturabilmek için istiridye yatak derinliği, su sıcaklığı, yağış, rüzgâr ve suyun tuzluluk oranı gibi parametrelere göre NoV salgın risk tahmin metodu (Norovirüs Outbreak Risk Forecasting, NORF) geliştirmişlerdir. Bu metot ile 1994-2014 yılları arasında görülen salgınların risk tahmin değeri 0.5-0.6 olarak belirlenmiştir. NORF modelinde salgın tahmini 0.5-0.6 değerlerinin üzerine çıktığında, salgının meydana gelme ihtimalinin arttığı belirtilmiştir. Araştırmacılar tarafından böyle bir durumda salgınların önlenmesi için istiridye yataklarının kapatılması önerilmektedir [83].

Gıda işletmeleri kaynaklı viral enfeksiyonların önlenmesi, ancak işletme ve personel açısından hijyen ve sanitasyon standartlarının yükseltilmesi ile gerçekleştirilebilir [84]. Bu amaçla personelin el temizliğine önem verilmesi, antiviral etkili yüzey ve el dezenfektanları kullanılması ve virüsle enfekte personelin potansiyel bulaşma kaynağı olmasından dolayı enfeksiyon süresince ve sonrasında belirli bir sürede çalıştırılmaması gereklidir [34, 85]. Gıda işletmelerinde çalışan personelin elleri virüslerin yayılmasında en önemli araçlardan biridir. Bu nedenle ellerin uygun şekilde temizlenmesi ve dekontamine edilmesi önemlidir. Ellerin doğru biçimde dekontamine edilmesinde dikkat edilmesi gereken başlıca hususlar, (i) personel eğitimi, (ii) etkili bir el dezenfektanı kullanımı ve (iii) ellerin düzenli olarak temizlenmesi ve dekontaminasyonudur [86]. Aynı şekilde işletmenin ve işin niteliğine göre uygun şekilde eldiven kullanımı da viral bulaşmaların önlenmesinde etkili olabilir. Gıda işletmelerinde çalışan personelin el hijyeni konusunda eğitilmesi oldukça önemlidir. Örneğin, ellerin yıkanmasından sonra kurutulmamasının eller üzerinde kalan kalıntı nemin, virüslerin transferinde önemli bir rol oynayacağı ifade edilmektedir [87]. Örneğin ellerin su ve sabunla yıkanmasından sonra kurutulması durumunda ellerdeki Rotavirüs'ün %77, sıcak hava ile kurutulması durumunda %92, kâğıt havlu ile kurutulması durumunda

%87 ve el havlusunu ile kurutulması durumunda %80 oranında azaldığı rapor edilmektedir [86].

## SONUÇ

Dünya'da deniz ürünleri bakteriyel ve viral kaynaklı salgınlar oluşturma potansiyelleri açısından önemli bir yere sahiptir. Avrupa ve Asya'yı birbirine bağlayan Anadolu yarımadasında bulunan Türkiye, üç tarafının denizlerle çevrili olması nedeniyle uluslararası turizm açısından önemli bir konumdadır. Turist ishali olarak da bilinen NoV enfeksiyonu; gıdaların üretimi, işlenmesi ve servisi sırasında kontamine olması ile ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, gıda ve su kaynaklı salgınlar özellikle turizm bölgelerinde ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Türkiye'de çoğunlukla su kaynaklı NoV salgınları görülmesine karşılık, turizm bölgelerinde ve sahil şehirlerinde kabuklu deniz ürünlerine bağlı salgınların görülebileceği göz ardı edilmemesi gereken bir husustur.

Çevre koşullarına oldukça dirençli olan NoV'nin patojenitesi son derece yüksektir. Midye gibi kabuklu deniz canlıları suyu filtre ederek sudaki virüsü bünyelerinde konsantre etmeleri nedeniyle viral bulaşmalar açısından sürekli izlenmesi gereken deniz ürünleridir. Kabuklu deniz ürünlerinde NoV prevalans araştırmaları liman ve kıyı şeridinin temizliğinin izlenmesi açısından önemli bir göstergedir. Türkiye'de kıyı sularının viral kontaminasyon potansiyelinin izlenmesi ve böylece turistik bölgelerde görülebilecek salgınların önlenmesi için daha fazla araştırma yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] World Health Organization. (2017) Global Foodborne Infections Network. <http://www.who.int/gfn/supported/en/> Erişim Tarihi: 10.05.2017.
- [2] Sözen, H., Gönen, I., Beydilli, H. (2014). An outbreak of norovirus gastroenteritis in a county in Turkey. *Journal of Microbiology and Infectious Diseases*, 4(1), 26-29.
- [3] Rodriguez-Lazaro, D., Cook, N., Ruggeri, F.M., Sellwood, J., Nasser, A., Nascimento, M. J., D'Agostino, M., Santos, R., Saiz, J.C., Rzeżutka, A., Bosch, A., Gironés, R., Carducci, A., Muscillo, M., Kovač, K., Diez-Valcarce, M., Vantarakis, A., von Bonsdorff, C.H., de Roda Husman, A.M., Hernández, M., van der Poel, W.M. (2012). Virus hazards from food water and other contaminated environments. *FEMS Microbiology Reviews*, 36(4), 786-814.
- [4] Centre for Disease Control and Prevention. (2017). Norovirus for public health professional. <http://www.cdc.gov/norovirus/php/illness-outbreaks.html>. Erişim tarihi: 18.04.2017
- [5] Erol, N., Delibaş, S.B., Özkoç, S., Ergüden, C., Aksoy, Ü. (2016). Investigation of parasitic and viral pathogens in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in the Gulf of Izmir, Turkey. *Saudi Medical Journal*, 37(6), 703-706.

- [6] Sağlık Bakanlığı (2018). <https://www.saglik.gov.tr/TR,10488/bulasici-hastaliklar-surveyans-ve-kontrol-esaslari-yonetmeligi.html>. Erişim tarihi: 12.06.2018.
- [7] Karst, S.M., Wobus, C.E., Lay, M., Davidson, J., Virgin, H.W. (2003). STAT1 Dependent innate immunity to a norwalk-like virus. *Science*, 299, 1575-78.
- [8] King, A.Q., Adams, M.J., Carstens, E.B., Lefkowitz, E.J. *ICTV Taxonomy History:Norwalk Virus*. International Committee on Taxonomy of Viruses: [http://www.data.ictvonline.org/proposals/Rarification\\_n\\_1998.pdf](http://www.data.ictvonline.org/proposals/Rarification_n_1998.pdf). Erişim Tarihi: 22.03.2017.
- [9] Stephanie, M.K., Zhu, S., Ian, G.G. (2015). The molecular pathology of noroviruses. *Journal of Pathology*, 235, 206-16.
- [10] Jiang, W., Wang, M., Wang, K., Estes, M.K. (1993). Sequence and genomic organization of norwalk virus. *Virology*, 195, 51-61.
- [11] Prasad, B.V., Hardy, M.E., Dokland, T., Bella, J., Rossmann, M.G., Estes, M.K. (1999). X-ray crystallographic structure of the norwalk virus capsid. *Science*, 286(5438), 287-290.
- [12] Peasey, A.E., Ruiz-Palacios, G.M., Quigley, M., Newsholme, W., Martinez, J., Rosales, G., Jiang, X., Blumenthal, U.J. (2004). Seroepidemiology and risk factors for sporadic Norovirus/Mexico Strain. *The Journal of Infectious Diseases*, 189(11), 2027-2036.
- [13] Batten, C.A., Clarke, I.N., Kempster, S.L., Oliver, S.L., Bridger, J.C., Lambden, P.R. (2006). Characterization of a cross-reactive linear epitope in human genogroup I and bovine genogroup III norovirus capsid proteins. *Virology*, 356, 179-187.
- [14] Hall, A.J., Eisenbart, V.G., Etingue, A.L., Gould, L.H., Lopman, B.A., Parashar, U.D. (2014). Vital signs: Foodborne norovirus outbreaks - United States, 2009-2012. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 63(22), 491-495.
- [15] Karst, S.M., Zhu, S., Goodfellow, I.G. (2015). The molecular pathology of noroviruses. *Journal of Pathology*, 235, 206-216.
- [16] Zheng, D.P., Ando, T., Frankhauser, R.L., Beard, R.S., Glass, R.I., Monroe, S.S. (2006). Norovirus classification and proposed strain nomenclature. *Virology*, 346(2), 312-23.
- [17] Moshe, S.D. (2009). Is norovirus a foodborne or pandemic pathogen? An analysis of the transmission of Norovirus-associated gastroenteritis and the roles of food and food handlers dreyfuss. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6(10), 1219-1228.
- [18] Brian, W.J., Mahy, V.M. (2005). Topley and Wilson's Microbiology and Microbial Infections. 10th Ed. Hodder Arnold Company, London.
- [19] Kele, B. (2011). Comparative molecular genetic studies of nucleic acid detection in human noroviruses. *Ph. Thesis*. Albert Szent-Györgyi Clinical Center, Faculty of Medicine, University of Szeged: Institute of Clinical Microbiology.
- [20] Baldi, F., Bianco, M.A., Nardone, G., Pilotto, A., Zamparo, E. (2009). Focus on acute diarrhoeal disease. *The World Journal of Gastroenterology*, 15, 3341-3348.
- [21] Hodges, K., Gill, R. (2010) Infectious diarrhea: Cellular and molecular mechanisms. *Gut Microbes*, 1, 4-21.
- [22] Rockx, B., De Wit, M., Vennema, H., Vinje, J., De Bruin, E., Van Duynhoven, Y., Koopmans, M. (2002). Natural history of human calicivirus infection: a prospective cohort study. *Clinical Infectious Diseases*, 35, 246-253.
- [23] Lee, N., Chan, M.C., Wong, B., Choi, K.W., Sin, W., Lui, G., Chan, P.K., Lai, R.W., Cockram, C.S., Sung, J.J.Y., Leung, W.K. (2007). Fecal viral concentration and diarrhea in norovirus gastroenteritis. *Emerging Infectious Diseases*, 13, 1399-1401.
- [24] Levett, P.N., Gu, M., Luan, B., Fearson, M., Stubber, J., Jamieson, F., Petric, M. (1996). Longitudinal study of molecular epidemiology of small round-structured viruses in a pediatric population. *Journal of Clinical Microbiology*, 34, 1497-1501.
- [25] Centers for Disease Control and Prevention, (2002). Outbreak of acute gastroenteritis associated with Norwalk-like viruses among British military personnel-Afghanistan. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 51(22), 477-479.
- [26] Caul, E.O. (1994). Small round structured viruses: Airborne transmission and hospital control. *Lancet*, 343, 1240-1242.
- [27] Ushijima, H., Fujimoto, T., Müller, W.E., Hayakawa, S. (2014). Norovirus and foodborne disease: A review. *Food Safety*, 2(3), 37-54.
- [28] *Centre for Disease Control and Prevention*. (2017). Norovirus. <https://www.cdc.gov/norovirus/index.html>. Erişim Tarihi: 08.04.2017.
- [29] Glass, I.R., Noel, J., Mitchell, D., Herrmann, J.E., Blacklow, N.R., Pickering, L.K., Dennehy, P., Ruiz-Palacios, G., de Guerrero, M.L., Monroe, S.S. (1996). The changing epidemiology of astrovirus-associated gastroenteritis: A review. *Archives of Virology*, 12, 287-300.
- [30] Haramoto, E., Katayama, H., Ohgaki, S. (2004). Detection of noroviruses in tap water in Japan by means of a new method for concentrating enteric viruses in large volumes of freshwater. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 2154-2160.
- [31] Scherer, K., Made, D., Ellerbroek, L., Schulenburg, J., Johne, R., Klein, G. (2009). Application of a swab sampling method for the detection of norovirus and rotavirus on artificially contaminated food and environmental surfaces. *Food and Environmental Virology*, 1, 42-49.
- [32] Taku, A., Gulati, B.P., Allwood, P.B., Palazzi, K., Hedberg, C.W., Goyal, S.M. (2002). Concentration of caliciviruses from food contact surfaces. *Journal of Food Protection*, 65, 999-1004.
- [33] Teunis, P.F., Moe, C.L., Liu, P., Miller, S.E., Lindesmith, L., Baric, R.S., Le Pendu, J., Calderon, R.L. (2008). Norwalk virus: How infectious is it? *Journal of Medical Virology*, 80, 1468-1476.
- [34] Uyar, Y., Çarhan, A., Ozkaya, E., Ertek, M. (2008). Türkiye'de 2008 yılında ortaya çıkan ilk Norovirus salgınının laboratuvar sonuçlarının

- değerlendirilmesi. *Mikrobiyoloji Bülteni*, 42, 607-615.
- [35] Chung, J.Y. (2012). Noroviruses: Recent updates. *Pediatric Gastroenterology, Hepatology & Nutrition*, 15, 1-7.
- [36] Todd, E.C., Greig, J.D., Bartleson, C.A., Michaels, B.S. (2007). Outbreaks where food workers have been implicated in the spread of foodborne disease. Part 3. Factors contributing to outbreaks and description of outbreak categories. *Journal of Food Protection*, 70, 2199-2217.
- [37] Marks, P.J., Vipond, I.B., Carlisle, D., Deakin, D., Fey, R.E., Caul, E.O. (2000). Evidence for airborne transmission of Norwalk-like virus (NLV) in a hotel restaurant. *Epidemiology Infection*, 124, 481-487.
- [38] Prato, R., Lopalco, P.L., Chironna, M., Barbuti, G., Germinario, C., Quarto, M. (2004). Norovirus gastroenteritis general outbreak associated with raw shellfish consumption in South Italy. *BMC Infectious Diseases*, 4, 37.
- [39] Atmar, R.L., Estes, M.K., (2006). The epidemiologic and clinical importance of norovirus infection. *Gastroenterology Clinics of North America*, 35, 275-290.
- [40] Fankhauser, R.L., Monroe, S.S., Noel, J.S., Humphrey, C.D., Bresee, J.S., Parashar, U.D., Ando, T., Glass, R.I. (2002). Epidemiologic and molecular trends of "Norwalk-like viruses" associated with outbreaks of gastroenteritis in the United States. *The Journal of Infectious Diseases*, 186, 1-7.
- [41] He, Z., Liu, B., Tao, Y., Li, C., Xia, M., Zhong, W., Jiang, X., Liu, H., Tan, M. (2017). Norovirus GII.17 natural infections in rhesus monkeys, China. *Emerging Infectious Diseases*, 23(2), 316-19.
- [42] Niendorf, S., Jacobsen, S., Faber, M., Eis-Hübinger, A.M., Hofmann, J., Zimmermann, O., Höhne, M., Bock, C.T. (2017). Steep rise in norovirus cases and emergence of a new recombinant strain GII.P16-GII.2, Germany, Winter 2016. *Eurosurveillance*, 22(4), 30447.
- [43] Siebenga, J.J., Vennema, H., Duizer, E., Koopmans, M.P. (2007). Gastroenteritis caused by norovirus GGII.4, The Netherlands, 1994-2005. *Emerging Infectious Diseases*, 13, 144-146.
- [44] T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu. (2017). *Bulaşıcı Hastalıkların Tanısı için Saha Rehberi*. <http://mikrobiyoloji.thsk.saglik.gov.tr/ums/M-N/Norovirus-enfeksiyonu.pdf>. Erişim Tarihi: 03.05.2017.
- [45] Rydell, G.E. (2009). Norovirus, causative agent of winter vomiting disease, exploits several histo-blood group glycans for adhesion. Institute of Biomedicine Department of Clinical Chemistry and Transfusion Medicine University of Gothenburg, Intellecta Infolog AB, Västra Frölunda, 1-57p.
- [46] Treanor, J.J., Dolin, R. (2000). *Norwalk virus and other Caliciviruses*. Ed(s): Mandell, G.L., Bennett, J.E., Principles and practice of infectious diseases. 5<sup>th</sup> Edition, Churchill Livingstone, Philadelphia, 1949-1956p.
- [47] Carlsson, B., Lindberg, A.M., Rodriguez-Diaz, J., Hedlund, K.O., Persson, B., Svensson, L. (2009). Quasispecies dynamics and molecular evolution of human norovirus capsid P region during chronic infection. *Journal of General Virology*, 90, 432-441.
- [48] Dimitriadis, A., Marshall, J.A. (2005). Evaluation of a commercial enzyme immunoassay for detection of norovirus in outbreak specimens. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 24, 615-618.
- [49] Richards, A.F., Lopman, B., Gunn, A., Curry, A., Ellis, D., Cotterill, H., Ratcliffe, S., Jenkins, M., Appleton, H., Gallimore, C.I., Gray, J.J., Brown, D.W. (2003). Evaluation of a commercial ELISA for detecting Norwalk-like virus antigen in faeces. *Journal of Clinical Virology*, 26, 109-115.
- [50] Bucardo-Rivera, F. (2008). Pediatric Rotavirus and Norovirus Diarrhea in Nicaragua. Ph.D. Thesis. Department of Microbiology, Tumor and Cell Biology (MTC), Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden. 1-71p.
- [51] Vinje, J.H., Vennema, L., Maunula, C.H., von Bonsdorff, M., Hoehne, E., Schreier, A., Richards, J., Green, D., Brown, S.S., Beard, S.S., de Bruin, M.E., Svensson, L., Koopmans, M.P. (2003). International collaborative study to compare 68 reverse transcriptase PCR assays for detection and genotyping of noroviruses. *Journal of Clinical Microbiology*, 41, 1423-1433.
- [52] Chang, K.O., Geroge, D.W. (2007). Interferons and ribavirin effectively inhibit Norwalk virus replication in replicon-bearing cells. *Journal of Virology*, 22, 12111-12118.
- [53] Dou, D., He, G., Mandadapu, S.R., Aravapali, S., Kim, Y., Chang, K.O., Groutas, E.C. (2012). Inhibition of noroviruses by piperazine derivatives. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 22, 377-379.
- [54] Barclay, L., Park, G.W., Vega, E., Hall, A., Parashar, U., Vinje, J., Lopman, B. (2014). Infection Control for Norovirus. *Clinical Microbiology and Infection*, 20, 731-40.
- [55] Baran, A., Erdogan, A. (2013). Gıda kaynaklı bir hastalık olarak norovirus salgınlarının önemi. *Gıda*, 38(2), 119-126.
- [56] Carter, M.J. (2005). Enterically infecting viruses; Pathogenicity, transmission and significance for food and waterborne infection. *Journal of Applied Microbiology*, 98, 1354-1380.
- [57] Guyader, F.S.L., Atmar, R.L., Le Pendu, J. (2012). Transmission of viruses through shellfish: when specific ligands come into play. *Current Opinion in Virology*, 2, 103-110.
- [58] Maalouf, H., Zakhour, M., Le Pendu, J., Le Saux, J.C., Atmar, R.L., Le Guyader, F.S. (2010). Distribution in tissue and seasonal variation of norovirus Genogroup I and II Ligands in oysters. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(16), 5621-5630.
- [59] Woods, J.W., Calci, K.R., Marchant-Tambone, J.G., Burkhardt, W. (2016). Detection and molecular characterization of norovirus from oysters implicated in outbreaks in the US. *Food Microbiology*, 59, 76-84.
- [60] TÜİK (2018). [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr). Erişim Tarihi: 01.06.2018.

- [61] T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (2017). Veriler. <https://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf>. Erişim Tarihi: 04.06.2018
- [62] Bellou, M., Kokkinos, P., Vantarakis, A. (2012). Shellfish-borne viral outbreaks: A systematic review. *Food and Environmental Virology*, 4(4), 13-23.
- [63] Iwamoto, M., Ayers, T., Mahon, B.E., Swerdlow, D.L. (2010). Epidemiology of seafood-associated infections in the United States. *Clinical Microbiology Reviews*, 23(2), 399-411.
- [64] Campos, C.J.A., Lees, D.N. (2014). Environmental transmission of human noroviruses in shellfish waters. *Applied and Environmental Microbiology*, 80, 3552-3561.
- [65] Hassard, F., Sharp, J.H., Taft, H., LeVay, L., Harris, J.P., McDonald, J.E., Tuson, K., Wilson, J., Jones, D.L., Shelagh, K., Malham, S.K. (2017). Critical review on the public health impact of norovirus contamination in shellfish and the environment: A UK Perspective. *Food and Environmental Virology*, 9, 123-141.
- [66] Yilmaz, H., Bostan, K., Turan, N., Muratoglu, K., Yilmaz, A., Ozkul, A.A., Kocazeybek, B., Helps, C. (2010). Real Time-PCR detection of norovirus in mussels collected from The Bosphorus in Istanbul, Turkey. *Food and Environmental Virology*, 2, 64.
- [67] Guyader, F.S.L., Bon, F., DeMedici, D., Parnaudeau, S., Bertone, A., Crudeli, S., Doyle, A., Zidane, M., Suffredini, E., Kohli, E., Maddalo, F., Monini, M., Gallay, A., Pommepuy, M., Pothier, P., Ruggeri, F.M. (2006). Detection of multiple noroviruses associated with an international gastroenteritis outbreak linked to oyster consumption. *Journal of Clinical Microbiology*, 44(11), 3878-3882.
- [68] Schaeffera, J., Le Saux, J.C., Loraa, M., Atmarb, R.L., Le Guyadera, F.S. (2013). Norovirus contamination on French marketed oysters. *International Journal of Food Microbiology*, 166(2), 244-248.
- [69] Verhoef, L., Hewitt, J., Barclay, L., Ahmed, S.M., Lake, R., Hall, A.J., Lopman, B., Kroneman, A., Vennema, H., Vinjé, J., Koopmans M. (2015). Norovirus genotype profiles associated with foodborne transmission, 1999-2012. *Emerging Infectious Diseases*, 21(4), 592-599.
- [70] Loury, P., Le Guyader, F.S., Le Saux, J.C., Ambert-Balay, K., Parrot, P., Hubert, B. (2015). A norovirus oyster-related outbreak in a nursing home in France, January 2012. *Epidemiology & Infection*, 143(12), 2486-93.
- [71] Cho, H.G., Lee, S.G., Lee, M.Y., Hur, E.S., Lee, J.S., Park, P.H., Park, Y.B., Yoon, M.H., Paik, S.Y. (2016). An outbreak of norovirus infection associated with fermented oyster consumption in South Korea, 2013. *Epidemiology and Infection*, 144(13), 2759-64.
- [72] Iizuka, S., Oka, T., Tabara, K., Omura, T., Katayama, K., Takeda, N., Noda, M. (2010). Detection of sapoviruses and noroviruses in an outbreak of gastroenteritis linked genetically to shellfish. *Journal of Medical Virology*, 82, 1247-1254.
- [73] De Medici, D., Croci, L., Suffredini, E., Toti, L. (2004). Reverse transcription-booster PCR for detection of noroviruses in shellfish. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 6329-6332.
- [74] EC (1991). European Directive 91/492. Laying down the health conditions for the production and the placing on the market of live bivalve molluscs. <https://publications.europa.eu> Erişim Tarihi: 1 Nisan 2018.
- [75] Le Guyader, F. S., Loisy, F., Atmar, R. L., Hutson, A. M., Estes, M. K., Ruvoen-Clouet, N. (2006). Norwalk virus-specific binding to oyster digestive tissues. *Emerging Infectious Diseases*, 12, 931-936.
- [76] Schwab, K.J., Neill, F.H., Estes, M.K., Metcalf, T.G. and Atmar, R.L. (1998) Distribution of Norwalk virus within shellfish following bioaccumulation and subsequent depuration by detection using RTPCR. *Journal of Food Protection*, 61, 1674-1680.
- [77] Polo, D., Álvarez, C., Díez, J., Darriba, S., Longa, A., Romalde, J.L. (2014). Viral elimination during commercial depuration of shellfish. *Food Control*, 43, 206-212.
- [78] Richards, G.P., McLeod, C., Le Guyader, F.S. (2010). Processing strategies to inactivate enteric viruses in shellfish. *Food and Environmental Virology*, 2(3), 183-193.
- [79] Lees, D. (2000). Viruses and bivalve shellfish. *International Journal of Food Microbiology*, 59, 81-116.
- [80] Hewitt, J., Greening, G.E. (2006). Effect of heat treatment on hepatitis A virus and norovirus in New Zealand greenshell mussels (*Perna canaliculus*) by quantitative real-time reverse transcription PCR and cell culture. *Journal of Food Protection*, 69, 2217-2223.
- [81] de Roda Husman, A. M., Bijkerk, P., Lodder, W., van den Berg, H., Pribil, W., Cabaj, A., Gehringer, P., Sommer, R., Duizer, E. (2004). Calicivirus inactivation by nonionizing (253.7-nanometer-wavelength [UV]) and ionizing (gamma) radiation. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 5089-5093.
- [82] Harewood, P., Rippey, S., Montesalvo, M. (1994). Effect of gamma irradiation on shelf life and bacterial and viral loads in hard-shelled clams (*Mercenaria mercenaria*). *Applied and Environmental Microbiology*, 60(7), 2666-2670.
- [83] Wang, J., Deng, Z. (2016). Modeling and prediction of oyster norovirus outbreaks along Gulf of Mexico coast. *Environmental Health Perspectives*, 124, 627-633.
- [84] Koopmans, M., Duizer, E. (2004). Foodborne viruses: an emerging problem. *International Journal of Food Microbiology*, 90(1), 23-41.
- [85] Yaprak, Ş.D. (2011). İmmünkompetan Erişkinler ve İmmünsupresif Tedavi Alanlarda Norovirus Enfeksiyonunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- [86] Papafragkou, E., D'Souza, D.H., Jaykus, L.-A. (2006). Food-Borne Viruses: Prevention and

Control. Viruses in Foods, First Edition. (Ed. Goyal, S.M.), Springer, USA, pp. 289-330.

[87] Springthorpe, S., Sattar, S. (1998). Handwashing: what can we learn from recent research? *Infection Control Today*, 2, 20–28.

---

## Gıda İçin Gelecek Öngörüler: Yıl 2050

Çağlar Gökırmaklı , Mustafa Bayram 

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

Geliş Tarihi (Received): 11.07.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 21.04.2017

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [mbayram@gantep.edu.tr](mailto:mbayram@gantep.edu.tr) (M. Bayram)

☎ 0 342 317 23 04 📠 0 342 360 11 05

### ÖZ

Gıda, insanlık tarihinin başlangıcından itibaren, hayatın devamlılığı için en önemli kaynaklardan biri olmuştur. Geçmişten günümüze kadar, gıdanın güvenliğini sağlamak, onu iyi şekilde muhafaza edebilmek ve yeterince üretebilmek hayatta kalmanın anahtar koşulu sayılmıştır. Gıdaya ve tarıma verilen bunca öneme rağmen, günümüzde insanlık faaliyetleri sonucu ortaya çıkan küresel ısınma, aşırı nüfus artışı, plansız ve hızlı kentleşme, tahrip edilen tarım ve orman arazileri gibi pek çok sorun gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Şu anki durumun devam etmesi durumunda, bu tehdidin gelecekte artarak ciddi bir soruna dönüşebileceği öngörülmektedir. Bu çalışmada, dünya nüfus artışının, su kaynaklarının, küresel ısınmanın, bilişim ve geleceğin mutfaklarının, değişen kültürlerin, nanoteknolojinin, modern biyoteknolojilerin, gen teknolojilerinin ve yeni gıda üretim teknolojilerinin yakın gelecekte gıda ve tarım sektörlerine olası etkileri üzerine yapılan araştırmalar ve öngörüler derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda, Tarım, Gelecek, Gıda güvenliği, 2050

### Foresights for Future of Food: The Year 2050

#### ABSTRACT

Food has been one of the most important sources for human life since the beginning of humankind. Food security, its storage in the best conditions and producing it adequately are the key factors for survival of humans. Even superior priority has been given to the supply of food and agricultural crops, some of recent human activities such as global warming, excessive population increasing, unplanned and rapid urbanization, destroyed agricultural and forest lands etc. are threatening food security, and if trends continue, this threat could be increased and be a serious problem for human survival on earth. In this study, increase in global population, future of water sources, global warming, informatics and future of kitchen, cultural changes, nanotechnology, modern biotechnologies, gene technologies and new food production techniques and their near future applications and foresights about them were reviewed.

**Keywords:** Food, Agriculture, Future, Food security, 2050

#### GİRİŞ

Gıda sektörü topraktan endüstriye, günlük hayatımıza akseden, diğer tüm sektörlerle ilişkisi olan, en önemlisi de iklimsel etkenlerden en fazla etkilenen alanlardan birisidir [1]. Dünyada tarımsal üretimdeki gelişmeler Malthus'un belirttiği gibi nüfusun geometrik, üretimin ise aritmetik artış göstereceğine ve 20. yüzyılda insanların aç kalacağına ilişkin teorisini doğrulamamıştır. Ancak,

halen nüfustaki artış, "Gıda Güvenliğini" dünyanın yakın gelecekteki en önemli sorunu olarak karşımıza çıkartmaktadır [1]. Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında yapılan çalışmaya göre [2] Dünya nüfusunun 2050 yılında 9.7 milyar, 2100 yılında ise 11.2 milyar olması beklenmektedir.

Bitkisel üretime uygun verimli toprakların son sınırına gelinmiş olması nedeniyle, artan nüfusla birlikte kişi

başına düşen tarımsal alan miktarı azalmaktadır. Topraklarda tuzlanma, alkalileşme, asitleşme, mineral besin elementi eksikliği, kirlenme, erozyon, sıkışma ve organik madde kaybı gibi kimyasal ve fiziksel problemler bulunmaktadır. Yapılan tahminlere göre bitkisel üretim altındaki 1.47 milyar hektar toprağın %38'i bozulma sürecindedir. Bu süreç, nüfus baskısı nedeniyle tarım alanı açmak için tropik yağmur ormanlarının yakılması ve su kaynaklarının kirletilmesi ile daha da olumsuz bir eksene oturmuştur [1].

Önümüzdeki 6 yıl içinde, bitkisel üretimdeki gibi, hayvansal üretimde de artış beklenmektedir. 2020 yılında et ihtiyacının 2003 yılına oranla %58'lik bir artışla 327 milyon tona çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle yem hammaddesi olarak üretimine en fazla gereksinme duyulacak tahılın mısır olması beklenmektedir [1].

## DÜNYA NÜFUSU

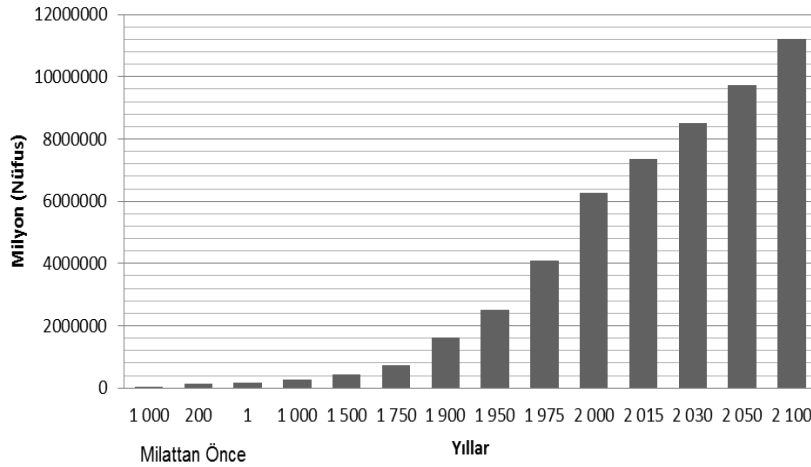
1600'de 500 milyon civarında olan dünya nüfusu, 1750'de 750 milyonun üstüne çıkmış, 1950'de 2.5 milyar olmuştur [3], 2015 yılı itibarıyla bu sayı 7 milyarı aşmış (7.349.472.000) durumdadır [2]. 2050'de Dünya nüfusunun orta düzey projeksiyona göre 10 milyara yakın olması beklenmektedir [2]. Bu yüzyılın ortasına kadar dünya nüfusunun üçte ikilik kısmının kentlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir. Önümüzdeki yıllarda kırsal yoksulluğun kentsel yoksulluktan daha yaygın

olması beklenmektedir. Günümüzde, bir milyar insan yetersiz beslenmektedir ve FAO'nun tahminlerine göre 2050'de dünya nüfusunu besleyebilmek için üretimde %70'lik bir artış gerçekleşmek zorundadır [4]. Şekil 1'de Dünya nüfusunun geçmişten günümüze ve tahmini olarak yakın geleceğe kadar olan değişimi gösterilmiştir.

## DÜNYA NÜFUSUNUN YAŞLANMASI

II. Dünya Savaşı sonrasındaki "bebek patlaması" (baby boom) döneminde [5] dünyaya gelenlerin önceki dönemlere göre daha az doğurgan olması, ayrıca, tıp ve sağlık alanında olan gelişmelerin yanında ekonomide de olan gelişmeler nüfus artış hızında azalmaya neden olmuştur [6]. Bu durumda genel nüfus içinde yaşlı nüfus oranının artmasına yol açmakta ve dünyamızın giderek demografik yaşlanma süreci içerisine girmesine sebep olmaktadır [6].

Şekil 2 ve 3'te günümüz Dünyasında bulunan ve gelecekte Dünya genelinde gerçekleşeceği düşünülen nüfus yaş piramitleri gösterilmektedir. Bu yaş pramitlerine göre yaşlı nüfusunun artacağı öngörülmektedir. Yapılan başka bir çalışma da [7] 2000 ile 2050 yılları arasında yaşlı nüfusun %135 oranında artacağı belirtilmektedir. Bu bilgilerden yola çıkarak gelecekte özellikle yaşlılara yönelik gıda pazarı hacminin artması ve bu pazarın büyümesi ihtimali yüksek görülmektedir.

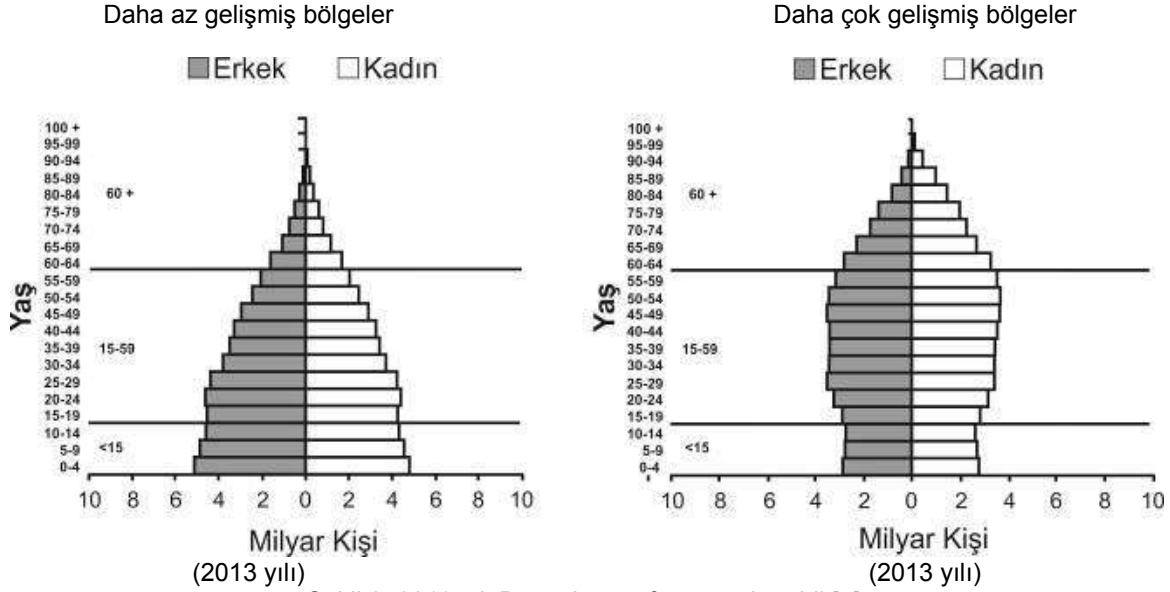


Şekil 1. Tarih boyunca ve gelecek zamanda olması tahmin edilen Dünya nüfusu [2, 8].

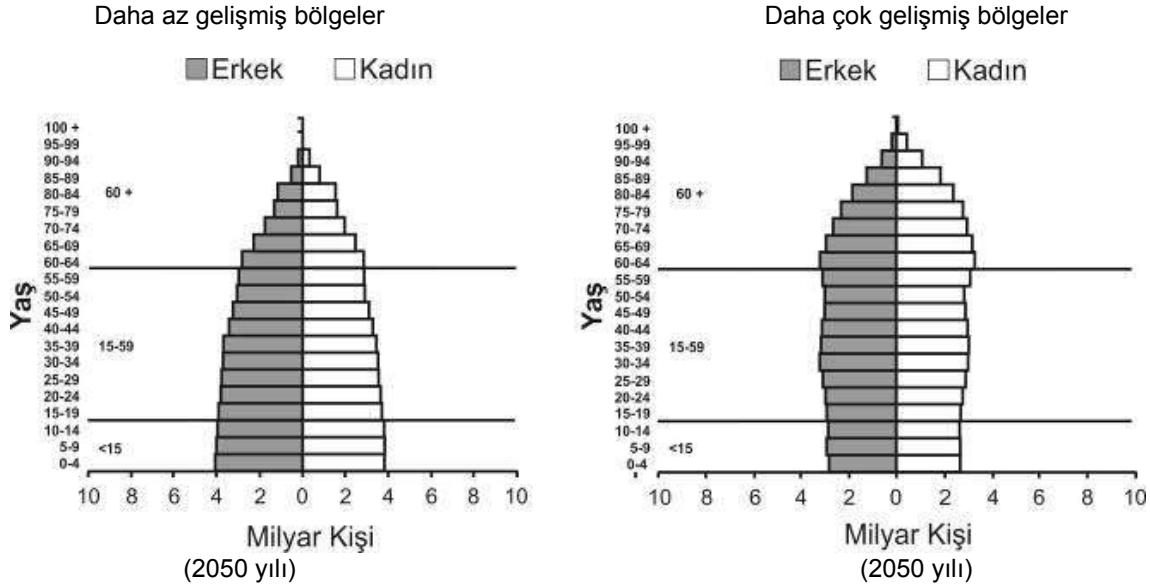
## KÜRESEL ISINMA, İKLİM DEĞİŞİMİ VE ÇEVRESEL SORUNLAR

Bugün çevreyle ilgili acil sorunlar şunlardır; aşırı nüfus artışı, ozon tabakasının incelmeye, küresel ısınma, türlerin yok oluşu, genetik çeşitliliğin kaybolması, asit yağmurları, nükleer kirlenme, tropikal ormanların yok olması, yüksek ormanların ve sulak alanların yok edilmesi. Ayrıca, toprak erozyonu, çölleşme, sel baskınları, kıtlık, göllerin, derelerin ve ırmakların yağmalanması, yeraltı sularının çekilmesi ve kirlenmesi, sahil kenarındaki deniz sularının ve haliçlerin kirlenmesi, mercan resiflerinin tahribatı, denizlere petrol dökülmesi, balıkçılıkta aşırı avlanma, deniz doldurularak kazanılan toprakların genişlemesi, zehirli atıklar, böceklerin ve zararlı bitkilerin öldürülmesinde kullanılan ilaçların zehirleyici etkileri, kentteki aşırı kalabalıklaşma, yenilenemez kaynakların tükenmesi çevre ile ilgili diğer önemli sorunlar olarak sayılabilir [3]. Belirtilen durumların çoğu toprağı, çevreyi ve dolayısıyla da gıda üretimini çeşitli şekillerde etkilemektedir. Küresel ısınmanın 2°C artması, günümüzdeki gıda sistemlerinin limitlerini zorlayacaktır ve bu yüzden tarım ve gıda ile ilgili politikalarda köklü bir revizyona gidileceği öngörülmektedir [10].





Şekil 2. 2013 yılı Dünya'nın nüfus yaş piramidi [9].



Şekil 3. 2050'de Dünya'da olması beklenen nüfus yaş piramidi (koyu renkli bölge: erkekler, açık renkli bölge: bayanlar) [9].

## ÇEVRESEL KAYGILAR

### Ozon Tabakasının İncelmesi

Ozon tabakasının incelenmesi sonucu Dünya'da yaşayan canlılar Güneş'ten gelen zararlı ışınlarla daha çok maruz kalmaktadır [11]. Bu durum Dünya'da yaşayan canlıları ve ekosistem yapısını etkilemektedir. Ultraviyole ışınlarının yoğunluğundaki artış, canlılarda aktif oksijen türevlerinin üretilmesine, serbest radikallerin oluşmasına, DNA hasarına ve bitkiler için fotosentezin kısmi olarak engellenmesine sebep olmaktadır. Bunun yanında ultraviyole radyasyonu, ekosistem seviyesinde türlerin rekabet dengesini, simbiyotik ilişkilerini, biyojeokimyasal döngülerini ve fitoplankton verimliliğini etkilemektedir [12]. Ozon azalımına bağlı UV-B radyasyonundaki artış, topraktaki mikroorganizmaların ölümüne sebep olmakla birlikte, tarımsal ürünlerin ve

toprağın verimliliğini düşürmektedir [12]. 2050'de atmosferdeki ozon konsantrasyonunun artarak 60 ppb'ye çıkacağı tahmin edilmektedir. Buna ek olarak, atmosferdeki ozon konsantrasyonunun artışının bitkilerin verimliliği üzerinde %5 ve daha fazla seviyede verim kaybına yol açacağı öngörülmektedir [13].

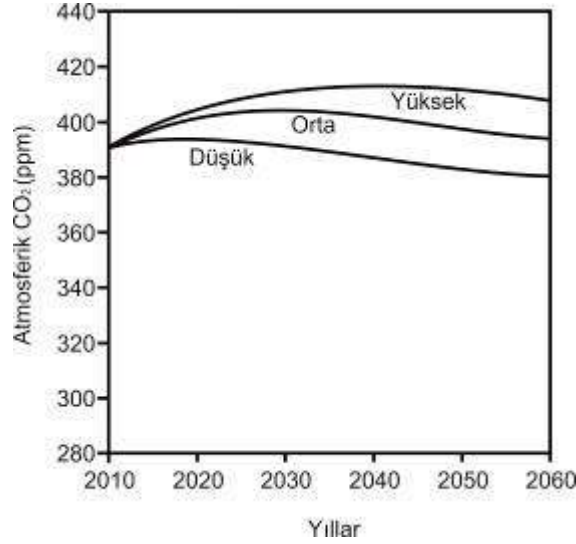
### Sera Gazı Artışının Neden Olduğu Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Uluslararası arenada iklim değişikliği konusu ilk defa 1979 yılında gerçekleştirilen Dünya İklim Konferansı ile gündeme gelmiştir. İklim değişikliği alanında dönüm noktası olarak kabul edilen gelişme ise Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nun 6 Aralık 1988 tarihli kararı ile iklim değişikliğini insanlığın ortak kaygısı olarak (climate change as a common concern of mankind) nitelendirilmesi ve Hükümetlerarası İklim Değişikliği

Paneli (IPCC)'nin oluşturulmasının kabul edilmesidir [14].

Küresel ısınma, insan aktivitesi sonucu sera etkisi yapan gazların atmosferdeki oranlarının hızla artmasıdır. Sanayi Devrimi ile artan insan aktivitesi, gelişen teknolojinin hızla yaygınlaşması ve yaşam standardının yükseltilmesi çabaları, atmosferde sera etkisi yapan gazların miktarında gereğinden fazla artmaya neden olmuştur. Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren sera gazlarının hızla artmasıyla meydana gelen durum küresel ısınmadan kaynaklı olarak başta insan olmak

üzere bitki ve hayvan türlerinin yaşamını tehdit etmeye başlamıştır [15]. Şekil 4'te havanın karbon dioksit salınım miktarının 2050 yılına kadar olabilecek tahmini değişimleri gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde, 50 yıl içinde ciddi bir artışın olabileceği durumu öngörülmektedir. Artışın bu hızda ve miktarda devam etmesi halinde gıda güvenliğinin tehlike altına gireceği söylenebilir. Dünya iklim sistemindeki bu ani, aşırı ve sert değişimlerin 30-40 yıl sonra tarım yapılacak toprak kalitesini olumsuz olarak ve önemli derecede etkileyeceği tahmin edilmektedir [15].



Şekil 4. 2010-2050 yılları arasında havanın küresel karbon dioksit konsantrasyonu üzerine projeksiyon [16].

Küresel ısınmanın etkileri giderek arttığına göre bir süre sonra kutuplardaki tüm buzullar eridiğinde deniz seviyesinin hızla yükseleceği tahmin edilmektedir. Deniz seviyesinde ve altında toprağa sahip olan Hollanda, Almanya, Danimarka gibi ülkelerin topraklarının deniz sularıyla kaplanacağı ve tuzlanacağı için verimsizleşeceği düşünülerek bunun da gıda üretimini azaltacağı ve belki de dünyada açlık krizine neden olabileceği düşünülmektedir [15]. Ancak, küresel ısınma tamamen olumsuz etkilere sahip bir durum da değildir. Örneğin, CO<sub>2</sub> konsantrasyonu artışının olumsuz etkileri gibi, olumlu bir takım etkileri de bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, güncel CO<sub>2</sub> konsantrasyonu koşulunda, kışlık buğday ve mısır verimlerinin 2020, 2050 ve 2080 yıllarında artacağı, kışlık buğdayın vernalizasyon süresinin ve toplam bitki gelişme süresinin kısaldığını, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun tek başına artmasının mısır gelişimini ve verimi etkilemeyeceği öngörülmektedir [17].

Küresel ısınmanın Dünya iklim sisteminin termodinamiğini değiştirmesi beklenmektedir [18]. Örneğin, artan sıcaklıklar buharlaşma hızının artmasına ve böylece bitkilerin terleme hızının artmasına neden olabilecektir [18]. Artan sıcaklıklarla birlikte böceklerin büyüme hızında artış meydana gelebilecektir [19]. Böceklerin büyüme hızının artması ile birlikte, örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde %25 ile %100 arasında tarımsal ürün kayıplarının meydana gelebileceği tahmin edilmektedir [18]. Ek olarak, sıcaklık artışları mikotoksinlerin artışına sebep olarak, olumsuz durumlara yol açabilecektir [20]. Ancak, günümüzde bu

ve benzeri olumsuz etkilerin farkına varılmıştır. Bu sebeple, politika yapanlarda çeşitli önlemler almaya başlamışlardır. Örneğin, 2015 yılında gerçekleşen G7 Zirvesi'nde, liderler 2100 yılına kadar küresel ekonominin "karbonsuzlaştırılması" üzerine prensipte anlaşmıştır [21]. Böylelikle, gelecekte karbon salınımına neden olan fosil yakıt kullanımının da azalacağı tahmin edilmektedir.

### Gelecekte Suyun Durumu

Canlıların yaşam sürecinin her döneminde beslenme, dolaşım, solunum, boşaltım, üreme gibi yaşamsal faaliyetlerinin gerçekleşebilmesi için su, elzem bir maddedir. Öte yandan su, yaşam ortamının oluşmasında temel öğelerden biri olduğu gibi aynı zamanda kendisi de bir yaşam ortamıdır. Yaşam için olmazsa olmaz ön koşullardan biri olması nedeniyle, suyun yaşam ortamında bulunması ve kalitesi son derece önem taşır [22]. Su, yalnızca hayatımızı devam ettirmemiz için gerekli bir madde değil, aynı zamanda medeniyetin ve kalkınmanın da kaynağıdır. Zira medeniyete ev sahipliği yapan bütün uygarlıklar ilk yerleşim yerlerini su kaynaklarının yanında seçmiştir. Kalkınmada başarı elde ederek öncü hale gelen toplumlar da, suyu endüstriyel olarak kullanmayı başarabilmiş toplumlardır [23].

Yeryüzünün ¾'ünün sularla kaplı olması, dünyada su bolluğu olduğu görünümü veriyorsa da, içilebilir nitelikteki su oranı ancak %0.74 civarındadır [22]. Daha

da önemlisi, tatlı suyun da büyük çoğunluğu anında kullanılabilir durumda değildir [23]. Öyle ki, Dünyada 1 milyardan fazla insan yeterli su bulamazken, 2.4 milyar insanın sağlıklı suya ulaşamadığı belirlenmiştir [24]. Dünya nüfusunun çok hızlı artışı, sanayi ve teknolojinin aşırı gelişmesi, ayrıca çevre bilincinin yeterince yerleşmemesi veya yaygınlaşmaması gibi nedenler dünyada içilebilir su miktarının giderek azalmasına sebep olmaktadır [22, 23]. Bu durum da gıda güvenliğini günümüzde ve gelecekte tehdit etmektedir.

Su krizi, bir milyarın üzerindeki insanın sağlıklı içme suyuna yeterli erişim sağlayamaması ve Dünya nüfusunun yarısının da yeterli su ve atık su altyapısına sahip olmaması şeklinde tanımlanabilir. Gelecek on yıllarda, özellikle büyük kentlerde, su ihtiyacının giderek artması beklenmektedir. 20 yıl içerisinde gelişmekte olan ülkelerde gıda ürünlerinin yetiştirilmesi için %17 oranında daha fazla suya ihtiyaç duyulacaktır. Bu noktadan hareketle toplam su tüketimindeki artışın %40 olacağı tahmin edilmektedir [25]. Buna ek olarak, nüfus artışıyla birlikte, kişi başına olan su miktarının 1995 yılında 6840 m<sup>3</sup>'ten 2025 yılında da 4692 m<sup>3</sup>'e düşüreceği tahmin edilmektedir [23].

Günümüzdeki gelişmeler neticesinde, birbiriyle bağlantılı olarak 21. yüzyılda gıda ve su ile ilgili kıtlıkların yaşanabileceği öngörülmektedir [26]. Akdeniz, Ortadoğu, Hindistan, Çin ve Pakistan gibi bazı yoğun nüfuslu bölgelerin su kıtlığı problemiyle karşılaşabileceği öngörülmektedir [27, 28]. İngiliz bilim adamı John Beddington'a göre 2030 yılına kadar yaşayanlar %50 daha fazla enerji, %50 daha fazla gıda ve %30 daha fazla su ihtiyacı olan bir dünya göreceklerdir. Ancak iklim düzensizlikleri bu talebin karşılanmasını çok zora sokacaktır [29].

Enerji, gıda ve madenlere olan talep arttıkça suyun sektörel kullanımındaki rekabetin de artması beklenmektedir. Kamu finansmanındaki güçsüzlük ve kentlere hızlı göç nedeniyle su ve çevre sağlığı alt yapısının eksikliği hızla genişleyecektir. Ayrıca, iklimsel düzensizliklerin etkileri öncelikle dünya su sisteminde görülecektir. Dünyanın yenilenebilir su temini sisteminin değişmesi gerekmektedir [29].

Ohlsson'un 2000 yılındaki çalışmasında [30], Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı'nın İnsani Kalkınma Endeksi ve Sosyal Kaynak Su Sıkıntısı/Kıtlığı Endeksi (SWSI)'nin 159 ülke üzerinde yapılan analizlerini incelenmektedir. Söz konusu Endekslerde 1995 yılındaki mevcut su durumu ve 2025 yılının projeksiyonları ele alınmıştır. Ele alınan endeksler incelendiğinde, su kıtlığının önceki yıllara oranla daha fazla ve hızlı sosyal etkiler yarattığı sonucuna varılmıştır. Bu etkilerin savaş/çatışma riskini artıracığı öngörülmektedir [23]. Gleick'in 1994 yılındaki çalışmasında [31], Ortadoğu'daki su kaynaklarının özellikle askeri amaçlar için kullanımı ve suyun bir savaş enstrümanı ve sebebi olarak ele alınması durumunda, suyun gelecekte bu bölgede savaşa neden olacağı tahmin edildiğinin altını çizmektedir [23]. Öte yandan 805-1984 yılları arasında suya ilişkin en az 3.600 uluslararası anlaşma imzalanmıştır. Bu durum su ile ilgili

çatışmalardan çok daha fazla bir rakama denk gelmektedir. İstatistiklere göre, 1918-1994 yılları arasında, aynı ırmağa kıyası olan ülkeler arasındaki 412 problemin 7'si su sebebiyle olmuştur [23]. Doğal kaynaklar üzerinde küresel ve yerel seviyede direkt olarak aktif ve pasif çatışmalara öncülük eden pek çok çekişme bulunmaktadır. Gerçekten de su çatışmalarını konu edinen uzmanlar tarafından 21. yüzyıldaki savaşların su sebebiyle çıkacağına inanılmaktadır [23].

## BİLİŞİM VE GELECEĞİN MUTFAKLARI

Değişen yaşam tarzı ve kadınların çalışma hayatına girmesi, evlerde yemek pişirme alışkanlıklarını değiştirecektir. Bu bağlamda, evlerde sadece hazır gıdanın ısıtılacağı ekipmanlara sahip küçük ve portatif mutfaklar ev tasarımlarına girecek, hazır yemek sektörü ve hazır gıdalara ait sektörler büyüyecektir. Bu durum, ev yemekleri reçetelerinin değişmesine, bilinen reçetelerin ve tekniklerin, dahası anneden kızına geçen bilgi zincirinin yok oluşuna sebep olabilecektir. Gelecekte, mutfaklardaki buzdolaplarının mevcut gıdayı ve tüketimi göstermesi, son kullanma tarihi dolmuş gıdaları tespit edebilmesi, alışveriş listesi oluşturabilmesi ve buzdolabı ile evin kilerinde depolanan gıdalara dayalı olarak yemek hazırlanması konusunda tavsiye verebilmesi beklenmektedir [32]. Ayrıca, günümüzde yeni gelişen bir teknoloji olarak, gıdaların 3 boyutu yazıcılar vasıtasıyla üretiminin (3D printing, 3DP) gelecekte yaygınlaşarak artan derecede kullanımı öngörülmektedir. 3 boyutlu yazıcı teknolojisinin, bireysel ve tasarım gıdaların başlangıcını oluşturacağı düşünülmektedir [33]. Ayrıca, bu teknolojinin, günümüz gıda teknolojisinde bulunan sorunlardan olan düşük üretim verimliliği ve yüksek üretim fiyatları gibi sorunlarında üstesinden gelerek gıda güvenliğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir [34].

2015 yılı verilerine göre özellikle ABD'de ev dışı gıda için yapılan harcama ile ev içi gıda harcaması birbirine neredeyse eşit hale gelmiştir. Bu durum, gelecekte dışarıda yemek yeme kültürünün daha da artacağını göstermektedir. Endüstriyel ve hazır gıda tüketiminde artış beklenmektedir. Buna paralel olarak "fast-food" ve "franchising" artışı öngörülmektedir.

## TARIM VE GIDANIN GELECEKTEKİ DURUMLARI İÇİN BAZI ÖNGÖRÜLER

Yapılan bir çalışma [35] soğuk iklimlerde kolaylıkla yetişen patatesin üretiminde küresel ısınmanın etkisiyle düşüş yaşanabileceğini, böylece şu an patates yetiştirilen yüksek rakımlı bölgelerde muz yetiştirilebileceğini ve bundan dolayı muzun gelecek yıllarda milyonlarca kişi için temel besin maddesi olarak patatesin yerini alabileceği öngörülmektedir. Aynı çalışmada [35], ek olarak, mısır, pirinç ve buğday üretiminin gelecekte azalacağı ve dünya genelinde sıcaklıklar arttıkça manyok ile bürüncenin öneminin artacağı öngörülmektedir.

Yapılan bir çalışmada [36], toprak kullanılmadan (topraksız) yapılan tarım ile ilgili olarak ilk çalışmaların 1860'lı yıllara dayandırıldığı belirtilmektedir. Yakın

zamanda gerçekleştirilen bir diğer çalışmaya [37] göre ise toprak kullanılmadan yetiştirilen kültürlerin günümüzde tarım sektörü içinde en hızlı gelişen sektör olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada [37] ek olarak, topraksız tarımın gelecekte, gıda üretiminde yaygın olarak kullanılabileceği ön görülmektedir.

Son zamanlarda dikey tarım hakkında yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur [38-40]. Yapılan bir çalışmada [41] Singapur'da pilot olarak uygulanan dikey tarım yöntemi (Sky Green olarak adlandırılmaktadır) hakkında bazı bilgilere yer verilmiştir. Örneğin, çalışmada [41] bu yöntemin geleneksel üretim yöntemlerine göre, aynı miktarda sebze yetiştirmek için %75 daha az su, toprak ve gübre gerektirdiği belirtilmiştir. Ek olarak, yapılan bir çalışmada [42] topraksız tarımın fosil yakıt tüketimini ciddi oranda azaltması, insanların maruz kaldığı tarımsal kimyasalların kullanımını azaltması ve daha az alanda daha çok üretim yapılmasına imkan tanınması gibi pek çok avantajından bahsedilmiştir. Başka bir çalışmada [43] ise dikey tarım yönteminin gelecekte şehirlerde kullanılması için önemli bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir. Tüm bu bilgiler değerlendirilerek, gelecekte topraksız tarımın gıda üretiminde önemli bir yöntem olarak yaygın şekilde kullanılabileceği tahmin edilmektedir.

Fonksiyonel gıdaların günümüzün ve geleceğin gıdaları arasında pazarda yer alacağı ön görülmektedir. Tüm dünyada sağlıklı gıda, fonksiyonel gıda, nütrasötikler (destekleyici besinler), medikal gıda, zenginleştirilmiş gıda, diyet gıda ve benzeri pek çok kavramın gündeme gelmesi ile birlikte ve sağlığı koruyucu ve iyileştirici olarak nitelendirilen bu gıdaların üretimine son yıllarda hız verilmeye başlanmıştır [44]. Ancak yapılan diğer bir çalışmaya göre [45] fast food tipi yiyeceklerin günümüzde olduğu gibi gelecekte de gelişmeye ve insanlar için önemli bir tüketim biçimi olmaya devam edeceği öngörülmektedir. Gelecekte insanların eğitim ve bilinç seviyesi günümüzden daha iyi bir duruma gelebilirse, "fast-food" tipi diyetten daha çok sağlıklı ve fonksiyonel gıdaların pazarında bir artış sağlanacağı söylenebilir.

Diğer taraftan ise uzun zamandan beri besin maddesi olarak göz ardı edilen böcekler, bir protein kaynağı olarak yeniden gündeme gelmeye başlamıştır. Günümüzde en az 2 milyar insanın düzenli olarak böcek tükettiği ve literatürde 1900'den fazla yenebilir böcek olduğu tahmin edilmektedir [46]. Uzak gelecekte, böceklerden ve böcek hücre kültürlerinden türetilmiş gıdalar, insanların uzay aracı içinde seyahat ederken ya da başka gezegenlerde yaşarken beslenmesinin en uygulanabilir yolu olarak gözükmektedir [47, 48].

Günümüzde klasik et üretiminin yerine, ilgi çekici yeni bir teknoloji ortaya çıkmıştır. Bu teknoloji yapay et üretimi teknolojisidir [49]. Günümüzde bu konu hakkında pek çok çalışma mevcuttur ve bazı yazarlara göre bu teknolojinin geleceği şu anda belirsizliğini korumaktadır [50]. Bunun sebepleri arasında, bu teknolojinin sürdürülebilirliği, tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği, etik değerlere uygunluğu, mevcut durumda yüksek üretim maliyeti, çevre ve insan sağlığı açısından

güvenilirliği gibi birtakım durumlar gösterilmektedir [50]. Şu an için belirsizliğini koruyacak bir durum olsa da, gelecek için umut vadeden bir teknoloji olarak, ilerleyen dönemlerde belirli koşulların sağlanması durumunda yaygınlaşabileceği düşünülmektedir.

Dünya'da kişi başı yıllık et tüketimi 1961 yılında 23.1 kg iken, 2011 yılında 42.20 kg olarak artış göstermiştir [51]. Dünya et tüketiminde artış trendinin 2024 yılına kadar devam edeceği öngörülmektedir [51]. Yapılan bir çalışmaya göre [52], 2100 yılında Dünya genelinde ortalama kişi başı yıllık et tüketiminin, 41 kg olacağı öngörülmektedir. Birleşmiş Milletler tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada [2], Dünya nüfusunun 2100 yılında 11.213.317.000 kişi olacağı tahmin edilmektedir. Bu iki veriden yola çıkarak, 2100 yılında Dünya genelinde toplam 460 milyon ton et gereksinimi olacağı öngörülmektedir.

Cobia, *Rachycentron canadum*, cinsi balık ekonomik değeri, çabuk gelişme özelliği, kafes kültürüne adapte olabilmeye yeteneği ve hastalıklara karşı dirençli olması nedeniyle kafes-kültürü ile yapılan balık yetiştiriciliğinde öncelikli olarak tercih edilmektedir [53]. Bu balık türünün sağladığı avantajlar nedeniyle gelecekte balık endüstrisinde önemli bir yere sahip olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca yapılan bir çalışmada [54] *Barramundi* cinsi balığın da gelecekte Dünya balık endüstrisinde önemli bir yer tutacağı belirtilmiştir.

## TARIM VE GIDADA NANOTEKNOLOJİ UYGULAMALARI VE GELECEĞİ

Nanoteknoloji kelimesi, yunanca 'cüce' anlamına gelen 'nano' ön-ekine dayanır. Teknik bir terim olarak 'nano',  $10^{-9}$  ya da milyarda bir şeklinde ifade edilir [55]. Nanobilim ve nanoteknoloji çağımızın en önemli araştırma ve uygulama alanlarından biri olarak hızla gelişmektedir. Başlıca, elektronik, bilgisayar, malzeme, tekstil ve ilaç sanayinde kullanımına yönelik çalışmaların yürütüldüğü bu teknolojinin, gıda ve ziraat alanlarında da çok çeşitli uygulamaları öngörülmektedir [56].

Gıda işleme, yeni fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi, biyoaktif maddelerin taşınması ve kontrollü salınımı, patojenlerin tesbiti, yeni paketleme ürünlerinin geliştirilerek raf ömrünün uzatılması gibi uygulamalar nanoteknolojinin potansiyel gıda uygulamaları arasında yer almaktadır. Protein, karbonhidrat ve yağ kaynaklı nanoparçacıklarla, gıda ürünlerine içerik, tekstür, aroma anlamında istenilen özelliklerin kazandırılması sağlanabilecektir [56]. Molekül sentezi sayesinde gıdalar, mevcut işlenmiş ürünlere kıyasla doğal gıdalara çok daha yakın olacaktır. Hiçbir hayvanın öldürülmesine gerek kalmadan et, hiçbir yaban alanının yok olmasına yol açmadan sebze sağlanabilecektir. Gıdalar pişirme ya da servisten hemen önce taze olarak sentezlenebilecek; böylece buzdolabına ihtiyaç kalmadan, hazır hale gelebilecektir [57]. Bu konuda 3D-yazıcılar da gıda için geliştirilmeye başlanmıştır.

Nanoteknoloji, hastalıkların moleküler tedavisi, hızlı hastalık teşhisi, bitkilerin besinleri soğurma yeteneğinin artırılması gibi yeni yaklaşımlarla, tarım ve gıda

endüstrisinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Akıllı biyosensörler ve kontrollü salım sistemleri, tarım endüstrisinin viruslerle ve diğer patojenlerle savaşmasına yardım edecektir. Yakın bir gelecekte nano yapıdaki katalizörler sayesinde, pestisitlerin ve herbisitlerin daha düşük dozlarıyla daha etkili olması sağlanacaktır. Nanoteknoloji ayrıca, alternatif (yenilenebilir) enerji bileşikleri ve filtre/katalizörlerin kullanımıyla kirliliği azaltacak ve mevcut kirlenici maddeleri temizleyerek dolaylı yoldan çevreyi koruyacaktır [55].

Çiftçilikte, çevresel değişkenler ve yapılan uygulamalar takip edilerek, maksimum üretim (örneğin daha verimli ürünler) ve minimum giriş (örneğin gübre, pestisit, herbisit) olması hedeflenen bir arzudur. Yerel koşulların ölçülmesi için bilgisayarlar, evrensel uydu yerleştirme sistemlerine ve uzaktan algılama aygıtlarına başvurulur. Böylece, farkında olunan koşullarda ürünler maksimum verimle gelişir ve problem olanlar teşhis edilir. Temel koşulları, bitki gelişimini, tohum ekme, gübrelemeyi, kimyasal ve su kullanımını merkezi bilgiler kullanılarak belirlemek, potansiyel olarak kaliteli üretiminin artmasını sağlayacaktır. Nanoteknoloji ile ayrıca zirai atıkların azaltılmasına, böylelikle çevre kirliliğinin minimuma indirilmesine yardımcı olunabilir [55].

Yeni gelişmekte olan nanoteknolojinin 2025 yılı itibarıyla yaşamı büyük ölçüde etkileyeceği düşünülmektedir. Diğer her yeni teknoloji gibi, halkın inancı, güveni ve kabulü, gıda sektörü için nanoteknoloji uygulamalarının başarısını ya da başarısızlığını tanımlamada anahtar faktörler olacaktır [58].

## TARIM VE GIDA SEKTÖRLERİNDE İNOVATİF TEKNOLOJİLER VE UYGULAMALAR

Nanoteknoloji ve genetik biliminin gıda sanayisine ve tarım sektörüne önemli katkılar sunacağı öngörülmektedir. Diğer taraftan, başka alanlarda geliştirilen teknoloji ve tekniklerin gıda sanayisine uygulanması da her geçen gün artmaktadır. Söz konusu teknolojilerin tamamını bu çalışma kapsamında sıralamak mümkün olmamakla birlikte, önümüzdeki yıllarda, gıda işleme ve koruma alanlarında, birçok farklı disiplinin bir araya gelerek, yeni teknolojilerin üretilmesi öngörülmektedir. Aşağıda, öngörülen bu alanlardan bazı örnekler verilmektedir [14]:

- Yağ ve tat maddeleri eldesi için süperkritik ekstraksiyon yönteminin kullanılması,
- Gıdaları mikroorganizmalarından arındırmak, böylece gıda güvenliği ve kalitesini arttırmak için yüksek basınçlı sistemlerin kullanılması,
- Gıdaların radyofrekans elektromanyetik dalgalar ile sterilizasyonu ve pastörizasyonu,
- Gıda güvenliği ve mikroorganizmaların öldürülmesi için ısı ve irradyasyon teknolojilerinin birlikte kullanılması,
- Gıda kalitesi, enzim deaktivasyonu ve mikroorganizmaların öldürülmesi için ısı ve ultrason teknolojilerinin birlikte kullanılması,

- Daha uzun raf ömrü için irradyasyon ve modifiye atmosfer paketleme teknolojisinin birlikte kullanılması,
- Yüzey pastörizasyonunda verimlilik için elektron demeti ve sıcak su tekniklerinin birlikte kullanımı,

## YIL 2030 (2050 ÖNCESİ ARA DÖNEM)

Büyüyen ve artarak şehirleşen dünya nüfusu için daha çok gıda üretilmesi gerekmektedir. Gıda, 2030'a kadar daha önce hiç olmadığı kadar bir aciliyette tahıl verimini ikiye katlamak ve et üretiminde %75 artış sağlamak gerektiğini göstermektedir. İklim değişimi bunları etkileyerek, bitkilerin ve hayvanların gelişimini etkileyecektir, CO<sub>2</sub> seviyesi, gündüz ve gece sıcaklıkları, yağış, mevsimlerin uzunlukları ve başlangıç tarihleri, yağış değişkenliği, rüzgar hızı, zirai mücadele, deniz seviyesi değişimi, yer altı suyu miktarı ve tuz intrüzyonunun değişimi böcek kaynaklı hastalıklar önemli problemler olabilecektir. Çok az nüfus yoğunluğuna veya çok ileri ekonomiye sahip olan ülkeler, bu sorunlara adapte olma sorunu yaşayabileceklerdir [10].

2030'da ve ileriki yıllarda gıda sistemleri bizim şimdiki bildiklerimizden oldukça farklı olabilir. Bir örnekleme olarak aşağıdaki durumlar söz konusu olabilecektir [10]:

- Yarı kentsel tarıma dönülebilir ve böylece yoğun bir sebze ya da kümes hayvanları üretimi gerçekleştirilebilir.
- Deniz ya da yüzey suyu içinde olmayan, ama kara tabanlı kapalı havuzlarda çamur solucanları gibi yeni besin kaynaklarıyla su kültürü yöntemiyle (aquaculture) gıda üretilebilir.
- Bitki ve besin maddelerinden oluşan kentsel atıklardan sistematik olarak geri dönüşüm sağlanabilir.
- Geleceğin protein ihtiyacı, gıda zincirinin daha alt tabakasında bulunan yeni türlerden, mesela alglerden, karşılanabilir.
- Et yerine soya ya da acı bakladan faydalanılabilir.

Ayrıca, tüm bunların dışında, 2030 yılında suya olan talebin günümüzden %50 daha fazla olması beklenmektedir [59]. Dünya'nın sınırlı kaynaklara sahip olduğu düşünüldüğünde, başta su olmak üzere, tarım için gerekli olan tüm kaynakları daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanabileceğimiz teknolojilere ihtiyacımız olduğu gerçeği ortaya çıkmaktadır.

## GÜNÜMÜZDE VE GELECEKTE BİYİYAKIT VE GIDANIN DURUMU

Biyoyakıtlar insanlık var olduğundan beri kullanılan bir enerji kaynağıdır. Çünkü odun da, tezek de bir biyoyakıttır. Ancak konu sıvı biyoyakıtlar olunca, ilk kez Mısırlılar, Hint tohumu yağını lambalarda aydınlatma yakıtı olarak kullanmışlardır. 10 Ağustos 1893'te Rudolf Diesel ilk dizel motorun denemesini yapmış, 1898'de yer fıstığı yağını dizel yakıtı olarak kullanmıştır [60].

Dünya ekonomisindeki hızlı büyüme, enerji talebinde de çok büyük artışlara yol açmıştır. Ancak mevcut petrol,

kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıt rezervlerinin sınırlı oluşu ve çevreye verdikleri zararlar, yenilenebilir (alternatif) enerji kaynaklarına doğru bir yönelişi de beraberinde getirmiştir. Bu doğrultuda yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği de giderek artmıştır [61].

Biyoyakıtlar yenilenebilir, çevre dostu, ülkelerin sosyo-ekonomik gelişimi, kaynak çeşitliliği ve arz güvenliği için önemli, ısı, güç ve alternatif motor yakıtı olarak kullanıma uygun nitelikte alternatif yakıtlardır [62].

Biyoyakıt, yağlı tohumlar, karbonhidrat ve elyaf bitkileri ile hayvansal kökenli her türlü maddeden oluşmaktadır [61]. Biyobenzin üretimde en fazla paya sahip olan ülkeler, Brezilya (%37), ABD (%33), Çin (%9) ve Hindistan (%4) iken, Fransa dünya üretiminden aldığı %2'lik pay ile AB ülkeleri arasındaki en önemli üretici ülkedir [63]. Halk algısının tersine, modern biyo-yakıtın (henüz) gıda fiyatları üzerinde direkt olarak büyük bir etkiye sahip olmadığı bazı raporlarda belirtilmektedir [10]. Biyo-yakıt üretimindeki global alan hala çok küçük (toplam tarımsal alanın yaklaşık %1'i) ve onun global fiyatlara etkisinin şu an için sınırlı olduğu belirtilmektedir [10]. Ayrıca, insanların bilinçlenmesiyle birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gün geçtikçe önem kazanmakta ve kullanımı artmaktadır. Bu durumu gösteren çeşitli çalışmalar mevcuttur [64]. Ayrıca, biyoyakıt üretiminin gıda ile çatışma halinde olmasını engellemek için yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur ve bunlar genel olarak ikinci nesil, üçüncü nesil ve dördüncü nesil biyoyakıtlar olarak bilinmektedirler [65-69]. Bu tür biyoyakıtların gelişme aşamasında olması gıdanın geleceği için umut verici bir gelişmedir. Bu gelişmelerin devam etmesi durumunda 2050 yılına gelindiğinde gıda ve biyoyakıt hakkında yapılan tartışmaların günümüzden daha az olabileceği öngörülmektedir.

## SONUÇ

Geçmişten günümüze katlanarak artan insan nüfusunun artışının devam etmesiyle birlikte sadece gıda değil, yeryüzünde sınırlı olarak bulunan tüm kaynakların baskı altına alınacağı tahmin edilmektedir. Geçmişte bilinçsizce ve büyük bir açıklıkla tüketilen yeryüzü kaynakları için artık sürdürülebilir olacak şekilde kullanımlarının gerekliliği anlaşılmıştır. Gelişmekte olan yeni teknolojiler bu türden bir kullanımı olanaklı hale getirebilecektir. Özellikle gıda bilim ve teknolojisinde, paralelinde ise ziraat, biyoteknoloji ve nanoteknoloji gibi bilimlerde yaşanan gelişmeler büyük ümitler vaat etmektedir. Yaşanan gelişmeler çerçevesinde, gıda temininin gelecekte milyonlarca kişi için hala temel bir problem olacağı ve küresel açlığın önlenmesi için gerekli önlemler alınmaz ise, bu açıklık probleminin artarak devam edebileceği öngörülebilmektedir. Alınacak önlemlerin yanında, yeni gelişmekte olan çeşitli teknolojiler küresel açlık probleminin giderilmesinde anahtar faktörler olabilir. Bu teknolojilerin gelişimiyle beraber, küresel ısınmanın beklenen olumsuz etkilerinin de sınırlandırılabilmesi düşünülmektedir.

Gelecek, pek çok faktörü; siyasi, teknolojik, demografik, iklimsel vb., içerdiği için tahmin edilmesi zor bir durum

olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak günümüz teknolojisinde yaşanan gelişmeler ve insanlarda artan bilinç seviyesi, gelecek için olumsuz olabilecek durumları biraz daha olumlu duruma gelmesine fırsat tanımaktadır. Günümüz, gelecek için önemli bir fırsattır, bu fırsatın en iyi biçimde değerlendirilebilmesi gıdanın geleceği açısından da büyük önem arz etmektedir. Sürdürülebilir, gerçekçi, eşitlikçi politikalar ve uygulamalar ile gelecekte gıdanın güvenliğinin daha da artırılabilmesini söyleyebilir.

## KAYNAKLAR




- [1] TÜBİTAK, (2003). Vizyon 2023, Bilim ve Teknoloji öngörüsü projesi, Tarım ve Gıda Paneli, Son Rapor. Ankara.
- [2] UN, (2015). World population prospects: the 2015 revision, key findings and advance tables. United Nations Department of Economic and Social Affairs and Population Division, Working Paper No ESA/P/WP. 241.
- [3] Foster, J.B., Ünder, H. (2008). Savunmasız gezegen: çevrenin kısa ekonomik tarihi. Epos Yayınları.
- [4] Odegard, I., van der Voet, E. (2014). The future of food—Scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050. *Ecological Economics* 97: 51-59.
- [5] Çemberci, M., Sudak, M.K., Aşçı, S., Öz, S., Civelek, M.E., 2014. Y neslinin örgüt ortamındaki davranış farklılıklarının analizi. *AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology*, 5(15), 57-74.
- [6] Yaşa, E., Mucan, B. (2010). Tüketim ve yaşlı tüketiciler: literatür araştırması. *Çağ University Journal of Social Sciences*, 7(2), 1-15.
- [7] Wiener, J.M., Tilly, J. (2002). Population ageing in the United States of America: implications for public programmes. *International Journal of Epidemiology*, 31(4), 776-781.
- [8] De Long, J.B. (1998). Estimates of World GDP, one million BC—present. [http://delong.typepad.com/print/20061012\\_LRWDGDP.pdf](http://delong.typepad.com/print/20061012_LRWDGDP.pdf). Erişim tarihi: 02.01.2015
- [9] UN, (2013). World population ageing, 2013. United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division: New York. 10.
- [10] Fresco, L.O. (2009). Challenges for food system adaptation today and tomorrow. *Environmental Science & Policy*, 12(4), 378-385.
- [11] Onat, A., İmal, M., İnan, A.T. (2004). Soğutucu akışkanların ozon tabakası üzerine etkilerinin araştırılması ve alternatif soğutucu akışkanlar. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 32-38.
- [12] Kenar, N., Ketenoğlu, O. (2009). Güneş kaynaklı ultraviyole radyasyonunun karasal ekosistemler üzerine etkileri. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 2(33), 67-77.
- [13] Jaggard, K.W., Qi, A., Ober, E.S. (2010). Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2835-2851.
- [14] Ata, A., Çakar, S.Ö., Işıtan, K. (2011). İleri teknoloji projeleri destek programı sektörel inceleme

- çalışmaları – II , gıda teknolojileri, biyomedikal teknolojiler, iklim değişikliğine uyum teknolojileri. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı. 85.
- [15] Akin, G. (2006). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2), 29-43.
- [16] Davis, S.J., Caldeira, K., Matthews, H.D. (2010). Future CO<sub>2</sub> emissions and climate change from existing energy infrastructure. *Science*, 329(5997), 1330-1333.
- [17] Tezcan, A., Öz, A.A.H. (2011). Seralarda karbondioksit düzeyi, karbondioksit gübrelemesi ve olası etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 44-51.
- [18] Pimentel, D., Brown, N., Vecchio, F., La Capra, V., Hausman, S., Lee, O., Newburger, E. (1992). Ethical issues concerning potential global climate change on food production. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 5(2), 113-146.
- [19] Johkan, M., Oda, M., Maruo, T., Shinohara, Y. (2011). Crop Production and Global Warming, Global Warming Impacts - Case Studies on the Economy, Human Health, and on Urban and Natural Environments, (ed.) S. Casalegno. *InTech*, 139-152.
- [20] Vermeulen, S., Grainger-Jones, E., Yao, X. (2014). Climate change, food security and small-scale producers. CCAFS Info Brief, CGAIR Research Programme on Climate Change, Agriculture and Food Security (CAFS), Copenhagen.
- [21] Jones, G.A., Warner, K.J. (2016). The 21st century population-energy-climate nexus. *Energy Policy*, 93, 206-212.
- [22] Akin, M., Akin, G. (2007). Suyun önemi, Türkiye'de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi* 47(2): 105-118.
- [23] Levent Yılmaz M., Peker, H.S. (2013). Su kaynaklarının Türkiye açısından ekono-politik önemi ekseninde olası bir tehlike: su savaşları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 57-74.
- [24] Mengü, G.P., Akkuzu, E. (2008). Küresel su krizi ve su hasadı teknikleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 75-85.
- [25] Orhon, D., Sözen, S., Üstün, B., Görgün, E., Karahan-Gül, Ö. (2002). Su yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma, ön rapor. Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli, İstanbul. 40.
- [26] Bruins, H.J. (2000). Proactive contingency planning vis-à-vis declining water security in the 21st century. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 8(2), 63-72.
- [27] Xiong, W., Holman, I., Lin, E., Conway, D., Jiang, J., Xu, Y., Li, Y. (2010). Climate change, water availability and future cereal production in China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 135(1), 58-69.
- [28] Hanjra, M.A., Qureshi, M.E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy*, 35(5), 365-377.
- [29] Yıldız, D. (ed.) (2010). *Su güvenliği 2050*, O. Büyük. İstanbul: Truva Yayınları.
- [30] Ohlsson, L. (2000). Water conflicts and social resource scarcity. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25(3), 213-220.
- [31] Gleick, P.H. (1994). Reducing the risks of conflict over fresh water resources in the Middle East. *Studies in Environmental Science*, 58, 41-54.
- [32] Yumurtacı, M., Keçebaş, A. (2009). Akıllı ev teknolojileri ve otomasyon sistemleri. 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15 Mayıs, 2009, Karabük, Türkiye.
- [33] Sun, J., Peng, Z., Zhou, W., Fuh, J.Y., Hong, G.S., Chiu, A. (2015). A review on 3D printing for customized food fabrication. *Procedia Manufacturing*, 1, 308-319.
- [34] Sun, J., Peng, Z., Yan, L.K., Fuh, J.Y.H., Hong, G.S. (2015). 3D food printing—an innovative way of mass customization in food fabrication. *International Journal of Bioprinting*, 1, 27-38.
- [35] Thornton, P., Cramer, L. (eds.). (2012). Impacts of climate change on the agricultural and aquatic systems and natural resources within the CGIAR's mandate. CCAFS Working Paper 23. Copenhagen, Denmark: CCAFS.
- [36] Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular. California Agricultural Experiment Station 347 (2nd edit).
- [37] Hussain, A., Iqbal, K., Aziem, S., Mahato, P., Negi, A.K. (2014). A review on the science of growing crops without soil (soiless culture)-a novel alternative for growing crops. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7(11), 833.
- [38] Kozai, T., Niu, G., Takagaki, M. (2015). Plant factory: an indoor vertical farming system for efficient quality food production. Academic Press.
- [39] Besthorn, F.H. (2013). Vertical farming: Social work and sustainable urban agriculture in an age of global food crises. *Australian Social Work*, 66(2), 187-203.
- [40] Banerjee, C., Adenauer, L. (2014). Up, up and away! The economics of vertical farming. *Journal of Agricultural Studies*, 2(1), 40-60.
- [41] Christ, M.C. (2013). Food security and the commons in ASEAN: the role of Singapore. Working paper, International Conference on International Relations and Development Secretariat, Thammasat University, Bangkok.
- [42] Despommier, D., Ellington, E. (2008). The vertical farm: the sky-scraper as vehicle for a sustainable urban agriculture. *CTBUH 8th World Congress on Tall & Green: Typology for a Sustainable Urban Future Dubai*, 311-318.
- [43] Al-Chalabi, M., 2015. Vertical farming: Skyscraper sustainability? *Sustainable Cities and Society* 18: 74-77.
- [44] Alaşalvar, C., Pelvan, E. (2009). Günümüzün ve geleceğin gıdaları fonksiyonel gıdalar. *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, 501, 26-29.
- [45] Boğaz, H. (2003). Tüketicilerin hızlı hazır (fast food) yiyecek tercihleri üzerinde bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi.

- [46] Pal, P., Roy, S. (2014). Edible insects: future of human food—a review. *International Letters of Natural Sciences*, 21, 1-11.
- [47] Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M., Bednarova, M. (2014). A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe—a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64(3), 147-157.
- [48] Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N., Shono, K. (2010). Forest insects as food: humans bite back. *Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*, 19-21 February 2008, Chiang Mai, Thailand. RAP publication.
- [49] Orzechowski, A. (2015). Artificial meat? Feasible approach based on the experience from cell culture studies. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 217-221.
- [50] Bonny, S.P., Gardner, G.E., Pethick, D.W., Hocquette, J.F. (2015). What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 255-263.
- [51] Sans, P., Combris, P. (2015). World meat consumption patterns: An overview of the last fifty years (1961–2011). *Meat Science*, 109, 106-111.
- [52] Bogdan, A.T., Miresan, V., Mironov, A., Chelmu, S., Boboc, V., Surdu, I., Strateanu, A. (2010). Prospects of agrifood green power in 2050 and forecasting for 2100 with sustainable solutions based on ecobioeconomics new paradigm. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 67(1-2), 1-18.
- [53] Sun, L., Chen, H., Huang, L., Wang, Z., Yan, Y. (2006). Growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) relative to ration. *Aquaculture*, 257(1), 214-220.
- [54] Grey, D. (1987). *An overview of Lates calcarifer in Australia and Asia*. Management of wild and cultured sea bass/barramundi, Copland, I.W., and Grey, D.L. (ed.). Management of wild and cultured sea bass/barramundi (*Lates calcarifer*). Proceedings of an international workshop held at Darwin, N.T., Australia, 24-30 September 1986. ACIAR Proceedings No. 20, 210 p. 15-21.
- [55] Demirbilek, M.E. (2015). Tarımda ve gıdada nanoteknoloji. *Gıda Ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 15, 46-53.
- [56] Tarhan, Ö., Gökmen, V., Harsa, Ş. (2010). Nanoteknolojinin gıda bilim ve teknolojisi alanındaki uygulamaları. *Gıda*, 35(3), 219-225.
- [57] Hall, J.S. (2014). Nano Gelecek. İstanbul, Turkey, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, Popüler Bilim Dizisi, 336p.
- [58] Süfer, Ö., Karakaya, S. (2011). Gıda endüstrisi ve nanoteknoloji: durum tespiti ve gelecek. *Akademik Gıda*, 9(6), 81-88.
- [59] Saguy, I. S., Singh, R.P., Johnson, T., Fryer, P.J., Sastry, S.K. (2013). Challenges facing food engineering. *Journal of Food Engineering*, 119(2), 332-342.
- [60] Ar, F.F. (2008). Biyoyakıtlar tehdit mi-fırsat mı? *Mühendis ve Makina*, 49(581), 3-9.
- [61] Narin, M. (2008). Dünyada ve Türkiye’de enerji tarımı. 2. *Ulusal İktisat Kongresi* 20-22 Şubat, 2008, İzmir.
- [62] Üstün, G.E., Genç, B. (2015). Dünya’da ve Türkiye’de biyoyakıtların durumu. *Journal of Agricultural Faculty*, 29(2), 157-164.
- [63] Taşdan, K. (2005). Biyoyakıtların türkiye tarım ürünleri piyasalarına olası etkileri: biyobenzin-etanol. *Tarım ve Mühendislik*, 75, 27-29.
- [64] Ellabban, O., Abu-Rub, H., Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 748-764.
- [65] Antizar-Ladislao, B., Turrion-Gomez, J.L. (2008). Second-generation biofuels and local bioenergy systems. Biofuels. *Bioproducts and Biorefining*, 2(5), 455-469.
- [66] Daroch, M., Geng, S., Wang, G. (2013). Recent advances in liquid biofuel production from algal feedstocks. *Applied Energy*, 102, 1371-1381.
- [67] Demirbas, M.F. (2011). Biofuels from algae for sustainable development. *Applied Energy*, 88(10), 3473-3480.
- [68] Lü, J., Sheahan, C., Fu, P. (2011). Metabolic engineering of algae for fourth generation biofuels production. *Energy & Environmental Science*, 4(7), 2451-2466.
- [69] Sims, R.E., Mabee, W., Saddler, J.N., Taylor, M. (2010). An overview of second generation biofuel technologies. *Bioresource Technology*, 101(6), 1570-1580.



## Tuz: Gıdalardaki Algısı, Fonksiyonları ve Kullanımının Azaltılmasına Yönelik Stratejiler

Banu Akgün<sup>1</sup> , Seda Genç<sup>2</sup> , Muhammet Arıcı<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Gıda ve Yem Merkez Araştırma Enstitüsü, Katkı Kalıntı Bölümü, 16036, Osmangazi, Bursa

<sup>2</sup>Yaşar Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

<sup>3</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34210, Esenler, İstanbul

*Geliş Tarihi (Received): 12.03.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 14.08.2018*

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): banu.dede@tarimorman.gov.tr (B. Akgün)*

☎ 0 224 246 47 20 📠 0 224 246 19 41

### ÖZ

Tuz insanlığın ilk çağlarından beri gıdanın lezzetini ve dayanıklılığını artırmak için kullanılmaktadır. Yapısındaki sodyum ile vücutta sıvı ve elektrolit dengesinin sağlanmasında ve kan basıncının düzenlenmesinde önemli rol oynayan tuz, fazla tüketildiğinde başta kalp hastalıkları olmak üzere pek çok önemli rahatsızlığa neden olmaktadır. Günümüzde, yetişkin insanların tükettikleri günlük ortalama tuz seviyesi tavsiye edilen miktarın çok üstündedir ve diyetle alınan tuzun çoğu işlenmiş gıdalardan gelmektedir. Bu nedenle, bilim insanları gıda endüstrisi ile ortak çalışmalar yaparak tuz alımının azaltılması için yeni stratejiler geliştirmektedir. Ancak ürünün kalite özelliklerini bozmadan NaCl seviyesini düşürmek kolay bir işlem değildir. Bu derlemede tuzun tat algısı, gıdalardaki fonksiyonları ve işlem görmüş gıdalarda tuz içeriğinin azaltılması için uygulanabilecek stratejiler hakkında bilgiler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** NaCl, Tuz azaltma stratejileri, İşlenmiş gıdalar, Tat algısı

### Salt: Its Perception, Functions and Strategies to Reduce its Use in Foods

#### ABSTRACT

Salt has been used since the early ages of mankind to increase the palatability and durability of foods. Sodium in salt plays an important role in the fluid and electrolyte balance and regulation of blood pressure in human body; however, it may cause many serious illnesses especially heart diseases when consumed excessively. Today, daily salt consumption by adults is well above the recommended level, and most of the dietary salt consumption comes from processed foods. For this reason, scientists are collaborating with food industry to develop new strategies to reduce salt intake from processed foods. Nevertheless, lowering NaCl level of foods is not easy without damaging the quality characteristics of food products. In this study, information about the taste perception of salt, functions of salt in foods, and strategies to reduce the salt content of processed foods are reviewed.

**Keywords:** NaCl, Salt reduction strategies, Processed foods, Taste perception

#### GİRİŞ

Kalp ve damar hastalıkları tüm dünyada ölümlerin başlıca nedeni olarak karşımıza çıkmaktadır [1]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlıklı bir insanın günlük tüketmesi gereken tuz miktarını 5g [2] olarak belirlemiştir

olsa da birçok endüstrileşmiş ülkede günlük tuz tüketiminin 9-12g [3], ülkemizde ise günde ortalama 15g olduğu rapor edilmiştir [4]. Hipertansiyon kalp damar hastalıklarının oluşumunda önemli bir risk faktörü olup fazla tuz tüketiminin hipertansiyonu tetikleyici etkisi olduğu ise uzun zamandan beri bilinmektedir [2, 5].

Binlerce yıl önce insanlar çok az miktarda (0.1-0.5 g/gün) tuz içeren bir diyetle beslenmekte ve diyetlerinin %50'sini et ve %50'sini sebze oluşturmaktaydı. Tarımın gelişmesiyle birlikte et tüketimi azalırken sebze tüketimi %90 oranına kadar ulaşmış ancak insanların tükettikleri tuz miktarında önemli bir değişiklik olmamıştır [6]. Tuzun işlenmesi ile ilgili ilk faaliyetler ise 8000 yıl öncesine dayanmaktadır [7, 8]. Başlarda üretimi sınırlı olan tuz çok değerli ve kullanımı lüks olarak görülmekteydi ancak ilerleyen zamanlarda maden ocaklarından tuz elde edilmeye başlanmasıyla birlikte tuz daha kolay bulunan ucuz bir madde haline gelmiştir [9]. Tuz ilavesiyle et ve diğer mevsimlik gıdaların kış aylarında da muhafaza edilebileceğinin anlaşılması tuza gıda alanında büyük önem kazandırmıştır. Gıda sanayinde tuz eklenmesinin birçok nedeni bulunmaktadır. Bu nedenlerden başlıcaları, tuzun gıda ürününün işlenmesine yardımcı olması, genel lezzetini geliştirmesi, kötü tatlarını

maskeleymesi ve güvenliğini artırması olarak sıralanabilir [10].

19. yüzyılın sonlarına doğru soğutucuların icat edilmesiyle, tuzun koruyucu amaçlı kullanımı azalmış ve tüketicilerin gıda yoluyla aldığı tuz miktarı giderek düşmüştür ancak günümüzde insanların yüksek oranda gizli tuz içeren işlenmiş gıdaları yaygın olarak tüketmesi tuz alımını tekrar artırmıştır. Birçok gelişmiş ülkede günlük alınan tuz miktarının %75'den fazlasının işlenmiş gıdalar (paketlenmiş ya da restoranda satılan) kaynaklı olduğu tespit edilmiştir [11, 12]. Doğal olarak az miktarda tuz içeren taze gıdalar (et, sebze ve meyve gibi) işlem gördüğü zaman tuz seviyesi önemli oranda artmaktadır (Tablo 1) [13]. Gıda endüstrisi için işlenmiş gıdaların tuz seviyesini azaltmak kolay bir işlem değildir çünkü ürünün kalite özellikleri ve tüketici tarafından kabul edilebilirliği ürünlerdeki tuz miktarı ile ilişkilidir [14].

Tablo 1. Bazı işlem görmüş ve işlem görmemiş ürünlerin sodyum ve tuz içerikleri [15, 16]

Ürün (100 g)	Na (mg)	NaCl (g)	
İşlem görmemiş	Sığır Eti	63	0.16
	Domuz Eti	70	0.18
	Tavuk	60	0.15
	Hindi	50	0.13
	Somon balığı	110	0.28
	Buğday kepeği	28	0.07
	Patates	9	0.02
	Bezelye	eser miktarda	eser miktarda
İşlem görmüş	Jambon (domuz)	900-1220	2.3-3.0
	Sosisler	600-1080	1.5-2.7
	Tavuk nugetler	600	1.5
	Hamburger köfteleri	290-400	0.7-1.0
	Tütsülenmiş somon balığı	1880	4.7
	Buğday gevreği	1000	2.5
	Konserve patates	250	0.63
	Konserve bezelye	250	0.63

WHO tuz azaltımıyla ilgili önemli çalışmalar yürütmektedir. Yapılan araştırmalar, ülkelerin yeme içme alışkanlıklarındaki farklılıkların o bölgedeki insanların günlük tükettikleri tuz miktarını etkilediğini göstermiştir (Tablo 2). Bu durum, ortak bir tuz azaltma stratejisi geliştirmeyi neredeyse imkansız hale getirmektedir. Dolayısıyla, WHO her ülkenin kendi tuz azaltma programını oluşturması gerektiğini belirtmiştir [17]. WHO (2012) kılavuzuna göre günlük alınan tuz miktarını 5 g'ın altına düşürmek kalp-damar hastalıklarının önlenmesini ve bu sayede tedavi giderlerinden tasarruf edilmesini sağlayacaktır [18]. Dünyada giderek artan sayıda ülke popülasyon bazında tuz azaltma stratejilerini benimsemektedir [19]. Avrupa Komisyonunun (EC) gerçekleştirdiği bir toplantıda üye ülkelerden devam eden tuz azaltma girişimleri hakkında bilgi vermeleri istenmiş ve tuz azaltma stratejilerinin maksimum verimliliğe ulaşması için gıda firmalarının yüksek pazar payına sahip ürünlerinin tuz seviyelerini azaltması gerektiği belirtilmiştir [20].

WHO, ulusal düzeydeki tuz azaltma stratejilerini (i) tüketici eğitimi, (ii) ürünün düşük sodyum içerecek şekilde yeniden formüle edilmesi ve (iii) sağlıklı gıdayı satın almaya teşvik edecek şekilde etiketleme yapılması olmak üzere 3 temel gruba ayırmıştır [16]. Neredeyse

tüm ulusal tuz azaltma programlarında, tüketicilere tuzun zararları hakkında bilgi ya da eğitim verilmektedir. Bu tür programlar, tuzun temel olarak pişirme sırasında veya masada birey tarafından eklendiği düşük ve orta gelirli ülkelerde daha fazla etkiye sahip olmaktadır [22]. Tuzun büyük kısmının işlenmiş veya paketlenmiş gıdalardan geldiği ülkelerde, eğitimle davranış değiştirme programları, markette sodyum seviyesi azaltılmış gıdalara olan talepleri ve ürünlerin yeniden formüle edilmesi gerekliliğini artırmaktadır [23]. Yüksek tuz tüketimi olan ülkemizde bu durumun nedenleri incelendiğinde tuzlu yemekleri tercih etmek gibi kişisel yönelimlerin yanında ülkemize özgü nedenler de bulunmaktadır. Örneğin, ülkemizde ekme (400-500 g/gün) yaygın olarak tüketilmektedir ve 100 g ekme ortalama 1.5-2.0 g tuz içermektedir [24]. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tuz tüketiminin azaltılması için ulusal bir eylem planı (Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Eylem Planı 2017-2021) uygulanmaktadır. Aşırı tuz tüketimine neden olan ekmekte tuzun azaltılması için eğitim materyallerinin oluşturulması, işlenmiş ürünlerde sodyum seviyesinin azaltılması için yeni formülasyon çalışmalarının teşvik edilmesi, toplu beslenme yerlerindeki masalardan tuzlukların kaldırılması ve yasal düzenlemeler yapılması ülkemizde uygulanan tuz azaltma stratejilerinden bazılarıdır [25].

Tablo 2. Bazı ülkelerin yıllara göre kişi başı günlük tuz tüketim miktarları (g/gün) [4, 21]

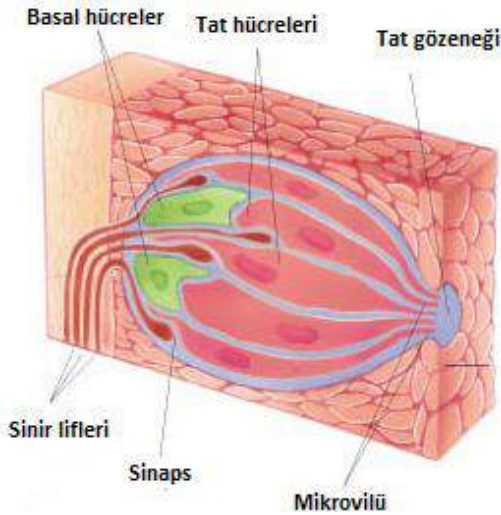
Ülke	Yetişkin erkek	Yetişkin bayan	Yıl
Almanya	7.1	5.4	2010-11
Avusturya	9.0	8.0	2000-7
İngiltere	9.3	6.8	2011
İrlanda	11.1	8.5	2007-10
Polonya	11.5	11.5	2009
İspanya	11.5	8.4	2009
Macaristan	11.2-17.2	9.6-12.0	2009-10
Portekiz	12.3	12.3	2006
Romanya	12.3	10.0	2010
Slovenya	14.3	11.0	2007
Türkiye	14.8	14.8	2012

Bu çalışmada tat duyusu, tuzun gıdalardaki fonksiyonları ve gıdaların tuz seviyesinin azaltılması için kullanılabilir yöntemler hakkında bilgi verilmiş ve ürünlerin NaCl içeriğinin azaltılmasıyla ilgili yapılmış güncel çalışmaların sonuçları derlenmiştir.

## TAT ALGISI VE TUZUN GIDADAKİ FONKSİYONU

### Tat Algısı

Tat alma, kimyasal uyarıların sonucu ortaya çıkan bir duydur [26]. Tat duyusu, ağızda, dilde ve boğazda bulunan tat tomurcukları (küçük soğan benzeri yapılar) tarafından alınmaktadır (Şekil 1). Dilimiz üzerindeki tat tomurcuklarının sayısı insanın yaşıyla bağlantılıdır. Dil yüzeyinde gömülü durumda 4000 ile 9000 arasında tat tomurcuğu bulunurken çocuklarda sayıları çok daha fazladır. İnsanlar yaşlandıkça sahip oldukları tat tomurcuğu sayısı azalır ve tadı daha az algılamaya başlarlar [27].



Şekil 1. Tipik bir lezzet tomurcuğunun morfolojisi ve hüresel organizasyonu [28]

Tat tomurcuklarının hepsi aynı görünür ama her biri tatlı, tuzlu, ekşi veya acı tatlardan sadece birine tepki gösterirler. Her tat tomurcuğu farklı tatların algılanmasından sorumlu tat reseptör hücresi olarak bilinen 50-100 özelleşmiş hücreyi barındırmaktadır. Bu hücreler 4 alt gruba ayrılmaktadır. Tip I hücreleri tat tomurcuklarında en fazla bulunan tat hücreleri olup tuz

tadının algılanmasından sorumludur. En yoğun olarak incelenen tat hücrelerinden olan tip II hücrelerinin yüzeylerinde spesifik reseptör proteinleri bulunmakta ve bu hücreler tatlı, acı ve umami tatlarının algılanmasında görev almaktadır. Tip III hücreleri ekşi tadın algılanmasından sorumlu iken tip IV hücrelerinin işlevi tam olarak anlaşılamamış durumdadır [29]. Araştırmacılar, tip II tat hücrelerinin T1R2, T1R3 ve T2R isimli reseptörleri içerdiğini bulmuşlardır. T1R2, T1R3 reseptörlerinin tatlı, T2R reseptörlerinin ise acı tat uyarıcı bileşikler tanıtmaktan sorumlu olduğu saptanmıştır [30].

Ağızda bulunan en basit reseptör NaCl reseptörüdür. Tuz gibi iyonik uyarıcılar tat reseptör hücre membranındaki iyon kanalları ile doğrudan reaksiyona girmektedir. İyon kanalları tuz katyonları (Na<sup>+</sup>) için geçirgen özelliktedir ve membran boyunca elektrik potansiyelinde değişim olmakta ve depolarizasyon gerçekleşmektedir [31]. Bu durum, voltaj-ayarlı Ca<sup>2+</sup> kapılarının açılmasına ve nörotransmitter salınmasına neden olmaktadır. Tuz tadının algılanması tat reseptörleri üzerindeki sodyum kanallarının (EnAC olarak adlandırılan) sodyum tarafından aktive edilmesiyle başlar ve gelen sinyaller beyindeki tat alma duyu merkezine iletilir [32]. Düşük sodyum konsantrasyonlarında, gelen sinyal çok zayıf olabilir ve sodyum içermeyen benzer bir solüsyonla aralarındaki fark anlaşılmayabilir. Sodyum konsantrasyonu arttıkça, gelen sinyalin gücü artar ve belli bir seviyede birey sodyum içeren çözeltiyi içermeyen çözülden ayırt edebilmeye başlar [33].

Ekşi tat gıdalardaki asitlerin oluşturduğu hidrojen (H<sup>+</sup>) iyonları nedeni ile oluşmaktadır. Ekşi tadın algılanmasında görev alan farklı reseptör proteinleri bulunmaktadır. Hücrenin içine H<sup>+</sup> iyonlarının akmasını mümkün kılan iyon kanallarıdır. Ekşi ve tuzlu tadın algılanmasında, EnAC kanalında aynı protein görev almaktadır. Bu nedenle, ekşi tadın varlığında tuzlu tadın algılanması azalmaktadır [32].

## Sodyum Klorürün Gıdalardaki Fonksiyonları

### Lezzet

Sofra tuzu (NaCl) birçok mutfak kültüründe lezzet verici madde olarak kullanılmaktadır. Tüketiciler yeterli seviyede tuz kullanılmayan ürünleri yavan ve lezzetsiz

bulmaktadır. Bu durumun nedeni, tuzun istenmeyen tatları (acı, metalik veya kimyasal) maskelerken, arzulanan bazı tatların (tatlılık gibi) yoğunluğunu arttırabilme potansiyelinden kaynaklanmaktadır [34]. Sodyum klorür tuzluluğu en yüksek sodyum bileşimidir ve bir maddenin tuzluluk oranı bu maddeye göre ölçülmektedir. Örneğin, sofraya tuzunun (NaCl) "tuzluluk" oranı 1 iken potasyum klorürün tuzluluk oranı 0,6'dır [27]. Genelde, tuzluluk  $\text{Na}^+$  katyonları aracılığıyla ortaya çıkmaktadır ancak  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$  ve  $\text{NH}_4^+$  gibi katyonlar da tuzlu tada sahiptirler [35]. NaCl dışındaki bazı mineral tuzları (KCl,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$  gibi) ürüne tuzlu tadı verebilse de düşük kararlılık, kötü tat ve kokularından dolayı gıdada kullanımları kısıtlıdır [36] ayrıca tuz önemli aroma bileşiklerinin sentezlenmesine yardım eden bazı organizmaların gelişmesini ve enzimlerin aktivitesini düzenleyerek gıdanın lezzetini etkilemektedir [37].

Farklı lezzet özelliklerine sahip iki bileşik karıştırıldığında, çeşitli etkileşimler (artırma ya da baskılama) meydana gelebilmektedir. Gıda matrislerinde, sodyum tuzları diğer tat özelliklerini etkilemektedir. Örneğin, tuzlu ve ekşi tat karışımları düşük konsantrasyonlarda birbirlerinin yoğunluğunu artırırken yüksek konsantrasyonlarda birbirinin tadını baskılamaktadır [38]. Tuzluluk acı tattan daha az etkilenirken, acılık tüm yoğunluklarda sodyum tarafından bastırılmaktadır. Düşük konsantrasyonlarda, tuzlu tat tatlı tadın yoğunluğunu artırırken orta yoğunlukta tatlı tat tuzlu tadın yoğunluğunu azaltmaktadır [39].

### Doku ve Diğer Kalite Kriterleri

Yapılan çalışmalar, tuzun gıdaların tekstürel özellikleri ve bazı kalite kriterleri (yağ miktarı, starter kültür aktivitesi, nem oranı ve pH değeri) üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir [40]. Tuz, gıdadaki diğer temel bileşenlerle (protein, yağ ya da su) etkileşime girip gıdaların dokusunu ve işleme sırasında oluşan reaksiyonları etkilemektedir [41]. Ekmek veya diğer fermente ürünlerin yapımında tuz kullanılması gluten proteinlerinden uzayabilir ağ oluşmasına yardım etmektedir. Unlu mamullerin yapımında optimal tuz konsantrasyonunun seçilmesi önemlidir çünkü yetersiz eklenen tuz mayanın gelişimini sınırlayamamaktadır. Bu durum, fazla büyük ve zayıf tekstüre sahip bir ürün elde edilmesine neden olabilmektedir [42]. Tuzun suda sodyum ve klorür iyonları şeklinde çözünmesi unun suyu daha hızlı şekilde absorbe etmesini sağlamaktadır. Bu sayede, makarna ürününün gerilme direnci, esnekliği ve ağısı gluten yapısı gelişirken, kırılma oranı azalmaktadır [43, 44].

Etlere eklenen tuz, proteinlerin daha fazla su molekülü bağlamasını sağlamaktadır. Akabinde, etin yumuşaklığı artarken ısıtma işlemi gören vakum paketlenmiş ürünlerin sıvı kaybı azalmaktadır [41]. Bunun yanında, tuzun miyofibril proteinleri çözebilmesi emülsiyon et ürünlerinin (sucuk, sosis gibi) işlenebilir olmasını sağlayan önemli faktörlerden biridir [45]. Peynir yapımının son aşamasında tuz eklenmektedir ve peynirdeki sodyumun temel kaynağı eklenen bu tuzdur. Tuz, peynirin son nemini, tekstürünü, starter bakteri ve aroma üreten sekonder organizma tiplerinin üründeki aktivitesini ve

gelişmesini etkilemektedir [46, 47]. Yapılan çalışmalar, starter kültür bakterileri içerisinde *Lactobacillus* türlerinin ve *Streptococcus thermophilus*'un tuza en dirençli mikroorganizmalar olduklarını göstermiştir. Peynir yapımında kullanılan *Lactococcus* spp. suşlarının gelişiminin ortamdaki düşük NaCl konsantrasyonlarında teşvik edilirken,  $>5\%$  tuz/nem konsantrasyonlarında suşlar üzerine güçlü inhibisyon etkileri olduğu gözlemlenmiştir [48]. Her tuz kendine özgü bir pH değerine sahiptir ve saf suyun pH değerinin NaCl eklenmeye başladıkça arttığı saptanmıştır [49]. Bu nedenle, gıdaya eklenen tuz formülasyonunda bir değişiklik yapıldığı zaman ürünün kalite kriterlerinin incelenmesi yerinde olacaktır.

### Mikrobiyolojik Güvenlik

Tuz, su aktivitesi ( $a_w$ ) değerini patojenlerin ve bozulma yapan mikroorganizmaların gıdada gelişmesi için gereken seviyenin altına düşürerek koruyucu görevi yapmaktadır.  $A_w$  değeri gıdadaki suyun enzimatik reaksiyonlar, mikrobiyal gelişme ve metabolik faaliyetler için kullanılabilirliğinin göstergesidir. Her mikrobiyal türün gelişebildiği minimum bir  $a_w$  değeri vardır [50]. Et, balık, sebze, ekmek ve pişmiş sosis gibi kolay bozulabilir gıdalarda *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Proteus*, *Shigella*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Clostridium perfringens* ve bazı mayalar gelişebilirken; reçel ve marmelat gibi düşük su aktivitesine ( $a_w \sim 0.750$ ) sahip ürünlerde halofilik bakteriler gelişebilmektedir.  $a_w$  değeri 0.5'in altına düştüğünde mikroorganizmalar gıdada genellikle gelişmemektedir [51].

Gıda muhafaza yöntemleri;  $a_w$  ve pH değerininin azaltılması, koruyucu eklenmesi, düşük sıcaklıkta depolama gibi farklı adımları içerebilmektedir. Ürün stabilitesi için bu adımları kombinasyonlar halinde kullanmak tek başına kullanmaktan daha etkilidir [52]. Eğer bir ürünün  $a_w$ 'si azalır raf ömrü de paralel olarak azalmaktadır. Tuz seviyesinin azaltıldığı durumlarda antimikrobiyal etkinin artması ve raf ömrünün aynı kalması için diğer faktörlerde değişiklik yapmak gerekmektedir [50].

### TUZ SEVİYESİNİN AZALTILMASI İÇİN KULLANILAN TEMEL YAKLAŞIMLAR

İşlenmiş gıdaların tuz seviyesini azaltmak için farklı stratejiler uygulanabilmektedir [36]. Bu yöntemlerin temeli: (i) NaCl'nin bir kısmının ya da tamamının kademeli olarak azaltılmasına, (ii) NaCl yerine alternatif tuzların ve lezzet artırıcıların kullanılmasına, (iii) tüketicilerin eğitime, (iv) çeşitli tekniklerle tuz difüzyonunun artırılmasına (v) tuzun fiziksel formunun değiştirilmesine ya da (vi) duyuusal kontrastlar yaratılmasına dayanmaktadır [13].

### Toplam Tuz İçeriğinin Azaltılması ve Tüketici Eğitimi

Ürün formülasyonundaki tuz içeriği tüketici tarafından fark edilmeyecek şekilde kademeli olarak azaltılabilmektedir. Yapılan çalışmalarda, az miktarda ve

kademeli tuz azaltılmasına ağız tadının uyum sağladığı bu nedenle tüketicilerin tuz seviyesi azaltılan ürünü normal tuzlulukta algıladıkları saptanmıştır [53]. İngiltere bu stratejiyi uygulayarak 3 senelik periyotta marketlerde satılan birçok işlenmiş gıda ürününün sodyum içeriğini %20-30 oranında azaltmayı başarmıştır [54]. Bu strateji sodyum alımının azaltılmasına yardım etse dahi bazı kısıtlamaları bulunmaktadır. Popülasyonun tahminen %25'inin tada çok duyarlı bireylerden oluşması dikkat çekmeden tuz azaltımı yapılmasının önünde bir engel teşkil etmektedir [36] ayrıca zaman gerektiren bu stratejinin etkili olabilmesi için endüstriyel ölçekte tüm ürünlere uygulanması gerekmektedir. Öte yandan, tüketiciler daha az tuzlu tada adaptasyon sağlasa bile gerçekte ürünün tadını bozmadan azaltılabilecek tuz miktarı sınırlıdır, tuzu azaltmak ürünün raf ömrünün kısalmasına ve istenmeyen acı tatların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir [13, 55]. Tuz tüketimini azaltma çalışmalarında toplum eğitimi çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu farkındalık artırma çabalarının ne kadar etkili olduğu İngiltere ve Finlandiya'da gösterilmiştir. Kamu ve sivil toplum kuruluşlarının gerçekleştirdiği eğitimler, bilgilendirmeler sayesinde tüketici duyarlılığı artmış ve fazla tuz alımının neden olabileceği potansiyel sağlık sorunları hakkında insanlar bilinçli hale gelmiştir [25].

2016 yılında Uruguay'da ekmekte kademeli tuz azaltma programı geliştirmek üzerine bir çalışma yapılmıştır. 303 tüketicinin katıldığı araştırmada 2 ayrı tüketici çalışması gerçekleştirilmiştir. 204 tüketicinin yer aldığı ilk çalışma sonucunda ekmekte tuzluluk için sıralı 4 tane tat eşik değeri (%2.00, 1.80, 1.61 ve 1.38) belirlenmiş ve ikinci çalışmada 99 tüketici 5 farklı formülasyonla üretilen ekmeklerin duyuşal ve hedonik özelliklerini değerlendirmiştir. Normal şartlarda 2% oranında tuz içeren ekmeğin tuz seviyesinin tüketicilerin duyuşal algılarını negatif olarak etkilemeden 10% seviyesinde azaltılabileceği saptanmıştır. Daha fazla tuz azaltımı yapabilmek için belli bir süre beklenmesi gerektiği ve bu süre zarfında tüketicilerin tuzu azaltılmış ekmeğin duyuşal karakterine zamanla alışabildiği fark edilmiştir. Kademeli tuz azaltma sırasında geçmesi gereken süre yapılacak çalışmalarla hesaplanmalıdır ayrıca tüketicilerin tuza karşı olan hedonik duyarlılıklarında önemli farklılıklar görülmüştür. Bu nedenle, tüketicilerin tuzu azaltılmış gıdalara karşı olan algılarını incelerken tüketicilerin segmentasyonu da göz önünde bulundurulmalıdır [56].

Yapılan bir çalışmada, domates suyunda ani tuz azaltımı ve kademeli tuz azaltımı yapmanın tüketici kabul edilebilirliğini nasıl etkilediği incelenmiştir. Tüketicilerin tuza karşı olan hedonik duyarlılıklarının bu yöntemlerin verimliliğini etkileyip etkilemediği de değerlendirilmiştir. Öncelikle dört farklı tuz konsantrasyonunda (136-640 mg sodyum aralığında) domates suları hazırlanmıştır. Bir grup paneliste düşük sodyum içeren domates suyu 4 hafta sonunda aniden tattırılırken, diğer gruba tuz seviyesi kademeli olarak azaltılan domates suları 16 hafta süresi boyunca tattırılmıştır. Ani tuz azaltımı beğeni skorlarında ciddi bir düşüşe neden olurken kademeli tuz azaltımında tüketicilerin kabul edilebilirliği korunmuştur. Düşük

hedonik duyarlılığa sahip kişiler, tuz azaltma stratejilerine olumlu yanıtlar vermiş ve tuzu azaltılmış gıdalarının tadına uyum sağlamada herhangi bir zorluk çekmemişlerdir. Öte yandan, her iki stratejide de tuz azaltımının belli bir seviyeye kadar yapılabileceği görülmüştür [57].

İngiltere'de üretilen ekmeklerin tuz içeriği son on yılda kademeli olarak azaltılmıştır. Brinsden ve ark. (2013), paketlenmiş ekmeklerde yapılan tuz azaltma çalışmalarını incelemiştir. 2001'de 1.23 g/100 g olan tuz miktarının 2011'de 0.98 g'a (%20 oranında) düştüğü belirlenmiştir. Bu çalışma, ekmeğin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini olumsuz olarak etkilemeden üreticilerin tuz seviyesini zamanla azaltılabileceğini göstermektedir ayrıca piyasada satılan işlenmiş ürünlerin tuz seviyelerinde geniş bir varyasyon olduğu ve tuz seviyesi azaltma çalışmalarının diğer ürünler içinde uygulanması gerektiği saptanmıştır [58].

Karanja ve ark. (2007) sodyum seviyesi azaltılmış diyetlerin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini farklı beslenme planlarını, hipertansiyonun 1. evresinde olan 354 yetişkin bireye uygulayarak incelemişler. Farklı beslenme planları, hipertansiyonun 1. evresinde olan 354 yetişkin bireye uygulanmıştır. Katılımcılara meyve, sebze ve süt ürünleri yönünden zengin ve 3 farklı seviye de (az (1200 mg/gün), orta (2300 mg/gün) ve yüksek (3500 mg/gün)) sodyum içeren bir diyetler verilmiştir. Bu çalışmaya katılanlar; günlük olarak yüksek seviyede tuz tüketen kişilerden seçilmesine rağmen orta seviyede sodyum içeren diyetin tuzluluğunu en fazla kabul edilebilir olarak oylamışlardır. Bu sonucun nedenlerinden biri de tuz ve hipertansiyon arasındaki ilişkiyi kavrayan tüketicilerin doğru cevabı vermek istemeleridir. Bu nedenle, sağlık ve beslenme uzmanları bu durumdaki kişilere günlük maksimum alması gereken sodyum miktarı ve tüketmesi gereken yiyecek çeşitleri hakkında bilgi verdiklerinde; bu kişilerin tuz tüketimlerini zamanla azaltılabileceği saptanmıştır [59].

### **Tuz Yerine Geçen Maddelerin ve Lezzet Artırıcıların Kullanılması**

Diyetle alınan sodyum miktarını azaltmak için kullanılan yöntemlerden biri de NaCl yerine ikame maddelerinin (tuzluluk tadı veren fakat sodyum içermeyen) ve lezzet artırıcıların kullanılmasıdır [53]. Potasyum klorür (KCl), magnezyum klorür (MgCl<sub>2</sub>), amonyum klorür (NH<sub>4</sub>Cl), potasyum laktat ve kalsiyum klorür (CaCl<sub>2</sub>) gibi mineral tuzları, bazı dipeptitler ya da aminoasitler (lizin, arjinin gibi) NaCl'nin bir kısmının veya tamamının yerine tek veya kombinasyonlar halinde kullanılabilirler ancak bu alternatif maddeler üründe istenmeyen tatlara (acı, metalik ya da buruk) sebep olabilmektedirler. KCl en yaygın olarak kullanılan tuz ikame maddesi olmasına rağmen gıdalarda 50/50 oranında NaCl/KCl kullanımının acılık artışına ve tuzluluk kaybına neden olduğu saptanmıştır [54]. Bu durum, tuz ikame maddelerinin kullanımını sınırlamakta ve acılık önleyici maddelerle (tatlandırıcı, adenozin 5'monofosfat gibi) beraber kullanılması gerektiğini göstermektedir [48]. Umami tadı veren maddeler de sodyum azaltımıyla ilgili çalışmalarda lezzet geliştirici olarak kullanılabilirler

çünkü bu maddeler hem genel lezzet profilini dengeye ulaştırmakta hem de tuzluluk algısını artırmaktadır [39].

Şimşek (2016) yürüttüğü bir çalışmada, 5 farklı klorür tuzu formülasyonu (%100 NaCl-kontrol, %50 NaCl+%50 KCl, %50 NaCl+%30 KCl+%20 MgCl<sub>2</sub>, %50 NaCl+%30 KCl+%20 CaCl<sub>2</sub>, %50 NaCl+%30 KCl+%10 MgCl<sub>2</sub>+%10 CaCl<sub>2</sub>) kullanmanın sucuğun mikrobiyal, duyuusal ve fiziko-kimyasal özellikleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre sucuk üretiminde farklı tuzlar kullanılması oluşan laktik asit bakterileri ve *Enterobacteriaceae* sayısında istatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğe neden olmamıştır ( $P>0.05$ ). Öte yandan, farklı tuzlar kullanımı ürünün pH değerini etkilemiştir ( $P<0.01$ ). En düşük pH değeri %50 NaCl+%30 KCl+%20 CaCl<sub>2</sub> içeren üründe saptanmıştır. %100 NaCl içeren sucuğun en düşük  $a_w$  bu maddeler sahip olduğu, tuz içeriğinin değiştirilmesinin az sayıda uçucu bileşenin konsantrasyonunu etkilediği görülmüştür. Duyusal analiz sırasında değerlendirilen özellikler (renk, tekstür, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik) arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ( $P>0.05$ ) [60].

Baharatlar, çeşniler ve otlar sofraya tuzu yerine kullanılabilir sağlıklı ve güvenli alternatiflerdir. Lee (2011), NaCl yerine kullanılabilir bir ürün geliştirmek için bir çalışma yapmıştır. Öncelikle, 13 farklı bitkiden ekstrakt elde edilmiş ve bu maddeler duyuusal olarak değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda tuz ve umami tadına sahip olan 3 bitki ekstraktı (*S. herbacea* (saltwort), *L. japonica* (sea tangle) ve *L. chinensis* (kukoshi)) seçilmiştir. Püskürtmeli kurutucu yardımıyla bu maddeler toz haline getirilip karıştırılmış ve tuz yerine geçen madde (PSS) olarak kullanılmıştır. Elde edilen bu karışım ile NaCl sodyum seviyesi ve tuzluluk yoğunluğu açısından karşılaştırılmıştır. PSS'nin tuzluluğunun NaCl'ye oranla 0.65 olduğu bulunmuştur ayrıca PSS ile NaCl'nin tuzluluğu eşit seviyeye getirildiğinde PSS NaCl'den %43 daha az sodyum içerdiği saptanmıştır. Kısacası, ürünlerin tuzluluğunu etkilemeden tüketicilerin aldığı sodyum miktarını azaltacak alternatif bir karışım elde edilmiştir [61].

Diğer bir çalışmada, seyyar olarak satılan iki Singapur yemeğinin (mee soto ve tavuklu pilav) sodyum seviyesini azaltmak için monosodyum glutamat (MSG) ya da Ajiplus® (MSG ve nükleotit karışımı) sofraya tuzunun bir kısmının yerine kullanılmıştır. Bu ürünlerin tuz seviyesi %40 azaltılınca, tavuk aromasının, tuzluluğun, baharat aromasının, umami ve tatlı tadın azaldığı saptanmıştır. Öte yandan, bu lezzet arttırıcıların eklenmesiyle ürünlerin tuzluluğunun, tavuk aromasının ve umami tadın arttığı gözlemlenmiştir. Kontrol ile NaCl seviyesi %40 azaltılan (azaltılan NaCl miktarında MSG eklenen) ürünler arasında tuzluluk açısından bir farklılık hissedilmemiştir. Bu çalışma sonucunda, MSG ilavesinin lezzet yoğunluğunda, umami tat ve ağızda bırakılan histe pozitif etkiler yarattığı görülmüştür [62].

Üreticilere göre tuz azaltma çalışmalarında aminoasitlerin kullanımı tuz ikame maddesinin tuzluluğunu arttırmakta, istenmeyen tatlarını maskelemekte ve tüketicinin vücudundan sodyum atımını artırmaktadır. Piyasada yer alan birçok tuzluluk

arttırıcı L-lizin ve L-arjininin pozitif etkilerini kullanmaktadır [36]. Guerrero ve ark. (1995) birçok gıdada ve içeceklerde kullanılabilir bir tuzluluk arttırıcı formülasyonu geliştirdiklerini açıklamışlardır. Oluşturdukları tuz ikame formülasyonu; peptit ve serbest amino asitler (lizin ve arjinin) içermektedir [63]. K<sup>+</sup> iyonlarının yüksek molekül ağırlığına sahip olması KCl'nin eklendiği gıdaya istenmeyen acı ve metalik bir tat katmasına neden olmaktadır. Waimaleongora-Ek (2006) bu sorunu çözmek için bir çalışma yapmış ve KCl'nin yarattığı acı ve metalik tadı baskılamak için tuz formülasyonuna L-arjinin aminoasidi ilave etmiştir. NaCl/KCl/L-arjinin içeren 11 farklı tuz formülasyonu oluşturulmuş ve tüketicilerden (n=385) bu formülasyonları duyuusal olarak değerlendirmesi istenmiştir. %65 KCl ve %35 NaCl içeren solüsyonun %100 NaCl içeren solüsyondan tuzluluk ve acılık yönünden önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, acılık ve genel beğeni skorlarına göre optimal tuz formülasyonunun %56-100 NaCl, %0-44 KCl ve %0-5 L-arjinin olduğu bulunmuştur. Bu çalışma, belli konsantrasyonlardaki L-arjininin KCl'nin yarattığı acılığı kısmen maskeleyebildiğini göstermiştir [64].

Kremer ve ark. (2009), NaCl yerine doğal soya sosu kullanarak 3 farklı gıda grubunun (salata sosu, domates çorbası ve kızartılmış domuz eti) sodyum seviyesini azaltmaya çalışmıştır. Hazırlanmasında değişen oranlarda (%100-0, %75-25, %50-50, %75-25 ve %0-100) NaCl ve soya sosu karışımı kullanmanın salata sosunun (memnuniyet, tuzluluk, ekşilik ve genel tat yoğunluğu), çorbanın (memnuniyet, tuzluluk, domates tadı ve genel tat yoğunluğu) ve kızartılmış domuz etinin (memnuniyet, tuzluluk, et tadı, genel tat yoğunluğu) çeşitli kalite kriterleri üzerine olan etkileri panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Soya sosunun kendine has kokusunun ve umami tadı veren bazı maddeleri (örneğin glutamik asit) yüksek miktarda içermesinin tuzluluk tadının algılanmasını artırdığı bilinmektedir. Elde edilen verilere göre, bu stratejiyle test edilen gıdaların (salata sosu, çorba ve domuz eti) genel lezzet yoğunluğunda ve paralelinde tüketici tarafından kabulünde bir değişime neden olmadan sırasıyla %50, %17 ve %29 oranında NaCl azaltımı yapılabilmektedir [65].

Yapılan bir çalışmada ise ekmeğin sodyum seviyesini azaltmak için NaCl'nin bir kısmının yerine potasyum, kalsiyum ve magnezyum tuzları kullanılmıştır. Üretilen ekmeğin hacmi, kabuk rengi, iç rengi, yapısı ve duyuusal özellikleri 122 tüketici tarafından değerlendirilmiştir. Sodyum seviyesi %32.3 oranında azaltılan kahverengi ekmeğin pişme kalitesinin, görünüşünün, dokusunun ve tadının kabul edilebilir olduğu görülmüştür [66].

### Alternatif Teknolojiler Kullanılması

Isıl olmayan gıda işleme teknolojilerinden olan yüksek basınç (HPP) ve ultrason uygulamaları et ürünlerinin tuz seviyesini azaltmak için kullanılabilir. HPP işleminde, 400-600 MPa değerlerindeki basınç çok yüksek olmayan sıcaklıklarda (<45°C) ürüne uygulanmaktadır [67]. Genelde patojen mikroorganizmaların gelişmesini önlemek için kullanılan bu teknoloji, tuz seviyesi azaltılan ürünlerin fiziksel,

tektürel ve tat özelliklerini korumak için de kullanılabilir. Basınç uygulamasıyla sodyum iyonları ve protein arasındaki etkileşimler değişmekte ve dil üzerindeki tat reseptörlerine sodyum girişi artmaktadır [68]. Tuzlama işlemi sırasında ultrases tekniğinin kullanılması ise tuzun ette düzgün bir şekilde yayılmasını sağlamaktadır. Bu sayede, NaCl seviyesi azaltılan üründe algılanan tuzluluk artmaktadır [69].

Et ürünleri işlenmiş gıdalarla vücuda alınan tuz miktarının yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır. Bu nedenle, işlenmiş et ürünlerindeki sodyum seviyesini azaltmak tüketicilerin sağlıklı beslenmesini sağlamak açısından çok önemlidir. Etteki sodyum sadece sodyum klorürden gelmemektedir ette ekstra sodyum kaynakları (doğal olarak bulunan, sodyum fosfatlar ve sodyum nitratlar) bulunmaktadır. Bir çalışmada, farklı işlem basamaklarında (hammadde, enjeksiyondan sonra, karıştırmadan sonra ve pişirmeden sonra) yüksek basınç (HPP) (100, 300 ve 600 MPa) uygulanmasının, NaCl içeriğinin (%0, 0.95, 1.33 ve 1.90) ve fosfat içeriğinin (%0 ve 0.25) değiştirilmesinin pişmiş jambonun bazı kalite kriterleri (pişirme kaybı, tekstür, su tutma kapasitesi, renk ve tuzluluk tadı) üzerine olan etkileri incelenmiştir. Çiğ ete HPP uygulaması yapmanın tuzu azaltılmış jambonun yapısına ve su tutma kapasitesine zarar verdiği görülmüştür. KCl (%0.2) maddesi HPP (karıştırma basamağının ardından 100 MPa'da) uygulanarak kullanıldığında jambonda %45 NaCl azaltımı yapılabildiği görülmüştür [70].

Et ürünleri kadar yaygın olmasa da düşük sodyumlu peynir üretimi için HPP işleminin kullanıldığı birkaç çalışma bulunmaktadır. HPP uygulaması peynirdeki su ve tuz dağılımını değiştirmektedir. Ancak, HPP'nin uygulama koşulları da (sıcaklık, zaman ve basınç seviyesi) elde edilen sonucu etkilemektedir. Bir çalışmada, 4 farklı tuz seviyesinde (%5.3 (kontrol), %2.5, 1.9 ve 0.2 NaCl) Çedar peynirleri hazırlanmış ve peynirlere yüksek basınç (405 MPa/3 dakika) uygulanmıştır. Yüksek basınca maruz bırakılan ve bırakılmayan peynirlerin (aynı tuz seviyesinde) benzer duyusal profile (ekşi, tuzlu ve acı tat açısından) sahip olduğu görülmüştür [71].

### **Tuzun Fiziksel Formunun Değiştirilmesi Ya Da Duyusal Kontrast Yaratılması**

Tuz partikülünün büyüklüğü ve şekli tuzluluk algısını etkileyen diğer parametrelerdir. Küçük ve yüzey alanı geniş tuz molekülleri gıda matrisinde daha hızlı çözünmektedir ve bu durum tuzluluk algısını artmaktadır [72] ayrıca gıdanın farklı katmanlarına değişen konsantrasyonlarda tuz uygulayarak üründe hissedilen tuzluluk algısını negatif olarak etkilemeden NaCl seviyesini azaltmak mümkündür [73].

Hamur ürünlerinin farklı katmanlarına farklı seviyelerde tuz eklemek (duyusal kontrast) ürünün tuzluluğunu etkilemeden sodyum seviyesini azaltmak için kullanılan bir yöntemdir. Öte yandan, tuz çözünmeye ve yüksek konsantrasyondaki bölgeden düşük konsantrasyondaki bölgeye nüfuz etmeye yatkınlık göstermektedir. Bu nedenle, tuzun çözünürlüğünü azaltmak için

enkapsülasyon yöntemi uygulanabilmektedir. Milföy ve pizza hamurunun hazırlanması aşamasında bazı değişiklikler yaparak hamurun tadını ve makinede işlenebilirliğini etkilemeden tuz içeriğinin azaltılması üzerine bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada, tuz tanelerine enkapsülasyon işlemi uygulanmış ve laminasyon prosesi sırasında tanelerin hamur üzerinde homojen şekilde dağılması sağlanmıştır. 5 farklı hamur formülasyonu (A-karıştırma işlemi sırasında %2.1 tuz eklenen örnek (kontrol), B-tuzun (%2.1) hamurun iki katmanının ortasında yer aldığı örnek, C-wax B ile enkapsüle edilen tuz (%2.1) kullanılan örnek, D-karıştırma işlemi sırasında %1.5 tuz eklenen örnek (kontrol göre %30 daha az tuz içerir) ve E-karıştırma işlemi sırasında %1.05 tuz eklenen örnek (kontrol göre %50 daha az tuz içerir) hazırlanıp duyusal analiz uygulanmıştır. Panelistlere göre B ve C hamuru kontrol olarak hazırlanan A hamurundan daha tuzlu bulunmuştur. Bu durum, test edilen teknolojik yaklaşımlarla tuz algısının artırılabilirliğini göstermektedir. Ayrıca, tuz miktarı %25 azaldığında hamurun reolojik özelliklerinde (yapışkanlık, glutenin elastikiyetinde ve direncinde) istenmeyen bir etki oluşmadığı saptanmıştır [74].

Sodyum miktarının azaltılmasına olanak tanıyan bir diğer yöntem ise tuzun emülsiyon içinde enkapsülasyonudur [75]. Standart tuz kristalleri ve değişen partikül boyutlarında (500 µm, 1000 µm ve 2000 µm) enkapsüle tuz kristalleri kullanılarak farklı ekmek hamurları hazırlanmıştır. 1000-2000 µm boyutlarındaki enkapsüle tuz kristallerini kullanmak ekmekte tat kontrastları oluşturmuş ve ürünün tuzluluğunu artırmıştır. Bu sayede, ekmeğin lezzetini etkilemeden tuz miktarı %50 oranında azaltılabilmektedir. Enkapsüle edilen tuz kristallerinin boyutunun tuzluluk artışının büyüklüğünü etkilediği görülmüştür. Küçük boyuttaki enkapsüle tuzlar tuzluluk tadını çok fazla artırmazken büyük boyuttaki enkapsüle tuzlar tuzluluğu önemli şekilde artırmıştır. Bu nedenle, ekmeğin tuzluluğunu ve tüketicilerin beğenisini koruyarak maksimum sodyum azaltımı elde etmek için enkapsüle edilen tuz kristallerinin boyutlarının da optimize edilmesi gerektiği sunucuna varılmıştır. %1 büyük boyutta (2000 µm) enkapsüle tuz ile hazırlanan ekmeklerin %2 normal boyutta tuz ile hazırlanan ekmeklere oranla daha tuzlu olduğu saptanmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre duyusal kontrast oluşturmak tat algısını modüle eden bir teknoloji ve tüketici beğenisini ve tuzluluğu koruyarak sodyum seviyesi azaltılmış ekmek üretmek için uygulanabilecek bir strateji olarak değerlendirilmektedir [73].

Emorine ve ark. [76] tarafından sıcak servis edilen iki tip atıştırmalıkta (iki ve dört katmanlı) heterojen tuz dağılımı yapmanın tuzluluk algısına ve tüketici kabul edilebilirliğine olan etkisinin incelendiği bir çalışma yapılmıştır. İki katmanlı atıştırmalıklarda, tam faktöriyel tasarıma göre krem ve tahıl bazlı katmanlara farklı tuz seviyeleri (%0, 0.3 ve 1 (w/w)) eklenmiştir. 4 katmanlı (krem bazlı) hazırlanan atıştırmalıkların hepsi toplamda %8 tuz içerirse de tuz dağılımı belirlenen modellere göre (1 homojen ve 3 farklı heterojen dağılım) çeşitlilik göstermiştir. Tüketici panelleri her ürünün tuz

yoğunluğunu değerlendirmiştir. Her iki atıştırmalıkta, heterojen tuz dağılımına sahip örneklerde önemli bir tuzluluk artışı gözlenmiştir. İki katmanlı ürünlerde, tuz algısının krem bazlı tabakadaki tuz konsantrasyonundan daha fazla etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, dört tabakalı ürünlerde tuz algısının artması için tuz konsantrasyonları arasında büyük bir kontrast yaratılması gerektiği görülmüştür. Bu çalışmanın sonuçları, gıdalarda heterojen tuz dağılımı yapmanın ürünün tadını bozmadan sodyum azaltımı sağlamak için güçlü bir strateji olduğunu göstermiştir [76].

ABD'de pizza sodyum kaynağı sıralamasında 3. sırada yer almaktadır çünkü pizzanın sadece üst malzemesi değil pizza hamuru da önemli miktarda sodyum içermektedir. Mueller ve ark. (2016) yaptığı bir araştırmada, 6 farklı yöntem kullanarak pizza hamurları hazırlanmış ve ürünlerin duyu özellikleri panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Çalışmada, NaCl'nin %30'u yerine KCl kullanıldığı zaman hamurun tuzluluğunda bir azalma olmadığı görülmüştür. İri taneli tuz kristallerinin (0.4-1.4 mm) karıştırma işleminin bitmesine 30 saniye kala eklenmesi ya da sulu tuz solüsyonunun hamurun bir yüzeyine spre edilmesi pizza hamurunun tuzluluğunu artırmıştır. Bu iki strateji yardımıyla, hamurun lezzetini değiştirmeden %25 oranında tuz azaltımı yapılabileceği saptanmıştır [77].

## SONUÇ

İnsan vücudunun fonksiyonlarını düzgün bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için belli seviyelerde sodyuma ihtiyacı vardır ve insanların diyetle aldıkları sodyumun temel kaynağı sofraya tuzdur. Ancak günümüzde sodyum alım miktarı ihtiyacın çok üzerindedir ve bu durum çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Bu nedenle, araştırma kurumları ve gıda endüstrisiyle ortaklaşa çalışmalar yaparak gıdaların sodyum seviyesinin düşürülmesi için farklı stratejiler geliştirmiştir. Bu stratejilerin hedefine ulaşabilmesi için endüstriyel boyutta gıdalara uygulanabilir olması ve ürünlerin kalite özelliklerine zarar vermemesi gerekmektedir. Literatürde, sodyum azaltma tekniklerinin uygulandığı birçok çalışma yapılmış ve bu denemelerden bazılarının sonuçları bu derlemede sunulmuştur. Çalışmalardan da görüldüğü gibi farklı yöntemler kullanılarak ürünlerin kalite özelliklerini ve lezzetini negatif olarak etkilemeden NaCl seviyesini azaltmak mümkün olabilmektedir. Özellikle, ülkemiz gibi tuz tüketim miktarı yüksek olan toplumlarda bu tür önlemler almak hem halk sağlığını iyileştirmek hem de sağlık harcamalarına giden milyarlarca liranın tasarruf edilmesi anlamına gelmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Anonim, (2010). Global status report on noncommunicable diseases 2010. WHO Press, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- [2] Anonim, (2012). Guideline: sodium intake for adults and children. WHO Press, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- [3] He, F.J., Macgregor, G.A. (2012). Salt intake, plasma sodium, and worldwide salt reduction. *Annals of Medicine*, 44, 127-137.

- [4] Erdem, Y., Akpolat, T., Derici, Ü., Şengül, Ş., Ertürk, Ş., Ulusoy, Ş., Arıcı, M. (2017). Dietary sources of high sodium intake in Turkey: SALTURK II. *Nutrients*, 9(9), 933.
- [5] Sung Kyu Ha, M.D. (2014). Dietary salt intake and hypertension. *Electrolyte Blood Press*, 12(1), 7-18.
- [6] MacGregor, G.A., de Wardener, H.E. (1998). Salt, diet and health: Neptune's poisoned chalice; the origin of high blood pressure. Cambridge: Cambridge University Press, New York.
- [7] Kurlansky, M. (2002). Salt: a world history. Walker Publishing, New York.
- [8] Akbulut, U. (2013). Tuz, Geçmişte Altın Kadar Değerliydi. <http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2013/07/tuz.pdf> (Erişim tarihi: 22.01.2018)
- [9] He, F.J., Macgregor, G.A. (2007). Dietary salt, high blood pressure and other harmful effects on health. In Reducing salt in foods, Edited by D. Kilcast, F., Angus, F., Cambridge CB21 6AH, England, 18-53.
- [10] Gillette, M. (1985). Flavor effects of sodium chloride. *Food Technology*, 39(6), 47-52.
- [11] James, W.P., Ralph, A., Sanchez-Castillo C.P. (1987). The dominance of salt in manufactured food in the sodium intake of affluent societies, *Lancet*, 1(8530), 426-429.
- [12] Nestle, M. (2002). Food politics-how the food industry influences nutrition and health. University of California Press, London, England.
- [13] Inguglia, E.S., Zhang, Z., Tiwari, B.K., Kerry, J.P., Burgess, C.M. (2017). Salt reduction strategies in processed meat products-A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 70-78.
- [14] Breslin, P.A.S., Beauchamp, G.K. (1997). Salt enhances flavour by suppressing bitterness. *Nature*, 387, 563.
- [15] USDA (2018). USDA national nutrient database. Nutrient Data Laboratory Home Page. United States Department of Agriculture. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> (Erişim Tarihi: 02.01.2018).
- [16] Anonim, (2007). Reducing salt intake in populations: report of a WHO forum and technical meeting, WHO Press, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- [17] Szybiński, Z., Jarosz, M., Hubalewska-Dydejczyk, A., Stolarz-Skrzypek, K., Kawecka-Jaszcz, K., Traczyk I., Staś, K. (2010). Iodine-deficiency prophylaxis and the restriction of salt consumption-a 21<sup>st</sup> century challenge, *Endokrynologia Polska*, 61(1), 135-140.
- [18] Zandstra, E.H., Lion, R., Newson, R.S. (2016). Salt reduction: Moving from consumer awareness to action. *Food Quality and Preference*, 48, 376-381.
- [19] Webster, J.L., Dunford, E.K., Hawkes, C., Neal, B.C. (2011). Salt reduction initiatives around the world. *Journal of Hypertension*, 29, 1043-1050.
- [20] Brandsma, I. (2006). Reducing sodium-a European perspective. *Food Technology*, 60(3), 24-29.
- [21] European Commission Directorate-General Health and Consumers, 2013. Survey on members states' implementation of the EU salt reduction framework, [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/nutrition\\_physical\\_activity/docs/salt\\_report1\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/nutrition_physical_activity/docs/salt_report1_en.pdf).



- [22] Brown, I.J., Tzoulaki, I., Candeias, V., Elliott, P. (2009). Salt intakes around the world: implications for public health. *International Journal of Epidemiology*, 38(3), 791–813.
- [23] Trieu, K., McMahon, E., Santos, J.A., Bauman, A., Jolly, K.A., Bolam, B., Webster, J. (2017). Review of behaviour change interventions to reduce population salt intake. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 17.
- [24] Erdem, Y. (2016). Tuz Tüketimi, Vücuttaki dağılımı ve hipertansiyon patogenezindeki yeri. HT Bülteni, Yıl:3 Sayı:5.
- [25] Hizmetleri, T.S.B.T.S., Beslenme, G.M., Başkanlığı, F.A.D. (2017). Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı 2017-2021. *Baskı. Ankara, Deniz Matbaacılık*.
- [26] Chandrashekar, J., Hoon, M., Ryba, N., Zuker, C. (2006). The receptors and cells for mammalian taste. *Nature*, 444(7117), 288-294.
- [27] Batu, A. (2017). Moleküler gastronomi bakış açısıyla gıdaların tat ve aroma algıları. *Aydın Gastronomy*, 1(1), 25-36.
- [28] Anttia, 2016. Brainweb: Exploring the brain. <https://blogs.aalto.fi/brainweb/author/anttia/> (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [29] Janssen, S., Depoortere, I. (2013). Nutrient sensing in the gut: new roads to therapeutics? *Trends in endocrinology and metabolism*, 24(2), 92-100.
- [30] Cuenca, L. (2013). The Bittersweet Truth of Sweet and Bitter Taste Receptors. <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2013/the-bittersweet-truth-of-sweet-and-bitter-taste-receptors/> (Erişim Tarihi: 26.02.2018).
- [31] Karadeniz, F. (2000). Lezzet algılama mekanizması. *Gıda*, 25(5), 317-324.
- [32] Anonim, (2011). Human physiology/senses. [https://en.wikibooks.org/wiki/Human\\_Physiology/Senses](https://en.wikibooks.org/wiki/Human_Physiology/Senses) (Erişim Tarihi: 20.02.2018).
- [33] Liem, D.G., Miremedi, F., Keast, R. (2011). Reducing sodium in foods: the effect on flavor. *Nutrients*, 3(6), 694-711.
- [34] McMahon, K.A. (1999). What is the role of salt in taste? In "Tested Studies for Laboratory Teaching". Volume 20 (S.J. Karcher, Editor). Proceedings of the 20<sup>th</sup> Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE), pp. 387-389.
- [35] van der Klaauw, N.J., Smith, D.V. (1995). Taste quality profiles for fifteen organic and inorganic salts. *Physiology & Behavior*, 58(2), 295–306.
- [36] Kilcast, D., den Ridder, C. (2007). Sensory issues in reducing salt in food products. In *Reducing Salt in Foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus F, Cambridge CB21 6AH, England, 201-220.
- [37] Man, CMD. (2007). Technological functions of salt in food products. In *Reducing Salt in Foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus F, Cambridge CB21 6AH, England, 157-173.
- [38] Keast, R., Breslin, P. (2002). Modifying the bitterness of selected oral pharmaceuticals with cation and anion series of salts. *Pharmaceutical Research*, 19, 1019–1026.
- [39] Keast, R., Breslin, P. (2003). An overview of binary taste-taste interactions. *Food Quality Preference*, 14, 111–124.
- [40] Dotsch, M., Busch, J., Batenburg, M., Liem, G., Tareilus, E., Mueller, R., Meijer, G. (2009). Strategies to reduce sodium consumption: A food industry perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 49: 841–851.
- [41] Doyle, M.E., Glass, K.A. (2010). Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(1), 44-56.
- [42] Cauvain, S.P. (2007). Reduced salt in bread and other baked products. In *Reducing salt in foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus, F., Cambridge CB21 6AH, England, 283-295.
- [43] Danno, G., Hosney, R.C. (1982). Effect of sodium chloride and sodium dodecyl sulfate on mixograph properties. *Cereal Chemistry*, 59(3), 202-204.
- [44] Wang, G. (2008). Effects of sodium chloride on noodle quality. *Journal of the Chinese Cereals & Oils Association*, 23(6), 184-187.
- [45] Keever, B.D. (2011). Salt concentration and species affects protein extractability and processed meat characteristics, University of Illinois at Urbana-Champaign, Yüksek Lisans Tezi, Urbana.
- [46] Guinee, T.P., Fox, P.F. (2004). Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. In: Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP, editors. *Cheese: chemistry, physics, and microbiology*, 3rd edn. London: Elsevier Academic Press.
- [47] Guinee, T.P., O'Kennedy, B.T. (2007). Reducing salt in cheese and dairy spreads. In: Kilcrest D, Angus F, editors. *Reducing salt in foods*. Cambridge, England: Woodhead Publishing limited.
- [48] İrkin, R., 2017. Farklı tuz konsantrasyonlarının beyaz peynirlerdeki starter kültür bakterilerinin canlılıklarına etkisi. *Akademik Gıda*, 15(3), 308-314.
- [49] Shu, L., Obagbemi, I.J., Liyanaarachchi, S., Navaratna, D., Parthasarathy, R., Aim, R.B., Jegatheesan, V. (2016). Why does pH increase with CaCl<sub>2</sub> as draw solution during forward osmosis filtration? *Process Safety and Environmental Protection*, 104, 465-471.
- [50] Betts, G., Everis, L., Betts, R. (2007). Microbial issues in reducing salt in food products. In *Reducing Salt in Foods*, Edited by D. Kilcast, F. Angus F, Cambridge CB21 6AH, England, 174-200.
- [51] Durack, E., Alonso-Gomez, M., Wilkinson, M.G. (2008). Salt: A review of its role in food science and public health. *Current Nutrition & Food Science*, 4(4), 290-297.
- [52] Leistner, L., Gorris, L.G.M. (1995). Food preservation by hurdle technology. *Trends Food Science Technology*, 6, 41-44.
- [53] Israr, T., Rakha, A., Sohail, M., Rashid, S., Shedzad, A. (2016). Salt reduction in baked products: strategies and constraints. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 98-105.

- [54] Ekmekçi, M. (2012). Tuzu Azaltılmış Pastırma Üretiminde Potasyum Klorür ve Kalsiyum Klorür Kullanımının Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 77.
- [55] Doyle, M.E. (2008). Sodium reduction and its effects on food safety, food quality, and human health. *FRI BRIEFINGS*, 1-12.
- [56] Antúnez, L., Giménez, A., Ares, G. (2016). A consumer-based approach to salt reduction: Case study with bread. *Food Research International*, 90, 66-72.
- [57] Bobowski, N., Rendahl, A., Vickers, Z. (2015). A longitudinal comparison of two salt reduction strategies: acceptability of a low sodium food depends on the consumer. *Food Quality and Preference*, 40, 270-278.
- [58] Brinsden, H.C., He, F.J., Jenner, K.H., MacGregor, G.A. (2013). Surveys of the salt content in UK bread: progress made and further reductions possible. *BMJ open*, 3(6).
- [59] Karanja, N., Lancaster, K.J., Vollmer, W.M., Lin, P.H., Most, M.M., Ard, J.D. (2007). Acceptability of sodium-reduced research diets, including the dietary approaches to stop hypertension diet, among adults with prehypertension and stage 1 hypertension. *Journal of the American Dietetic Association*, 107, 1530-1538.
- [60] Şimşek, D. (2016). Sucuk üretiminde farklı klorür tuzlarının kullanım imkanları. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 78.
- [61] Lee, G.H. (2011). A salt substitute with low sodium content from plant aqueous extracts. *Food Research International*, 44, 537-543.
- [62] Leong, J., Kasamatsu, C., Ong, E., Hoi, J.T., Loong, M.N. (2015). A study on sensory properties of sodium reduction and replacement in Asian food using difference-from-control test. *Food Science & Nutrition*, 4(3), 469-478.
- [63] Guerrero, A., Kwon, S.S.Y., Vadehra, D.V. (1995). Compositions to enhanced taste of salt used in reduced amounts. US Patent 5711985: United States.
- [64] Waimaleongora-Ek, P. (2006). Sensory characteristics of salt substitute containing L-arginine. LSU Master's Theses. 762. [https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool\\_theses/762](https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/762)
- [65] Kremer, S., Mojet, J., Shimojo, R. (2009). Salt reduction in foods using naturally brewed soy sauce. *Journal of Food Science*, 74, 255-262.
- [66] Charlton, K.E., Macgregor, E., Vorster, N., Levitt, N.S., Steyn, K. (2007). Partial replacement of NaCl can be achieved with potassium, magnesium and calcium salts in brown bread. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 1-14.
- [67] Cruz, A.G., Faria, J.A.F., Saad, S.M.I., Bolini, H.M.A., Sant'Ana, A.S., Cristianini, M. (2010). High pressure processing and pulsed electric fields: potential use in probiotic dairy foods processing. *Trends in Food Science and Technology*, 21(10), 483-493.
- [68] Clariana, M., Guerrero, L., Sárraga, C., Díaz, I., Valero, A., García-Regueiro, J.A. (2011). Influence of high pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. Effects along the storage period. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(4), 456-465.
- [69] Alarcon-Rojo, A.D., Janacua, H., Rodriguez, J.C., Paniwnyk, L., Mason, T.J. (2015). Power ultrasound in meat processing. *Meat Science* 107: 86-93.
- [70] Tamm, A., Bolumar, T., Bajovic, B., Toepfl, S. (2016). Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high pressure treatment and the salt replacer KCl. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 294-302.
- [71] Ozturk, M., Govindasamy-Lucey, S., Jaeggi, J.J., Johnson, M.E., Lucey, J.A. (2013). The influence of high hydrostatic pressure on regular, reduced, low and no salt added Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 33(2), 175-183.
- [72] Cargill Salt, (2001). Wow-alberger brand salt. Product Brochure.
- [73] Noort, M., Bult, J., Stieger, M. (2012). Saltiness enhancement by taste contrast in bread prepared with encapsulated salt. *Journal of Cereal Science*, 55, 218-225.
- [74] Diler, G., Le-Bail, A., Chevallier, S. (2016). Salt reduction in sheeted dough: A successful technological approach. *Food Research International*, 88, 10-15.
- [75] Yaparel, C. (2016). Sodyumu azaltılmış mahlepli (*Prunus mahaleb* L.) buğday ekmeği üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- [76] Emorine, M., Septier, C., Thomas-Danguin, T., Salles, C. (2013). Heterogeneous salt distribution in hot snacks enhances saltiness without loss of acceptability. *Food Research International* 51: 641-647.
- [77] Mueller, E., Koehler, P., Scherf, K.A. (2016). Applicability of salt reduction strategies in pizza crust. *Food Chemistry*, 192, 1116-1123.

## Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları

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

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

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

### Hızlandırılmış Makale Basımı

Dergide "yayımlanmak üzere kabul edilen makalelerin", derginin takip eden ilk sayısında yayımlanmasını talep eden yazar(lar)ın yayıncı kuruluşa makale başına 750 TL ücret ödemesi gerekmektedir. Bu durum hızlandırılmış basım talebi olmayan makaleler için geçerli olmayıp, Akademik Gıda dergisinde makale basımı için yazar(lar)dan herhangi bir ücret talep edilmemektedir.

### Çalışmaların Hazırlanması

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

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

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

4. Ana metin 9.5 punto Arial olarak hazırlanmalıdır.

5. Çalışma başlıca şu kısımlardan oluşmalıdır: Başlık, Yazar İsimleri, Adresleri, İletişim Bilgileri, Yazışmalardan Sorumlu Yazarın E-posta adresi, Öz, Abstract, Ana Metin (Giriş, Materyal ve Metot, Bulgular ve Tartışma, Sonuç), Teşekkür (gerekliyse), Kısaltmalar (gerekliyse), Kaynaklar.

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

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

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

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

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

11. Kaynaklar kısmı APA yazım stili kullanılarak hazırlanmalıdır. Kaynakların yazımında aşağıdaki örnek yazım biçimleri kullanılmalı ve makalelerin yayınlandığı dergi isimleri kısaltma kullanılmadan ve italik olarak yazılmalıdır. Web adreslerine atıf 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 en geç bir ay içerisinde yayın ofisine ulaştırılması gereklidir. Bu süre zarfında gönderilmeyen çalışmalar "ilk defa gönderilmiş çalışma" olarak değerlendirilecektir.

13. Yukarıdaki kurallara uygun olarak hazırlanmamış çalışmalar değerlendirilmeye alınmaz.

## Guidelines to Authors

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

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

- Authors must specify the type of the manuscript (research articles, review articles, research briefs, mini-review articles, comments and letters to the editor).
- Authors should provide at least 3 potential referees and their contact information (mailing address, e-mail address and phone number).
- Manuscripts to be submitted should be free from any spelling or grammatical error.
- Authors must guarantee that the submitted manuscript is not published anywhere previously and will not be submitted to anywhere before the editorial board makes a final decision on the manuscript.
- Authors are responsible from the originality of the study and all kinds of ethical issues related to their study.
- 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.

### Accelerated publication of an article

Articles accepted for publication can be published in the first coming issue of the journal at the charge of €200 per manuscript if the authors request accelerated publication.

### 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 via e-mail within a month.

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

# KANSERDEN KORUNMADA GIDALAR ve BESLENME



**SİDAS MEDYA**

[sidasmedya@gmail.com](mailto:sidasmedya@gmail.com) • [www.gidakitaplari.com](http://www.gidakitaplari.com)

# Sektörel Yayıncılıkta Çağdaş Yaklaşım...



## SİDAS MEDYA

Fevzipaşa Bulvarı Çelik İş Merkezi No:162/302 Çankaya - İZMİR  
Tel: +90 232 441 60 01 Fax: +90 232 441 61 06

[www.foodsektor.com](http://www.foodsektor.com)

[info@foodsektor.com](mailto:info@foodsektor.com)