

## İçerikten / From the content



**Peyniraltı Suyunun Fraksiyonlarına Ayrılmasında Bütünleşik Membran İşlemlerinin Uygulanabilirliği**

*Application of Integrated Membrane Processes in Cheese Whey Fractionation*



**Variation in Sugar, Organic Acid and Volatile Flavor Compounds of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Grafted on Different Rootstocks at Different Harvest Time**

*Karpuzun (*Citrullus lanatus*) Şeker, Organik Asit ve Uçucu Aroma Bileşimi Üzerine Aşılı Fide Kullanımı ve Hasat Zamanının Etkileri*



**Bazı Et Türlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Oluşumuna Farklı Pişirme Yöntemlerinin Etkisi**

*Influence of Different Cooking Methods on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Formation in Various Meat Types*



**Use of Cow and Buffalo Milk with Different Fat Contents for Production of Kefir Drinks with Kefir Grain and Starter Culture: Their Protein and Tyrosine Contents during Storage**

*Farklı Yağ İçeriklerine Sahip İnek ve Manda Sütünün Kefir Danesi ve Starter Kültürle Kefir İçeceği Üretiminde Kullanılması: Depolama Süresince Protein ve Tirozin İçerikleri*



**Bebek Beslenmesi İçin Zenginleştirilmiş Formülasyonla Hazırlanan Uşak Tarhanası Hamurunun Fermantasyonunda Mikrobiyolojik ve Kimyasal Değişimler**

*Microbiological and Chemical Changes during Fermentation of Uşak Tarhana Dough Prepared with Enriched Formulation for Infant Feeding*



**Hanehalkı Gıda Tüketim Talebi ve Tüketici Davranışlarının Analizi: Isparta İli Örneği**

*Analysis of Household Consumption Demand and Consumer Behavior of Households: A Case Study of Isparta Province, Turkey*



**Besin Etiket Okuma Alışkanlıklarına ve Etiket Okumanın Satın Alma Tercihlerine Cinsiyetin Etkisi: Tekirdağ İli Örneği**

*Effect of Gender on Nutrition Label Reading Habits and Purchasing Preferences: A Case Study of Tekirdağ Province, Turkey*



***Stevia rebaudiana* Bitkisinin Tatlandırıcı, Antioksidan ve Antimikrobiyal Özellikleri**

*Sweetener, Antioxidant and Antimicrobial Properties of *Stevia rebaudiana**



# KANSERDEN KORUNMADA GIDALAR ve BESLENME



**SIDAS MEDYA**

[sidasmedya@gmail.com](mailto:sidasmedya@gmail.com) • [www.gidakitaplari.com](http://www.gidakitaplari.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:4 • 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

**AKADEMİK GIDA®**  
ACADEMIC FOOD JOURNAL

**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.

**Baş Editör / Editor-in-Chief**

Oğuz Gürsoy  
(Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)

**Editörler / 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 (4) (2018)  
**İÇİNDEKİLER / CONTENTS**

■ Editörden / Editorial

■ MAKALELER / PAPERS

■ Araştırma Makaleleri / Research Papers

**Peyniraltı Suyunun Fraksiyonlarına Ayrılmasında Bütünleşik Membran İşlemlerinin Uygulanabilirliği / Application of Integrated Membrane Processes in Cheese Whey Fractionation / İrem Özdemir, Esra Altıok, Dilek Selvi Gökkaya, Semih Ötleş, Nalan Kabay, Mithat Yüksel**

371-380

**Variation in Sugar, Organic Acid and Volatile Flavor Compounds of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Grafted on Different Rootstocks at Different Harvest Time / Karpuzun (*Citrullus lanatus*) Şeker, Organik Asit ve Uçucu Aroma Bileşimi Üzerine Aşılı Fide Kullanımı ve Hasat Zamanının Etkileri / Muharrem Gölükcü, Haluk Tokgöz**

381-386

**Bazı Et Türlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Oluşumuna Farklı Pişirme Yöntemlerinin Etkisi / Influence of Different Cooking Methods on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Formation in Various Meat Types / Ömer Şerif Aydın, Yasemin Şahan**

387-394

**Use of Cow and Buffalo Milk with Different Fat Contents for Production of Kefir Drinks with Kefir Grain and Starter Culture: Their Protein and Tyrosine Contents during Storage / Farklı Yağ İçeriklerine Sahip İnek ve Manda Sütünün Kefir Danesi ve Starter Kültürle Kefir İçeceği Üretiminde Kullanılması: Depolama Süresince Protein ve Tirozin İçerikleri / Oktay Tomar, Gökhan Akarca**

395-402

**Bebek Beslenmesi İçin Zenginleştirilmiş Formülasyonla Hazırlanan Uşak Tarhanası Hamurunun Fermantasyonunda Mikrobiyolojik ve Kimyasal Değişimler / Microbiological and Chemical Changes during Fermentation of Uşak Tarhana Dough Prepared with Enriched Formulation for Infant Feeding / Ömer Şimşek, Duygu Zehir**

403-410

**Hanehalkı Gıda Tüketim Talebi ve Tüketici Davranışlarının Analizi: Isparta İli Örneği / Analysis of Household Consumption Demand and Consumer Behavior of Households: A Case Study of Isparta Province, Turkey / Ali Rıza Yazıcı, Vecdi Demircan**

411-421

**Besin Etiket Okuma Alışkanlıklarına ve Etiket Okumanın Satın Alma Tercihlerine Cinsiyetin Etkisi: Tekirdağ İli Örneği / Effect of Gender on Nutrition Label Reading Habits and Purchasing Preferences: A Case Study of Tekirdağ Province, Turkey / Fatma Coşkun, Serap Kayışoğlu**

422-430

■ Derleme Makaleler / Review Papers

**Stevia rebaudiana Bitkisinin Tatlandırıcı, Antioksidan ve Antimikrobiyal Özellikleri / Sweetener, Antioxidant and Antimicrobial Properties of Stevia rebaudiana / Şeyda Karagöz, Aslıhan Demirdöven**

431-438

**Kırmızı Pancardan Renk Maddesi Üretimi ve Stabilitésinin Sağlanması / Production and Stability of Food Colorant from Red Beetroot / Kardelen Özcan, Seda Ersus Bilek**

439-449

**Süt Endüstrisinde Kullanılan Isı Değiştiricilerde Kalıntı Oluşumu / Fouling In Heat Exchangers Used In Dairy Industry / Hatice Kübra Kızılay, Firuze Ergin, Muammer Demir, Ahmet Küçükçetin**

450-457

**Meyve ve Sebzelede UV-C Işık Uygulamaları ile Küf İnhibisyonu / Mold Inhibition on Fruits and Vegetables by UV-C Light Treatments / Ayça Korkmaz, Gülten Tiryaki Gündüz**

458-469

**Gıdaların Elektriksel Yöntemlerle İşlenmesinde Uygulanan Farklı Frekans ve Dalga Şekillerinin Proses Etkinliği Üzerine Etkisi / Effect of Different Frequencies and Waveforms Applied during Processing of Foods by Electrical Methods on Process Efficiency / Deniz Döner, Filiz İçier**

470-482

**Baklagillerin Bileşimi / Composition of Pulses / Gül Sarıoğlu, Y. Sedat Veliöğlu**

483-496

■ 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

**Baş Editör**

Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY  
ogursoy@yahoo.com

**Editörler**

Prof. Dr. Özer KINIK  
Prof. Dr. Ramazan GÖKÇE  
Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

**Reklam Müdürü**

Nurcan AKMAN ŞENGÖR

**Hukuk Danışmanı**

Av. Yrd. Doç. Dr. Murteza AYDEMİR

**Abone Sorumlusu**

Halil SOLAK

**Grafik Tasarım**

Sidas Medya Tasarım Grubu

**Yönetim Yeri**

Fevzipaşa Bulv. Çelik İş Merkezi  
No:162 Kat:3 D:302 Çankaya/İZMİR  
Tel: 0 232 441 60 01  
Fax: 0 232 441 61 06

Üç Ayda Bir Yayınlanan Dergimiz  
Basın Meslek İlkelerine Uymaktadır.

Yıl / Cilt: 16

Sayı: 82

Ekim - Kasım - Aralık 2018

ISSN Print 1304-7582

ISSN Online 2148-015X

Akademik Gıda Dergisi

Bir **SİDAS MEDYA** Yayınıdır.

GRUP

Yayın Türü: Yerel Süreli  
Akademik Gıda Dergisi Hakemli Dergidir.

Akademik Gıda dergisinin 16. yayın yılının dördüncü sayısında sizlerle birlikteyiz. Bu sayımızda 7 araştırma ve 6 derleme çalışması olmak üzere toplam 13 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 üyelerimiz ve hakemlerimize teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Saygılarımızla.

**Oğuz Gürsoy**  
Baş Editör

**Özer Kinik**  
**Ramazan Gökçe**  
**Yusuf Yılmaz**  
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.foodrheologysymposium.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.

### 4. Uluslararası Anadolu Tarım, Gıda, Çevre ve Biyoloji Kongresi

Tarım, gıda, çevre ve biyoloji alanındaki gelişmeleri gündeme getirmek ve yeni işbirliklerine olanak sağlamak amacıyla ilk üçü "İç Anadolu Bölgesi Tarım ve Gıda Kongresi (TARGID)" adıyla düzenlenen kongrenin 4'üncüsü Afyonkarahisar'da 20-22 Nisan 2019 tarihlerinde "Uluslararası Anadolu Tarım, Gıda, Çevre ve Biyoloji Kongresi" adıyla düzenlenecektir. Kongre ile ilgili bilgilere <http://www.targid.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.



## Peyniraltı Suyunun Fraksiyonlarına Ayrılmasında Bütünleşik Membran İşlemlerinin Uygulanabilirliği

İrem Özdemir<sup>1,2</sup> , Esra Altıok<sup>1</sup> , Dilek Selvi Gökkaya<sup>1</sup> , Semih Ötleş<sup>2</sup> , Nalan Kabay<sup>1</sup> ,  
Mithat Yüksel<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İzmir

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 26.05.2017, Kabul Tarihi (Accepted): 23.05.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [semih.otles@gmail.com](mailto:semih.otles@gmail.com) (S. Ötleş)

☎ 0 232 311 30 24 📠 0 232 342 75 92

### ÖZ

Peyniraltı suyu süt teknolojisinin önemli bir yan ürünüdür. Peynir üretim endüstrilerinin yan ürünü olan peyniraltı suyu, BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı) ve KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) değerlerinin yüksek olması nedeniyle çevre kirleticisi olarak düşünülmektedir. Peyniraltı suyunun yüksek organik yükü, artık süt besinlerinin varlığından kaynaklanmaktadır. Sütten türetilen ürünlere olan talebin artması, ciddi bir atık yönetimi sorunu olan peyniraltı suyu üretiminde artışına neden olmuştur. Bu sorunun üstesinden gelmek için, çeşitli teknolojik yaklaşımlar uygulanarak peyniraltı suyu katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmektedir. Peyniraltı suyunun işlenmesi için membran teknolojisi kullanılarak, peyniraltı suyunun demineralize edilmesi, konsantre hale getirilmesi ve peyniraltı suyunun verimli bir şekilde fraksiyonlarına ayrılması ve böylelikle atık yan ürünün değerli ürünler haline getirilmesi mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada, peyniraltı suyunun fraksiyonlanmasında ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters osmoza (TO) dayalı bütünleşik membran işleminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar, laboratuvar ölçekli bir membran test sistemi (SEPA CF II GE-Osmonics) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Konsantre ve süzüntü örneklerinin pH, sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik ve toplam çözünmüş katı (TÇK) değerleri, Hach Lange-HQD çoklu ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Örneklerin protein içeriği, Kjeldahl-N ölçümü ile, laktoz derişimi ise HPLC yöntemi kullanılarak tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, UF membranının süzüntüsü NF-90 membranından geçirildiğinde iletkenlik, TÇK ve tuzluluk giderimi %90'lara kadar ulaşırken, NF-270 membranında %40'larda giderim sağlanmıştır. Bütünleşik UF-NF-90 ve UF-NF-270 çalışmalarında, proteinin zenginleşme oranı %26-28, protein giderimi ise %69-74 civarındayken, laktozun zenginleşme oranı sırasıyla %28 ve %11, laktoz giderimi ise sırasıyla %99 ve %97 düzeyinde olmuştur. Son aşamada, NF-270 konsantre bileşeni, BW30-RO membranı ile muamele edildiğinde laktozun zenginleşme oranı %11'lerden %19-20 düzeyine, laktoz giderimi ise %99 düzeyine kadar ulaşmıştır. Bu da bize bütünleşik bir biçimde ardışık olarak kullanılan membran işlemlerinin peyniraltı suyunun fraksiyonlarına ayrılmasında daha etkin sonuçlar verdiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bütünleşik membran işlemi, Peyniraltı suyu, Ultrafiltrasyon, Nanofiltrasyon, Ters osmoz

### Application of Integrated Membrane Processes in Cheese Whey Fractionation

#### ABSTRACT

Whey is an important by-product of milk technology. The byproduct of cheese-producing industries, cheese whey, is considered as an environmental pollutant due to its high biological oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) values. High organic load of whey arises from the presence of residual milk nutrients. As demand for milk-derived products is increasing, it leads to the increased production of whey, which has a serious waste

management problem. To overcome this problem, various technological approaches have been employed to convert cheese whey into value-added products. Using membrane technology to whey processing, it has become possible to demineralize, concentrate, and fractionate cheese whey in an efficient way and thus convert the waste by-product into highly valuable products. In this study, the potential of an integrated membrane process based on ultrafiltration (UF), nanofiltration (NF) and reverse osmosis (RO) was investigated for fractionation of cheese whey components. Experimental studies were performed using a laboratory scale membrane test system (SEPA CF II GE-Osmotics). The pH, temperature, salinity, conductivity, and total dissolved solids (TDS) of the concentrate and permeate samples were measured by Hach Lange-HQD multi-meter. Protein contents of samples were determined by Kjeldahl-N measurement and the lactose concentration with HPLC method. According to the results, when the permeate of the UF membrane was passed through the NF-90 membrane, the conductivity, total dissolved solids (TDS) and salinity removal reached up to 90%, while the NF-270 membrane was removed at 40%. In the integrated UF-NF-90 and UF-NF-270 studies, the enrichment rate of protein was 26-28%, protein rejections were 69-74%, respectively, while the enrichment rate of lactose was 28% and 11%, lactose rejections were 99% and 97% respectively. Lastly, when the NF-270 concentrate composition was treated with the BW30-RO membrane, the enrichment rate of lactose reached up to 19-20% from 11% and lactose rejection was reached up to 99%. This showed that integrated membrane processes are more effective than a single membrane process in separating the fractions of whey.

**Keywords:** Cheese whey, Integrated membrane process, Ultrafiltration, Nanofiltration, Reverse osmosis

## GİRİŞ

Peynir üretimi esnasında peynirin süzülmesi ile çıkan yeşil sarımsı sıvı, peyniraltı suyudur [1-2]. Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliğinde verilen tanıma göre; peyniraltı suyu, sütün peynir mayası ya da organik asitler ve/veya starter kültür yardımıyla asitliği artırılarak sıvı halden jel haline dönüştürülmesi ile elde edilen ürünün (pıhtı) kesimi sonrasında pıhtıdan ayrılan sıvı yan üründür. Peyniraltı suyu, esasen laktoz, mineraller, peynir altı suyu proteinleri, yağ ve peynir üretiminin yan ürünleri olmak üzere yaklaşık %6 düzeyinde katı içerir. Bileşimi, peynir üretim metodu, uygulanan ısı işlem ve peynirin çeşidine göre değişmektedir. Peyniraltı suyunun bileşiminde yüksek oranda protein, laktoz, yağ ve tuzlar ile laktik asit bulunur [3-5]. Genelde 'ekşi peyniraltı suyu' ve 'tatlı peyniraltı suyu' olmak üzere iki çeşit peyniraltı suyu vardır. Sütün laktik asit bakteri kültürleri yardımıyla asitleştirilmesi veya süte organik asit katılması yöntemiyle peynir yapımında açığa çıkan peynir suyu 'ekşi peyniraltı suyu' ya da 'asit peyniraltı suyu' olarak bilinir. Buna karşın peynir üretiminde pıhtılaştırıcı ajan peynir mayası enzimi (rennet) kullanılması durumunda ortaya çıkan yan ürün ise 'maya peyniraltı suyu' ya da 'tatlı peyniraltı suyu' olarak tanımlanır. Bunların gerek bileşimleri gerekse özellikleri oldukça farklıdır [6].

Peynir üretimindeki artış ile beraber elde edilen peyniraltı suyu miktarı da artmıştır. Bugün, büyük peynir üreticisi işletmeler peyniraltı suyundan yan ürün olarak yararlanmak zorundadır. Peyniraltı suyunun bazı uygulamaları mevcut olsa da, peynir endüstrisinin hala bir atık ürünü olarak kabul edilmektedir. Günümüzde, peyniraltı suyunun minör bileşenlerinin kullanımı, peyniraltı suyunun işlenmesinde büyük bir zorluk teşkil etmektedir. Genellikle ön işleme tabi tutulmuş peyniraltı suyu, süt sanayinin diğer sıvıları ile birlikte kanalizasyona atıldığında, biyolojik oksijen ihtiyacının yüksek olması nedeniyle ciddi boyutlarda çevre kirliliği sorununa yol açmaktadır. Ayrıca, peyniraltı suyunun yüksek tuz ve laktoz konsantrasyon özellikleri insan beslenmesinde kullanımını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, peynir üretiminde daha çevre dostu ve verimli prosesler tasarlamak gereklidir [7-10].

Ekonomiye kazandırdığı değer ve çevre kirliliğinin önlenmesi gereğiyle peyniraltı suyu değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Peyniraltı suyundan proteinlerin ayrılmasında mikrofiltrasyon (MF), UF, NF, TO gibi membran ayırma teknikleri; laktoz, mineral tuzların ve diğer iyonların giderilmesinde ise elektrodiyaliz (ED), NF, TO ve iyon değiştirme (ID) yöntemleri kullanılmaktadır [11-14]. Bu teknikler uzun bir süredir çeşitli ülkelerde milyonlarca ton atık peyniraltı suyunun değerlendirilmesi amacıyla gerek tekli gerekse bütünlük bir biçimde ardışık olarak incelenmiş ve bu proseslerin ekonomik analizleri yapılmıştır. Peyniraltı suyunun fraksiyonlara ayrılmasında bütünlük membran proseslerin, tekli işlemlere kıyasla daha etkin sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bu proseslerde işin ekonomisi kadar proseslerin sürdürülebilirlikleri de önem kazanmaktadır [15-16].

Bu çalışmada, peyniraltı suyunun fraksiyonlarına ayrılmasında farklı membranların kullanılabilirliği ve bütünlük membran yöntemlerinin uygulanabilirliği incelenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Peyniraltı Suyunun Hazırlanması

Çalışmalarda kullanmak için, Tekirdağ'da bulunan Malkara Birlik Süt ve Süt Mamülleri A.Ş.(Maybi) firmasından Tablo 1'de özellikleri verilen peyniraltı suyu tozu örneği temin edilmiştir. Membran ayırma çalışmaları için, temin edilen peyniraltı suyu tozunun ultrasaf su içinde hazırlanmış %6'lık çözeltisi kullanılmıştır.

Tablo 1. Peyniraltı suyu tozu örneğinin bileşimi

Bileşen	Bileşim (%)
Protein	11.55
Laktoz	78.82
Yağ	0.33
Tuz	Belirtilmemiştir.
pH	6.48



## Membranlar

Sepa CF-II (Sterlitech Corporation, ABD) membran test hücrelerinde, 19 cm x 14 cm boyutlarında düz tabaka membran yerleştirilerek membran testleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda 2 farklı UF, 2 farklı NF, bir tane TO membranı ile testler yapılmıştır. NF

membran testleri için NF-90 ve NF-270 membranları (DOW FILMTEC™, ABD); UF membranı olarak Osmonics-JW, -GM membranları (GE Osmonics, ABD), TO membran testleri için ise Dow FilmTech BW30 membranı (DOW FILMTEC™, ABD) kullanılmıştır. Bu membranların özellikleri Tablo 2- 4'de verilmiştir.

Tablo 2. UF membranlarının özellikleri (GE Osmonics Water & Process Technologies, 2014)

Membran Türü	JW	GM
Üretici	GE Osmonics	GE Osmonics
Malzeme	Poliviniliden Florür	Polietilen Glikol
Maksimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	50	50
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	7	13.8
Tipik İşletme Akısı (gfd*)	5-20	5-20
pH Kullanım Aralığı	2-10	2-10

\*gfd: l/m<sup>2</sup>.h

Tablo 3. NF membranlarının özellikleri (Dow Water & Process Solutions, 2014)

Membran Türü	NF-270	NF-90
Üretici	DOW FILMTEC	DOW FILMTEC
Malzeme	İnce Film Kompozit	İnce Film Kompozit
Maksimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	45	45
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	41	41
pH Kullanım Aralığı	3-10	3-10
Tuz Giderimi (%)	> 97.0	> 85.0
Moleküler Ağırlığı Ayırma Sınırı (dalton*)	400	200

\*Dalton: Atomik kütle birimi.

Tablo 4. TO membranının özellikleri (Dow Water and Process Solutions, 2014)

Membran Türü	TO-BW30
Üretici	DOW FILMTEC
Malzeme	İnce Film Kompozit
Maksimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	45
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	41
pH Kullanım Aralığı	2-11
Serbest Klor Toleransı (mg/L)	< 0.1
Süzüntü Akış Hızı (psig) (1 bar)	15

UF membran testinde farklı membran türleri kullanılıyor gibi görünse de, elimizde tek tür membranın (Osmonics-JW) yeterli miktarda bulunmamasından dolayı, özellikleri birbirine yakın ve aynı işlevi gören Osmonics-GM membranı ile işlemlere devam edilmiştir. NF membran testlerinde farklı membran türlerinin kullanılmasının amacı; membran türlerini birbiriyle kıyaslamak ve peyniraltı suyunun bileşenlerine ayırımında en uygun olan membran türünü tespit edebilmektir. TO işleminde tek tür membran (BW30) kullanılmasının nedeni ise elimizde bulunan membran türlerinin arasında, peyniraltı suyu çalışmasında kullanılabilir en uygun, tek membran türü olmasıdır.

## Çapraz Akışlı Membran Test Sistemi

Deneyisel çalışmalarda laboratuvar ölçekli çapraz akışlı düz tabaka membran test ünitesi (SEPA CF II GE Osmonics) (Sterlitech Corporation, ABD) kullanılmıştır. Sistem üzerinde düz tabaka membran ünitesi, kontrol paneli, hidrolik el pompası (Enerpac P-2282 model),

yüksek basınç pompası (Hydra Cell D/G-03-X Tipi) ve besleme tankları Şekil 1'de görüldüğü gibi özel imal edilen paslanmaz çelik masa üzerine yerleştirilmiştir.

## Analizler

Laboratuvar ölçekli membran test sistemi (SEPA CF II GE-Osmonics) kullanılarak gerçekleştirilen deneysel çalışmalar boyunca, besleme, konsantre ve süzüntü örneklerinin pH, sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik ve TÇK (toplam çözünmüş katı) gibi parametreleri Hach Lange-HQD çoklu ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Hach Lange-HQD çoklu ölçüm cihazı; pH, OIP (oksidasyon indirgeme potansiyeli), iletkenlik, TÇK, direnç ve tuzluluk gibi birçok parametre için çift kanallı portatif multimetredir. Dijital ölçüm cihazı/elektrot sistemi, güvenilirlik, esneklik ve kolay kullanımı bir araya getirir. Birbirinin yerine kullanılabilen elektrotlar, otomatik olarak tanınır ve tüm ilgili verileri depolar. Bu çalışmada, Hach Lange-HQD çoklu ölçüm cihazı ile peyniraltı suyunun deneme başlangıcında besleme çözeltisinin, deneme

sırasında ve sonunda ise süzüntü ve konsantre bileşenlerinin iletkenlik, TÇK ve tuzluluk değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar tablolaştırılarak, başlangıçtaki besleme çözeltisi ile, zamanla değişkenlik gösteren süzüntü ve konsantre bileşenlerinin iletkenlik, TÇK ve tuzluluk değerleri arasındaki fark hesaplanarak, besleme çözeltisi üzerinden giderimler belirlenmiştir.

Sonuç olarak, iletkenlik, TÇK ve tuzluluk giderimlerinin belirlenmesiyle, kullanılan membranın süzüntü ve konsantre bileşenlerini birbirinden ayırma etkinliği en iyi şekilde gözlenmiş olur.



Şekil 1. Laboratuvar ölçekli çapraz akış düz tabaka membran test ünitesi.

Denemeler sırasında ve sonrasında toplanan besleme, konsantre ve süzüntü örneklerinin protein içeriği, Kjeldahl-N yöntemiyle, laktoz içeriği ise HPLC kullanılarak belirlenmiştir.

HPLC analizi [17], RI dedektörlü Agilent 1200 model cihaz kullanılarak, mobil faz olarak 0.6 mL/dk akışta ultrasaf su, 65°C kolon sıcaklığında kolondan (Bio Rad HPX-87H kolonu) geçirilerek yapılmıştır.

Kjeldahl-N analizi [18], Gerhart Vapodest 20 model protein tayin cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Laktoz ve protein analizlerinde, besleme, süzüntü ve konsantre akımlarındaki laktoz ve protein miktarı mg/l cinsinden bulunup, yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. Protein ve laktoz giderimleri ise, başlangıçta besleme içerisindeki protein ya da laktoz miktarının, membran işlemi sonrasında süzüntü içerisinde kalan o bileşenin miktarı arasındaki fark alınarak, % olarak ifade edilmiştir. Ayrıca protein ve laktoz bileşenlerinin zenginleştirme oranları verilmiştir. Zenginleştirme oranı; peyniraltı suyunun membran işlemi ile değerlendirilmesinden sonra elde edilen içindeki bileşenin (protein, laktoz vb.) derişiminin, peyniraltı suyunun işlenmeden önce içinde bulunan yine aynı bileşenin derişimine yüzdesel oranıdır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Bütünleşik UF + NF İşlemi

UF+NF bütünleşik ilk membran çalışmasında, UF membranı olarak Osmonics –JW; NF membranı olarak FilmTech NF-90 membranı kullanılmıştır. İkinci

çalışmada ise, UF membranı olarak Osmonics –JW; NF membranı için ise FilmTech NF-270 membranı kullanılmıştır. Uygulanan bütünleşik membran yöntemlerinin akım şeması Şekil 2’de verilmiştir.

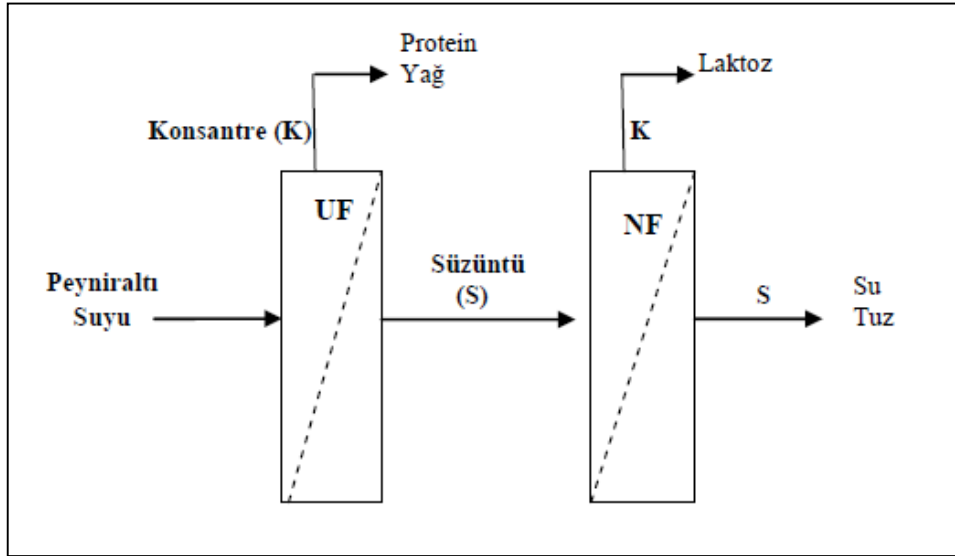
JW-UF membranı ile yapılan deneyler 7 bar basınç altında gerçekleştirilmiş, NF-90 ve NF-270 membranları için süzüntü toplanmıştır. JW-UF membranının ortalama süzüntü akısı 24.3 - 24.5 L/m<sup>2</sup>.saat’dir.

Her iki çalışmada UF aşamasında besleme, konsantre ve süzüntü örneklerinin protein içerikleri (Kjeldahl metodu) ve çalışma sonrası besleme örneğindeki protein giderimi Tablo 5’te verilmiştir.

JW-UF membranından toplanan süzüntü, NF-90 ve NF-270 membranları için besleme çözeltisi olarak kullanılmıştır. NF membranlarıyla 10 bar basınç altında, 4 saat süreyle çalışılmıştır. NF-90 ve NF-270 membranları için zamana karşı süzüntü akısı değişimi Şekil 3’de gösterilmiştir. NF-90 ve NF-270 membranlarının ortalama süzüntü akıları sırasıyla 22.5 ve 36.6 L/m<sup>2</sup>.saat’dir.

NF-90 ve NF-270 membranları ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı pH, iletkenlik, TÇK ve tuzluluk değişimleri Tablo 6’da verilmiştir.

UF süzüntüsünden NF-90 ve NF-270 membranları kullanılarak elde edilen zamana karşı iletkenlik, TÇK ve tuzluluk giderimleri Şekil 4a-c’de gösterilmiştir. NF-90 membranı için ortalama iletkenlik, TÇK ve tuzluluk giderimi sırasıyla %88.9, %88.9 ve %85.6 düzeyinde iken, NF-270 membranı ile bu değerler sırasıyla %39.9, %41.5 ve %42.0 düzeyindedir.



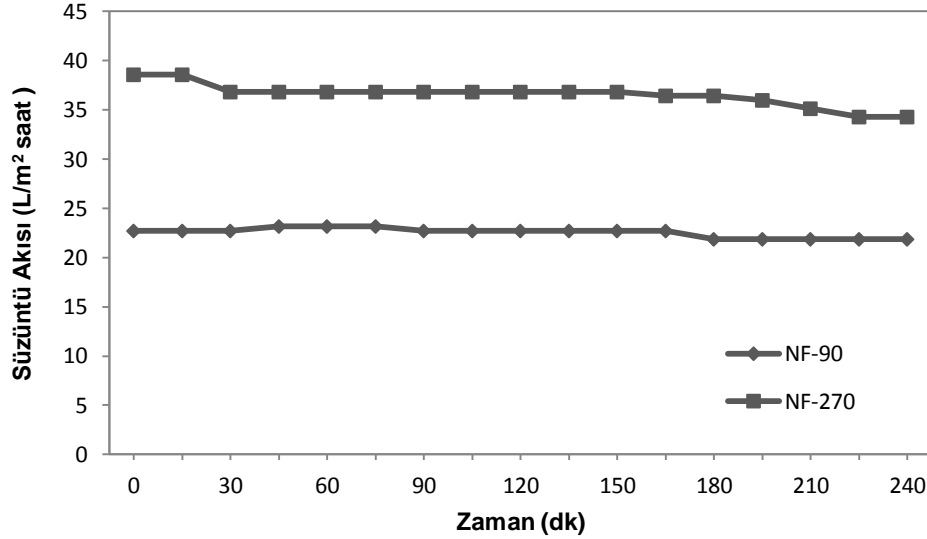
Şekil 2. Bütünleşik UF+NF işlemi ile peyniraltı suyu bileşenlerinin ayrılması

Tablo 5. UF-JW membranı için peyniraltı suyu besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri

Bileşenler	Protein (%)		Zenginleştirme Oranı (%)		Protein Giderimi (%)	
	1. Çalışma	2. Çalışma	1. Çalışma	2. Çalışma	1. Çalışma	2. Çalışma
UF-Besleme	0.81	0.77	-	-	75.30	68.83
UF-Konsantre	1.04	0.97	28.30	25.84	-	-
UF- Süzüntü	0.20	0.24	-	-	-	-

\*1. Çalışma: NF-90 membranına besleme yapmak için JW-UF membranı ile yapılan çalışma

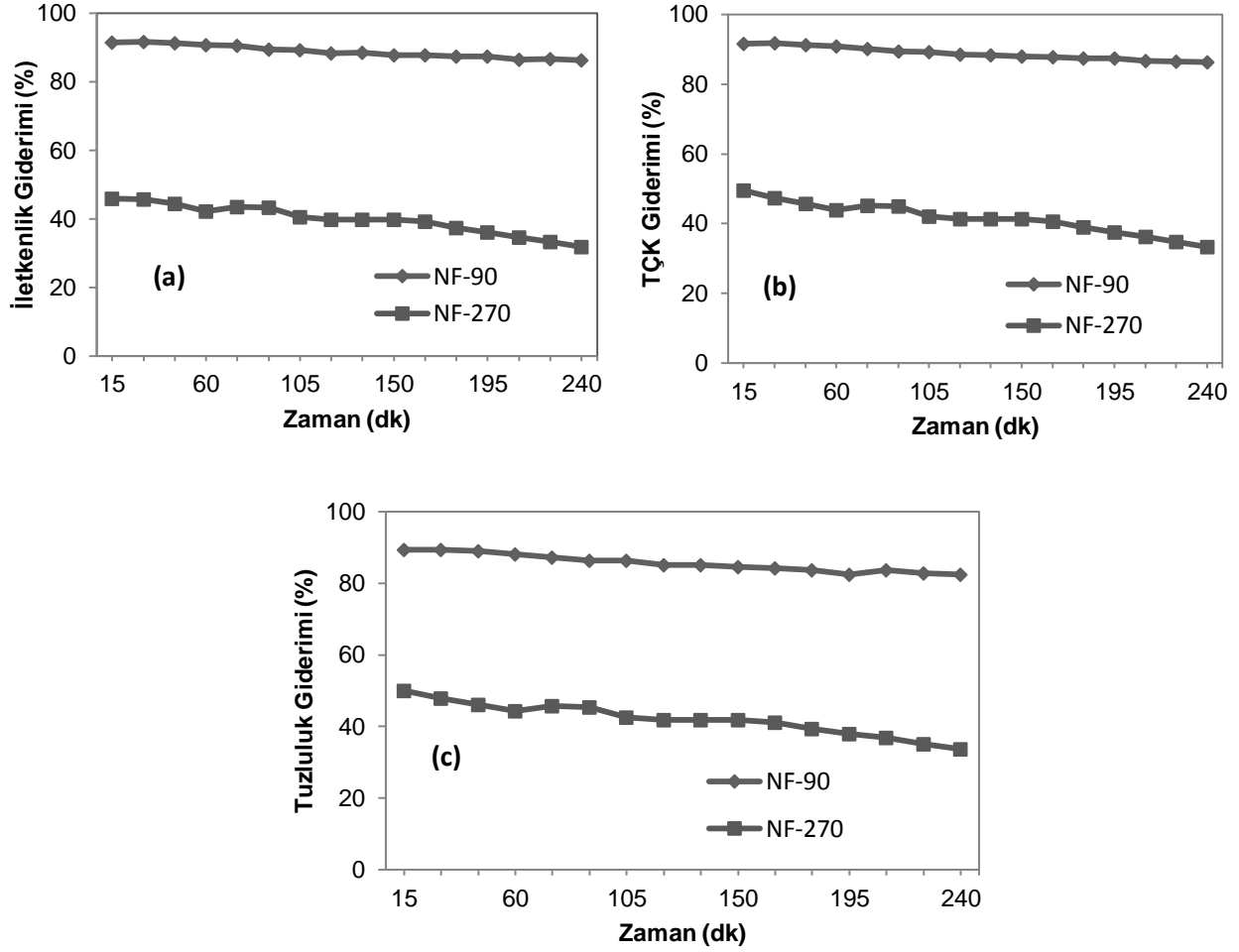
\*2. Çalışma: NF-270 membranına besleme yapmak için JW-UF membranı ile yapılan çalışma



Şekil 3. NF-90 ve NF-270 membranları için süzüntü akısının zamana karşı değişimi

Tablo 6. NF membranlarına ilişkin peyniraltı suyu bileşenlerinin özellikleri

Değerler	NF-90			NF-270		
	Besleme	Süzüntü	Konsantre	Besleme	Süzüntü	Konsantre
pH	5.50	5.08	5.52	5.60	5.67	5.67
TÇK (mg/L)	3010	335.4	2990	2740	1602	2715
İletkenlik ( $\mu$ S/cm)	6015	670	5986	5200	3126	5178
Tuzluluk (‰)	3.27	0.33	3.23	2.81	1.62	2.77



Şekil 4. NF-90 ve NF-270 membranları ile elde edilen zamana karşı (a) iletkenlik, (b) TÇK ve (c) tuzluluk giderimleri

NF-90 ve NF-270 membran çalışmalarından sonra elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü örneklerinin

laktöz içerikleri ve besleme örneğindeki laktöz giderimi Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. NF-90 ve NF-270 membranları için peyniraltı suyunun besleme ve konsantre bileşenlerinin laktöz içerikleri

Bileşenler	Laktöz (%)		Zenginleştirme Oranı (%)		Laktöz Giderimi (%)	
	NF-90	NF-270	NF-90	NF-270	NF-90	NF-270
Besleme	56.0	41.3	-	-	99.10	97.76
Konsantre	72.0	46.0	28.60	11.40	-	-
Süzüntü	0.50	0.92	-	-	-	-

### Bütünleşik UF + NF + TO İşlemi

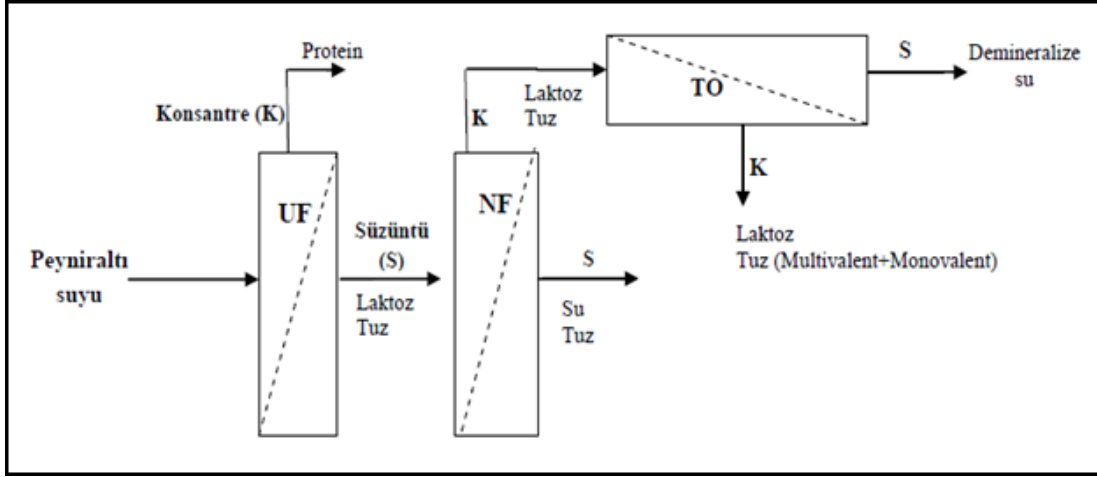
UF+NF+TO bütünleşik membran denemesinde, UF membranı için Osmonics –JW ve GM; NF membranı için NF-270; TO membranı için ise BW30 membran modelleri kullanılmıştır. Uygulanan bütünleşik membran yöntemlerinin akım şeması Şekil 5'de verilmiştir.

JW-UF ve GM-UF membranlarının zamana karşı süzüntü akısı değişimleri Şekil 6'da gösterilmiştir. UF membranlarının ortalama süzüntü akıları sırasıyla 26.6 L/m<sup>2</sup>.saat ve 26.5 L/m<sup>2</sup>.saat'tir.

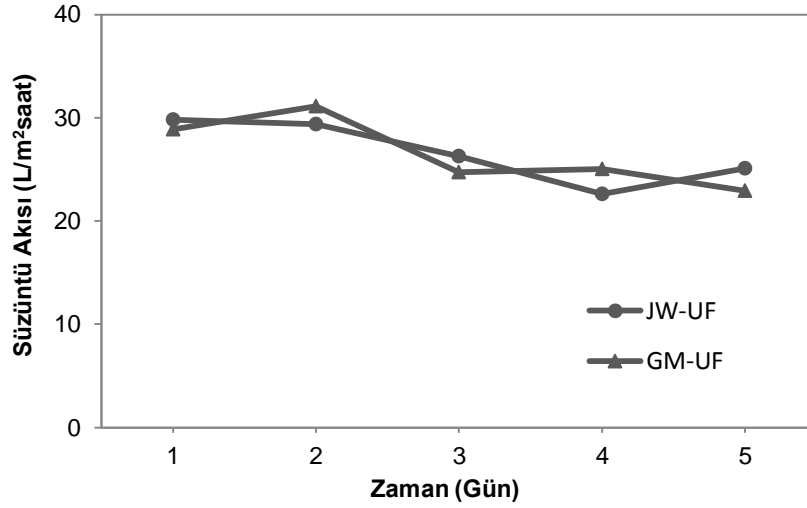
UF-JW ve -GM membranlarıyla yapılan çalışmalara ilişkin besleme, konsantre ve süzüntü örneklerindeki protein içerikleri ve besleme örneğindeki protein giderimi Tablo 8'de verilmiştir.

JW-UF ve GM-UF membranlarından toplanan süzüntü, 10 bar basınç altında NF-270 membranından geçirilmiştir. NF-270 membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı pH, iletkenlik, TÇK ve tuzluluk değişimleri Tablo 9'da verilmiştir.





Şekil 5. UF+NF+TO membran deneme sonrası peyniraltı suyu bileşenlerinin ayrımı



Şekil 6. JW-UF ve GM-UF membranları için süzüntü akısının zamana karşı değişimi

Tablo 8. UF membranları için peyniraltı suyunun besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri

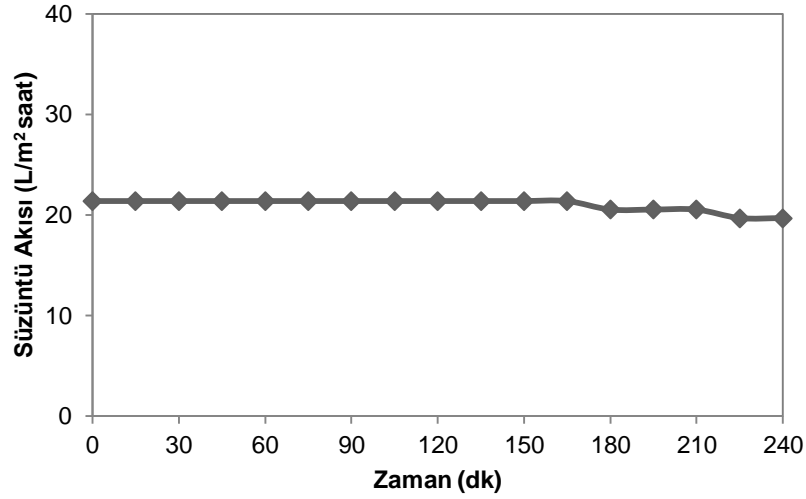
Bileşenler	Protein (%)		Zenginleştirme Oranı (%)		Protein Giderimi (%)	
	-JW	-GM	-JW	-GM	-JW	-GM
UF-Besleme	0.68	0.66	-	-	76.47	81.10
UF-Konsantre	0.83	0.83	22.1	25.8	-	-
UF- Süzüntü	0.16	0.12	-	-	-	-

NF-270 membranından toplanan konsantre örneği, 20 bar basınç altında BW30-RO membranına beslenmiştir. BW30-RO membranının süzüntü akısının zamana karşı değişimi Şekil 7'de gösterilmiştir. BW30-RO membranının ortalama süzüntü akısı 21.1 L/m<sup>2</sup>.saat'dir.

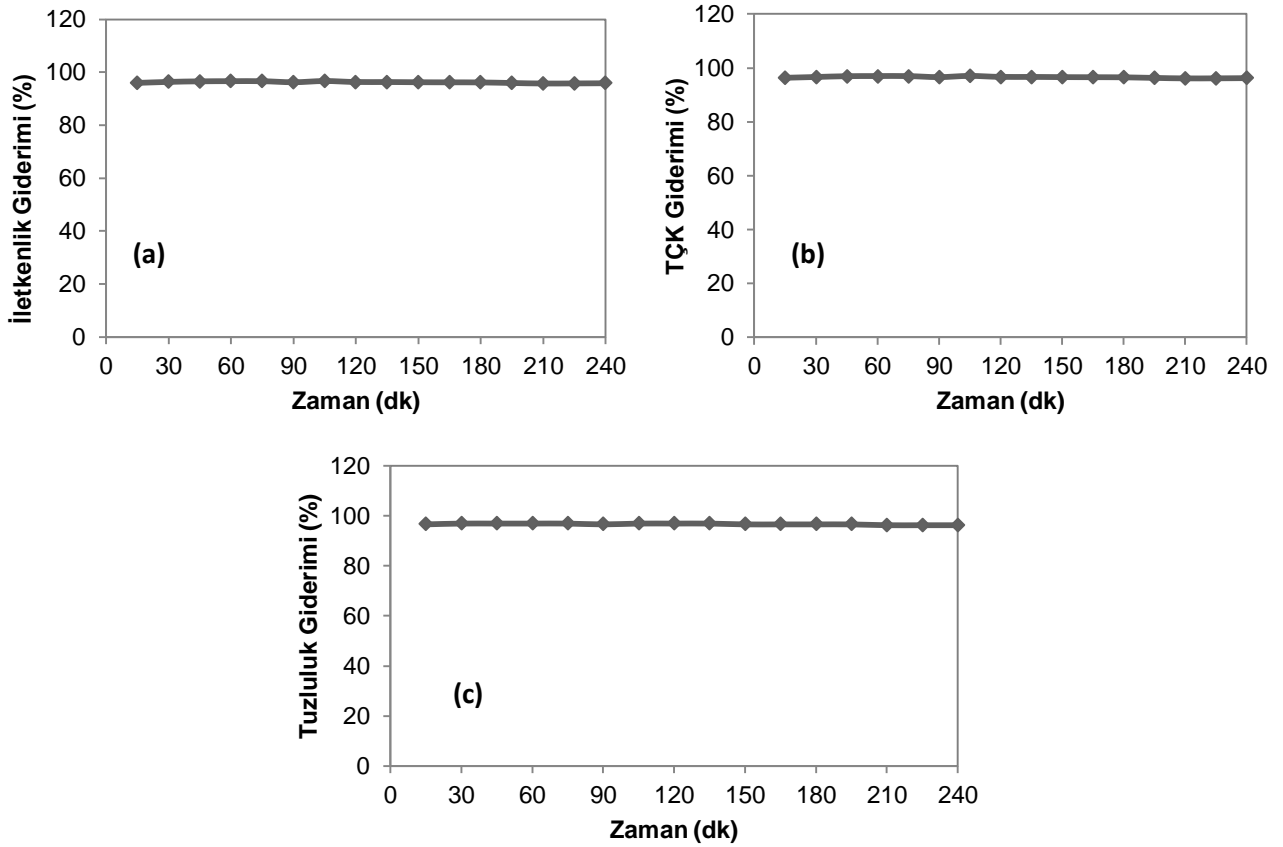
BW30-RO membranının zamana karşı iletkenlik, TÇK ve tuzluluk giderimleri Şekil 8a-c'de gösterilmiştir. BW30-RO membranı ile elde edilen ortalama iletkenlik, TÇK ve tuzluluk giderimleri sırasıyla %96.2, %96.6 ve %96.7 düzeyindedir.

Tablo 9. NF-270 membranına ilişkin peyniraltı suyunun bileşenlerinin özellikleri

Değerler	Besleme	Süzüntü	Konsantre
pH	4.75	4.77	4.87
TÇK (mg/L)	2820	2280	2890
İletkenlik (µS/cm)	5240	4370	5350
Tuzluluk (‰)	2.82	2.33	2.89



Şekil 7. BW30-RO membranı ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri



Şekil 8. BW30-RO membranı ile elde edilen zamana karşı (a) iletkenlik, (b) TÇK ve (c) tuzluluk giderimi.

Denemenin ikinci aşaması olan NF-270 membran çalışmasında ve son aşaması olan BW30-RO membran çalışmasında elde edilen besleme, konsantre ve

süzüntüdeki laktoz içerikleri ve laktoz giderimleri sırasıyla Tablo 10-11'de verilmiştir.

Tablo 10. NF-270 membranı için besleme ve konsantre örneklerinin laktoz içerikleri

Bileşenler	Laktoz (%)	Zenginleştirme Oranı (%)
NF-270 Besleme (UF Süzüntü)	42.7	-
NF-270 Konsantre	47.1	10.3

Tablo 11. BW30-RO membranı için besleme, konsantre ve süzüntü örneklerinin laktoz içerikleri

Bileşenler (Ortalama)	Laktoz (%)	Zenginleştirme Oranı (%)	Laktoz Giderimi (%)
BW30 Besleme (NF-270 Konsantre)	47.1	-	99.64
BW30 Konsantre	56.3	19.5	-
BW30 Süzüntü	0.12	-	-

Yaptığımız çalışmada, peyniraltı suyunun değerlendirilmesi için UF, NF ve TO membran prosesleri sırasıyla uygulanmış ve bu şekilde peyniraltı suyunun bileşenlerine (protein, laktoz vb.) ayırımında daha etkin sonuçlar alınması beklenmiştir. Vourch ve diğ. [19], peyniraltı suyunun değerlendirilmesinde ilk aşama olarak NF'yi araştırmış ve iyi sonuçlar almıştır. Ancak bu çalışmada, bizim çalışmamızda kullanılan peyniraltı suyuna göre organik yükleri çok daha düşük olan model peyniraltı suyu kullanılmıştır. Bu nedenle, ilk aşama olarak NF kullanımı başarılı olmuştur.

Rektor ve Vatai [15]'de aynı şekilde peyniraltı suyunun değerlendirilmesinde NF'nin performansını araştırmışlardır. Yapılan bu çalışmada ilk aşama olarak mikrofiltrasyon (MF) ve sonraki aşamada ise UF kullanımı sonucunda, NF'in peyniraltı suyunun değerlendirilmesinde bizim çalışmamıza göre çok daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. İncelenen araştırma metninde, uygun membran prosesleri tasarlanırken UF, NF ve TO'nin bir aşamalı işlemleri de gerçekleştirilmiş, fakat bütünleşik işlemlerin daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Rektor ve Vatai [15], yaptıkları bu çalışmada peyniraltı suyunun değerlendirilmesinde membran proseslerinin önemini araştırmışlar ve çeşitli membran işlemlerine yer vermişlerdir. Burada yapılan UF membran çalışması sonucunda protein giderimini %75 düzeyinde tespit etmişlerdir. Ancak bizden farklı olarak, UF öncesi MF kullanılmasından dolayı, UF'de protein gideriminin bizim çalışmamıza göre (UF'de protein giderimimiz %74 düzeyindedir) daha iyi olması beklenirdi.

Yorgun ve ark. [20], peyniraltı suyunun değerlendirilmesinde UF, NF ve TO membranlarını kullanıp, performanslarını karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, UF ile yapılan deneme sonucunda protein giderimi %78 civarında iken (bizim çalışmamızda UF ile protein giderimi %74 düzeyine kadar ulaşmıştır), en iyi laktoz giderimini %96 ile NF+TO bütünleşik membran işleminde elde etmişlerdir (bizim çalışmamızda NF+TO işlemleriyle laktoz giderimi %98 düzeylerine çıkmıştır). Bu çalışma ile bizim yaptığımız çalışma koşullar açısında da benzerlik gösterdiği için, paralel bir çalışma olmuştur.

Hinkova ve ark. [11]'nin NF ile yaptığı peyniraltı suyu fraksiyonlanması çalışmasında çeşitli NF türleri kullanılarak laktoz ayırma etkinlikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada da %95'lere varan laktoz giderimi elde edilmiş ve bizim çalışmamızla paralellik gösteren sonuçlara rastlanılmıştır.

## SONUÇ

Elde edilen sonuçlara göre, UF ve NF bütünleşik membran çalışmasında, UF aşaması için kullanılan

Osmonics -JW membranının süzüntüsü NF-90 membranından geçirildiğinden iletkenlik, TÇK ve tuzluluk giderimi %90'lara kadar ulaşmıştır.

Peyniraltı suyu çözeltisindeki protein, UF membranının konsantre bileşeni içinde toplanırken (Proteinin zenginleşme oranı %25-30, protein giderimi ise %69-74 civarında), laktoz UF membranından geçerek UF membranının süzüntü bileşeninde toplanmaktadır. NF-90 ile yapılan çalışmada laktozun NF-90 membranı konsantre bileşeninde zenginleşme oranı %28 iken, NF-270 ile yapılan çalışmada bu değer %11 civarındadır (Laktoz giderimi ise sırasıyla %99 ve %97 düzeyindedir).

NF-270 membranında laktoz giderimi, NF-90 membranı ile karşılaştırıldığında biraz daha düşüktür; bu da iyi bir geçirgenliğe sahip olmasına rağmen, bu membranın, peyniraltı suyunu tuzdan arındırmada daha az uygun olduğu anlamına gelir.

UF, NF ve TO bütünleşik membran çalışmasında ise, NF-270 membranı ile yapılan aşamada laktozun zenginleşme oranı %10-11 civarında iken, NF-270 konsantre bileşeni BW30-RO membranı ile muamele edildiğinde laktozun zenginleşme oranı %19-20 düzeyine (laktoz giderimi ise %99 düzeyine) ulaşmıştır. Bu da bize bütünleşik bir biçimde ardışık olarak kullanılan membran işlemlerinin peyniraltı suyunun fraksiyonlarına ayrılmasında daha etkin sonuçlar verdiğini göstermektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma TÜBİTAK-NASU projesi kapsamında desteklenmiştir (Proje No: 114M551). Peyniraltı suyu tozunun temin edilmesinde yardımcı olan Malkara Birlik Süt ve Süt Mamülleri A.Ş.(Maybi)'e, Gıda Tekn. Berna Erdoğan ve Arş. Gör. Canan Kartal'a da analiz aşamalarında verdikleri katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- [1] Basette, R., Acosta, J.S. (1988). Composition of milk products. In: Fundamentals of Dairy Chemistry, Edited by N. Wong, R. Jeness, M. Keeney and E. Marth, Van Nostrand Reinhold, New York, 39-80p.
- [2] Smithers, G. (2008). Whey and whey proteins-From 'gutter-to-gold'. *International Dairy Journal*, 18, 695-704.
- [3] De la Fuente, M.A., Hemar, Y., Tamehana, M., Munro, P., Singh, H. (2002). Process - induced change in whey proteins during the manufacture of whey protein concentrates. *International Dairy Journal*, 12, 361-369.

- [4] De la Fuente, M.A., Singh, H., Hemar, Y. (2002). Recent advances in the characterization of heat-induced aggregates and intermediates of whey proteins. *Trends Food Science and Technology*, 13, 262-274.
- [5] Dinçoğlu, A.H., Ardiç, M. (2012). Peyniraltı suyunun beslenmemizdeki önemi ve kullanım olanakları. *Harran Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 1(1), 54-60.
- [6] Patel, M.T., Kilara, A., Huffman, L.M., Hewitt, S.A., Houlihan, A.V. (1990). Studies on whey protein concentrates: 1. Composition and thermal properties. *Journal of Dairy Science*, 73, 1434-1449.
- [7] Üçüncü, M. (2008). A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi. 2. Cilt, 2. Baskı, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir, 1147-1151p.
- [8] Cuartas-Urbe, B., Alcaina-Miranda, M.I., Soriano-Costa, E., Mendoza-Roca, J.A., Iborra-Clar, M.I., Lora-García, J. (2009). A study of the separation of lactose from whey ultrafiltration permeate using nanofiltration. *Desalination*, 241, 244-255.
- [9] Pearce, R.J. (1992). Whey Protein recovery and Whey Protein fractionation. In: *Whey and Lactose Processing*, Edited by J.G. Zadow, Elsevier Science Publications, London.
- [10] Van der Horst, H.C., Timmer, J.M.K., Robbertsen, T. Leenders, J. (1995). Use of nanofiltration for concentration and demineralisation in the dairy industry: model for mass transport. *Journal of Membrane Science*, 245, 205-218.
- [11] Hinkova, A., Zidova, P., Pour, V., Bubnik, Z., Henke, S., Salova, A., Kadlec, P. (2012). Potential of membrane separation processes in cheese whey fractionation and separation. *Procedia Engineering*, 42, 1425-1436.
- [12] Greiter, M., Novalin, S., Vendland, M., Kulbe, K.D., Fischer, J. (2002). Desalination of whey by electro dialysis and ion exchange resins. *Journal of Membrane Science*, 210, 91-102.
- [13] Diblíková, L., Curda, L., Kincl, J. (2013). The effect of dry matter and salt addition on cheese whey demineralisation. *International Dairy Journal*, 31, 29-33.
- [14] Pouliot, Y. (2008). Membrane processes in dairy technology-From a simple idea to worldwide panacea. *International Dairy Journal*, 18, 735-740.
- [15] Rektor, A., Vatai, G. (2004). Membrane filtration of Mozzarella whey. *Desalination*, 162, 279-286.
- [16] Brans, G., Schroen, C.G.P.H., Van der Sman, R.G.M. and Boom, R.M. (2004). Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges. *Journal of Membrane Science*, 243, 263-272.
- [17] Troiano, R., Denaro, F. (2016). "The Analysis of Lactose in Milk and Cheese Products by HPLC with RI Detection," *PerkinElmer, Inc. Application Note*, Italy.
- [18] Official Methods of Analysis, (2001). 14th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, sec. 33.7.12, Method 991.20.
- [19] Vourch, M., Balannec, B., Chaufer, B. and Dorange, G. (2005). Nanofiltration and reverse osmosis of model process waters from the dairy industry to produce water for reuse. *Desalination*, 172, 245-256.
- [20] Yorgun, M.S., Balcioglu, I.A, Saygin, O. (2008). Performance comparison of ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis on whey treatment. *Desalination*, 229, 204 -216.
- 
-



## Variation in Sugar, Organic Acid and Volatile Flavor Compounds of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Grafted on Different Rootstocks at Different Harvest Time

Muharrem Gölükcü , Haluk Tokgöz 

Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

Received (Geliş Tarihi): 29.03.2017, Accepted (Kabul Tarihi): 16.08.2018

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): muharrem.golukcu@tarim.gov.tr (M. Gözlükcü)

📞 0 242 321 6797 📠 0 242 321 1512

### ABSTRACT

Grafting is used as a viable option for disease control in watermelon production; however, this process can affect quality parameters of the fruits. The aim of this study was to determine sugar, organic acid and volatile flavor compounds of grafted Crisby and Crimson Tide watermelon cultivars at 2 harvest times. In the study, the effect of two watermelon cultivars, three rootstocks and two harvesting time on some of the fruit quality characteristics were determined. Results showed that the quality parameters of samples varied based on the cultivar, rootstock and harvest time. The ranges for glucose, fructose and sucrose contents of fruits were 2.31-2.52%, 3.71-4.01%, 0.70-1.69%, respectively. Organic acids of the samples were composed of citric, acetic, malic, tartaric and oxalic acids and their respective ranges were 135.25-195.13 mg/kg, 97.00-124.13 mg/kg, 67.50-151.50 mg/kg, 61.00-85.38 mg/kg, 22.75-36.25 mg/kg. The main flavor components of samples were *trans*-2-nonenal, *cis*-6-nonen-1-ol, nonanal and 6-methyl-5-hepten-2-one.

**Keywords:** Watermelon, *Citrullus lanatus*, Grafting, Harvesting time, Quality

### Karpuzun (*Citrullus lanatus*) Şeker, Organik Asit ve Uçucu Aroma Bileşimi Üzerine Aşılı Fide Kullanımı ve Hasat Zamanının Etkileri

#### ÖZ

Aşılı fide kullanımı, karpuz üretiminde hastalık kontrolünde uygulanabilir bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, bu işlem meyvenin kalite özelliklerini etkileyebilmektedir. Araştırma, aşılı fide kullanımı ve hasat zamanının Crisby ve Crimson Tide karpuz çeşitlerinin şeker, organik asit ve uçucu aroma bileşimleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada iki karpuz çeşidi, üç anaç ve iki hasat zamanının etkisi araştırılmıştır. Araştırma bulguları incelenen kalite parametrelerinin kullanılan çeşit, anaç ve hasat zamanına göre değiştiğini göstermiştir. Örneklerin glukoz, fruktoz ve sakkaroz içerikleri sırasıyla %2.31-2.52, %3.71-4.01, %0.70-1.69 aralığında değişim göstermiştir. Örneklerin organik asit kompozisyonu, sitrik, asetik, malik, tartarik ve okzalik asitlerden oluşmakta ve bu bileşenlerin miktarı sırasıyla 135.25-195.13 mg/kg, 97.00-124.13 mg/kg, 67.50-151.50 mg/kg, 61.00-85.38 mg/kg, 22.75-36.25 mg/kg aralığında değişim göstermektedir. Örneklerin ana uçucu aroma bileşenleri, *trans*-2-nonenal, *cis*-6-nonen-1-ol, nonanal ve 6-metil-5-hepten-2-one olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Karpuz, *Citrullus lanatus*, Aşılama, Hasat zamanı, Kalite

## INTRODUCTION

Watermelon is one of the most cultivated vegetables from the tropics to temperate zones worldwide [1]. Grafting is becoming highly popular in watermelon production and other vegetables [2]. Although watermelon grafting was first adopted to limit effects of *Fusarium* wilt, reasons for grafting have increased over the years. Grafted seedlings have been used to: induce resistance against low and high temperatures; enhance nutrient uptake; improve yield when plants are cultivated in infected soils; increase synthesis of endogenous hormones; improve water use; increase flower and seed production; and enhance tolerance to drought, salinity and flooding [2, 3].

Grafting and rootstock/scion combinations could affect quality parameters of vegetables produced in this manner [4]. Watermelon has been grafted on to pumpkin rootstocks (*Cucurbita* and *Lagenaria*). Use of grafted seedlings on *Lagenaria* rootstock was more successful than *Cucurbita* rootstock. Use of grafted seedlings has positive effects on plant growth and yield but not on water soluble dry matter and fruit weight of watermelon [5]. Alan et al. [6] studied effects of different rootstocks on plant growth, fruit yield, fruit index, peel thickness and water soluble dry matter parameters by comparing grafted with non-grafted plants for 'Crisby'. Water soluble dry matter was ranged from 9.70 to 11.13°brix for non-grafted plants and 9.28 to 10.20°brix for grafted plants. Çandır et al. [7] found that sugar and organic acid composition of 'Crimson Tide' grafted on different rootstocks ranged for: glucose (1.95-3.14%), fructose (2.69-3.79%), sucrose (1.58-4.69%) as sugar and malic (0.327-0.457%), citric (0.042-0.127%) as organic acid components. There have been some studies on flavour compounds of non-grafted watermelons [8-13] that determined aldehyde, alcohol, ketone, furan compounds as main flavour compounds for watermelon. Taste of any fruit is mainly composed by organic acids, sugars and volatile flavour compounds. There is no study on determination flavour compounds for grafted watermelon. Another important parameter for watermelon is harvest time. Growers want to harvest the fruit as possible as early to earn more profit because of the high value of early season product. These fruits could be lacking in taste.

The study was undertaken to determine the influence of cultivars, rootstocks and harvest time on the organic acids, sugar composition, and volatile flavour compounds of watermelon cultivars.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

This research was carried out on the Food Technology Department of Batı Akdeniz Agricultural Research Institute, Antalya (36°56' north, 30°53' east, altitude: 10 m), Turkey. The cultivars Crisby and Crimson Tide F1, which are widely grown in Turkey, were used. Argentario (*Lagenaria*), Maximus and RS841 (*Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata* hybrid) were used as

rootstock. Non-grafted Crisby and Crimson Tide were used as controls. Grafting was performed with the side graft technique when seedlings had 4 true leaves. After grafting, these plants were maintained for 20 days in an unheated seedling greenhouse, and then grafted and non-grafted plants were transplanted to the field into loamy soil. Seedlings were established on 5 March 2012 at a 3 m row spacing and 80 cm between plants in the same row. Plants were irrigated with drip irrigation on 3-days intervals. The emitter distance was 50 cm with a mean discharge of 4.0 L/h. Soil infiltration rate for this area was between 8 and 34 mm/h. Average total annual rainfall, daily temperature, total evaporation and relative humidity values were 1132.9 mm, 18.2°C, 1913.5 mm and 63%, respectively. Fruits were harvested on 12 and 22 July 2012 and transferred immediately to the laboratory. The fruits were harvested and pooled from 3 plants. Three fruits were used for each replication and analyses were carried out in parallel.

### Methods

To determine effects of grafting; sugar, organic acid contents and volatile flavour compounds were analysed. Analyses were carried out using all edible red parts of the fruit. To extract organic acids, the pulp was mixed with ultra-pure water (1:5 w:v), homogenized with an ultra-turrax (IKA T 25, Staufen, Germany) in an ice bath for 1 min and centrifuged at 3857 g (Hettich Universal 32R, Tuttlingen, Germany) for 10 min at 4°C. The supernatant was filtered through a 0.45 µm membrane filter (Macherey-Nagel, Düren, Germany) before injection. Organic acids of this filtrate were analysed by LC 20 AT model HPLC system (Shimadzu, Kyoto, Japan) with a diode array detector (DAD, SPD-M20A) [14]. Separation of organic acids was with an Inertsil C<sub>18</sub> column (5 µm, 250 × 4.6 mm, GL Science, Tokyo, Japan). The HPLC elution was done at 30°C with isocratic flow of 2% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> as mobile phase at a 0.9 mL/min flow rate and the chromatogram monitored at 214 nm. Calculation of each organic acid was based on the external standard method from the peak area by analytical interpolation in the calibration curve. Sugar extracts were obtained with the same procedure for organic acids. Sugar contents of these extracts were analysed by HPLC with a refractive index detector (RID 10A). Sugar separation was performed on an Inertsil NH<sub>2</sub> column (5 µm, 250 × 4.6 mm, GL Science). The HPLC elution was with isocratic flow of acetonitrile:water (70:30 v:v) at 25°C [14].

Volatile flavour compounds were determined by SPME (Solid Phase Micro Extraction) headspace methods [15] with a gas chromatograph (Agilent GC 7890A)-mass spectrometry (Agilent MS 5975C, California, USA) instruments using capillary column (HP Innnowax Capillary; 60.0 m × 0.25 mm × 0.25 µm). All extractions were carried out at 40°C for 20 min using a 100 µm polydimethylsiloxane (PDMS) SPME filter. Helium (99.9%) was the carrier gas at a constant flow rate of 1 mL/minute. Oven temperature was programmed as follows: 60°C for 10 min, increased at 20°C/min to 250°C, and held at 250°C for 8 min. MS spectra were monitored at 35-450 amu. Percent of components was

calculated from GC-FID peak areas, and identified by WILEY NIST, and FLAVOR libraries.

### Statistical Analysis

The data were subjected to analysis of variance using SAS (ver. 6.12, SAS, Inc., Cary, NC). The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. Research findings were evaluated by Duncan's multiple range test. Results were given as mean  $\pm$  standard error (SE).

### RESULTS AND DISCUSSION

Sugar and organic acid contents of vegetables are quality parameters affecting taste for fresh consumption. Their amounts in vegetables are affected by cultivar, harvest time, grafting, ecology, cultural practices and

others [16, 17]. The sugars, identified and quantified in all samples, were glucose, fructose and sucrose were identified and quantified in all samples (Table 1).

The major sugar was fructose (Table 1). Yau et al. [18] found that fructose content was higher than glucose and sucrose contents in watermelon. Glucose and sucrose could be dominant sugar components for some other watermelon cultivars [19]. In the present study, differences in fructose content of the samples were significant. Fructose contents of the non-grafted plants were lower than the grafted plants for each rootstock. The highest fructose content was determined for RS 841 followed by Argentario and Maximux rootstocks. The difference was not significant for cultivars. The average ratio of fructose decreased slightly from the first to second harvest, but it was not significant.

Table 1. Changes in the sugar composition (%) of watermelons (mean $\pm$ SE)\*.

Factors	Sample	Glucose	Fructose	Sucrose	Total Sugar
Rootstock	Agentario	2.52 <sup>a</sup> $\pm$ 0.029	3.90 <sup>b</sup> $\pm$ 0.045	1.17 <sup>b</sup> $\pm$ 0.265	7.59 <sup>a</sup> $\pm$ 0.284
	Maximus	2.47 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.035	3.82 <sup>c</sup> $\pm$ 0.035	1.12 <sup>b</sup> $\pm$ 0.231	7.40 <sup>b</sup> $\pm$ 0.187
	RS 841	2.47 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.031	4.01 <sup>a</sup> $\pm$ 0.068	1.12 <sup>b</sup> $\pm$ 0.194	7.61 <sup>a</sup> $\pm$ 0.140
	Crisby (NG <sup>a</sup> )	2.31 <sup>c</sup> $\pm$ 0.049	3.77 <sup>dc</sup> $\pm$ 0.035	1.40 <sup>a</sup> $\pm$ 0.105	7.48 <sup>b</sup> $\pm$ 0.079
	Cr. Tide (NG)	2.43 <sup>b</sup> $\pm$ 0.032	3.71 <sup>d</sup> $\pm$ 0.021	1.34 <sup>a</sup> $\pm$ 0.095	7.48 <sup>b</sup> $\pm$ 0.080
Cultivar	Crisby	2.45 <sup>a</sup> $\pm$ 0.029	3.86 <sup>a</sup> $\pm$ 0.032	1.18 <sup>a</sup> $\pm$ 0.133	7.50 <sup>a</sup> $\pm$ 0.114
	Cr. Tide	2.46 <sup>a</sup> $\pm$ 0.022	3.87 <sup>a</sup> $\pm$ 0.047	1.21 <sup>a</sup> $\pm$ 0.149	7.55 <sup>a</sup> $\pm$ 0.141
Harvest Time	1	2.47 <sup>a</sup> $\pm$ 0.018	3.93 <sup>a</sup> $\pm$ 0.043	0.70 <sup>b</sup> $\pm$ 0.076	7.09 <sup>b</sup> $\pm$ 0.058
	2	2.44 <sup>a</sup> $\pm$ 0.032	3.81 <sup>b</sup> $\pm$ 0.030	1.69 <sup>a</sup> $\pm$ 0.037	7.95 <sup>a</sup> $\pm$ 0.075

<sup>a</sup>NG: Non-grafted, \*: Values in a column followed by different superscript letters are significantly ( $P < 0.05$ ) different (Duncan's multiple range test)

Another invert sugar was glucose for watermelon samples, and its amount varied with respect to the rootstocks. Glucose contents of the non-grafted Crisby and Crimson Tide were lower than the grafted ones on three different rootstocks. The glucose content differences for cultivars and harvest times were not significant.

Sucrose was the lowest sugar component in all samples. Rootstock and harvest time significantly affected sucrose contents of the samples while cultivars had no significant effect (Table 1). Sucrose contents of the non-grafted plants were higher than the grafted plants. The highest value was determined for the non-grafted Crisby, while the lowest value was obtained for Maximus and RS 841 rootstocks. Sucrose content of the samples increased approximately 2-fold from the first to second harvest. For all samples, total sugar contents of the second harvest were higher than for the first harvest, probably due to the ripening stage. Yau et al. [18] also reported sucrose content of watermelon increased throughout the ripening process. Soteriou et al. [20] reported that fructose and glucose content of watermelon decreased by increasing ripening stage. These findings agree with our results. Sucrose content increased with maturity. Çandır et al. [7] found sucrose was plentiful (1.58-4.61%) in watermelon fruit from grafted watermelon. Their reported levels were higher than results here because of the cultivar differences. Yoo et al. [21] found that sucrose, glucose and fructose contents of watermelon genotypes ranged between

0.22-4.15%, 0.86-2.97%, 1.51-5.05%, respectively. Our results were similar with these values.

The acidity in watermelon is generally low but it affects the taste of watermelon. Organic acid composition of cultivars, depends on rootstock cultivars and harvest time (Table 2). Five different organic acids were detected and quantified in all samples. The amounts of citric, acetic and malic acids contents were higher than the amount of tartaric and oxalic acids.

Citric acid was the most common organic acid, and it was higher in the grafted plants than the non-grafted ones. The highest citric acid was determined in Argentario followed by RS 841 and Maximus rootstocks. Citric acid content differences for cultivars were significant. Crimson Tide was higher citric acid than Crisby cultivar. Citric acid contents of the samples slightly decreased from the first harvest to the second harvest time. Similarly, acetic acid contents of the grafted plant's fruits were higher than the non-grafted ones. Crimson Tide had higher acetic acid content than Crisby cultivar. Additionally, acetic acid content of the first harvest samples was higher than the second harvest samples like citric acid. The highest malic acid was determined in the non-grafted Crimson Tide cultivar followed by the grafted on Argentario, Maximus and RS 841 rootstocks. Crimson Tide had higher malic acid content than Crisby like other organic acids. Malic acid amount increased from the first harvest to the second harvest time. Another organic acid, determined in all

samples, was tartaric acid and its amount was affected from rootstock, cultivar and harvesting time. The highest tartaric acid was found in Maximus and RS 841 rootstocks. Crimson Tide had higher tartaric acid than Crisby cultivar. There was slight decrease in tartaric acid from the first harvest to the second harvest time. The lowest organic acid was oxalic acid for all samples. The highest amount of oxalic acid was determined in the non-grafted Crimson Tide like malic acid. Differences in oxalic acid contents were not significant for cultivars. Oxalic acid amount increased from the first harvest to

the second harvest time. Çandır et al. [7] analysed organic acid composition of Crimson Tide cultivar grown by grafting on different local and commercial rootstocks. They found malic (0.327-0.457%) and citric (0.042-0.127%) acids in those samples and their quantities were affected by rootstock. Liu et al. [19] determined malic (11.68-24.44 mg/g), citric (23.92-64.87 mg/g), tartaric (0.43-1.31 mg/g) and quinic (0.56-3.73 mg/g) acids in watermelon flesh for 12 cultivars (on dry matter base).

Table 2. Changes in organic acid contents (mg/kg) of watermelons (mean±SE)<sup>1</sup>.

Factors	Sample	Citric	Acetic	Malic	Tartaric	Oxalic
Rootstock	Agentario	195.13 <sup>a</sup> ±12.01	114.00 <sup>a</sup> ±17.82	143.88 <sup>b</sup> ±3.65	61.13 <sup>c</sup> ±3.25	23.63 <sup>b</sup> ±2.40
	Maximus	166.63 <sup>c</sup> ±13.18	120.88 <sup>a</sup> ±12.15	113.75 <sup>c</sup> ±14.46	85.38 <sup>a</sup> ±3.62	26.00 <sup>b</sup> ±3.77
	RS 841	190.75 <sup>b</sup> ±12.34	124.13 <sup>a</sup> ±6.23	102.13 <sup>d</sup> ±6.58	84.25 <sup>a</sup> ±3.13	27.13 <sup>b</sup> ±3.53
	C (NG) <sup>a</sup>	135.25 <sup>e</sup> ±11.98	101.00 <sup>b</sup> ±9.33	67.50 <sup>e</sup> ±2.72	61.00 <sup>c</sup> ±3.24	22.75 <sup>b</sup> ±1.11
	CrT (NG) <sup>b</sup>	143.75 <sup>d</sup> ±3.61	97.00 <sup>b</sup> ±19.93	151.50 <sup>a</sup> ±20.28	80.50 <sup>b</sup> ±1.19	36.25 <sup>a</sup> ±9.70
Cultivar	Crisby	169.21 <sup>b</sup> ±8.92	108.88 <sup>b</sup> ±7.09	95.94 <sup>b</sup> ±6.60	68.63 <sup>b</sup> ±3.09	26.19 <sup>a</sup> ±2.04
	Cr. Tide	176.69 <sup>a</sup> ±10.12	120.13 <sup>a</sup> ±9.99	138.69 <sup>a</sup> ±8.42	82.13 <sup>a</sup> ±3.06	26.94 <sup>a</sup> ±3.20
Harvest Time	1	183.88 <sup>a</sup> ±7.34	123.69 <sup>a</sup> ±9.86	107.69 <sup>b</sup> ±6.28	76.75 <sup>a</sup> ±3.95	23.00 <sup>b</sup> ±2.12
	2	162.13 <sup>b</sup> ±10.68	105.31 <sup>b</sup> ±6.78	126.94 <sup>a</sup> ±11.12	74.00 <sup>b</sup> ±3.02	30.13 <sup>a</sup> ±2.88

<sup>a</sup>C (NG): Crisby (Non-grafted), <sup>b</sup>CrT (NG): Crimson Tide (Non-grafted), <sup>1</sup>: Values in a column followed by different superscript letters are significantly ( $P < 0.05$ ) different (Duncan's multiple range test)

Volatile flavor components affect watermelon aroma [13]. Volatile flavor compounds in fresh vegetables can be formed during maturation and postharvest processing [22, 23]. Volatile flavor compounds of

watermelon fruit varied for Crisby (Table 3) and Crimson Tide combinations (Table 4). Rootstock, harvest time, and cultivar affected volatile flavour compounds.

Table 3. Volatile flavour compounds of Crisby fruits with respect to rootstock and harvest time (%).

Compound	Agentario		Maximus		RS841		Crisby (NG <sup>a</sup> )	
	1 <sup>st</sup> HT <sup>b</sup>	2 <sup>nd</sup> HT	1 <sup>st</sup> HT	2 <sup>nd</sup> HT	1 <sup>st</sup> HT	2 <sup>nd</sup> HT	1 <sup>st</sup> HT	2 <sup>nd</sup> HT
6-methyl-5-hepten-2-one	16.01	1.89	8.01	7.24	11.86	8.01	7.43	4.51
Nonanal	-	9.91	9.75	10.75	8.93	8.52	7.85	9.31
6-methyl-5-hepten-2-ol	6.19	-	-	4.17	-	-	8.92	7.40
<i>trans</i> -2-nonenal	38.08	23.80	34.63	38.02	45.50	37.53	53.20	38.44
<i>trans,trans</i> -2,6-Nonadienal	12.97	7.95	-	-	-	-	-	-
<i>trans,trans</i> -3,6-Nonadienal	-	-	1.55	1.74	1.58	1.44	2.02	1.20
<i>cis</i> -6-nonen-1-ol	13.18	49.51	37.04	29.23	25.11	38.08	10.25	33.44
Ethylbenzaldehyde	-	-	1.30	-	1.92	1.22	2.26	1.18
<i>trans,trans</i> -2,4-nonadienal	3.51	1.28	2.65	3.72	3.19	3.03	4.03	2.35
Geranyl acetone	2.50	0.45	3.54	1.63	1.92	2.17	2.29	0.99

<sup>a</sup>NG: Non-grafted, <sup>b</sup>HT: Harvest time

Table 4. Volatile flavour compounds content of Crimson Tide fruits with respect to rootstock and harvest time (%).

Compounds	Agentario		Maximus		RS841		Cr. Tide (NG <sup>a</sup> )	
	1 <sup>st</sup> HT <sup>b</sup>	2 <sup>nd</sup> HT	1 <sup>st</sup> HT	2 <sup>nd</sup> HT	1 <sup>st</sup> HT	2 <sup>nd</sup> HT	1 <sup>st</sup> HT	2 <sup>nd</sup> HT
6-methyl-5-hepten-2-one	6.24	2.58	3.99	3.54	9.95	9.03	8.18	6.06
Nonanal	4.97	8.45	-	7.32	-	-	5.70	12.65
6-methyl-5-hepten-2-ol	-	-	4.42	7.20	4.47	4.32	-	7.66
<i>trans</i> -2-nonenal	46.74	38.05	41.31	31.89	35.09	46.16	38.92	25.84
<i>trans,cis</i> -2,6-Nonadienal	18.87	16.16	29.62	23.05	10.16	10.89	25.13	9.40
<i>trans,trans</i> -3,6-Nonadienal	1.29	1.17	1.47	1.31	1.68	2.12	1.49	1.08
<i>cis</i> -6-nonen-1-ol	11.70	26.83	6.03	16.96	30.59	14.52	12.06	28.14
Ethylbenzaldehyde	1.26	1.23	1.78	1.10	-	-	1.28	-
<i>trans,trans</i> -2,4-nonadienal	3.22	2.46	2.92	2.06	2.64	3.91	2.57	2.06
Geranyl acetone	1.31	1.15	1.04	1.32	1.61	3.39	0.76	2.18

<sup>a</sup>NG: Non-grafted, <sup>b</sup>HT: Harvest time



The main volatile flavour components were *trans*-2-nonenal, *cis*-6-nonen-1-ol, 6-methyl-5-hepten-2-one, nonanal, *trans,trans*-2,4-nonadienal and geranyl acetone for Crisby combinations. The highest *trans*-2-nonenal was determined in the first harvest of non-grafted Crisby; the lowest value was in the Argentario × Crisby combination at the second harvest. This compound is an aliphatic aldehyde classified as fatty, and it is a characteristic compound for watermelon [13]. Its content was decreased from the first to the second harvest for Crisby combinations except for the Maximus × Crisby combination. The second highest volatile flavour compound was *cis*-6-nonen-1-ol in 'Crisby'. This compound has fruity, sweet and with a fresh aroma [12]. Contrary to *trans*-2-nonenal, *cis*-6-nonen-1-ol increased from the first to the second harvest for all samples except the Maximus × Crisby combination. Differences in volatile flavour compounds between harvests were different for each rootstock/scion combination. One other predominant compound was 6-methyl-5-hepten-2-one (oily green, fruity, herbaceous odor). This compound is a ketone type component. Lowest and highest values of this compound were determined in Crisby × Argentario combinations. The variation in this compound for other Crisby samples was lower than in the Argentario × Crisby combination between harvests. *Trans,trans*-2,4-nonadienal and geranyl acetone were also determined in all samples at lower concentrations. The amount of *trans*-2-nonenal and *trans,trans*-2,4-nonadienal content decreased from the first to the second harvest for Crisby combinations except for Maximus × Crisby combination. Rootstock and harvest affected Geranyl acetone content. Other flavour compounds such as nonanal, 6-methyl-5-hepten-2-ol, *trans,cis*-2,6-nonadienal, *trans,trans*-3,6-nonadienal and ethylbenzaldehyde were identified and quantified in some samples. Rootstock/scion combination and harvest affected the amount of these compounds.

The same volatile flavour compounds were present in Crimson Tide. The predominant component was *trans*-2-nonenal in Crimson Tide combinations and Crisby. The concentration of this decreased from the first to the second harvest except for the Argentario × Crimson Tide combination. Other dominant flavour components were *cis*-6-nonen-1-ol, *trans,cis*-2,6-nonadienal and 6-methyl-5-hepten-2-one for Crimson Tide combinations. Yajima et al. [8] identified 52 flavour compounds in watermelon juice distillate. Additionally, *cis*-3-nonen-1-ol and *cis,cis*-3,6-nonadien-1-ol was the predominant component in their samples. Pino et al. [9] determined volatile components of watermelon by simultaneous steam distillation/solvent extraction (diethyl ether) method. They found ethyl acetate (23.0%), acetaldehyde (18.0%), methyl acetate (11.4%) and ethanol (8.2%) as major volatile components in watermelon, and detected 2-nonenal and 2,6-nonadienal. Beaulieu and Lea [10] determined some aldehydes, ketones, alcohols and furans in their samples. The compounds of 3-nonen-1-ol/*trans,cis*-2,6-nonadienal (16.5-28.2%), *trans*-2-nonenal (10.6-22.5%), *cis*-6-nonenal (2.0-11.3%), hexanal (37.7%) and 6-methyl-5-hepten-2-one (2.7-7.7%) were dominant in RML8129, RML8154, Palomar, Tri-X-313, Pure Heart

cultivars. Saftner et al. [11] investigated flavour of fresh-cut watermelon treated with 1-MCP and ethylene. Sixteen volatiles were listed in their study but those were not quantified. Most were aldehydes and ketones. Genthner [12] used static the headspace method and found that *cis*-3-hexenal, *cis,cis*-3,6-nonadienal, *cis*-3-nonenal, *cis*-6-nonenal, *trans*-2-nonenal, *cis*-2-nonenal, *trans,cis*-2,6-nonadienal, *trans,trans*-2,4-nonadienal and *trans,trans,cis*-2,4,6-nonatrienal were important key odorants for fresh-cut watermelon. There were 68 volatile flavour compounds in mini-watermelon [13] with *cis*-3-nonen-1-ol, *trans*-2-nonenal and *cis,cis*-3,6-nonadien-1-ol having the highest values. Some volatile flavour compounds in the previous studies were also determined in the present study, but some differences were observed in their quantities probably due to differences in cultivar, cultural practices, climate and method of analysis.

## CONCLUSIONS

Although environment and cultural practices influence fruit quality attributes, rootstock selection for any cultivar, and ripening stage appear to be important to achieve desired physical, chemical and flavour characteristics. Volatile flavour compounds differed for cultivars. Watermelon quality parameters were affected by rootstock/scion combination and harvest time. Appropriate rootstock selection for each cultivar and harvest time for each hybrid combination needs to be determined to meet quality parameters in watermelon.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by General Directorate of Agricultural Research and Policies (TAGEM) under Grant TAGEM/GY/11/03/01/186).

## REFERENCES

- [1] Dauda, S.N., Ajayi, F.A., Ndor, E. (2008). Growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus*) as affected by poultry manure application. *Journal of Agriculture and Social Science*, 4, 121-124.
- [2] Oda, M. (1999). Grafting of vegetable to improve greenhouse production. Food & Fertilizer Technology Center, Taipei City, Republic of China on Taiwan, *Extension Bulletin*, 480, 1-11.
- [3] Mohamed, F.H., Abd El-Hamed, K.E., Elwan, M.W.M., Hussien. M.N.E. (2014). Evaluation of different grafting methods and rootstocks in watermelon grown in Egypt. *Scientia Horticulturae*, 168, 145-150.
- [4] Fallik, E. Ilic, Z. (2014). Grafting vegetables - The influence of rootstock scion on postharvest quality. *Folia Horticulturae*, 26, 79-90.
- [5] Yetişir, H. Sari, N. (2003). Effect of different rootstock on plant growth, yield and quality of watermelon. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43, 1269-1274.
- [6] Alan, Ö., N. Özdemir, Günen, Y. (2007). Effect of grafting on watermelon plant growth, yield and quality. *Journal of Agronomy*, 6, 362-365.

- [7] Çandır, E., Yetişir, H., Karaca, F., Üstün, D. (2013). Phytochemical characteristics of grafted watermelon on different bottle gourds (*Lagenaria siceraria*) collected from the Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37, 443-456.
- [8] Yajima, I., Sakakibara, H., Ide, J., Yanai, T., Kazuo, H. (1985). Volatile flavor components of watermelon (*Citrullus vulgaris*). *Agricultural and Biological Chemistry*, 49, 3145-3150.
- [9] Pino, J.A., Marbot, R., Agüero, J. (2003). Volatile components of watermelon (*Citrullus lanatus* [Thunb.] Matsum. et Nakai) fruit. *Journal of Essential Oil Research*, 15, 379-380.
- [10] Beaulieu, J.C., Lea, J.M. (2006). Characterization and semiquantitative analysis of volatiles in seedless watermelon varieties using solid-phase microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7789-7793.
- [11] Saftner, R., Luo, Y., McEvoy, J., Abbott, J.A., Vinyard, B. (2007). Quality characteristics of fresh-cut watermelon slices from non-treated and 1-methylcyclopropene- and/or ethylene-treated whole fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 44, 71-79.
- [12] Genthner, E.R. (2010). Identification of key odorants in fresh-cut watermelon aroma and structure-odor relationships of *cis,cis*-3,6-nonadienal and ester analogs with *cis,cis*-3,6-nonadiene, *cis*-3-nonene and *cis*-6-nonene backbone structures. MS thesis, Food Science and Human Nutrition in the Graduate College, University of Illinois, Champaign-Urbana, IL, USA.
- [13] Dima G., Tripodi, G., Condurso, C., Verzera, A. (2014). Volatile constituents of mini-watermelon fruits. *Journal of Essential Oil Research*, 26, 323-327.
- [14] Toker, R., Gölükcü, M., Tokgöz, H., Tepe, S. (2013). Organic acids and sugar compositions of some loquat cultivars (*Eriobotrya japonica* L.) grown in Turkey. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 19, 121-128.
- [15] Marsili, R.T., Miller, N. (2000). Determination of major aroma impact compounds in fermented cucumbers by solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry-olfactometry detection. *Journal of Chromatographic Science*, 38, 307-314.
- [16] Lozano, J.E. (2006). Fruit manufacturing: Scientific basis, engineering properties and deteriorative reactions of technological importance. Springer, New York, USA.
- [17] Kader, A.A. (2008). Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 88, 1863-1868.
- [18] Yau, E.W., Rosnah, S., Noraziah, M., Chin, N.L., Osman, H. (2010). Physico-chemical compositions of the red seedless watermelons (*Citrullus lanatus*). *International Food Research Journal*, 17(2), 327-334.
- [19] Liu, C., Zhang, H., Dai, Z., Liu, X., Liu, Y., Deng, X., Chen, F., Xu, J. (2012). Volatile chemical and carotenoid in watermelons [*Citrullus vulgaris* (Thunb.) Schrad (Cucurbitaceae)] with different flesh colors. *Food Science and Biotechnology*, 21, 531-541.
- [20] Soteriou, G.A., Kyriacou, M.C., Siomos, A.S., Gerasopoulos, D. (2014). Evolution of watermelon fruit physicochemical and phytochemical composition during ripening as affected by grafting. *Food Chemistry*, 165, 282-289.
- [21] Yoo, K.S., Bang, H., Lee, E.J., Crosby, K., Patil, B.S. (2012). Variation of carotenoid, sugar, and ascorbic acid concentrations in watermelon genotypes and genetic analysis. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 53, 552-560.
- [22] Mahmood, T., Anwar, F., Abbas, M., Boyce, M.C., Saari, N. (2012). Compositional variation in sugars and organic acids at different maturity stages in selected small fruits from Pakistan. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 1380-1392.
- [23] Christensen, L.P., Edelenbos, M., Kreuzmann, S. (2007). Fruits and vegetables of moderate climate, pp. 135-187. In: Berger, R.G. (ed.). *Flavours and fragrances chemistry, bioprocessing and sustainability*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

## Bazı Et Türlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Oluşumuna Farklı Pişirme Yöntemlerinin Etkisi\*

Ömer Şerif Aydın , Yasemin Şahan 

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa

Geliş Tarihi (Received): 30.08.2017, Kabul Tarihi (Accepted): 09.10.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): yasemins@uludag.edu.tr (Y. Şahan)

☎ 0 224 294 15 02 📠 0 224 294 14 02

\*: Bu çalışma Ömer Şerif Aydın'ın Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

### ÖZ

Etlere yüksek sıcaklıklarda pişirilmesiyle polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) bileşikler gibi çeşitli tehlikeli kimyasal kirleticiler oluşabilmektedir. Bu çalışma, farklı et çeşitlerinde (dana, kuzu, tavuk ve hindi) pişirme esnasında oluşabilecek PAH4 (benz[a]antrasen, krisen, benzo[b]fluoranthene ve benzo[a]piren) içeriği ve etin kimyasal yapısı ve pişirme yöntemlerinden PAH4 oluşumunun nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada etlere, haşlama, kızartma, fırında pişirme, elektrikli ızgara ile pişirme ve odun kömürü ile mangalda pişirme işlemleri uygulanıp oluşan PAH4 miktarları ve çığ etlerin bazı kimyasal özellikleri de tespit edilmiştir. PAH4 floresan dedektörlü yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak, PAH4 konsantrasyonunun etin kimyasal özelliklerine ve pişirme yöntemine göre değiştiği belirlenmiştir. Mangalda pişirilmiş etlerin toplam PAH4 seviyelerinin 1.10 ve 3.30 µg/kg arasında değiştiği saptanmıştır. Mangalda pişirilmiş tavuk etlerinin PAH4 içerikleri en yüksek bulunmuş, bunu hindi eti takip etmiştir. Et örneklerinde belirlenen PAH4 seviyelerinin, Türk Gıda Kodeksi (TGK) ve Avrupa Birliği limit değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** PAH4, Benzo[a]piren, Pişirme, Et, Et türleri

### Influence of Different Cooking Methods on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Formation in Various Meat Types

#### ABSTRACT

When meat is cooked at high temperatures, several hazardous chemical contaminants such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) may be formed. This study was conducted to determine the PAH4 (benz[a]anthracene, chrysene, benzo[b]fluoranthene and benzo[a]pyrene) content of different meat types (veal, lamb, chicken and turkey) during cooking, and how these are influenced by the chemical composition and cooking methods (boiling, frying, roasting/baking, grilling and barbecuing). Some chemical properties of raw meats were also determined. PAH4 were analyzed by using a high performance liquid chromatography (HPLC) unit equipped with a fluorescence detector. As a result, the concentration of PAH4 varies with meat type, chemical composition of meat and method of cooking. Total PAH4 levels ranged from 1.10 to 3.34 µg/kg in barbecued meat samples. The highest PAH4 levels were detected in chicken meat samples, followed by turkey meat. PAH4 levels detected in all meat samples for all cooking methods were below the Turkish Food Codex and EC limits.

**Keywords:** PAH4, Benzo[a]pyrene, Cooking, Meat, Types of meat

## GİRİŞ

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH); selüloz, pektin, malik asit, steroller gibi organik materyallerin eksik yanması sonucu ortaya çıkan, uzun süre çevrede kalmaları ve birikmeleri sonucunda çevre kirliliğine neden olabilen ve biyolojik dengeyi bozabilen organik yapıdaki bileşiklerdir [1-3]. PAH'lar endüstriyel prosesler, araç emisyonları, fosil yakıtlar, evsel yakıt tüketiminin yanı sıra; volkanik patlamalar, yangınlar, asfalt üretimi, ağaç işleme ve karbonlaştırma ile sigara dumanı gibi sebeplerle de oluşmaktadır [4-5]. Farklı şekillerde oluşan PAH'lar atmosferde asılı partikül olarak bulunabilmektedir. Rüzgarlar ve doğa olayları ile atmosferde taşınmakta ve solunum yolu ile vücuda alınmaktadır. Ayrıca yağmur, sis ve kar gibi atmosferik olaylar sonucunda da toprağa bulaşmaktadır [6].

PAH'lar yapısında bulunan benzen halkalarına göre sınıflandırılmaktadır. Yapısında dörtten az benzen halkası bulduran PAH'lar hafif PAH, dört ve daha fazla benzen halkası bulduranlar ise ağır PAH olarak tanımlanmaktadır [2]. PAH'ların hidrofobik yapılarından dolayı sudaki çözünürlükleri oldukça azdır. Pek çok PAH'ın toksik, mutajenik ve/veya karsinojenik özellikleri bulunmaktadır. PAH'lar lipitlerde oldukça iyi çözümlükleri için memelilerin gastrointestinal bölgelerinden kolaylıkla emilmektedirler [6]. Molekül ağırlıkları 216 g/mol'den çok olan PAH'ların karsinojenik özelliğe sahip oldukları bildirilmektedir [7]. Önemli potansiyel PAH karsinojenlerine dair yapılan çalışmalarda; canlılarda bağışıklık sistemini baskılama, lenfoid hücrelerde apoptoz, deri lezyonları ve akciğer, pankreas gibi çeşitli kanser vakaları görülmüş olup hayvan deneyi çalışmalarında ise farelerde dil, özofagus, akciğer ve midede tümörlere, ayrıca lösemiye de sebep olabileceği rapor edilmiştir [8, 9].

Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC) insanlar için Benzo[a]piren'i (BaP) karsinojenik, Dibenz[a,h]anthracene'i (DBaH) büyük olasılıkla karsinojenik, Naftalen (Nap), Benzo[a]antrasen (BaA), Krisen (Chr), Benzo[b]floranten (BbFlu), Benzo[k]floranten'i (BkFlu) karsinojenik olma ihtimali olan olarak sınıflandırmıştır. Bununla birlikte Aseften (Ace), Floren (Fl), Fenanten (Phe), Anthrasen (Ant), Floranten (Flu), Piren (Pyr)'nin ise karsinojenik etkisi olmadığı belirtilmiştir [10].

Gıdaların PAH'lar ile bulaşması hava, su ve toprak yoluyla gerçekleşebilmektedir [11]. Et ve et ürünleri, yaygın olarak diyetlerde yer alması ve tüketilmeleri için ısıtma işleme ihtiyaç duyulması nedeniyle, vücuda PAH alımında etkin taşıyıcılardan biri olarak kabul edilmektedir. PAH oluşumu üzerine; gıdanın çeşidi, yağ içeriği, uygulanan ısıtma işlemi, sıcaklık gibi faktörler etkili olabileceği gibi gıdalara uygulanan ısıtma işleminin derecesi ve süresi, kullanılan yakıt tipi, ısı kaynağına olan yakınlık ve direkt temasta diğer etmenler olarak gösterilebilir [12]. Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) gıdalarda bulunan PAH düzeylerini yansıtmada, tek başına BaP yerine PAH4'ün (BaP, BaA, BbFlu, Chr toplamı) daha iyi bir indikatör olduğunu

belirtmiştir. Ayrıca TGK'de PAH4 için limitlerinin belirtilmesinden dolayı çalışmada PAH4'ün oluşumu üzerine analizler yapılmıştır.

İnsanların yeterli ve dengeli beslenmesi için önemli besin öğelerinden biri de proteinlerdir. Hayvansal besinler, protein ihtiyacının karşılanmasında önemli bir yer tutmaktadır [13]. Et, hayvansal protein ihtiyacının yanı sıra vücudumuzun ihtiyaç duyduğu demir, fosfor, bakır mineralleri ile A, B ve D vitaminlerini de içermesi yönüyle de beslenme açısından elzemdir.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2017 yılında 2.136.733 ton tavuk eti, 52.363 tonu hindi eti, 987.481 ton sığır ve dana eti, 100.058 ton koyun eti üretimi gerçekleşmiştir [14]. 2017 yılı kişi başı toplam et tüketimi, dünyada 34.3 kg, gelişmiş ülkelerde 68.3 kg, gelişmekte olan ülkelerde 26.5 kg ve OECD ülkelerinde ise 69.0 kg olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir [15]. 2013 yılında ülkemizdeki kişi başı kırmızı et tüketimi 13 kg, kanatlı et tüketimi ise 19 kg olarak gerçekleşmiştir. Bu miktar ABD'de kırmızı et için 31 kg, kanatlı eti için 47 kg iken AB'de kırmızı et için 20 kg kanatlı eti için ise 23 kg olarak gerçekleşmiştir [16]. Bu veriler göz önüne alındığında ülkemizdeki et tüketiminin ABD ve AB ortalamalarının oldukça altında olduğu görülmektedir.

Literatürde, farklı et türlerinde ve değişik işlemler uygulanmış etlerde PAH bileşiklerinin belirlenmesine dair çeşitli çalışmalara rastlanmıştır [17- 28]. Bununla birlikte PAH oluşumu, pişirme yöntemi ve etlerin kimyasal yapısı arasındaki ilişkiyi inceleyen sınırlı sayıda yayınlara karşılaşılmıştır. Bu çalışmada iki farklı tür kırmızı et (dana, kuzu) ile iki farklı tür beyaz etin (tavuk, hindi) çiğ halde iken PAH düzeyleri tespit edilmiş ve bu etlere; fırında pişirme, elektrikli ızgarada pişirme, suda haşlama, mangalda pişirme ve teflon tavada pişirme ısıtma işlemleri uygulanmış, uygulanan ısıtma yöntemlerinin PAH4 bileşiklerinin (BaP, BaA, BbFlu, Chr) oluşumu üzerine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca çiğ halde iken nem, kül, yağ, protein, pH, asitlik tayinleri yapılmak suretiyle kimyasal içeriği belirlenmiş ve PAH4 bileşikleri üzerine etkileri tartışılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Materyal

Çalışmada kullanılan dana but, kuzu but, hindi but ve tavuk incik (*Musculus biceps femoris*) etleri piyasadan temin edilmiştir. Tavuk incik eti derili olarak kullanılmıştır. Ürünler 50'şer gram ağırlıkta ve yaklaşık 10 cm x 6 cm boyutlarında ve 1 cm kalınlıkta olacak şekilde kesilmiştir. Bu etlere haşlama, fırında pişirme, tavada pişirme, mangal kömürü ile pişirme, elektrikli ızgara ile pişirme teknikleri uygulanmıştır. Pişirme işlemleri üçer tekerrür olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Analizlerde kullanılan, PAH standartları benz[a]antrasen, krisen, benzo[b]fluoranthene ve benzo[a]piren, Sigma'dan (Missouri, ABD) temin edilmiştir. Kullanılan tüm kimyasallar ve reaktifler analitik saflıkta olmakla birlikte Asetonitril HPLC saflıkta olup



Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından temin edilmiştir. Ultra saf su Elga Purelab Option Q Ultra Saf Su Sistemi kullanılarak elde edilmiştir.

## Metot

### Etlerin Pişirilmesi

Her bir et çeşidine pişirme yöntemleri ayrı ayrı uygulanmış ve bu sırada problu termometre ile merkez sıcaklıkları ölçülmüş, TGK Et ve Et Ürünleri Tebliği'nde belirtilen pişirme işleminin tanımı gereği ürün merkez sıcaklığının 72°C ulaşması sağlanmıştır [29]. Etlerin pişirilme süresi merkez sıcaklığı 72°C'ye geldikten sonra 3 dakikadır. Haşlama işlemi, kaynamakta olan 500 ml suda gerçekleştirilmiş, fırında pişirme işlemleri ise konveksiyonlu fırında (İnoksan FKE 006, Türkiye) 180°C'de, pişirme derecelerinin takibi ile yapılmıştır. Kızartma işleminde teflon tava (Tefal) kullanılmış olup kızartma sırasında tavaya yağ ilavesi yapılmamıştır. Etler, elektrikli ızgarada (Tefal), paslanmaz çelik ızgara yüzeyinde 180°C'de pişirilmiştir. Mangalda pişirme de ise yakıt olarak odun kömürü ve ızgara yüzeyi olarak paslanmaz çelik tel kullanılmıştır. Izgara ile kömür arasındaki mesafe 6-8 cm'dir. Tavada, elektrikli ızgarada ve mangalda pişirme teknikleri uygulanırken, etlerin merkez sıcaklığı 72°C geldikten sonra etlerin her iki yüzeyi de 1.5 dakika süre pişirilmiş ve böylece pişirme işleminin homojen olması sağlanmıştır.

### Kimyasal Analizler

Tüm örnekler çiğ halde iken yağ, protein, kül ve nem [30], asitlik ve pH [31] analizleri yapılmıştır. Etler analiz öncesinde kıyma yapılarak homojen hale getirilmiştir.

### PAH Analizleri

Tüm çiğ ve pişirilmiş et örneklerinde PAH analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, homojenize edilmiş (Tefal, doğrayıcı) örnekten 5 g bir tüp içerisine alınmış,

üzerine 10 mL asetronitril eklenerek 1 dakika süreyle kuvvetlice çalkalanmıştır. Tüpün içerisine 6 g susuz magnezyum sülfat ve 1.5 g sodyum asetat eklenerek 1 dakika tekrar çalkalanarak 4000 devirde 5 dakika santrifüj (Sigma 3K 30) edilmiştir. Üstteki faz alınarak içerisine 1200 mg susuz magnezyum sülfat, 400 mg PSA ve 400 mg C18 ilave edilerek 1 dakika kuvvetlice çalkalanmıştır. 4000 devirde 5 dakika tekrar santrifüj (Sigma 3K 30) edilmiştir. Üstteki sıvı kısım alınarak azot gazı altında 40 derecede uçurulmuş ve 0.5 mL asetronitril ile çözülerek HPLC (Agilent 1100)'de analiz edilmiştir [31].

### HPLC Koşulları

PAH analizinde floresans dedektörlü HPLC (Agilent 1100), Agilent Eclipse PAH Column 5 µm 3.0 x 250mm kolon kullanılmış, analiz süresince akış hızı 0.8 mL/dakika olup kullanılan hareketli faz asetronitril ve sudur. Kolon sıcaklığı 25°C ve enjeksiyon miktarı 20 µL olarak belirlenmiştir. Floresans dedektörde kullanılan uyarma ve emisyon dalga boyları: BaA ve Chr (uyarma 270 nm, emisyon 385 nm), BbFlu (uyarma 256 nm, emisyon 446 nm) ve BaP (uyarma 295 nm, emisyon 410 nm) olarak uygulanmıştır.

### İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz, tesadüf parselleri iki faktöryelli deneme desenine göre Anova programı kullanılarak yapılmıştır. Bunun için JUMP istatistik programı kullanılmıştır. Elde edilen ortalama değerler arasındaki istatistiki farklı grupların belirlenmesinde p < 0.05 olasılık düzeyinde LSD testi kullanılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Kimyasal Analiz Sonuçları

Etlere ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çiğ et örneklerinin kimyasal kompozisyonu, pH ve asitlik değerleri

Et Türü	pH	Asitlik	Protein	Kül	Nem	Yağ
Dana	5.83±0.01 <sup>d</sup>	0.46±0.02 <sup>c</sup>	18.95±0.15 <sup>c</sup>	0.94±0.01 <sup>a</sup>	67.38±0.35 <sup>b</sup>	12.07±0.18 <sup>a,b</sup>
Hindi	6.20±0.02 <sup>b</sup>	0.50±0.01 <sup>b</sup>	19.13±0.03 <sup>b</sup>	1.00±0.01 <sup>b</sup>	70.11±0.43 <sup>a</sup>	9.37±0.46 <sup>c</sup>
Kuzu	5.97±0.03 <sup>c</sup>	0.52±0.00 <sup>a</sup>	20.65±0.13 <sup>a</sup>	0.99±0.01 <sup>b</sup>	66.75±0.26 <sup>b</sup>	11.08±0.35 <sup>b</sup>
Tavuk	6.44±0.03 <sup>a</sup>	0.43±0.01 <sup>d</sup>	18.58±0.17 <sup>d</sup>	0.99±0.01 <sup>b</sup>	67.50±0.55 <sup>b</sup>	12.98±1.06 <sup>a</sup>

a, b, c, d: Farklı harfler taşıyan aynı sütundaki ortalamalar arasındaki farklılıklar p<0.05 düzeyinde önemlidir.

±: Standart sapma, n=3 tekrerr

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; tavuk incik eti pH'sı en yüksek et çeşidi olarak belirlenirken onu hindi but, kuzu but ve dana but etleri takip etmiştir. Asitlik açısından değerlendirildiğinde kuzu but eti en yüksek asitlik değerine sahipken, en düşük asitlik tavuk incik etinde belirlenmiştir. Protein içeriğine göre et çeşitleri en yüksekten en düşüğe doğru kuzu but, hindi but, dana but, tavuk incik eti şeklinde sıralanmaktadır. Protein içerikleri Öztan [33] belirttiği dana but %19.1 ile benzer iken, koyun but %18 ile farklılık göstermektedir. Çalışmamızda kuzu eti kullanılması nedeniyle bu farklılığın olabileceği düşünülmektedir. Kül açısından

incelendiğinde ise kuzu but, tavuk incik ve hindi but eti arasında istatistiki açıdan bir farklılık bulunmamıştır (p<0.05). Elde edilen kül içerikleri [34] ile paralellik göstermektedir. Nem içeriğinde ise hindi but eti en yüksek olarak belirlenmiş ve diğer et türleri arasında istatistiki bir farklılık belirlenmemiştir (p<0.05). Yağ oranı en yüksek düzeyde tavuk incik, en düşük düzeyde ise hindi but etinde tespit edilmiştir. Tavuk incik etinin derili olarak kullanılması nedeniyle yağ içeriği yüksek olduğu düşünülmektedir. Ergezer [35] yaptığı çalışmada, tavuk ve hindi but örneklerin protein içeriklerini sırası ile %21.60 ve 20.46, yağ içeriklerini %6.43 ve 5.23, kül

içeriklerini %0.81 ve 0.91 ve pH'larını 6.48 ve 6.05 olarak rapor etmiştir. Literatürde farklı kaynaklardan elde edilen veriler ile çalışmamızda saptanan sonuçlar arasındaki farklılıkların, etlerin elde edildiği hayvanların türü, ırkı, cinsiyeti, yetiştirme ve beslenme koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

### PAH Analiz Sonuçları

PAH4 analizi için uygulanan metodun performans karakteristikleri Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca etlerde her bir PAH için geri kazanım çalışması yapılmıştır (Tablo 3). Geri alma sonuçları TGG'de belirtilen %50-120 değerleri arasında bulunmuştur. En düşük geri alma dana etinde krisen tayininde (%84) belirlenmiştir.

Tablo 2. PAH4 analizi için metod performans karakteristikleri

PAH	Regresyon katsayısı	Lineer denklem	LOQ	LOD
BaA	0.99997	Y=7.1x - 0.08	0.4	0.12
Chr	0.99998	Y=10.85x - 0.11	0.4	0.12
BbFlu	0.99815	Y=6.29x - 0.73	0.4	0.12
BaP	0.99978	Y=15.11x - 0.97	0.4	0.12

LOD (Limit of detection): Tespit limiti; LOQ (Limit of quantification): Tayin limiti

Tablo 3. Et türlerine göre PAH geri kazanımları (%)

	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (%)			
	BaA	Chr	BbFlu	BaP
Hindi	109	114	109	113
Tavuk	96	94	97	94
Dana	115	84	92	92
Kuzu	92	89	91	87

PAH4 analizi sonuçlarına göre, çiğ etlerde ve haşlama, fırında pişirme, ızgarada ve tavada pişirme metodu uygulanan etlerdeki PAH4 içerikleri LOQ değerinin altında bulunmuştur. Bu nedenle söz konusu pişirme tekniklerine ait sonuçlara tablolarda yer verilmemiştir. Etlere ısı işlem uygulamak sureti ile geliştirilmiş model sistemler aracılığı ile PAH oluşumunu araştırıldığında, sıcaklık uygulama koşulları, ortamdaki su içeriği, ortamdaki yağların ve antioksidanların varlığının PAH oluşumunu etkilediği belirlenmiştir. Özellikle ortamda suyun ve antioksidan

bileşiklerin bulunması PAH oluşumunu azaltmakla birlikte, uygulanan ısının ve uygulama süresinin artması PAH oluşumunu arttırdığı bildirilmiştir [36-38]. Özellikle sulu ortamda yapılan haşlama yöntemi ile kontrollü sıcaklık koşullarının uygulandığı, fırında, elektrikli ızgarada, tavada pişirme yöntemleri, mangalda pişirmeye göre çok daha düşük seviyelerde PAH oluşumuna neden olmaktadır [37].

Mangalda pişirme işlemi sonucunda oluşan PAH'ların miktarları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Mangalda pişirme işlemi sonucunda et türlerinde belirlenen PAH4 sonuçları (ppb)

Et Türü	BaA	Chr	BbFlu	BaP	Σ PAH4
Dana	0.59 ± 0.03 <sup>d</sup>	< LOQ	0.51 ± 0.01 <sup>a</sup>	< LOQ	1.10
Hindi	2.01 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.13 ± 1.13	< LOQ	< LOQ	3.14
Kuzu	1.74 ± 0.14 <sup>c</sup>	< LOQ	< LOQ	< LOQ	1.74
Tavuk	2.85 ± 0.10 <sup>a</sup>	< LOQ	0.45 ± 0.02 <sup>b</sup>	< LOQ	3.30

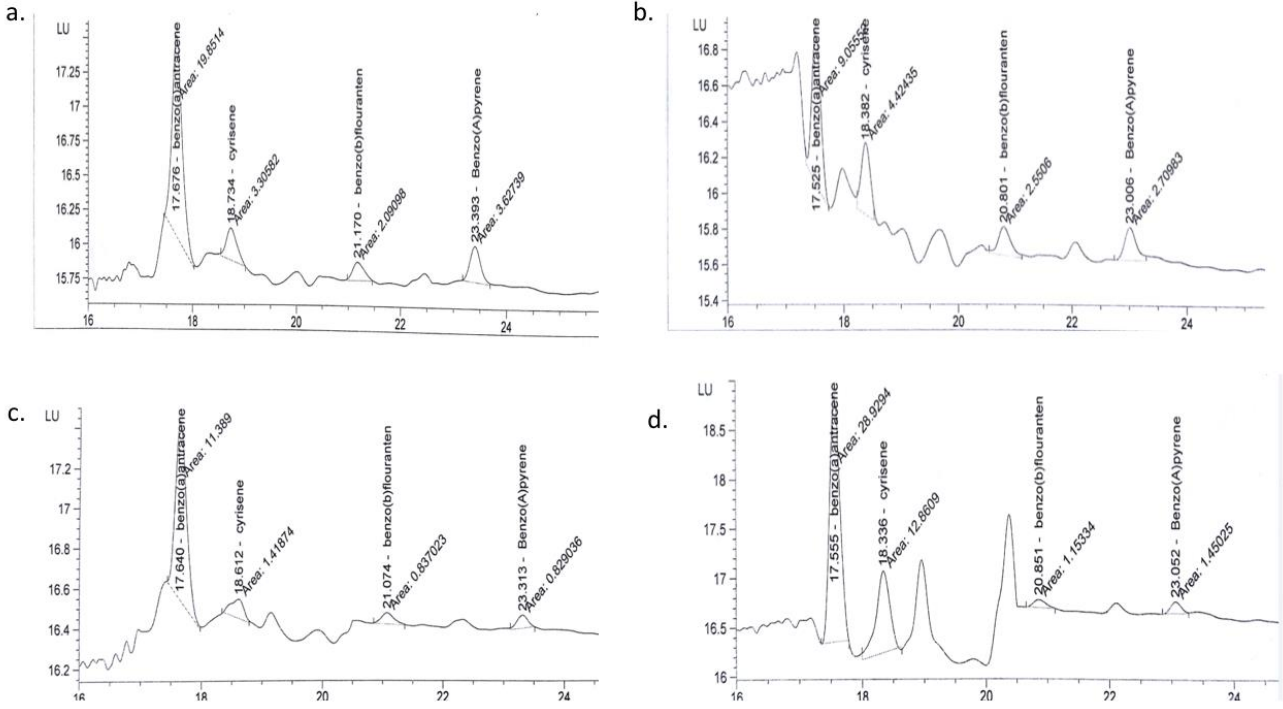
a. b. c. d: Farklı harfler taşıyan aynı sütündeki ortalamalar arasındaki farklılıklar p<0.05 düzeyinde önemlidir.

±: Standart sapma, n=3 tekrerrür

Çiğ halde tespit edilemeyen PAH4'ün, yalnızca mangalda pişirme ile dikkate değer şekilde artmış olması, diğer pişirme teknikleriyle bir artış göstermemesi pişirme koşullarının önemli olduğunu göstermektedir. Rose ve ark. [16] farklı pişirme teknikleri kullanılarak pişirilen et ürünlerinin PAH içeriklerinin, gıdanın yüzey alanı, yüzeyin yapısal özellikleri, kullanılan yakıt tipi, pişirme zamanı ve pişirme sırasında kaybedilen yağın özelliğinden etkilendiğini belirtmişlerdir. En yüksek PAH seviyelerinin, mangalda pişirme işlemi sırasında oluştuğunu bildirmişlerdir. Bunun sebebinin de pişirme

sırasında etten ayrılan yağın, direkt olarak ateşin üzerine damlaması sırasında PAH'ların yüksek oranda oluşması ve oluşan duman ile birlikte yeniden etin içine nüfuz etmesi olarak ifade etmişlerdir. Et ve ürünlerindeki yağların direkt alev ile temas etmesinin PAH oluşumunu arttırdığı Ledesma ve ark. [38] ve et ürünlerinde yağ oranı arttıkça, pişirme sırasında oluşan PAH seviyelerinin de buna paralel olarak attığı Pöhlmann ve ark. [39] tarafından rapor edilmiştir.

Mangalda pişirilmiş etlere ait PAH4 kromotogramları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Mangalda pişirilmiş etlere ait PAH4 kromotogramları (a. tavuk, b. dana, c. kuzu ve d. hindi eti)

Mangalda pişirilmiş etler, PAH4 açısından değerlendirildiğinde et türüne ve PAH çeşidine göre farklılıklar gözlenmiştir. BaA içeriği açısından değerlendirildiğinde, tüm et çeşitleri PAH4 içeriği açısından istatistik olarak farklılık göstermiştir. En yüksek BaA miktarı tavuk etinde belirlenirken en düşük miktar dana etinde belirlenmiştir. Eter Chr oluşumu yönünden incelendiğinde ise Chr miktarı sadece hindi etinde belirlenmiştir. Analiz edilen diğer et türlerinde Chr miktarı tayin limitlerinin altındadır. BbFlu oluşumu sadece dana ve tavuk etlerinde gözlemlenirken, dana etinde, tavuk etine göre daha yüksek miktarda bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Et örneklerinin tamamında BaP miktarı tayin limitlerinin altında kalmıştır.

Mangalda pişirilmiş etlerin türlerine bağlı olarak oluşan PAH4 miktarları değerlendirildiğinde dana etinde en yüksek BaA tespit edildiği bunu BbFlu takip ettiği, BaP ve Chr'nin ise tespit edilmediği görülmüştür. Hindi etinde ise en yüksek miktarda tespit edilen PAH; BaA olmuş bunu Chr takip etmiş, BbFlu ve BaP ise tayin sınırlarının altında kalmıştır. Kuzu etinde sadece BaA tespit edilirken; tavuk etinde en yüksek miktarda BaA tespit edilmiş, bunu BbFlu takip etmiş, Chr ve BaP ise örneklerde tespit edilmemiştir. Dost ve İdeli [23] kuzu etinin mangalda pişirmesi ile BaA, BkFlu, BaP gibi ağır PAH'ların oluşmadığını tespit etmişlerdir. BaA miktarlarında belirlenen farklılığın, etlerin kimyasal kompozisyonundaki farklılıktan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Örnekler toplam PAH4 açısından değerlendirildiğinde; en yüksek toplam PAH4 tavuk etinde belirlenmiş, bunu hindi, kuzu ve dana eti takip etmiştir. Toplam PAH4 sadece mangalda pişirme sonucunda belirlenmiştir. Tüm

pişirme işlemlerinde kullanılan et örneklerinin aynı zaman diliminde alınıp, eşit yüzey alanına sahip olacak şekilde hazırlandığı düşünüldüğünde, PAH4 oluşumunda, uygulanan pişirme tekniğinin çok önemli olduğunu görülmektedir. Mangal ile pişirme sırasında oluşan dumanda bulunan PAH yada etin yağının çözünüp ateşe damlaması sonucu oluşan PAH'lar yağda çözünebilir özellikleri sebebiyle et yüzeyinde absorbe olabilmektedirler.

Çalışmamızda mangalda pişirme ile PAH tespit edilmişken fırında pişirme, suda haşlama, tavada pişirme ve elektrikli ızgarada pişirme yöntemlerinde PAH tespit edilmemiştir. Elde edilen sonuçlar Rose ve ark. [27]'nin, çalışmasıyla uyumluluk göstermektedir. Anderson ve ark. [17]'nin yaptıkları çalışmada etlerdeki PAH düzeylerinin; barbekü ve kızartmayla ilişkilendirilebileceği ifade edilmiştir. Fırında pişirme, kavurma, kendi suyuyla pişirme gibi yüksek düzeyde PAH oluşumuna sebebiyet vermeyen pişirme teknikleri ile kanserojen madde oluşumunun minimize edilebileceği belirtilmiştir. Kömür ateşi ile pişirmenin PAH miktarı üzerine gaz aleviyle pişirme, elektrikli ızgara ve fırında pişirmeye kıyasla daha fazla etkili olduğu da bildirilmiştir [22, 26]. Isıl işlem görmüş et ürünlerinin PAH içerikleri; gıdanın yüzey alanı, yüzeyin yapısal özellikleri, ortamın su ve yağ içeriği, yağın etteki dağılımı, ortamdaki antioksidanların varlığı, sıcaklık uygulama koşulları, kullanılan yakıt tipi, pişirme zamanı ve pişirme sırasında kaybedilen yağın özelliğinden etkilendiği rapor edilmiştir [17, 36-38]. Özellikle, kontrollü sıcaklık koşullarının uygulanmadığı mangalda pişirme sırasında, etten ayrılan yağın, direkt olarak ateşin üzerine damlaması sırasında PAH'ların yüksek oranda oluştuğu ve oluşan duman ile birlikte yeniden etin içine

nüfuz ettiği ve PAH konsantrasyonunu arttırdığı ifade edilmiştir [38, 39].

Etlerin kimyasal kompozisyonu ile PAH4 içerikleri arasındaki ilişki değerlendirildiğinde; nem, kül, asitlik ve protein içeriğinin toplam PAH4 oluşumu üzerinde istatistiki olarak farklılık gözlemlenmemiştir. Ayrıca örneklerimizde tespit edilen yağ miktarları ile toplam PAH4'ün arasında bir uyum tespit edilememiştir. Saito ve ark. [24], karides, mısır, alabalık, sığır ve domuz etinin, ızgarada (metan gazı kullanılarak) pişirildikten sonraki PAH içeriklerini araştırmışlardır. Sonuçta; BaP konsantrasyonunu karideste  $0.000065 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mısırdaki  $0.000027 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , alabalıkta  $0.068 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sığır etinde  $0.027 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve domuz etinde  $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; BbFlu konsantrasyonunu karideste  $0.00031 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mısırdaki  $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , alabalıkta  $0.063 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sığır etinde  $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve domuz etinde  $1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; BaA konsantrasyonunu ise karideste  $0.0007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mısırdaki  $0.00022 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , alabalıkta  $0.064 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sığır etinde  $0.037 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve domuz etinde  $1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak rapor etmişlerdir. Elde ettiğimiz sonuçlar, Saito ve ark. [24]'nın yağ miktarı yüksek olan alabalık, sığır ve domuz eti gibi etlerde daha yüksek düzeylerde PAH bulunduğunu öte taraftan yağ içeriği düşük gıdalarda çok düşük düzeylerde belirlendiği görüşüyle uyumsuzdur. Bununla birlikte; damlayan yağın ve dumanın uzaklaştırılması ile PAH4 miktarında azalma olacağını belirten Lee ve ark. [26] çalışması ile paralellik göstermektedir. Lee ve ark. [26] araştırmalarında, sığır sırt eti mangalda, geleneksel yöntemle ve ayrıca yağlarının alev üzerine damlamasını engelleyecek şekilde bir tasarım kullanarak pişirmiştir. Sonuçta sığır sırt etlerinde geleneksel yöntem ile pişirme sonucunda  $3.62 \mu\text{g}/\text{kg}$  B[a]A,  $3.80 \mu\text{g}/\text{kg}$  Chr,  $6.25 \mu\text{g}/\text{kg}$  B[b]F ve  $3.23 \mu\text{g}/\text{kg}$  B[a]P saptanmış iken, yağın uzaklaştırıldığı sistemde ise  $0.60 \mu\text{g}/\text{kg}$  B[a]A,  $0.27 \mu\text{g}/\text{kg}$  Chr,  $0.81 \mu\text{g}/\text{kg}$  B[b]F ve  $0.78 \mu\text{g}/\text{kg}$  B[a]P belirlenmiştir. Ayrıca toplam PAH4 içeriği  $19.91 \mu\text{g}/\text{kg}$ 'dan  $2.46 \mu\text{g}/\text{kg}$  kadar %85'lik bir azalma göstermiştir. Toplam PAH4 miktarı açısından bakıldığında, en yüksek oranda tavuk ve hindi etinde görülme durumunun yağın bu örneklerde deride toplanması, kırmızı etlerde ise yağın ette dağılması kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Mangalda pişirme sırasında, öncelikle etin dış yüzeylerinde yer alan ve direkt alev ile temas eden yağlar erimekte ve ateşin üzerine damlayarak PAH oluşumuna katkı sağlamaktadırlar. Et örneklerinde tespit edilen PAH4 ile pH arasında da bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Etlerdeki PAH4 miktarı tavuk > hindi > kuzu > dana olarak belirlenmiştir. Benzer bir durum pH için de geçerlidir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında pH miktarındaki artışa bağlı olarak toplam PAH4 içeriğinde artış olabileceği düşünülmektedir. Yapılan literatür çalışmalarında gıdaların PAH4 ve pH içerikleri arasında bir ilişki olduğuna dair bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte bu konudaki çalışmaların kapsamının genişletilerek sürdürülmesi ve PAH oluşumunu etkileyen faktörler ile gıda içeriği arasındaki ilişkinin ortaya konulması gerekmektedir.

## SONUÇ

Farklı pişirme teknikleri uygulanan etlerin PAH4 içerikleri incelendiğinde sadece mangalda pişirme işlemi sonucunda PAH4 tespit edilmiştir. Haşlama, tavada pişirme, fırında pişirme ve ızgarada pişirme teknikleri sonucu PAH4 oluşmaması, bu teknikleri kullanarak pişirilen etlerin PAH4 bileşikleri yönüyle daha sağlıklı olduklarını göstermektedir. Et türleri arasındaki farklılığın PAH oluşumu üzerinde etkisi olmadığı düşünülmekle birlikte etin kompozisyonu ve özellikle içerdiği yağ miktarının önemli olduğu bilinmektedir. Mangalda pişirme işlemi neticesinde diğer ısıl işlem metotlarından daha yüksek düzeyde PAH4 tespit edilmiş olması gıdadaki yağın ısı kaynağına ve dumana direk temas etmesi sonucu olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla uygulanan pişirme tekniği, PAH oluşumunda, önemli bir etkidir.

Ayrıca diğer etlerle kıyaslandığında, tavuk etinde PAH4 değerlerinin daha yüksek bulunması yağ içeriğinin yüksekliği ve yağın deri ile derinin alt yüzeyinde toplanmış olması ile açıklanabilmektedir. Kırmızı etlerde ise; etin dış yüzeyi dışında da yağın bulunabilmesi bu sayede de yağın duman ve doğrudan ateşe maruz kalmasının kısmen önlenmiş olması ile PAH4 oluşumunda azalma olduğu düşünülmektedir.

Mangalda pişirilen etler PAH açısından değerlendirildiğinde; PAH4 kapsamında yer alan BaP hiçbir pişirme tekniğinde belirlenememişken, BaA tüm et örneklerinde tespit edilmiştir. Ayrıca; PAH'lardan BaA en yüksek oranda tavuk etinde, Chr hindi etinde, BbFlu ise tavuk etinde ve dana etinde bulunmuştur. Bununla birlikte mangalda pişirme sonucunda tüm et örneklerinde tespit edilen toplam PAH4 ve BaP miktarlarının Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen değerlerin altında olduğu belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Demir, İ., Demirbağ, Z. (1999). Polisiklik aromatik hidrokarbonların biyolojik olarak parçalanması. *Turkish Journal of Biology*, 23, 293-302.
- [2] Alver, E., Demirci, A., Özçimder, M. (2012). Polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve sağlığa etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 45-52.
- [3] Babür, T.E., Gürbüz, Ü. (2015). Geleneksel pişirme yöntemlerinin et kalitesine etkileri. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 3/4, 58-64.
- [4] Ceylan, Z., Şengör, F. (2015). Dumanlanmış su ürünleri ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'S). *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi*, 15, 27-33.
- [5] Dayı, B., Ardağ Akdoğan, H., Akdoğan, A. (2017). Nar sosunda kromatografik yöntemlerle bazı aromatik hidrokarbonların analizi. *Akademik Gıda*, 15(3), 269-273.
- [6] Abdel-Shafy, H.I., Mansour, M.S.M. (2016). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25, 107-123.

- [7] Palamutoğlu, R., Sariçoban, C., Kasnak, C. (2014). Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve et ürünlerinde oluşumu. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3), 47-57.
- [8] Keskin, F.İ., Kaya, S. (1999). Et ve ürünlerinin pişirilmesi sırasında oluşan zararlı maddeler: Polisiklik aromatik hidrokarbonlar. *Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi*, 8(3-4), 74-82.
- [9] Cross, A. J., Sinha R. (2008). Meat consumption and cancer. *International Encyclopedia of Public Health*, 3, 272-281.
- [10] International Agency for Research on Cancer. (2016). IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to human. [http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest\\_classif.php](http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php) (Erişim tarihi:10.07.2016)
- [11] Çolak, H., Hampikyan, H., Bingöl, E.V., Çetin, Ö., Akhan, M. (2013). Perakende olarak satışa sunulan bebek mamalarında benzo(a)piren varlığı. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 39(2), 218-224.
- [12] Alomirah, H., Al-Zenki, S., Al-Hooti, S., Zaghloul, S., Sawaya, W., Ahmed, N., Kannan, K. (2011). Concentrations and dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from grilled and smoked foods. *Food Control*, 22, 2028-2035.
- [13] Köksal, G., Özel, H.G. (2008). Et: Bebek beslenmesi, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Beslenme ve Fiziksel Aktiviteler Daire Başkanlığı, Ankara, 23.
- [14] Türkiye İstatistik Kurumu. (2016). Et üretim miktarları. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1002](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1002) (Erişim tarihi: 15.06.2016).
- [15] OECD/FAO, (2017). OECD-FAO Agricultural Outlook. OECD Agriculture Statistics (database). <http://www.fao.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook/2017-2026/en/> (Erişim Tarihi: 18.06.2018)
- [16] Kuzeydoğu Anadolu Kalkınma Ajansı, (2013). Doğu Anadolu Bölgesi et ve et ürünleri stratejisi, [http://kudaka.org.tr/apb/tarim\\_raporlari/tra1\\_bolgesi\\_et\\_ve\\_et\\_urunleri\\_sektoru\\_strateji\\_dokumani.pdf](http://kudaka.org.tr/apb/tarim_raporlari/tra1_bolgesi_et_ve_et_urunleri_sektoru_strateji_dokumani.pdf). (Erişim Tarihi: 26.11.2016).
- [17] Anderson, K.E., Sinha, R., Kulldorff, M., Gross, M., Lang, N.P., Barber, C., Harnack, L., Dimagno, E., Bliss, R., Kadlubar, F.F. (2002). Meat intake and cooking techniques: associations with pancreatic cancer. *Mutation Research*, 225-231.
- [18] See, S.W., Balasubramanian, R. (2008). Chemical characteristics of fine particles emitted from different gas cooking methods. *Atmospheric Environment*, 42, 8852-8862.
- [19] Başak, S., Şengör, G.F., Karakoç, F.T. (2010). The detection of potential carcinogenic PAH using HPLC procedure in two different smoked fish, case study: Istanbul/Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 351-355.
- [20] Farhadian, A., Jinap, S., Hanifah, H.N., Zaidul, I.S. (2011). Effects of meat preheating and wrapping on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in charcoal-grilled meat. *Food Chemistry*, 124, 141-146.
- [21] Farhadian, A., Jinap, S., Faridah, A., Zaidul, I.S.M. (2012). Effects of marinating on the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (benzo[a]pyrene, benzo[b]fluoranthene and fluoranthene) in grilled beef meat. *Food Control*, 28, 420-425.
- [22] Onyango, A.A., Lalah, J.O., Wandiga, S.O. (2012). The effect of local cooking methods on polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contents in beef, goat meat, and pork as potential sources of human exposure in Kisumu City, Kenya. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 32(5), 656-668.
- [23] Dost, K., İdeli, C. (2012). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible oils and barbecued food by HPLC/UV-Vis detection. *Food Chemistry*, 133, 193-199.
- [24] Saito, E., Tanaka, N., Miyazaki, A., Tsuzaki, M. (2014). Concentration and particle size distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons formed by thermal cooking. *Food Chemistry*, 153, 285-291.
- [25] Berjia, F.L., Poulsen, M., Nauta, M. (2014). Burden of diseases estimates associated to different red meat cooking practices. *Food and Chemical Toxicology*, 66, 237-244.
- [26] Ergönül, P.G., Kaya, D. (2015). Polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve gıdalarda önemi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 143-153.
- [27] Rose, M., Holland, J., Dowding, A., Petch S.(R.G.), White, S., Fernandes, A., Mortimer, D. (2015). Investigation into the formation of PAHs in foods prepared in the home to determine the effects of frying, grilling, barbecuing, toasting and roasting. *Food and Chemical Toxicology*, 78, 1-9.
- [28] Lee, J.G., Kim, S.Y., Moon, J.S., Kim, S.H., Kang, D.H., Yoon, H.J. (2016). Effects of grilling procedures on levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled meats. *Food Chemistry*, 199, 632-638.
- [29] Türk Gıda Kodeksi, (2012). Et ve et ürünleri tebliği (Tebliğ no: 2012/74), 17s.
- [30] Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC), (1990). 15.ed. Virginia, USA.
- [31] Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC), (2016). 20.ed. Maryland, USA.
- [32] Pule, B.O., Mmualefe, L.C., Torto, N. (2012). Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in fish with Agilent Bond Elut Ouechers AOAC Kit and HPLC-FID. USA, <https://www.agilent.com/cs/library/applications/5990-5441EN.pdf>, (Erişim Tarihi: 28.06.2016).
- [33] Öztan, A. (2005). Etin fiziksel ve kimyasal özellikleri: Et Bilimi ve Teknolojisi, TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 63-104.
- [34] Aşçıoğlu, Ç. (2013). Farklı pişirme yöntemlerinin sığır bonfilelerinin (*Longissimus dorsi*) besinsel ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, AKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon.
- [35] Ergezer, H. (2005). Değişik yöntemlerle marine edilmiş kanatlı etlerinin kimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.

- [36] Min, S., Patra, J.K., Shin, H.S. (2018). Factors influencing inhibition of eight polyaromatic hydrocarbons in heat meat model system. *Food Chemistry*, 239, 993-1000.
- [37] Pouzou, J.G., Costard, S., Zagmutt, F.J. (2018). Probabilistic estimates of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons concentrations in meats and breads applicable to exposure assessments. *Food and Chemical Toxicology*, 114, 346-360.
- [38] Ledesma, E., Rendueles, M., Diaz, M. (2016). Contamination of meat products during smoking by polycyclic aromatic hydrocarbons: Processes and prevention. *Food Control*, 60, 64-87.
- [39] Pöhlmann, M., Hitzel, A., Schwagele, F., Speer, K., Wolfgang, J. (2013). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in smoked Frankfurter-type sausages depending on type of casing and fat content. *Food Control*, 31, 136-144.
-



## Use of Cow and Buffalo Milk with Different Fat Contents for Production of Kefir Drinks with Kefir Grain and Starter Culture: Their Protein and Tyrosine Contents during Storage

Okday Tomar  , Gökhan Akarca 

Afyon Kocatepe University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Afyonkarahisar, Turkey

Received (Geliş Tarihi): 14.08.2018, Accepted (Kabul Tarihi): 15.10.2018

✉ Corresponding author (Yazışmalardan Sorumlu Yazar): [oktomar@aku.edu.tr](mailto:oktomar@aku.edu.tr) (O. Tomar)

☎ 0 272 228 14 23 📠 0272 228 14 22

### ABSTRACT

In this study, cow and buffalo milk with different fat contents were used for the production of kefir drinks with kefir grain or kefir culture, and the protein and tyrosine contents of kefir drinks were determined during 21 days of storage at 4°C. The protein content of samples decreased during storage ( $P<0.05$ ). Protein contents of kefir samples ranged from 3.44 to 4.80% ( $P<0.05$ ) at the beginning and from 3.31 to 4.71% at the last day of storage. Tyrosine content of kefir samples increased for the first 14 days of storage, and it decreased at the end of storage except for the kefir produced with cow milk ( $P<0.05$ ). Tyrosine contents of samples produced with starter culture were higher than those with kefir grains, and the use of cow milk had a significant effect on the tyrosine content of kefir samples ( $P<0.05$ ). At the end of storage, the highest tyrosine content (15.80 µg/g) was determined in kefir from cow milk with a 0.5% fat content and starter culture, and the lowest (8.04 µg/g) was determined in kefir from buffalo milk with a 3% fat content and kefir grain ( $P<0.05$ ).

**Keywords:** Cow milk, Buffalo milk, Kefir, Protein, Tyrosine

### Farklı Yağ İçeriklerine Sahip İnek ve Manda Sütünün Kefir Danesi ve Starter Kültürle Kefir İçeceği Üretiminde Kullanılması: Depolama Süresince Protein ve Tirozin İçerikleri

#### ÖZ

Bu çalışmada, farklı yağ oranlarında inek ve manda sütüyle kefir danesi veya kefir kültürü kullanılarak üretilen kefirlerin, 4°C'de 21 günlük depolama süresince protein ve tirozin içeriği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Örneklerin protein içeriği depolama boyunca düşüş göstermiştir ( $P<0.05$ ). Örneklerin protein içerikleri depolama başlangıcında %3.44-4.80 arasında ( $P<0.05$ ), depolamanın son gününde ise %3.31-4.71 arasında değiştiği saptanmıştır. Örneklerin tirozin içerikleri depolamanın ilk 14 günü boyunca artmış, inek sütü ile üretilen kefirler hariç depolama sonunda azalmıştır ( $P<0.05$ ). Starter kültürle üretilen örneklerin tirozin değerlerinin daha yüksek olduğu ve tirozin içeriğine inek sütünün önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Depolama sonunda en yüksek tirozin değeri, 15.80 µg/g ile %0.5 yağlı sütle starter kültür kullanılarak üretilen inek sütü kefirlerinde; en düşük değer ise, 8.04 µg/g ile %3 yağlı sütle dane kullanılarak üretilen manda sütü kefirlerinde tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ).

**Anahtar Kelimeler:** İnek sütü, Manda sütü, Kefir, Protein, Tirozin

## INTRODUCTION

Fermented dairy products have an important place in milk technology as well as in human nutrition and protection of health. Kefir, which is one of the most consumed fermented milk products in the world, takes a second place after yogurt [1]. Having acidic features and a mild alcoholic taste, kefir has an important place among fermented dairy products [2]. It is believed to be originated from the mountainous regions of the Caucasus [3, 4]. Kefir has a different feature compared to other fermented milk products. It is traditionally produced from irregularly shaped, gelatinous grains that resemble small, yellowish-colored cauliflowers [4-6]. These grains consist of a highly complex matrix, called kefiran, which is comprised of a water-soluble polysaccharide, together with a complex microflora, such as lactic acid bacteria (*Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* and *Streptococcus*), yeasts and sometimes acetic acid bacteria, as well as. Microflora is a part of a thin polysaccharide matrix resulting from the microbial metabolism of lactose [7]. The matrix contains microorganisms together with casein (30-34%), polysaccharides (45-60%), and fat (3-4%) [8]. The number and variety of microorganisms that make up kefir in traditional kefir production (by using grains) may vary according to the source, the method and the substrates used, therefore, the end product features are not standardized [9, 10]. Therefore, the use of cultures prepared to standardize kefir production is becoming increasingly widespread. The microbial structure of the grains is highly suitable for isolating pure cultures. The lactobacillus constitutes the largest part (65-80%) of the microbial population. The remaining part consists of *Lactococcus* and yeast [11].

Peptides and amino acids are produced by starter cultures as a result of proteolytic activity in fermented dairy products [12]. Tyrosine is the one of these amino acids. Therefore, one of the methods used to determine the level of proteolysis is the tyrosine value in fermented dairy products. The total amount of amino acids released as a result of proteolysis is expressed as the tyrosine value. Tyrosine is a bioactive peptide that has large spectrum of functional activity including the analgesic activity, antioxidant activity, antidiarrhoeal properties, and antidepressant activity [13-15].

Kefir can be produced from the milks of cow, goat, sheep, camel, buffalo with all kinds of fat rates, as well as herbal milk such as soy milk, rice milk and coconut milk [3, 10, 16]. In this study, it is aimed to determine the changes in tyrosine and protein contents of kefir, which is produced by using kefir grain or kefir culture with cow and buffalo milk in different fat ratios during 21-day storage at 4°C.

## MATERIALS and METHODS

### Materials

Kefir grains used in the study are from Ankara University, Faculty of Agriculture, Milk Technology Department of Education-Research and Application, and

starter cultures are provided from Chr. Hansen firm (Chr. Hansen Inc., Denmark). Characteristics of the used kefir culture; FD-DVS eXact® KEFIR 2 in mesophilic/thermophilic kefir culture, and in its composition, it contains the following microorganism mixture: *Lactococcus lactis* spp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* spp. *lactis*, *Lactococcus lactis* spp. *lactis* var. *Diacytylactis*, *Leuconostoc* spp., *Debaryomyces hansenii*, *Streptococcus thermophilus*. Before use, kefir grains were activated at 22-24°C by using UHT-treated milk. Cow and buffalo milk used in production were obtained from a local dairy farm (Afyonkarahisar, Turkey).

### Methods

Kefirs used in the research were produced from cow and buffalo milk in different fat rates (fat-free, semi-fat and full-fat) by using kefir grain and starter culture. Production of kefir was made with a revised version of the method presented by Kabak and Dobson [17] (Figure 1). The produced kefir was stored for 21 days at 4±1°C in 250 mL amber glass bottles. Chemical analyses were conducted on the 1<sup>st</sup>, 7<sup>th</sup>, 14<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> days of storage.

The dry matter, pH, titration acidity, fat, protein and lactose contents of raw milk and the samples to be processed into kefir, which were used as raw materials, were determined according to AOAC methods [18]. Kjeldahl method was used to determine the protein content of kefir samples. For this purpose; 5 mL samples were taken into Kjeldahl tubes and catalytic tablets made of potassium sulfate and mercuric oxide were placed on the surface, and incinerated by the addition of sulfuric acid. Afterwards, distillation and titration processes were performed respectively and total nitrogen value was calculated. The protein content was calculated by multiplying the determined total nitrogen value with a protein factor (6.38) [19].

The determination of tyrosine content of kefir samples were performed using HPLC method (Shimadzu Prominence Kyoto, Japan). 25 g of kefir samples were collected for the analysis and 25 mL of 0.1 M HCl was added. Then the homogenized mixture was centrifuged at 4000 rpm for 4 minutes at 4°C. After removing the supernatant, 100 µL 2 N NaOH, 150 µL saturated sodium bicarbonate, and 1 µL dansyl chloride was added. The mixture was incubated at 40°C for 45 minutes, and kept at room temperature for 10 minutes. Then, 50 µL of 25% NH<sub>3</sub> was added. 5 mL ammonium acetate: acetonitrile was added to the mixture, which was kept at room temperature for another 30 minutes. It was injected into the HPLC system after filtering on 0.45 µm [20, 21].

*HPLC operating conditions:* Detector: DAD (SPD-M20A), Mobile Phase: A: 0.1M Ammonium acetate, B: Acetonitrile, Column: ACE5 C-18 (250x4.6 mm, 5 µm), Column Temperature: 40°C, Flow rate: 1 mL/min 46, Injection volume: 50 µL and the results were evaluated at 254 nm. The recovery values were 80%.

## Statistical Analyses

Experiments were conducted in triplicates with two-parallels for each. Statistical analyses were performed by using the SPSS 16.0 statistical package program

[22]. The data were evaluated via the variance analysis technique (ANOVA) in chance-based blocks trial plan. The Duncan test was used to determine the level of differences in the groups demonstrating significant differences.

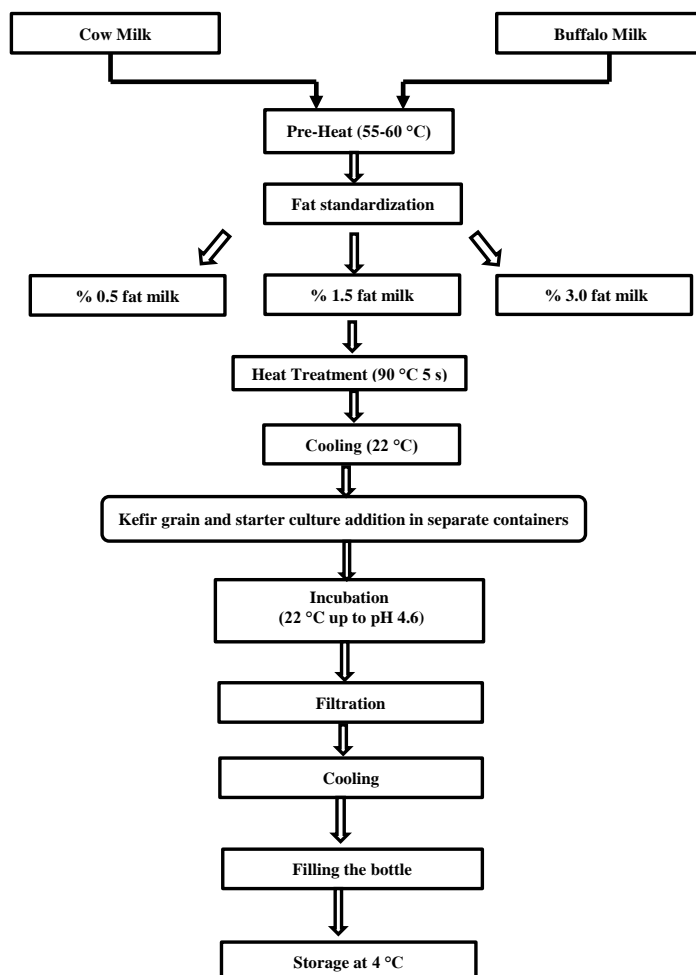


Figure 1. Flow diagram of kefir production

## RESULTS and DISCUSSION

Some chemical characteristics of cow and buffalo milk processed in kefir are shown in Table 1. On the first day of storage, protein contents of kefir samples ranged from 3.44 to 4.80% ( $P<0.05$ ) and on the last day of storage, it ranged from 3.31 to 4.71% ( $P<0.05$ ) (Table 2). Halle [23] determined that protein contents of kefir

samples were between 3.10 and 4.72%. When the protein content of standardized cow and buffalo milk used in production was examined (Table 1), it was determined that this change was between 3.49-3.55% in cow's milk and 4.57-4.82% in buffalo milk. The variability in the protein contents of kefir samples might be due to the differences in the composition of the milk used in their production (Figure 2).

Table 1. The chemical composition of cow and buffalo milk used in production of kefir

Properties	Cow milk			Buffalo milk		
	Fat content (%)			Fat content (%)		
	0.5	1.5	3	0.5	1.5	3
Dry matter (%)	9.21	9.86	11.08	12.05	13.02	14.28
pH	6.46	6.44	6.43	6.63	6.60	6.62
Acidity (°SH)	7.02	7.03	7.05	8.57	8.59	8.60
Fat (%)	0.50	1.50	3.00	0.50	1.50	3.00
Protein (%)	3.55	3.51	3.49	4.82	4.69	4.57
Lactose (%)	3.80	3.75	3.68	4.76	4.71	4.64

From the perspective of different fat ratios, a general decrease was determined in all of the three fat levels in the protein content of all kefir samples during storage ( $P>0.05$ ) (Figure 3). The decrease in the protein content of kefir samples during storage could be explained by

the proteolytic effect due to microbial activities in kefir [24]. In current study, it was determined that the production method (kefir grain or starter culture) had an insignificant difference in the protein content of kefir samples during storage (Figure 4).

Table 2. Changes in protein contents of kefir during storage (%)

Milk Type	Fat Content of Milk (%)	Production Method	Storage time (day)			
			1*	7	14	21
Cow	0.5	Grain	3.52DEa	3.45EFGb	3.39GHc	3.35GHc
Cow	1.5	Grain	3.47EFa	3.41FGb	3.36Hbc	3.31Hc
Cow	3.0	Grain	3.44Fa	3.39Gab	3.36Hbc	3.32Hc
Cow	0.5	Starter Culture	3.53Da	3.48Eab	3.44Fbc	3.41Fc
Cow	1.5	Starter Culture	3.49DEFa	3.46EFab	3.42FGbc	3.37FGc
Cow	3.0	Starter Culture	3.47EFa	3.44EFGab	3.41FGab	3.38FGb
Buffalo	0.5	Grain	4.77Aa	4.70Bb	4.66Bbc	4.62Bc
Buffalo	1.5	Grain	4.65Ba	4.60Cab	4.56Db	4.54Cdb
Buffalo	3.0	Grain	4.52Ca	4.47Dab	4.43Ebc	4.39Ec
Buffalo	0.5	Starter Culture	4.80Aa	4.77Aab	4.73Abc	4.71Ac
Buffalo	1.5	Starter Culture	4.68Ba	4.64BCab	4.61Cbc	4.57Cc
Buffalo	3.0	Starter Culture	4.55C	4.53D	4.52D	4.50D

\*a-c (→): Values with similar letters within a row for each analysis differ significantly ( $P<0.05$ ), A-G (↓) Values with similar capital letters within a column for each analysis differ significantly.

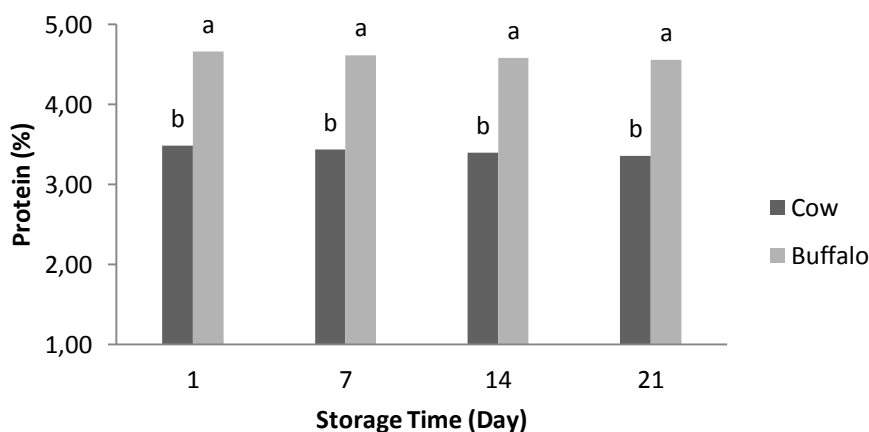


Figure 2. Effect of milk type on protein contents of kefir samples during storage

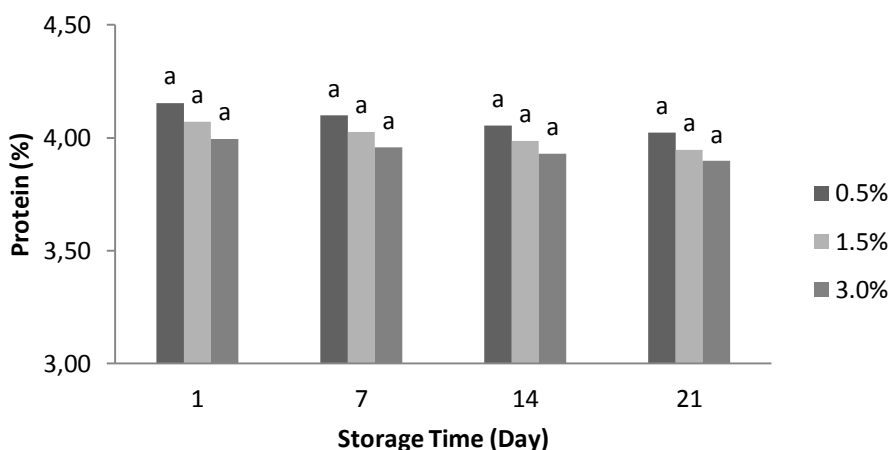


Figure 3. Effect of milk fat content on protein contents of kefir samples during storage

Ersoy and Uysal [25] determined a decrease in protein contents of kefir samples separately produced with both grain and starter cultures during storage. In current study, the protein content of kefir produced by kefir grain was 2.35%; and it was determined as 2.27% in the kefir

produced with starter culture. However, in a study on kefir produced from cow and soy milk with kefir grain, which was conducted by Liu [26], protein content was 6.6% in kefir obtained from cow milk and 9.6% in kefir obtained from soy milk.

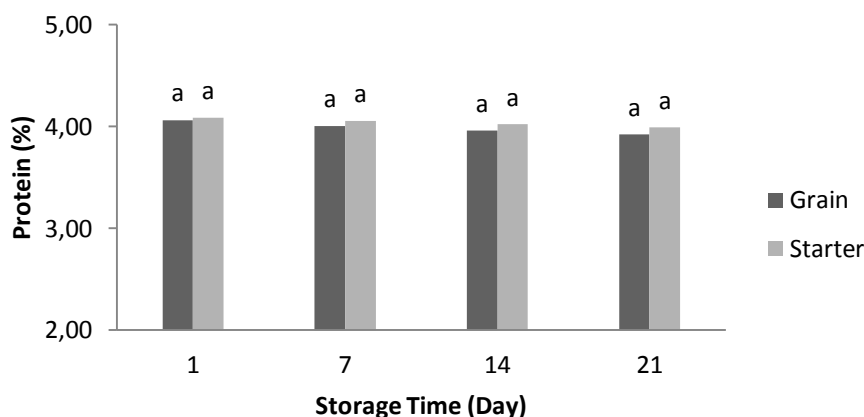


Figure 4. Effect of production method on protein content of kefir samples during storage

Tyrosine is one of the nitrogenous compounds generating from the decomposition reactions of proteins as a result of the proteolytic activities of the starter cultures in the fermented dairy products [10]. Tyrosine content is used to determine the level of kefir-like fermented milk proteolysis. At the beginning of storage, tyrosine content of samples ranged from 4.86 to 14.60 g/g ( $P < 0.05$ ) (Table 3). When tyrosine contents of kefir samples were compared in general, the tyrosine values of samples produced with starter culture were higher

than those of kefir with grain. The tyrosine values of the samples generally increased during the 14 days of storage ( $P < 0.05$ ) (Figure 5). However, on the 21st day of storage, a partial decrease in kefir produced with cow milk, and an increase in kefir produced with buffalo milk were determined (Figure 6). Ender [27] reported that tyrosine values of kefir samples increased during 30 days of storage. Similarly, Ersoy and Uysal [25] determined that tyrosine content in kefir samples increased during the 9-day storage period.

Table 3. Tyrosine contents of kefir samples during storage ( $\mu\text{g/g}$ )\*

Milk Type	Fat Content of Milk (%)	Production Method	Storage time (day)			
			1*	7	14	21
Cow	0.5	Grain	11.68Dc	12.68Db	13.28Da	13.05Dab
Cow	1.5	Grain	11.05Ec	11.92Eb	12.56Ea	12.36Eab
Cow	3.0	Grain	10.52Fc	11.44Fb	12.32Fa	12.04Ea
Cow	0.5	Starter Culture	14.60Ac	16.08Ab	16.60Aa	15.80Ab
Cow	1.5	Starter Culture	13.14Bc	14.48Bb	15.24Ba	15.03Ba
Cow	3.0	Starter Culture	12.48Cd	13.80Cc	14.68Ca	14.32Cb
Buffalo	0.5	Grain	5.94Jc	7.35Jb	8.61Ha	8.83Ha
Buffalo	1.5	Grain	5.28Kd	6.63Kc	7.95Ib	8.43Ia
Buffalo	3.0	Grain	4.86Ld	6.36Kc	7.56Jb	8.04Ja
Buffalo	0.5	Starter Culture	7.62Gd	8.76Gc	9.78Gb	10.14Fa
Buffalo	1.5	Starter Culture	7.26Hd	8.34Hc	9.24Hb	9.63Ga
Buffalo	3.0	Starter Culture	6.93Id	8.01Ic	8.85Hb	9.36Ga

\*a-d (→): Values with similar letters within a row for each analysis differ significantly ( $P < 0.05$ ), A-L (↓) Values with similar capital letters within a column for each analysis differ significantly.

The effect of fat content and milk type on the tyrosine content of kefir samples during storage is shown in Figures 5 and 6, respectively. Cow milk had a significant effect on the tyrosine content of samples ( $P < 0.05$ ). At the end of storage, it was determined that the highest tyrosine value was 15.80  $\mu\text{g/g}$  and 0.5% in the cow-milk kefir produced from full-fat milk with starter culture, while the lowest value was 8.04  $\mu\text{g/g}$  and 3% in the buffalo-milk kefir produced from full-fat milk with grains. Similarly, Gul [28] determined a lower tyrosine value in

samples produced with buffalo milk, when he/she examined the tyrosine content of kefir produced by using cow and buffalo milk.

Tyrosine content of samples produced with starter culture was higher than samples produced with kefir grains (Figure 7) ( $P < 0.05$ ). Gul [28] found a higher tyrosine value in kefir produced by starter culture and grain, and relatively higher values in samples produced with starter culture. On the other hand, in the stored kefir

samples, Ersoy and Uysal [25] found that tyrosine contents of kefir samples produced from grains were higher than those produced with culture.

Differences could be generated from the use of different starter cultures and grains. Proteolytic activity has importance in terms of acid-forming abilities of starter cultures and also in sensory properties of kefir [30].

Kılıç [29] stated that the proteolytic activity value was higher in kefir samples produced from grain than kefir

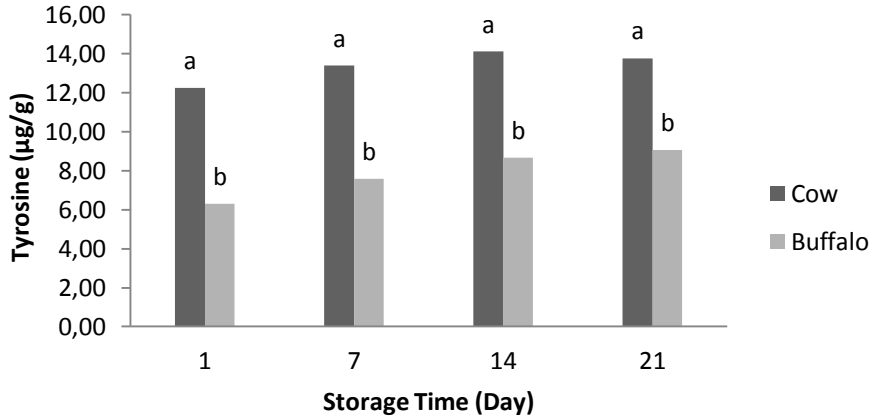


Figure 5. Effect of milk type on tyrosine content of kefir samples during storage

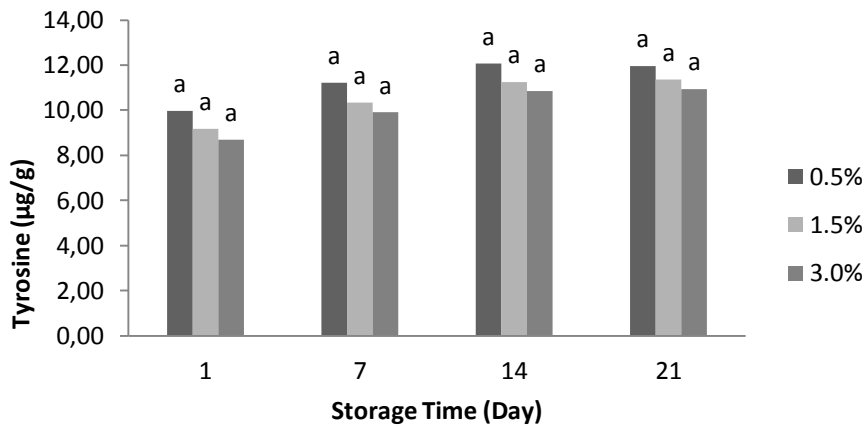


Figure 6. Effect of milk fat content on tyrosine contents of kefir samples during storage

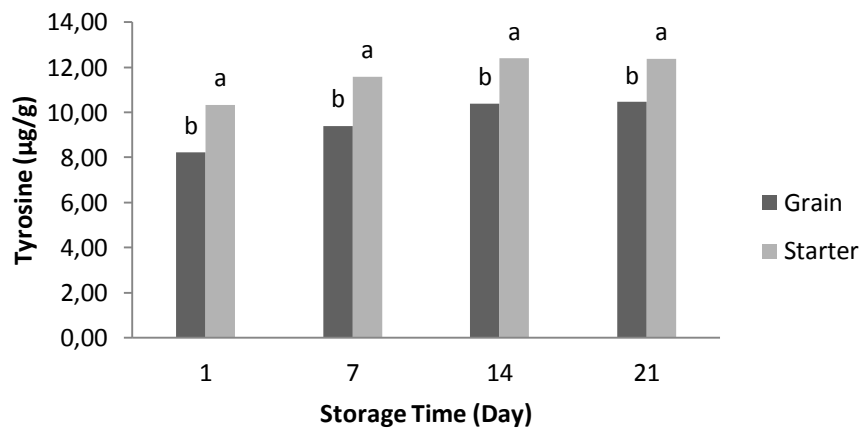


Figure 7. Effect of production method on tyrosine contents of kefir samples during storage



## CONCLUSIONS

Buffalo milk is a raw material alternative to cow milk for the production of kefir, and chemical characteristics of kefir produced with buffalo milk in this study revealed that it can easily be an alternative to kefir produced with cow milk. Buffalo milk is mainly used in cream production in Turkey, particularly in Afyonkarahisar region. The residual of this milk, which is used in cream production, is called as the "underside of cream". Producing kefir from "underside of cream" may both increase the economic value of buffalo milk and contribute to the variety of products made from buffalo milk. Although starter culture is used instead of grain to provide standardization in the industrial kefir production, the use of kefir grain could be more appropriate in terms of technological and sensory characteristics of kefir.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was financially supported by the Afyon Kocatepe University Scientific Research Projects Unit under Grant (Project No: 14.FEN.BIL.09).

## REFERENCES

- [1] Ersoy, M., Uysal, H. (2003). Süttozu, peyniraltı suyu tozu ve yayıkaltı karışımları ile üretilen kefirlerin özellikleri üzerine bir araştırma. II. Bazı fiziksel ve duyuşal özellikler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1), 79-86.
- [2] Öner, Z., Karahan, A.G., Çakmakçı, M.L. (2010). Effects of different milk types and starter cultures on kefir. *Gıda*, 35(3), 177-182.
- [3] Irigoyen, A., Arana, I., Castiella, M., Torre, P., Ibanez, F.C. (2005). Microbiological, physicochemical and sensory characteristics of kefir during storage. *Food Chemistry*, 90, 613-620.
- [4] Kesenkaş, H., Gürsoy, O., Özbaş, H. (2017). Kefir. In: *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. 1<sup>st</sup> Edition, Edited by Juana Frías, Cristina Martínez-Villaluenga and Elena Peñas, Academic Press, Elsevier Inc. pp: 339-361.
- [5] Witthuhn, R.C., Schoeman, T., Britz, T.J. (2005). Characterization of the microbial population at different stages of kefir production and kefir grain mass cultivation. *International Dairy Journal*, 15, 383-389.
- [6] Powell, J.E., Witthuhn, R.C., Todorov, S.D., Dicks, L.M.T. (2007). Characterization of bacteriocin ST8KF produced by a kefir isolate *Lactobacillus plantarum* ST8KF. *International Dairy Journal*, 17, 190-198.
- [7] Liu, J.R., Lin, C.W. (2000). Production of kefir from soymilk with or without added glucose, lactose or sucrose. *Journal of Food Science*, 65, 716-719.
- [8] Frengova, G.I., Simova, E.D., Beshkova, D.M., Simov, Z.I. (2002). Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria of Kefir grains. *Zeitschrift für Naturforschung C.*, 57, 805-810.
- [9] Pintado, M.E., Lopez Da Silva, J.A., Fernandez, P.B., Malcata, F.X., Hogg, T.A. (1996). Microbiological and rheological studies on Portuguese kefir grains. *International Journal of Food Science & Technology*, 31, 15-26.
- [10] Tomar, O. (2015). Determination of Some Quality Characteristics of Kefir Produced with Cow and Buffalo Milk with Different Fat Levels by using Two Production Methods. Ph.D. Dissertation. Afyon Kocatepe University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Food Engineering, Afyon, Turkey (in Turkish).
- [11] Wouters, J.T.M., Ayad, E.H.E., Hugenholtz, J., Smith, G. (2002). Microbes form raw milk for fermented dairy products. *International Dairy Journal*, 12, 91-109.
- [12] Tamime, A.Y., Deeth, H.C. (1980). Yogurt: technology and biochemistry. *Journal of Food Protection*, 43(12), 939-977.
- [13] Meisel, H., Schlimme, E. (1990). Milk proteins: Precursors of bioactive peptides. *Trends in Food Science and Technology*, 41-43.
- [14] Sánchez, A., Vázquez, A. (2017). Bioactive peptides: A review. *Food Quality and Safety*, 1(1), 29-46.
- [15] Mine, Y., Li-Chan, E., Jiang, B. (2011). Bioactive proteins and peptides as functional foods and nutraceuticals (Vol. 29). John Wiley & Sons Publication, Iowa, USA.
- [16] Otles, S., Cagindi, O. (2003). Kefir: A probiotic dairy-composition, nutritional and therapeutic aspects. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(2), 54-59.
- [17] Kabak, B., Dobson, A.D.W. (2011). An Introduction to the Traditional Fermented Foods and Beverages of Turkey. *Food Science and Nutrition*, 51(3), 248-260.
- [18] AOAC (2012). Official Methods of Analysis of Official Chemists. 19th Ed. Association of Analytical Chemists. Washington DC. USA.
- [19] AOAC (2012). Official Methods of Analysis of Official Chemists Nitrogen (Total) in Milk. Kjeldahl Method. Official Methods of Analysis. No. 991.20. 19th Ed. Association of Analytical Chemists. Washington DC. USA.
- [20] Mazzucco, E., Gosetti, F., Bobba, M., Marengo, E., Robotti, E., Gennaro, M.C. (2010). High-performance liquid chromatography-ultraviolet detection method for the simultaneous determination of typical biogenic amines and precursor amino acids. Applications in food chemistry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 127-134.
- [21] Köse, S., Kaklıkkaya, N., Koral, S., Tufan, B., Buruk, C.K., Aydın, F. (2011). Commercial test kits and the determination of histamine in traditional (ethnic) fish products-evaluation against an EU accepted HPLC method. *Food Chemistry*, 125, 1490-1497.
- [22] SPSS (2007). SPSS Base 16.0 User's Guide, SPSS Inc., Chicago, USA.
- [23] Halle, C., Leroi, F., Dousset, X., Pidoux, M. (1994). Les kéfirs: des associations bactériennes lactiques-levures. *Bactéries lactiques: Aspects fondamentaux et technologiques*, 2, 169-182.
- [24] Kök-Taş, T. (2005). Çeşitli yağ ikame maddelerinin ayran kalite kriterleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman

- Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- [25] Ersoy, M., Uysal, H. (2002). Süttozu, peynir altı suyu tozu ve yayıkaltı karışımları ile üretilen kefirlerin özellikleri üzerine bir araştırma. I. Bazı Kimyasal Özellikler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39, 64-71.
- [26] Liu, J.R., Chen, M.J., Lin, C.W. (2002). Characterization of polysaccharide and volatile compounds produced by kefir grains grown in soymilk. *Journal of Food Science*, 67, 104-108.
- [27] Ender, G. (2009). Oligofruktozla zenginleştirilmiş sütte üretilen kefirlerin kalitesi üzerine tane ve kültür kullanımının etkileri. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- [28] Gul, O., Mortas, M., Atalar, I., Dervisoglu, M., Kahyaoglu, T. (2015). Manufacture and characterization of kefir made from cow and buffalo milk, using kefir grain and starter culture. *Journal of Dairy Science*, 98, 1-9.
- [29] Kılıç, S., Uysal, H., Akbulut, N., Kavas, G., Kesenkaş, H. (1999). Chemical, microbiological and sensory changes in ripening kefir produced from starters and grains. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36, 111-118.
- [30] Yüksekdağ, Z.N., Beyatlı, Y. (2003). Kefir mikroflorası ile laktik asit bakterilerinin metabolik, antimikrobiyal ve genetik özellikleri. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 2, 49-69.
-

## Bebek Beslenmesi İçin Zenginleştirilmiş Formülasyonla Hazırlanan Uşak Tarhanası Hamurunun Fermantasyonunda Mikrobiyolojik ve Kimyasal Değişimler

Ömer Şimşek  , Duygu Zehir 

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Denizli

Geliş Tarihi (Received): 04.03.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 25.12.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): omers@pau.edu.tr (Ö. Şimşek)

☎ 0 258 296 30 15 📠 0 258 296 23 32

### ÖZ

Tarhana, Anadolu insanının yüzyıllar boyunca hazırlayıp, tükettiği fermente gıdalardan biridir. Uşak tarhanası ise aromatik özellikleri nedeniyle tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Besleyici değeri ve kolay sindirilebilirliği nedeniyle tarhana bebek beslenmesinde de önemli bir gıda olmuştur. Bu çalışmada Uşak tarhanasının formülasyonunda bebek beslenmesi için yapılan zenginleştirmenin, mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında Uşak tarhanası formülasyonuna mercimek, havuç ve nohut katılarak bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana üretilmiş, geleneksel Uşak tarhanası formülasyonu ile üretilen kontrol tarhana örneğiyle kıyaslanmıştır. Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana hamurlarında başlangıçta fermantasyon hızı yavaşlamasına rağmen mikrobiyal sayı ve kimyasal değişimler bakımından kontrol grubundan bir fark tespit edilememiştir. Ancak fermantasyonun ilerleyen aşamalarında bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana hamurunda daha fazla laktik asit bakterisi (LAB) çeşitliliği tespit edilmiştir. Kontrol tarhana hamurlarından farklı olarak bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana hamurlarında *Lactobacillus alimentarius*'un varlığı saptanmıştır. Sonuç olarak, Uşak tarhanası bebek beslenmesi için zenginleştirilebilir niteliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** Uşak tarhanası, Fermantasyon, Laktik asit bakterisi, Zenginleştirme

### Microbiological and Chemical Changes during Fermentation of Uşak Tarhana Dough Prepared with Enriched Formulation for Infant Feeding

#### ABSTRACT

Tarhana is a traditional fermented food that Anatolians have been preparing and consuming for ages. Uşak tarhana is preferred by consumers due to its aromatic properties. Due to its nutritive value and easy digestibility, tarhana has also been an important food in infant nutrition. In this study, the effect of enriched Uşak tarhana formulation for infant nutrition on microbiological and chemical properties was determined. In this study, lentil, carrot and chickpea were added to the Uşak tarhana formulation, which was enriched for infant feeding, and the properties of infant tarhana samples were compared with the control tarhana produced by the traditional formulation. Although the fermentation rate was slowed down in the tarhana doughs enriched for infant feeding, differences in the microbial load and chemical changes from the control group were insignificant. However, rich diverse lactic acid bacteria (LAB) were determined in infant tarhana dough samples at the later stages of fermentation. *Lactobacillus alimentarius* was detected in infant tarhana dough samples in contrast to the control tarhana dough during fermentation. In conclusion, the enrichment of Uşak tarhana is suitable for infant nutrition.

**Keywords:** Uşak tarhana, Fermentation, Lactic acid bacteria, Enrichment

## GİRİŞ

Her ülkenin kendi kültürü ile özdeşleşmiş çeşitli geleneksel fermente gıdaları mevcuttur. Orta Asya'dan Anadolu'ya tarihsel süreç içinde gelişerek günümüze kadar ulaşmış olan tarhana da ülkemiz için önemli fermente gıdalardan biridir. Tarhana genel olarak; buğday unu, yoğurt, ekşi hamur ile çeşitli sebzelerin ve baharatların (domates, kırmızı biber, soğan, nane, tuz vd.) karıştırılıp, belirli bir süre fermente edildikten sonra kurutulup, öğütülmesi ile hazırlanmaktadır [1,2].

Ülkemizde kışın tüketim için yazdan ev ölçeğinde geleneksel yöntemlere göre hazırlanarak tüketilen tarhananın farklı tipte üretimleri mevcuttur. Bu farklılaşmanın temel nedeni, tarhana üretiminde uygulanan yöresel alışkanlıklar ve geleneklerdir. Örneğin, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde (Kahramanmaraş ve Gaziantep) tarhana üretiminde buğday kırması, İç Anadolu Bölgesinde (Ankara, Konya, Karaman) ise un kullanımı söz konusudur. Ege Bölgesindeki (Uşak, Denizli, Kütahya) tarhana üretimlerinde daha fazla çeşitte sebze kullanımı ve uzun fermantasyon (21 gün) uygulanmaktadır. Nitekim Türk Standartları Enstitüsünün TS2282 standardına göre ülkemizde üretilen tarhanalar göce, un, irmik ve karışık olmak üzere 4 sınıfta toplanmıştır [3].

Türk Standartlarına göre "un tarhanası" sınıfında yer alan Uşak tarhanası, kendine özgü içeriği ve üretim şekline sahip bir çeşittir. Bu tarhananın Türkiye sınırları içerisinde üretilen diğerler tarhanalardan temel farkı içeriğinde daha fazla sebzenin yer almasıdır. Yine daha uzun süre fermente edilmesi (21 gün) bu tarhana çeşidinin öne çıkan temel bazı farklılıklarıdır. Ev ve işletme ölçeğinde üretilen Uşak tarhanalarının temel mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada işletme tipi tarhanaların daha fazla LAB çeşitliliğine, lakin ev ölçeğinde üretilen tarhanaların daha yüksek asitliğe sahip oldukları tespit edilmiştir [4]. Söz konusu bu özelliklerinden dolayı Uşak tarhanası ticari boyutta da önemli ölçüde yer almaya başlamıştır. Özellikle Türk Patent Enstitüsü tarafından Coğrafi İşaret

olarak tescillenmesinden [5] sonra son yıllarda Uşak tarhanasının ticari üretiminde giderek artış gözlenmektedir.

Tarhana bebek beslenmesinde de önemli oranda kullanılmaktadır. Özellikle besleyici özelliği ve sindirimin kolay olması nedeniyle bebeklerin ilk gıdası kıymetindedir. Bu nedenle bebeklerin beslenmesine yönelik olarak zenginleştirilmiş tarhana formülasyonları ile tarhana üretimleri mevcuttur. Özellikle besleyicilik değeri yüksek olan mercimek, nohut ve havuç yaklaşık %1 oranlarında katkı olarak ticari tarhanalar hazırlanmaktadır. Ancak formülasyonda yapılan zenginleştirmenin ürün üzerindeki etkisi ise bilinmemektedir. Bu çalışmada da Uşak tarhanasının çeşitli sebzeler ile zenginleştirilmesi durumunda mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Uşak Tarhanasının hazırlanmasında tam buğday unu, tam yağlı (>%3.8) yoğurt, doğal koşullarda üretilmiş, çürük içermeyen sağlam yapıda, firesi düşük tarhanalık kırmızı biber, kır soğanı, salçalık domates ile kurutulmuş nane kullanılmıştır. Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhanayı hazırlamak amacıyla Uşak tarhanası formülasyonuna %1 oranında havuç, nohut ve mercimek ilave edilmiştir.

### Uşak Tarhanası ve Bebek Beslenmesi İçin Zenginleştirilmiş Tarhananın Üretilmesi

Çalışma kapsamında kontrol grubu olarak tipik Uşak tarhanası hazırlanmıştır. Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhananın hazırlanmasında kullanılan havuç, nohut ve mercimek miktarı kadar Uşak tarhanası formülasyonunda kullanılan un miktarı düşürülmüştür. Tipik Uşak tarhanasının hazırlanması Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Uşak Tarhanasının formülasyonu (100g) [5]

BİLEŞENLER	Miktar (g)
Buğday Unu	40
Kırmızı Biber	
Kırmızı Biber (Capsicum annum L. cv.Kırmızı)	17
Sivaslı Biberi (üç burun)	3
Yoğurt	16
Soğan	12
Domates	10
Tuz	1
Nane	0.5
Ekşi hamur	0.5

Uşak tarhanasının üretimini ilk aşamasında harç hazırlanmıştır. Bunun için tedarik edilen domates, kırmızı biber, soğan, ve kuru nane ince bir şekilde kıyıcı makineden (Arzum Prokit 444 ) geçirilmiş, bu karışıma tam yağlı yoğurt ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım takiben bir gün oda sıcaklığında (22-24°C) bekletilerek fermente edilmiştir. Ekşi hamurun hazırlanması için 200

gram un ve su karışımı ile hamur elde edilmiş ve oda sıcaklığında bekletilerek ekşitilmiştir. Takip eden aşamada, harcın içine önceden hazırlanıp öğütülmüş ekşi hamur ve buğday unu ilave edilerek kulak memesi yumuşaklığında hamur elde oluncaya kadar yoğurulmuştur. Oluşturulan hamur üzeri temiz bir bez ile örtülerek oda sıcaklığında (22-24°C)

fermantasyona bırakılmıştır. Fermentasyon 21 gün sürdürülmüştür.

### Tarhana Hamurlarının Mikrobiyolojik Analizi

Örneklerdeki mikrobiyolojik sayımların yapılması amacıyla fermentasyonun 0, 1, 5, 10, 15 ve 21. günlerinde alınan 10 g tarhana hamuru örnekleri 90 mL peptonlu fizyolojik su ile stomacherde (Seward Medical, London, İngiltere) 1.5 dakika homojenize edilerek dilüsyonları hazırlanmıştır. Daha sonra bu dilüsyonlardan %0.01 siklohekzimid ilaveli MRS-5C agar petrilerinde LAB sayımı, Plate Count Agar (PCA) ortamında da Toplam Aerofilik Mezofilik Bakteri (TAMB) sayımı 30°C'de 48 saat inkübasyon sonunda tespit edilmiştir [6]. Tarhana hamurundaki maya ve küf sayımı ise Dichloran Rose Bengal Chlorotetracycline Agarda (DRBC agar) 25°C'de 5 gün inkübasyon sonunda belirlenmiştir [7].

### Tarhana Hamurlarının Kimyasal Analizi

Tarhana hamurlarının asitlik derecesi tayini hazırlandığı gün ve fermentasyonun 0, 1, 5, 10, 15 ve 21. günlerinde Türk Tarhana Standardı'na (TSE 2282) göre yapılmış ve 10 g tarhanadaki serbest asitleri nötralize etmek için kullanılan 0.1 N NaOH'ın hacmi (mL) "asitlik sayısı" olarak ifade edilmiştir. Tarhana hamurlarının su aktivitesi değerleri TESTO marka (ABD) cihazda belirlenmiştir.

### Tarhana Hamurlarının Mikroflora Analizi

LAB mikroflora değişiminin araştırılması için kültürden bağımsız yöntem olan Polimeraz Zincir Reaksiyonu (Techne, TC-5000 marka) ve Denature Gradyent Jel Elektroforezi (Thermo, ABD) (PZR-DGJE) analizi ile gerçekleştirilmiştir [8]. PZR-DGJE analizinde, starter kültürlerin ayırımı için %25-50 üre-formamid içeren gradient poliakrilamid jel kullanılmıştır. Bu oranlardaki poliakrilamid jellerin hazırlanmasında kullanılacak temel bileşenlerin 100 mL'si için kullanılacak miktarlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. PZR-DGJE analizinde denatüre çözeltinin hazırlanmasında kullanılan temel bileşenler ve oranları.

Bileşenler	Denatüre Çözeltinin Oranları			
	%25	%30	%50	%60
%40 Akrilamid/Bis (37,5:1) (mL)	20	20	20	20
50xTAE (Tris baz, asetik asit, EDTA)	2	2	2	2
Formadid (mL)	10	12	20	24
Üre (g)	10.5	12.6	21	25.2
Steril Saf Su (mL)	57.5	53.4	37	28.8
Toplam Hacim (mL)	100	100	100	100

Tablo 2'de belirtilen bileşenler kullanılarak 100 mL olarak hazırlanan çözeltinin jelleşmesi için çözeltiliye 0.1 g/mL'lik Amonyum Persülfat'dan (APS) 815 µL ve diğer jelleşme ajanı olan TEMED'den de 63 µL ilave edilmiş ve hızla karışım gradient poliakrilamid jel hazırlanma sisteminin (Gradient Former Bio Rad) haznesine yüklenmiştir. Polimerleşen jeller +4°C'de bir gece bekletildikten sonra sıcaklık kontrollü dikey elektroforez (Thermo, ABD) sisteminde kullanılmıştır.

Hamurdan bakteriyel DNA'nın izolasyonu için 10 g tarhana örneği 90 mL peptonlu fizyolojik suda iyice homojenize edilmiş, takiben bu homjenizattan 50 mL alınarak 1000 g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Oluşan süpernatant başka bir tüpe alınmış ve 5000 g'de 15 dakika santrifüj işlemi uygulanarak üst faz uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan hücre pelletleri yıkanarak genomik DNA ekstraksiyon kiti (Invitrogen, ABD) ile genomik DNA elde edilmiştir.

PZR-DGGE analizinde bakterilerin ribozomunun V3 bölgesi çoğaltılmış ve nükleotit farklılıkları jelde incelenmiştir. Bu amaçla bakteri hücrelerin ribozomal bölgesine homolog olan F338 ön primeri (5'-ACTCCTACGGGAGGCAGCAG-3') 3' terminal ucuna GC DNA kıskacı (5'-CGCCCGCCGCGCGCGCGGGCGGGGCGGGG CACGGGG-3') takılarak ve 518R geri yöndeki primer (5'-ATTACCGCGGCTGCTGG-3') ile birlikte kullanılmıştır.

PZR karışımının hazırlanmasında master mix'den (5\*FIREPolR Master Mix/ SOLIS Bio Dyne) 8 µL, primerlerden 1 µL, DNA'dan 2 µL kullanılarak toplam hacim 40 µL olacak şekilde steril ultra su ile tamamlanmıştır. Bakteriler için uygulanan PZR programında; 95°C 5 dakika ön denatürasyon, 30 çevrim 95°C 30 s, 55°C 45 s, 72°C 1 dakika ve son olarak 72°C 10 dakika program uygulanmıştır. 16S rDNA PZR ürünleri sırasıyla %25-50 denatürat (7M üre ve %40 formadit) içeren % 8'lik poliakrilamid jel de 15 dakika 50 V ve 4 saat 150 V akımda 60°C sıcaklıkta yürütülmüştür. Jeller son aşamada etidyum bromür (50 µL/1000 mL) ile boyanarak UV altında görüntülenmiştir. Uşak tarhanası ve bebek beslenmesi için hazırlanan tarhana örneklerinin LAB çeşitliliği jel üzerinde oluşan bant profilleri karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Daha sonra farklı bantlar kesip çıkarılmış ve DNA dizisi belirlenmiştir. Bebek beslenmesi için hazırlanan tarhana hamurunda tespit edilen farklı DNA bantlarının dizileri NCBI veri tabanında taranarak hangi türe ait olduğu tanımlanmıştır.

### İstatistiksel Analizler

Her bir basmakta elde edilecek veriler toplanıp birbirleri arasındaki ilişkiler açısından değerlendirilmiş ve genel itibariyle farklı türlere ait verilerin karşılaştırılması için ortalamalar arasındaki farklılıklarda tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanarak çoklu Tukey

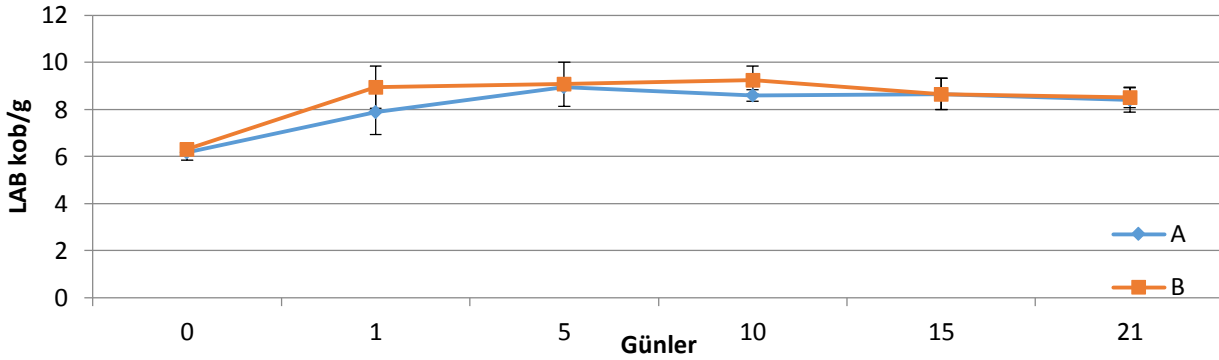
karşılaştırılması yapılmış (MINITAB 14.0), farklılıklar ( $p \leq 0,05$ ) istatistiksel önemli sayılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Bebek Beslenmesi için Zenginleştirilmiş ve Kontrol Tarhanalarının Mikrobiyolojik Özellikleri

Çalışmada hazırlanan bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş ve kontrol tarhana örneklerinin LAB sayısı fermantasyonun 1. gününde hızla artmıştır. Ancak kontrol tarhana örneklerinde 1. gün sonunda daha fazla LAB sayısına ulaşılmıştır. 1. gün sonunda kontrol

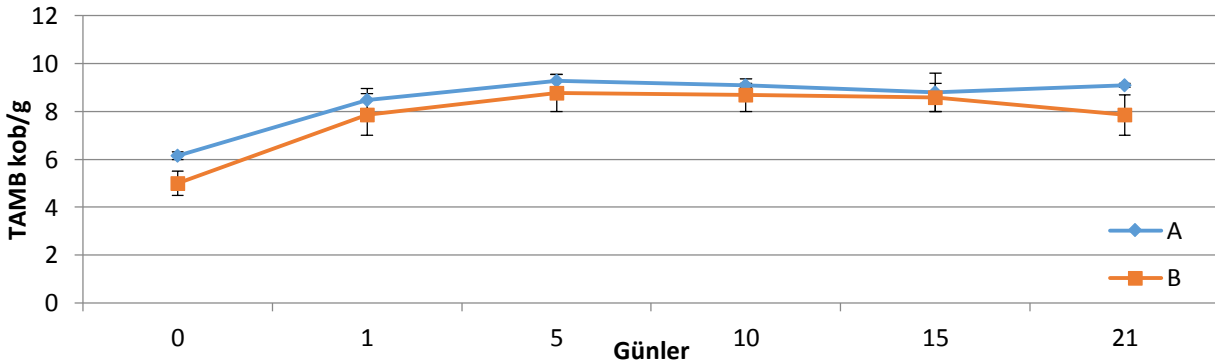
tarhanasında LAB sayısı 8.95 log kob/g, bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhanada ise 7,89 log kob/g olarak tespit edilmiştir. 2. gün sonunda bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş ve kontrol tarhana örneklerinde LAB sayısı eşit seviyeye ulaşmıştır. Bu günde tarhana örneklerinde LAB sayısı 9.07 log kob/g olarak belirlenmiştir. Her iki tarhana çeşidinde 2. günden sonra LAB sayısı hafif azalarak fermantasyon sonunda (21. gün) 8.40 log kob/g düzeyine ulaşmıştır (Şekil 1). Türkiye'nin farklı bölgelerden elde edilen tarhana hamurlarında da benzer şekilde fermantasyonun ilk günlerinde hızlı bir sayısal artışın kaydedildiği rapor edilmiştir [2, 9, 10].



Şekil 1 Tarhana örneklerinin fermantasyon süresince LAB sayısı; A: Kontrol tarhana, B: Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana

Tarhana örneklerinin toplam mezofil aerobik bakteri (TAMB) sayısı içeriği de benzer şekilde 1. gün fermantasyonla en yüksek seviyeye ulaşmış ardından yatay bir seyir izlemiştir. 1. gün sonunda TAMB sayısı bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş ve kontrol tarhana örneklerinde sırasıyla 7.87 ve 8.48 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Fermantasyon sonunda ise

bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhanada TAMB sayısı 7.85 log kob/g kontrol tarhanasında ise 9.39 log kob/g olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Erbaş ve ark. [9] tarafından da fermantasyon sırasında, tarhana hamurunun artan asit içeriği ile toplam mikroorganizma sayısının 6.43 log kob/g'dan 5.95 log kob/g'a düştüğü belirtilmiştir.

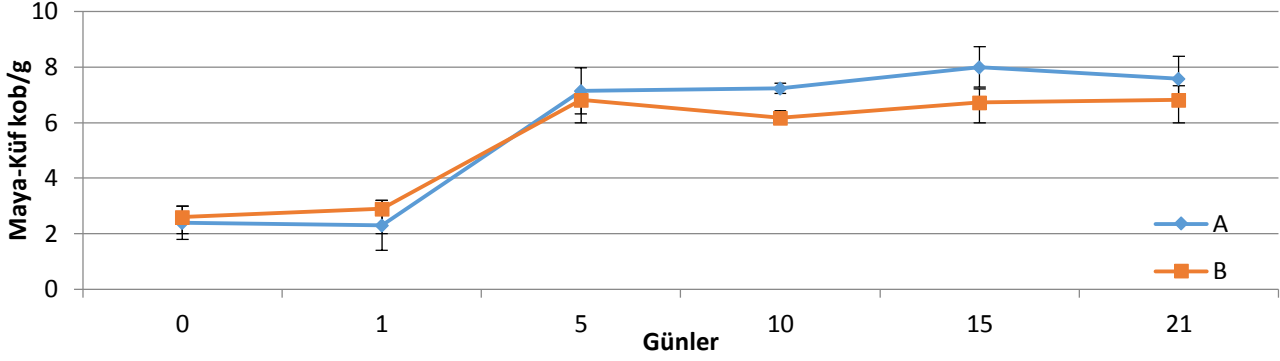


Şekil 2. Tarhana örneklerinin fermantasyon süresince TAMB sayısı; A: Kontrol tarhana, B: Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana

Tarhana örneklerinde maya-küf sayısı 1. fermantasyon gününden itibaren artış göstermiştir. Her iki tarhana örneklerinde maya-küf sayısı benzer değişim göstermiştir. 5. fermantasyon gününe ulaşıldığında bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhanada maya küf sayısı 6.82 log kob/g'a, kontrol tarhanasında ise 7.24 log kob/g'a yükselmiştir. Bu günden itibaren fermantasyon sonuna kadar tarhana örneklerinde maya

küf sayısı yatay bir seyir izlemiştir. Buna göre fermantasyon sonunda bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhanada maya küf sayısı 6.81 log kob/g ve kontrol tarhanada ise 7.37 log kob/g olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Benzer şekilde tarhana fermantasyonlarında maya-küf sayısının başta artışı daha sonra yavaşlayarak düştüğü rapor edilmiştir [6, 9, 10].

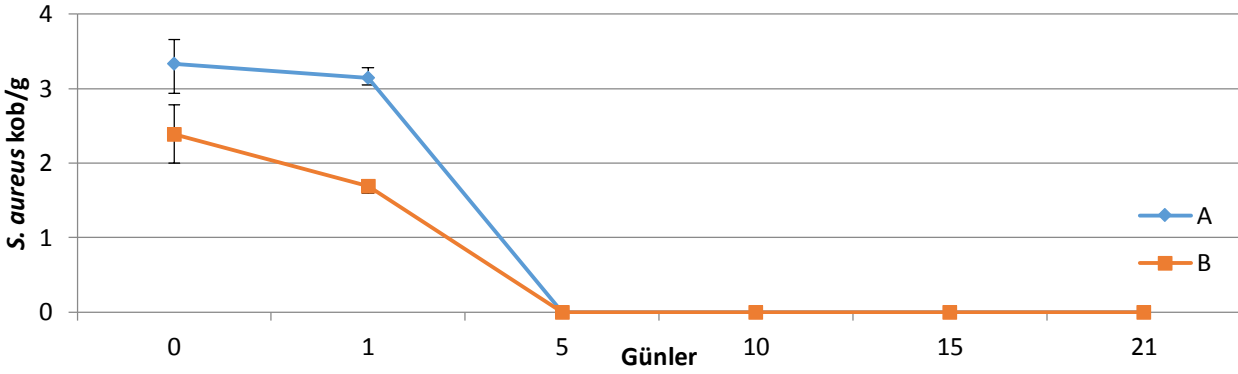




Şekil 3. Tarhana örneklerinin fermantasyonu süresince Maya-Küf sayısı ; A: Kontrol tarhana, B:Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana

Tarhana örneklerinde *Staphylococcus aureus* sayısı fermantasyonla birlikte hızla düşmüştür. 5. fermantasyon gününden itibaren tarhana örneklerinde *S. aureus* sayısı tespit edilebilir sayının altında kalmıştır (Şekil 4). Özellikle fermantasyonla birlikte asitlik artışı bu

grup bakterilerin sayısını azaltmıştır. Düşük pH değeri ve düşük nem içeriğinin tarhanada patojen ve sporlu mikroorganizmaların gelişimi için uygun olmayan bir ortam oluşturduğu Dağlıoğlu [2] ve Erbaş ve ark. [9] tarafından da bildirilmiştir.



Şekil 4. Tarhana örneklerinin fermantasyon süresince *S. aureus* sayısı; A: Kontrol tarhana, B:Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana

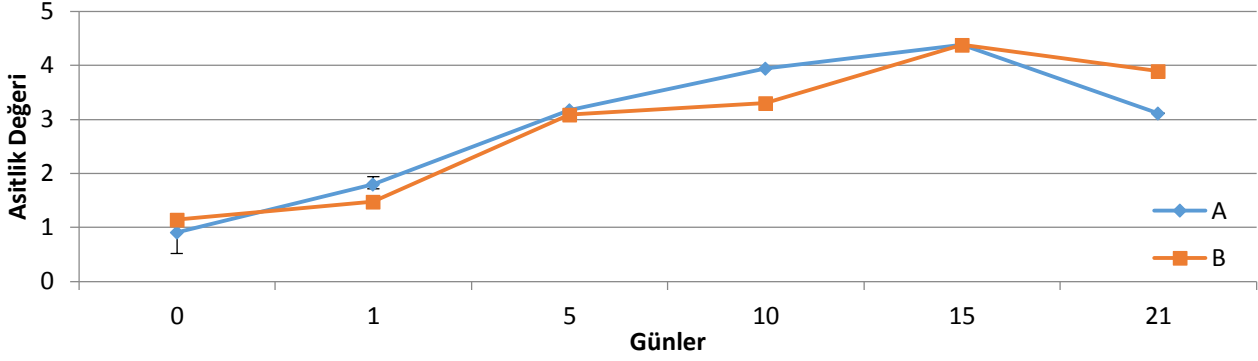
Tarhana örneklerinin mikrobiyolojik sonuçları değerlendirildiğinde, bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana örneklerinde LAB ve TAMB sayısının kontrol tarhana örneğine kıyasla istatistiksel olarak anlamsız ( $p>0.05$ ) da olsa düşük olduğu saptanmıştır. Bu farklılık bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhananın hazırlanmasında ilave olarak katılan havuç nohut ve mercimek'in hamurun kurumadanesinin artmasından ileri gelmiştir. Diğer taraftan hamurun şeker içeriği de arttığından mikrobiyal gelişim üzerinde baskı oluşmuş olabilir.

#### Bebek Beslenmesi için Zenginleştirilmiş ve Kontrol Tarhanaların Kimyasal Özellikleri

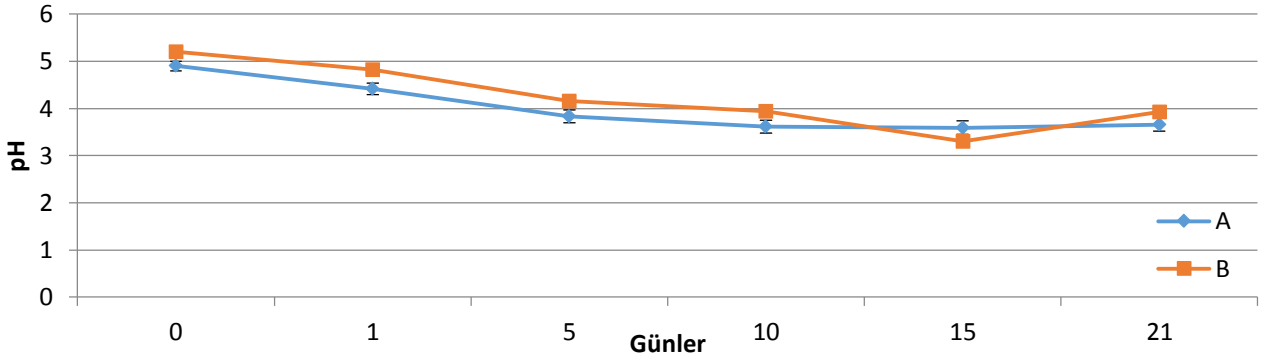
Tarhana örneklerinin %67'lik etanole geçen asitlik değeri bakteriyel artışa paralel olarak fermantasyonun 15. gününe kadar artmıştır. Bu günden sonra 21. güne kadar kısmen azalma olduğu görülmüştür. Hem bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş hem de kontrol

tarhanalarının asitliği 15. günde 21.9 olarak ölçülmüştür. Fermantasyon sonunda ise bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhananın asitliği 19.5, kontrol tarhanasının ise 16.1 olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Bu değerler her iki tarhananın TS2282 tarhana standardında belirtilen asitlik aralığındadır [9, 10].

Tarhana örneklerinin asitlik artışı ile uyumlu olarak hamurların pH değerlerinde 15. güne kadar düşme izlenmiştir. Bu günden sonra da fermantasyon sonuna kadar pH değeri kısmen artmıştır. 15. gün sonunda bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhananın pH değeri 3.30 olarak, kontrol tarhananın ise 3.38 olarak belirlenmiştir. Fermantasyon sonunda ise bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana hamuru 3.93, kontrol tarhana hamuru ise 3.65 olarak tespit edilmiştir (Şekil 6). Çalışmada belirlenen pH değerleri Soyyiğit ve Özçelik [6] ile Settanni ve ark. [11] tarafından rapor edilen değerlerden daha düşük bulunmuştur. Bu durumun bileşimdeki farklılıktan ileri geldiği söylenebilir.



Şekil 5. Tarhana örneklerinin fermantasyon süresince %67 etanole geçen asitlik sayısı; A: Kontrol tarhana, B: Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana



Şekil 6. Tarhana örneklerinin fermantasyon süresince pH değişimi; A: Kontrol tarhana, B: Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana

Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş ve kontrol tarhana hamurları kıyaslandığında fermantasyon boyuca gruplar arasında istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir. Her iki grup hem asitlik hem de pH değişimi bakımından aynı değerlerde bulunmuştur. Bu sonuç bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana için yapılan mercimek nohut ve havut katkılamaasının hamurun asitlik ve pH bakımından etkili olmadığını göstermiştir.

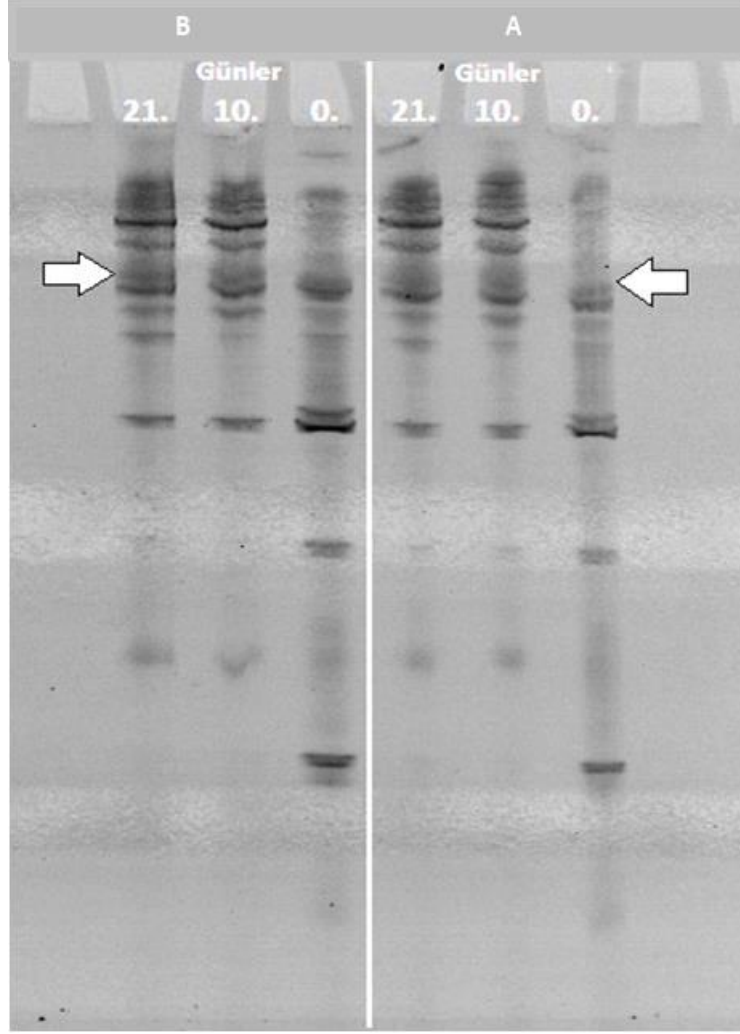
#### **Bebek Beslenmesi için Zenginleştirilmiş ve Kontrol Tarhana Hamurlarının Fermantasyonunda Laktik Asit Bakteri Çeşitliliği**

Tarhana hamurlarının fermantasyon günlerindeki LAB çeşitliliği kültürden bağımsız yöntemle belirlenmiştir. Buna göre farklı günlerinde alınan tarhana örneklerinden toplam DNA izole edilmiş, ardından 16S rDNA gen bölgesini tarayan primerler kullanılarak PZR yapılmıştır. Çoğaltılan fragmentler DGGE'de yürütülmüş ve dizi özelliklerine göre jel üzerinde ayrıştırılmıştır.

Yapılan çalışmada fermantasyon başında kontrol ve bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana örneklerinin LAB içeriği benzer bulunmuştur. Fermantasyon başında yaklaşık 10 adet LAB türünü

temsil eden bant izlenmiştir. Fermantasyonla birlikte florada bulunan LAB tür sayısı düşmüştür. Ancak 10. ve 21. günlerde aynı sayıda ve çeşitlilikte türlerin varlığı dikkati çekmektedir. Fermantasyon sonunda kontrol tarhanasında 6 adet, zenginleştirilmiş tarhanada 7 adet LAB çeşidi belirlenmiştir. Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhanada Şekil 7'de ok ile gösterilen fazla bir bant izlenmiştir. Benzer şekilde daha önce yürütülen tarhana fermantasyon çalışmalarında da benzer çeşitlilikte ve DGGE profilinde sonuçlar elde edilmiştir [11, 12].

Kontrol tarhanada bulunmayan, lakin bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhananın DGGE analizi ile tespit edilen fazla DNA bandı jelden kesip çıkarılmış ve ardından DNA dizi analizi yapılarak, söz konusu DNA bandının ait olduğu LAB türü belirlenmiştir. Buna göre söz konusu DNA bandının *Lactobacillus alimentarius* suşuna ait olduğu anlaşılmıştır. Bebek beslenmesi için hazırlanan tarhana hamuru diğerlerinden farklı olarak nohut, mercimek ve havuç içermesi, söz konusu bu suşun fermantasyon ortamında gelişiminin bir sonucu olabilir. Nitekim *Lb. alimentarius* daha önce bir çok çalışmada ekşi hamur ve tahıl fermantasyonundan izole edilmiştir [12].



Şekil 7. Kontrol ve bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana örneklerinde fermantasyon süresince LAB çeşitliliği. Hamur 1: Kontrol tarhana, Hamur 2: Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana. A: Kontrol tarhana, B: Bebek beslenmesi için zenginleştirilmiş tarhana

## SONUÇ

Bu çalışma kapsamında Uşak tarhanası kontrol olarak kullanılarak, bebek beslenmesi için mercimek, havuç ve nohudun ilave edilmesiyle hazırlanan tarhana hamurlarının fermantasyon özellikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda aşağıda özetlenen sonuçlara ulaşılmış ve ilişkili olarak öneriler sunulmuştur.

- 1) Uşak tarhanası formülasyonuna bebek beslenmesi için mercimek, havuç ve nohut ilavesi başlangıçta fermantasyon hızının yavaşlamasına neden olmasına rağmen, fermantasyon süresince mikrobiyal sayı ve kimyasal parametreler bakımından anlamlı bir farklılığın oluşmadığı gözlenmiştir. Bu sonuca göre Uşak tarhanası formülasyonu bebek beslenmesi için katkı olarak kullanılabilir.
- 2) Uşak tarhanası formülasyonuna bebek beslenmesi için mercimek, nohut ve havuç ilavesi fermantasyondaki LAB çeşitliliğini artırmaktadır. Bu sonuç fermantasyon zenginliği ve probiyotik etki

bakımından oldukça faydalıdır. Farklı konsantrasyonların veya farklı tahıl gruplarının tarhana üretiminde kullanılması ile fermantasyondaki LAB çeşitliliği daha fazla artırılabilir.



- 3) Bu çalışmayla Uşak tarhanası formülasyonunun zenginleştirilmesinin fermantasyon süreçlerinde kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Ancak üretilen tarhanaların duyuşal açıdan da değerlendirilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Siyamoğlu, B. (1961). Türk tarhanalarının yapılışı ve terkihi üzerine araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:44, Ege Üniversitesi Matbaası, 75 s.
- [2] Daglıoğlu, O. (2000). Tarhana as a traditional Turkish fermented cereal food. Its recipe, production and composition. *Nahrung*, 44, 85–88.
- [3] Anonim (1981). TS 2282 Tarhana Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- [4] Şimşek, Ö., Özel, S., Çon, A.H. (2017). Comparison of lactic acid bacteria diversity during the fermentation of Tarhana produced at home and on a commercial scale. *Food Science and Biotechnology*, 26(1), 181-187.
- [5] Anon (2017). Türk Patent Enstitüsü, Coğrafi İşaret Belgesi T.R. 209. Uşak Tarhanası, Uşak.
- [6] Soyyiğit H. (2004). Isparta ve Yöresinde Üretilen Ev Yapımı Tarhanaların Mikrobiyolojik ve Teknolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- [7] King, A.D., Hocking, A.D., Pitt, J.I. (1979). Dichloran-rose bengal medium for enumeration and isolation of molds from foods. *Applied and Environmental Microbiology*, 37(5), 959-964.
- [8] Meroth, C.B., Walter, J., Hertel, C., Brandt, M.J., Hammes, W.P. (2003). Monitoring the bacterial population dynamics in sourdough fermentation processes by using PCR-Denaturing Gradient Gel Electrophoresis. *Applied and Environmental Microbiology*, 475-482.
- [9] Erbaş, M., Certel, M., Uslu, M.K. (2005). Microbiological and chemical properties of tarhana during fermentation and storage as wet sensorial properties of tarhana soup. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 38, 409-416.
- [10] Temiz, A., Pirkul, T. (1990). Tarhana fermantasyonunda kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler. *Gıda*, 15, 119-126.
- [11] Settanni, L., Tanguler, H., Moschetti, G., Reale, S., Gargano, V., Erten, H. (2011). Evaluation of fermenting microbiota in tarhana produced under controlled technological conditions. *Food Microbiology*, 28, 1367-1373.
- [12] Şengun, İ.Y., Nielsen, D.S., Karapinar, M., Jakopsen, M. (2009). Identification of lactic acid bacteria isolated from tarhana, a traditional Turkish fermented food. *International Journal of Food Microbiology*, 135, 105-111.
-

## Hanehalkı Gıda Tüketim Talebi ve Tüketici Davranışlarının Analizi: Isparta İli Örneği

Ali Rıza Yazıcı , Vecdi Demircan 

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Isparta

Geliş Tarihi (Received): 05.06.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 31.10.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [vecdidemircan@isparta.edu.tr](mailto:vecdidemircan@isparta.edu.tr) (V. Demircan)

☎ 0 246 2118601 📠 0 246 211 8696

### ÖZ

Çalışmada Isparta ili kentsel alanda hanehalkı gıda tüketim talepleri ve bu talepleri etkileyen tüketici davranışları analiz edilmiştir. İl kentsel alandaki tüketicilerin sosyo-ekonomik özellikleri, toplam tüketim harcamaları, gıda harcamaları, gelirleri belirlenmiş ve tüketim harcamaları ile gıda ürünlerinin esneklikleri Working-Leser modeliyle hesaplanmıştır. Çalışmada, Isparta şehir merkezinde 240 hane ile yüz yüze görüşme yöntemiyle yapılan anketlerden elde edilen veriler kullanılmıştır. Araştırmada hanehalkları toplam gelirlerine göre küçükten büyüğe sıralanarak %20'lik 5 eşit gruba ayrılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, ortalama hanehalkı genişliği 3.41 kişi, ortalama hanehalkı geliri 4.430 TL/Ay olarak belirlenmiştir. Gıda harcamalarının toplam harcama içerisindeki payı %28.76 olarak bulunmuştur. Yapılan hesaplamalara göre gelir esnekliği en yüksek çıkan harcama grubu 0.983 ile eğlence ve kültür harcamaları olurken, gelir esnekliği en düşük çıkan harcama grubu ise 0.030 ile sağlık harcamalarıdır. Gıda harcamalarının gelir esnekliği ise 0.382 olarak hesaplanmıştır. Gıda alt gruplarında en düşük gelir esnekliği 0.203 ile ekmek ve tahıllar grubu olurken, en yüksek gelir esnekliği 0.524 ile diğer gıda ürünlerine ait olduğu belirlenmiştir. Araştırmada gelir gruplarının toplam gelirden aldıkları paylarda hesaplanarak Lorenz eğrisi çizilmiştir. Buna göre en düşük gelir grubu olan birinci %20'lik grubun toplam gelirden %6.49'luk bir pay aldığı, en yüksek gelire sahip olan beşinci %20'lik grubun ise %40.26'lık bir pay aldığı hesaplanmıştır. Bu araştırma sonuçları ile Isparta kentsel alandaki hanehalklarının gıda harcamalarına Türkiye ortalamasından daha fazla pay ayırdığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hanehalkı, Gıda harcamaları, Tüketici davranışları, Gelir esnekliği

### Analysis of Household Consumption Demand and Consumer Behavior of Households: A Case Study of Isparta Province, Turkey

#### ABSTRACT

In this study, food consumption demands and consumer behaviors of urban inland households in Isparta province were analyzed. In the survey, socio-economic characteristics, total consumption expenditures, food expenditures, incomes of households in the urban area of Isparta province were determined. Consumption expenditures and elasticities of food products are calculated with Working-Leser model. In the study, the data obtained from the questionnaires conducted by face to face interview with 240 households in Isparta city center were used. In the survey, the households were divided into 5 equal groups by 20%, in order of small to large according to their total income. According to the results of the research, average household size is 3.41 persons and average household income is 4.430 TL/month. The share of food expenditures in total expenditure was found to be 28.76%. According to the calculations made, income elasticity the highest expenditure group was entertainment and culture expenditures with 0.983 while income elasticity the lowest expenditure group was health expenditure with 0.030. The income elasticity of food expenditures was calculated as 0.382. The lowest income elasticity in the food sub-groups was 0.203

with bread and cereals, while the highest income elasticity was 0.524 with other food products. In the survey, the Lorenz curve was drawn by calculating the share of income groups in total income. According to this calculation, the lowest income group, the first 20% group, received a share of 6.49% of total income and the fifth 20% group with the highest income had a share of 40.26%. According to the results, the share of food expenditures allocated by the households in urban areas in Isparta province was higher than the average value in Turkey.

**Keywords:** Households, Food expenditures, Consumer behavior, Income elasticity

## GİRİŞ

İnsanoğlunun geçmişten günümüze gelen ve artarak devam eden bazı temel ihtiyaçları vardır. Bu temel ihtiyaçların başında yeme, içme, uyku ve barınma gibi ihtiyaçlar gelmektedir. Bireylerin zihinsel ve bedensel gelişimini sağlaması ve yaşamını sağlıklı bir şekilde devam ettirebilmesi için yeterli gıda tüketimi önemli bir yere sahiptir [1]. Bununla birlikte gelişen dünyada, hızla artan nüfusun gıda talebini karşılamaya ilgili sorunlar göz ardı edilemeyecek derecede önemlidir. Bu sorunların başında bazı tüketicilerin gıda harcamalarına yeterince para ayıramaması ve sağlıklı bir yaşam için yeterli gıdaya ulaşamaması gelmektedir [1]. Türkiye’de de bireylerin beslenme şekilleri bölgelere, sosyo-ekonomik yapıya, kent-kır yerleşimine, tüketicilerin tercih ve düşüncelerine göre önemli farklılıklar göstermekle birlikte birçok tüketici gıda harcamalarına yeterince kaynak ayıramamaktadır. Bunun en önemli sebeplerinden birisi de gelir dağılımında meydana gelen dengesizliktir [2]. Gelişen teknoloji ve değişen yaşam standartları ile tüketicilerin gıda ve diğer harcamalar üzerine davranışları, istekleri, eğilimleri ve beklentileri de değişmektedir.

Gerek iletişim ağlarının gelişmesi ve yayılması gerekse insanların eğitim seviyesinin artması tüketicilerin giderek daha bilinçli hale gelmesine yardımcı olmaktadır. Tüketiciler değişen istekleri ve bilinç düzeylerinin artması ile kendileri için daha faydalı ve çeşitli ürünlere yönelmektedirler. Piyasaya gıda arzı sağlayan kesimin de bu değişimi ve istekleri takip etmesi ve karşılayabilmesi oldukça önemlidir. Bununla birlikte devletinde bu değişimin ışığında oluşabilecek sorunlara yönelik politikalar oluşturabilmesi için tüketici davranışındaki değişimleri güncel olarak takip etmesi gerekmektedir [2].

Diğer taraftan hanehalkı tüketimine yönelik yapılan araştırmalar, tüketici tercihlerinin belirlenmesinin yanı sıra gelecekteki talebin tahmin edilebilmesi açısından da önemlidir [3]. Bu bakımdan gıda tüketiminde yaşanan sorunların çözümü için oluşturulacak politikalar ve topluma gıda arzı sağlayanlar için de tüketicilerin değişen davranışları, eğilimleri ve tercihlerini saptamak için güncel bilimsel çalışmaların yapılması büyük önem arz etmektedir.

Çalışmanın amacı Isparta ili kentsel alanda hanehalklarının gıda tüketim taleplerini ve tüketici davranışlarını analiz etmektir. Bu amaçla hanehalkı genişliği, eğitim durumu, yaşı, meslek grubu ve gelir düzeyleri gibi sosyo-ekonomik özellikleri, toplam tüketim harcamaları, gıda harcamaları, gıda harcamalarının toplam harcamalar içerisindeki payları ve gıda

alışverişinde etkili olan faktörler incelenmiştir. Ayrıca belirlenen gıda alt gruplarının gelir esneklik katsayıları da hesaplanmıştır. Çalışmada elde edilen verilerin yapılacak olan yeni çalışmalara, gıda tüketim sorunlarında oluşturulacak politikalara, ilgili kurum ve kuruluşlara ve topluma gıda arzı sağlayan kesimlerin tüketici davranışları ile tercihlerini görmeleri açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

Çalışmanın ana materyalini 2017 yılının Ekim ayında, Isparta ili kentsel alanda ikamet eden hanehalklarından anket yöntemi ile elde edilen veriler oluşturmaktadır. Çalışma ile ilgili ikincil veriler Türkiye İstatistik Kurumu’ndan (TÜİK) temin edilmiştir. Ayrıca konu ile ilgili olarak ulusal ve uluslararası alanda yapılan araştırmalardan da faydalanılmıştır.

### Yöntem

#### Örnekleme Yöntemi

Anket uygulanacak örnek sayısının belirlenmesinde eşitlik 1’de gösterilen “ana kitle oranlarına dayalı kümelen dirilmemiş tek aşamalı basit tesadüfi olasılık örnekleme” yöntemi kullanılmıştır [4].

$$N = t^2(p*q) / e^2 \quad (1)$$

Formülde;

t: %95 önem düzeyine karşılık gelen t-tablo değeri (1.96)

p: söz konusu olayın olma olasılığı (0.50)

q: söz konusu olayın olmama olasılığı (0.50)

e: örneklemede kabul edilen hata payını vermektedir.

Örneklemede kabul edilen hata payı (% 6.33) olarak kabul edilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda örnek sayısı 240 olarak hesaplanmıştır.

#### Tüketim Harcamaları ile Gıda Alt Grupları Talep Parametrelerinin Tahmini ve Gelir Esnekliklerinin Hesaplanmasında Uygulanacak Yöntem

Bu çalışmada, anket sonucunda elde edilen verilere göre 240 hanehalkı toplam gelirlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanarak 5 eşit gruba ayrılmış ve %20’lik gruplar oluşturulmuştur. Hanehalklarının, tüketim harcamalarının ve 10 adet olarak belirlenen gıda alt



grubunun talep parametrelerinin tahmini ve gelir esnekliklerinin hesaplanmasında Working-Leser modeli kullanılmıştır. Working-Leser talep modelinin fonksiyonu Eşitlik 2'de gösterilmektedir:

$$W_{ih} = \beta_0 + \beta_i \log(X_h) + \epsilon_i \quad i = 1, \dots, n \quad h = 1, \dots, 240 \quad (2)$$

Burada,  $W_{ih}$  h'inci hane halkı tarafından tüketilen i'inci mal grubunun toplam gelirdeki oranı,  $X_h$  h'inci hane halkının toplam geliri,  $\beta_0$ ,  $\beta_i$  tahmin edilecek katsayılar ve  $\epsilon_i$  ise hata terimini göstermektedir [5].

Gelir esnekliğinin hesaplanmasında ise Eşitlik 3'te gösterilen formül kullanılmıştır:

$$e_i = 1 + \beta_i / W_i \quad (3)$$

Burada,  
 $e_i$ : i'inci harcama grubunun gelir esnekliğini göstermektedir.

$W_i$ : Her bir harcama grubunun toplam gelirdeki payı

$\beta_i$ : Her bir ürün grubu harcamasının katsayısı

Gıda alt gruplarının gelir esneklikleri iki aşamada hesaplanmıştır.

1. Aşama:  $W_i$  her bir harcama grubunun toplam gelirdeki payı yerine, her bir gıda alt grubunun toplam gıda harcamaları içerisindeki payları olarak kullanılmıştır. Bu şekilde her bir gıda alt grubunun harcama esnekliğini gösteren katsayılar hesaplanmıştır.
2. Aşama: Daha önceden hesaplanan toplam gıda harcamalarının gelir esnekliği, gıda alt gruplarına ait gıda harcama esneklikleri ile çarpılarak her bir gıda alt grubu gelir esnekliği hesaplanmıştır.

Örneğin ekmek ve tahıllar grubunun harcama esnekliği "0.533" olarak hesaplanmıştır. Bu değer "0.382" ile

çarpılması sonucu gelir esnekliği ise "0.203" olarak bulunmuştur (Tablo 9).

Araştırmada gelir grupları ile tüm tüketim harcamaları ortalamaları arasındaki farkı ortaya koymak için %5 önem düzeyinde "F testi" uygulanmıştır. Bu çalışmada elde edilen verilerin analizinde SPSS ve STATISTICA paket programları kullanılmıştır.

## ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### Hanehalklarının Sosyo-Ekonomik Özellikleri

Araştırmada Isparta ili kentsel alanda 240 hane halkı ile görüşme yapılmıştır. Görüşme yapılan hanehalkları gelirleri itibarıyla 5 eşit gruba ayrılarak %20'lik gruplar halinde incelenmiştir. Uygulanan anket formunda ailelere demografik özellikleri ile birlikte mal ve hizmet alımındaki tutumları, gelir ve harcama kalıpları hakkında sorular yöneltilmiştir.

Hanehalklarının eğitim durumları, yaşı ve ortalama genişlikleri Tablo 1'de verilmiştir. Görüşme yapılan hanehalklarında aile reislerinin eğitim durumlarına baktığımızda genel itibarıyla %21.67'sinin ilkökul, %40'ının da üniversite mezunu olduğu gözlemlenmektedir. Bununla birlikte gelir düzeyi arttıkça eğitim seviyesinin de arttığı görülmektedir. Nitekim gelir düzeyi en düşük olan birinci %20'lik grupta üniversite mezunlarının oranı %6.25 iken gelir düzeyi en yüksek olan beşinci %20'lik grupta üniversite mezunlarının oranı %77.08'e yükselmiştir. Aile reisinin ortalama yaşı ise 44.15 olarak bulunmuştur.

Aile reisinin eşinin eğitim durumuna baktığımızda genel olarak %30.56'sinin ilkökul, %34.26'sinin üniversite mezunu olduğu görülmektedir. Aile reisinin eşinde de gelir düzeyi arttıkça eğitim seviyesinin arttığı gözlemlenmektedir. Aile reisinin eşinin ortalama yaşı ise 41.52 olarak hesaplanmıştır. Genel itibarıyla ortalama hane halkı genişliği de 3.41 olarak bulunmuştur.

Tablo 1. Hanehalklarının Eğitim durumu, Yaşı ve Ortalama Genişliği

Gelir Grupları		1. %20	2. %20	3. %20	4. %20	5. %20	Genel
Aile Reisi	İlkökul	43.75	31.25	12.5	14.58	6.25	21.67
	Ortaokul	18.75	10.42	10.42	12.5	2.08	10.83
	Lise	31.25	37.5	33.33	20.83	14.58	27.5
	Üniversite	6.25	20.83	43.75	52.08	77.08	40.0
Ortalama yaşı		45.58	42.40	45.10	43.15	44.50	44.15
Aile Reisinin Eşi	İlkökul	58.97	42.50	31.11	18.18	8.33	30.56
	Ortaokul	5.13	12.50	15.56	13.64	2.08	9.72
	Lise	28.21	32.50	37.78	15.91	14.58	25.46
	Üniversite	7.69	12.50	15.56	52.27	75.0	34.26
Ortalama yaşı		42.95	40.13	43.20	39.32	41.96	41.52
Ortalama Hanehalkı Genişliği		3	3.71	3.33	3.75	3.27	3.41

Aile reisinin meslek grupları Tablo 2'de verilmiştir. Çalışmada aile reislerinin meslek grupları sekiz gruba ayrılarak incelenmiş ve ilk sırada %29.58 ile memur gelirken onu %20.83 ile serbest meslek ve %18.33 ile emekli takip etmiştir. Gelir grupları itibarıyla incelendiğinde ise birinci %20'lik grupta %31.25 ile işçiler çoğunlukta olup onu %29.17 ile serbest meslek

izlemektedir. Beşinci %20'lik grubun ise çoğunluğunu memurlar ve serbest meslek çalışanları oluşturmaktadır. Ertürk ve ark. [6] tarafından Isparta merkezinde yapılan bir başka çalışmada babaların meslek grupları genel olarak incelendiğinde, %33.9'unun memur, %31.7'sinin esnaf, %18'inin işçi, %16.4'ünün emekli olduğu belirtilmiştir.

Yaptığımız çalışma ile karşılaştığımızda sadece esnaf grupları birbirine çok yakın bulunmuştur. oranlarının farklı olduğu gözlenirken diğer meslek

Tablo 2. Aile reisinin meslek grubu

Gelir Grupları		1. %20	2. %20	3. %20	4. %20	5. %20	Genel
İşçi	Sayı	15	12	7	7	1	42
	%	31.25	25.00	14.58	14.58	2.08	17.5
Memur	Sayı	0	14	17	20	20	71
	%	0.00	29.17	35.42	41.67	41.67	29.58
Serbest Meslek	Sayı	14	6	12	6	12	50
	%	29.17	12.50	25.00	12.50	25.00	20.83
Esnaf	Sayı	2	9	4	5	2	22
	%	4.17	18.75	8.33	10.41	4.17	9.17
Emekli	Sayı	13	7	8	9	7	44
	%	27.08	14.58	16.67	18.75	14.58	18.33
Çalışmıyor	Sayı	3	0	0	0	0	3
	%	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25
Diğer	Sayı	1	0	0	1	6	8
	%	2.08	0.00	0.00	2.08	12.5	3.33
Toplam	Sayı	48	48	48	48	48	240
	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Aile reisinin eşinin meslek grupları genel olarak incelendiğinde %53.24 ile çoğunluğun çalışmadığı gözlemlenirken onu %18.52 ile memurlar takip etmiştir. Gelir gruplarına bakıldığında birinci %20'lik grubun büyük bir kısmı olan %97.44'ü çalışmamakta ve kalan %2.56'sının da emekli olduğu belirlenmiştir. Bunun önemli bir sebebi ise birinci %20'lik grupta eğitim seviyesinin düşük olmasıdır. Gelir grupları arttıkça çalışmayan eşlerin oranının da düştüğü gözlemlenmektedir. Nitekim beşinci %20'lik gelir

grubunda çalışmayan eşlerin oranının %12.50'ye düştüğü görülmektedir (Tablo 3).

Demir [2] tarafından Aydın'da yapılan "Hanehalklarının gıda tüketim talebi Ekonometrik analizi" adlı çalışmada aile reisinin eşinin çalışıp çalışmama durumları incelenmiş ve eşlerin %50.82'sinin çalışmayan ve emekliler olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda aile reislerinin eşlerinin yarısının istihdama katkıda bulunmadığı ortaya koyulmuştur.

Tablo 3. Aile reisinin eşinin meslek grubu

Gelir Grupları		1. %20	2. %20	3. %20	4. %20	5. %20	Genel
İşçi	Sayı	0	4	5	5	0	14
	%	0.00	10.00	11.11	11.36	0.00	6.48
Memur	Sayı	0	1	1	16	22	40
	%	0.00	2.50	2.22	36.36	45.83	18.52
Serbest Meslek	Sayı	0	3	4	4	7	18
	%	0.00	7.50	8.89	9.09	14.58	8.33
Esnaf	Sayı	0	2	2	1	1	6
	%	0.00	5.00	4.44	2.27	2.08	2.78
Emekli	Sayı	1	1	4	4	7	17
	%	2.56	2.50	8.89	9.09	14.58	7.87
Çalışmıyor	Sayı	38	29	29	13	6	115
	%	97.44	72.50	64.44	29.55	12.50	53.24
Diğer	Sayı	0	0	0	1	5	6
	%	0.00	0.00	0.00	2.27	10.42	2.78
Toplam	Sayı	39	40	45	44	48	216
	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Hanehalklarının aylık gelir durumları Tablo 4'te verilmiştir. Genel olarak bakıldığında ortalama gelir 4.430 TL/Ay olarak hesaplanmış ve en düşük gelir 300 TL/Ay, en yüksek gelir ise 17.700 TL/Ay olarak bulunmuştur. Toplam gelir içerisindeki payları incelendiğinde birinci %20'lik grubun payının %6.49, beşinci %20'lik gelir grubunun payının ise %40.26 olduğu görülmektedir.

TUİK [7] tarafından 2016 yılında yapılan çalışmada hanehalkları kullanılabilir gelirlerine bakıldığında gelir

düzeyi en düşük olan birinci %20'lik grubun payı %6.3, gelir düzeyi en yüksek olan beşinci %20'lik grubun aldığı pay ise %46.3 olarak hesaplanmıştır. Araştırmada elde edilen veriler TUİK verilerine yakın bulunmuştur.

Fisunoğlu ve Şengül [3] tarafından Adana kentsel alanda yapılan çalışmada, hanehalkları gelir gruplarına göre değerlendirilmiştir. Buna göre toplam gelirin %7.12'sini birinci %20'lik grubun aldığı, %45.77'sini ise beşinci %20'lik grubun aldığı saptanmıştır.

Demir [2] Aydın'da yaptığı çalışmada aileleri gelir gruplarına göre beş gruba ayırmıştır. Buna göre birinci %20'lik grubun toplam gelirden %14'lük bir pay aldığını, beşinci %20'lik grubun ise toplam gelirden %58'lik bir pay aldığını ortaya koymuştur.

Altunç ve ark. [8] tarafından yapılan "Hanehalkı harcamalarının engel eğrisi analizi: Muş ili merkez ilçe örneği" adlı çalışmada hanehalkları gelir düzeylerine göre beş eşit gruba ayrılmıştır. Yapılan çalışmada birinci %20'lik grubun toplam gelirden %4.26'lık bir pay aldığı, beşinci %20'lik grubun ise toplam gelirden %50.42'lik bir pay aldığı belirtilmiştir.

Tablo 4. Hanehalklarının gelir durumu (TL/Ay)

Gelir Grupları	1. %20	2. %20	3. %20	4. %20	5. %20	Genel
Toplam Gelir	68.987	127.612	179.520	258.945	428.056	1.063.120
Yüzde (%)	6.49	12.00	16.89	24.36	40.26	100.00
Ortalama Gelir	1.437	2.659	3.740	5.395	8.918	4.430
Minimum	300	2.000	3.000	4.500	6.500	300
Maksimum	2.000	3.000	4.500	6.500	17.700	17.700

### Hanehalklarının Tüketim Harcamaları Tutarları ve Dağılımları

Hanehalklarının tüketim harcamaları tutar ve dağılımları Tablo 5'te verilmiştir. Aylık ortalama hanehalkı harcaması 2.820 TL olarak hesaplanmıştır. Bu harcamanın %28.76'sı olan 811 TL'si gıda ve alkolsüz içecekler harcamasına ayrılmaktadır. Onu 630 TL ve %22.35'lik pay ile konut ve kira harcaması takip etmektedir. En az harcama ise %1.77'lik pay ve 50 TL ile sağlık harcamasıdır.

TUIK'in [7] 2016 yılında yaptığı hanehalkı tüketim harcaması araştırmasında Türkiye'de hanehalkı başına ortalama tüketim harcaması 3.406 TL/Ay olarak bulunmuştur. Çalışmamızda ise genel olarak hanehalkı ortalama harcaması 2.820 TL/Ay olarak hesaplanmıştır. TUIK'in [7] 2016 yılındaki araştırmasında Türkiye'nin hanehalkı tüketim harcamaları dağılımında ilk sırayı %25.2 ile konut ve kira harcaması alırken ikinci sırada %19.5 ile gıda ve alkolsüz içecekler harcaması gelmektedir. En az payı ise %2 ile sağlık harcaması almaktadır. Çalışmadan elde edilen verilerin TUIK verilerine yakın çıktığı gözlemlenmektedir.

Hatırlı ve ark. [9] tarafından Isparta merkez ilçede yapılan "kırmızı, tavuk ve beyaz et talebinin tam talep sistemi yaklaşımıyla analizi" adlı çalışmada hanehalklarının gıda harcamalarının toplam harcama içerisindeki oranı %33.55 olarak hesaplanmıştır. Buna göre Isparta ili merkezinde hanehalklarının geçen on yılda toplam harcamaları içindeki gıda harcamalarının payının %33.55'ten %28.76'ya düştüğü gözlemlenmiştir.

Fisunoğlu ve Şengül [3] Adana kentsel alanda hanehalkı tüketimine yönelik yaptıkları çalışmada harcama gruplarının toplam harcama içindeki paylarını hesaplamışlardır. Buna göre en yüksek payın %32.71 ile konut harcamalarında olduğunu, gıda ve alkolsüz içecekler harcama grubunun payının ise %26.12 olduğunu bulmuşlardır.

Araştırmada gelir grupları itibarıyla incelendiğinde gıda ve alkolsüz içecekler harcamasının payı birinci %20'lik grupta %34.88 iken, gelir düzeyi arttıkça bu oran beklendiği gibi düşmüş ve beşinci %20'lik grupta %23.13 olarak gerçekleşmiştir.

Araştırmada ayrıca gelir grupları ile tüm tüketim harcamaları ortalamaları arasındaki farkı ortaya koymak için "F testi" uygulanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda; alkollü içkiler, sigara ve tütün harcamaları ile sağlık harcamalarının P değerlerinin 0.05 önem düzeyinden yüksek çıktıkları saptanmıştır. Buna göre bu iki harcama grubunun gelir grupları ile ortalamaları arasında istatistik olarak önemli bir ilişkinin olmadığı ortaya koyulmuştur. Bunun sebebi ise alkollü içkiler, sigara ve tütün harcamalarının bazı gelir gruplarında hiç tüketilmemesi ve bu durumun gelir grupları itibarıyla farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır. Sağlık harcamaları ise zorunlu harcamalar grubuna girdiği için özellikle sağlık sorunu olan hanehalklarının bu konuda harcamalarını kısımladıkları görülmektedir. Fakat gelir grupları farklılık göstermekle birlikte sağlık sorunu olmayan hanehalkları da bu konuda harcama yapmamaktadırlar. Bu nedenle gelir grupları itibarıyla sağlık harcamalarının da ortalaması arasında istatistik olarak bir farkın olmadığı belirlenmiştir.

Bu harcama grupları dışında bulunan diğer bütün harcama gruplarının ortalamaları arasındaki farkın gelir gruplarına göre farklılık gösterdiği istatistik olarak ortaya koyulmuştur.

Hanehalklarının gelir dağılımının şeklini ortaya koymak için lorenz eğrisi çizilmiştir. Şekil 1'de verilen lorenz eğrisinde, birinci %20'lik grubun toplam gelirden %6.49'luk bir pay aldığı, beşinci %20'lik grubun ise %40.26'lık bir pay aldığı görülmektedir.

Akbay [5] tarafından Kahramanmaraş'ta yapılan çalışmada hanehalkları gelir durumlarına göre beş eşit parçaya ayrılmış ve her bir gelir grubunun toplam gelirdeki payları ortaya koyulmuştur. Buna göre gelir düzeyi en düşük olan birinci %20'lik grubun toplam gelirden %5.18'lik bir pay aldığı, beşinci %20'lik grubun ise %54.36'lık bir pay aldığı belirtilmiştir.

Gündüz ve Esengün [10] Samsun ilinde yaptıkları çalışmada aileleri gelir gruplarına göre beş eşit parçaya ayırarak incelemiştir. Bu çalışmada birinci %20'lik grubun toplam gelirden yaklaşık %8'lik bir pay aldığı, beşinci %20'lik grubun ise toplam gelirden %38'lik bir pay aldığı belirtilmiştir.

Tablo 5. Hanehalklarının Tüketim Harcamaları Tutarları ve Dağılımları

Harcama Grupları		Gelir Grupları					Genel	F-Testi (P)
		1. %20	2. %20	3. %20	4. %20	5. %20		
Gıda ve Alkolsüz İçecekler	TL	585	768	821	932	950	811	27.94
	%	34.88	31.62	29.70	29.85	23.13	28.76	(0.00)
Alkollü İçecekler, sigara ve tütün	TL	87	136	159	150	121	130	0.92
	%	5.16	5.60	5.74	4.79	2.95	4.62	(0.44)
Giyim ve Ayakkabı	TL	48	92	107	145	244	127	22.47
	%	2.88	3.79	3.86	4.65	5.94	4.51	(0.00)
Konut ve Kira	TL	493	582	614	653	809	630	5.71
	%	29.36	23.98	22.21	20.92	19.69	22.35	(0.00)
Mobilya, ev aletleri ve ev bakım hizmetleri	TL	59	125	139	192	232	150	6.59
	%	3.54	5.16	5.01	6.15	5.66	5.30	(0.00)
Sağlık	TL	36	48	60	50	56	50	1.09
	%	2.16	1.96	2.17	1.60	1.37	1.77	(0.35)
Ulaştırma	TL	130	201	230	294	397	250	25.57
	%	7.76	8.26	8.32	9.41	9.66	8.88	(0.00)
Haberleşme	TL	78	120	123	137	143	120	10.59
	%	4.67	4.95	4.45	4.39	3.49	4.27	(0.00)
Eğlence ve kültür	TL	27	69	83	101	197	95	12.31
	%	1.61	2.85	2.99	3.24	4.79	3.38	(0.00)
Eğitim hizmetleri	TL	67	111	165	111	359	163	6.07
	%	3.99	4.58	5.96	3.56	8.75	5.77	(0.00)
Lokanta ve oteller	TL	30	102	173	237	418	192	39.71
	%	1.77	4.20	6.26	7.58	10.17	6.80	(0.00)
Çeşitli mal ve hizmetler	TL	37	74	93	120	180	101	13.17
	%	2.22	3.05	3.35	3.86	4.39	3.58	(0.00)
Toplam	TL	1678	2428	2764	3123	4107	2820	47.53
	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	(0.00)

TÜİK'in [7] 2016 yılında yaptığı Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırmasında en yüksek gelire sahip olan beşinci %20'lik grup toplam gelirden %46.3'lük bir pay alırken, en düşük gelir grubu olan birinci %20'lik grubun ise toplam gelirden %6.3'lük bir pay aldığı belirtilmiştir.

TÜİK verileriyle karşılaştırıldığında Isparta ilinde birinci %20'lik grubun payı birbirine çok yakın çıksa da beşinci %20'lik grubun payının azaldığı saptanmıştır. Bu durum Isparta ilinin Türkiye geneline göre gelir dağılımının biraz daha dengeli olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte beşinci %20'lik gruptaki bu azalmanın birinci %20'lik gruptan ziyade iki, üç ve dördüncü %20'lik gruplara aktarıldığı gözlenmektedir.

#### Hanehalklarının Gıda Alışverişine Etki Eden Faktörler

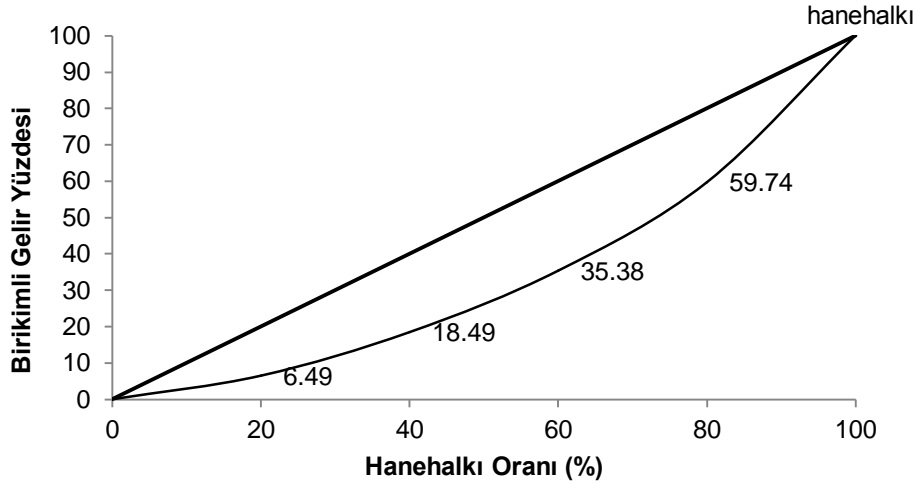
Tablo 6'da hanehalklarının gıda alışverişine etki eden faktörler incelenmiştir. Buna göre; ürünün tazeliği, sağlıklı ve güvenilir olması, lezzetli olması, etiket bilgilerinin aydınlatıcı olması gibi bilgilerin gıda alışverişinde önemli bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmektedir. Ambalajın güzelliği ve ürünün tanınmış markalara ait olmasının gıda alışverişinde fazla etkili olmadıkları görülmektedir. Bununla birlikte hanehalklarının büyük çoğunluğu "alışverişimde her zaman kullandığım markalar öncelikli tercihimdir ve

alışverişlerimi her zaman aldığım yerden yapmayı tercih ederim yargılarına da katılıyorum" yanıtını vermişlerdir. Alışverişlerimde öncelikli olarak düşük fiyat önemlidir yargısına ise %62.5'i "katılıyorum", %29.58'i "katılmıyorum", %7.92'si de "kararsızım" yanıtını vermiştir.

#### Hanehalklarının Gıda Ürünleri Harcama Tutar ve Dağılımları

Gelir gruplarının toplam tüketim harcamaları içerisinde %28.76'lık bir pay ile en yüksek harcama olan gıda harcaması kendi içinde on altı gruba ayrılarak incelenmiş ve gelir gruplarının her birinin bu gıda alt gruplarına ortalama harcadıkları tutarlar hesaplanarak dağılımları bulunmuştur.

Hanehalklarının gıda harcaması içerisinde en fazla payı %27.52'lik pay ve 223 TL/Ay ile sebze ve meyve harcamaları alırken, onu %16.17'lik pay ile et ve et ürünleri, %13.93'lük pay ile ekmek ve tahıllar grubu takip etmektedir. Hanehalklarının en az harcamayı ise alkolsüz içeceklere yaptıkları görülmektedir. Alkolsüz içeceklerin tutarının az olmasının sebebi, hanehalklarının büyük çoğunluğunun özellikle gazlı içeceklerin zararlı olduklarını düşündükleri için tercih etmediklerinden kaynaklandığı söylenebilir. (Tablo 7).



Şekil 1. Hanehalkı oranı ve gelir oranı arasındaki Lorenz eğrisi

Tablo 6. Hanehalklarının gıda alışverişine etki eden faktörler

Tüm Hanehalkları	Katılıyorum		Kararsızım		Katılmıyorum		Toplam	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Alışverişimde Öncelikli Olarak Düşük Fiyat Önemlidir	150	62.5	19	7.92	71	29.58	240	100.00
Alışverişimde Ürünün Tazeligi Oldukça Önemli	236	98.33	1	0.42	3	1.25	240	100.00
Aldığım Ürünün Lezzetli Olması Tercihimdir	231	96.25	4	1.67	5	2.08	240	100.00
Alışveriş Yaparken Besin Değerine Mutlaka Bakarım	139	57.92	29	12.1	72	30.0	240	100.00
Ürünün Doyurucu Özelliğinin Olmasına Dikkat Ederim	157	65.42	35	14.6	48	20.0	240	100.00
Alışverişlerimi Her Zaman Aldığım Yerden Yapmayı Tercih Ederim	195	81.25	16	6.67	29	12.08	240	100.00
Alışverişimde Her Zaman Kullandığım Markalar Öncelikli Tercihimdir	207	86.25	11	4.58	22	9.17	240	100.00
Alışverişimde Ambalajın Güzelliğini Önemserim	96	40.0	26	10.8	118	49.17	240	100.00
Alışverişimde Reklamı Yapılan, Tanınmış Markaları Tercih Ederim	112	46.67	27	11.3	101	42.08	240	100.00
Ürünlerin Sağlıklı ve Güvenilir Olmasını Önemserim	237	98.75	1	0.42	2	0.83	240	100.00
Ürünlerin Etiket Bilgileri Beni Aydınlatmalıdır	216	90.0	6	2.5	18	7.5	240	100.00

Akbağ [5] Kahramanmaraş ilinde yaptığı çalışmada hanehalklarının gıda ürünleri harcama dağılımlarını hesaplamıştır. Çalışmada gıda harcamaları içinde en fazla payı %23.71 ile ekmek ve tahıllar alırken onu %22.32 ile sebze ve meyveler ve %16.25 ile et ve et ürünlerinin takip ettiği belirlenmiştir. Gıda harcamalarında en az payı alan grupların ise; %0.53 ile balık ve %1.31 ile alkolsüz içecekler olduğu saptanmıştır.

Demir [2] tarafından Aydın ilinde yapılan bir çalışmada ailelerin gıda ürünleri harcama dağılımları hesaplanmış

ve en fazla harcamaların sırasıyla %23.65 ile sebze meyve, %16.34 ile et ve et ürünleri, %15.05 ile tahıl grubu olduğu bulunmuştur. En az harcamaların ise %5.54 ile balık ve %5.68 ile alkolsüz içecekler olduğu hesaplanmıştır.

Araştırmalar incelendiğinde gıda harcamaları içerisindeki en fazla ve en az payı alan harcama gruplarının benzer olduğu saptanmıştır.

Tablo 7. Hanehalklarının Gıda Ürünleri Harcama Tutar ve Dağılımları

Gıda Harcama Grupları		Gelir Grupları					Genel
		1. %20	2. %20	3. %20	4. %20	5. %20	
Ekmek ve Tahıllar	TL	113	132	114	119	87	113
	%	19.36	17.21	13.84	12.76	9.17	13.93
Et ve Et Ürünleri	TL	69	104	133	166	183	131
	%	11.86	13.58	16.25	17.83	19.23	16.17
Balık	TL	17	32	36	37	49	34
	%	2.83	4.17	4.33	3.93	5.20	4.19
Süt, Peynir ve Yumurta	TL	64	91	94	108	110	93
	%	10.94	11.91	11.43	11.54	11.63	11.52
Hayvansal ve Bitkisel Yağlar	TL	43	52	58	61	67	56
	%	7.33	6.72	7.06	6.53	7.04	6.91
Sebze ve Meyveler	TL	166	213	217	259	261	223
	%	28.32	27.78	26.48	27.74	27.48	27.52
Şeker, Bal ve Reçel	TL	31	37	48	49	51	43
	%	5.37	4.79	5.84	5.23	5.33	5.31
Kahve ve Çay	TL	35	40	46	47	50	43
	%	5.90	5.21	5.57	5.08	5.22	5.36
Alkolsüz İçecekler	TL	19	19	21	25	31	23
	%	3.21	2.44	2.55	2.64	3.27	2.81
Diğer Gıda Ürünleri	TL	29	48	55	63	61	51
	%	4.93	6.19	6.65	6.72	6.44	6.28
Toplam	TL	585	768	821	932	950	811
	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

### Hanehalklarının Tüketim Harcamaları ve Gıda Alt Gruplarının Gelir Esneklikleri

Hanehalklarının tüketim harcamaları ile ilgili yapılan çalışmalarda, hanehalklarının gelir düzeyindeki artış ile birlikte tüketim harcamalarında meydana gelen değişimi ortaya koymak için tüketim harcamalarının gelir esneklikleri analiz edilmektedir. Yapılan çalışmada da hanehalklarının gelir düzeyi arttıkça talep ettikleri mal ve hizmetlerdeki değişimi belirlemek için gelir esneklikleri hesaplanmıştır. Tablo 8'de harcama gruplarının gelir esneklikleri gösterilmektedir. Gelir esnekliği en düşük olan harcama grupları; "sağlık", "alkollü içkiler, sigara ve tütün", "haberleşme", "konut ve kira", "gıda ve alkolsüz içecekler" harcama gruplarıdır.

Sağlık harcamaları zorunlu harcamalar grubunda yer aldığı için beklendiği gibi gelir esnekliği düşük çıkmıştır. Buna göre hanehalkları, gelir düzeyleri düşük olsa bile sağlık harcamalarını azaltmamaktadır. Aynı şekilde gelir düzeyi yüksek olanlar da fazladan ilaç almamaktadırlar.

Gelir esnekliği düşük olan bir diğer grup da alkollü içkiler, sigara ve tütün harcama grubudur. Bu grubun gelir esnekliğinin düşük olması, hanehalklarının gelir düzeyi arttıkça tükettikleri içki veya sigaraların markalarını ve miktarını değiştirebilirler bile çok fazla miktarda tüketmemelerinden kaynaklandığı söylenebilir.

Bir başka harcama grubu olan haberleşme harcamalarının da gelir esnekliği düşüktür. Bunun sebebi ise hanehalklarının gelir düzeyi artsa bile ödeyecekleri internet veya telefon faturalarının belli bir

yerden sonra daha fazla artmamasından kaynaklanmaktadır.

Aynı şekilde konut kira harcamalarında da gelir düzeyi yükseldikçe kullanılan elektrik, yakıt, su veya kira gibi harcamalarında belirli bir düzeyden sonra çok fazla bir artışın olmadığı gözlemlenmiştir. Buna göre gelir düzeyindeki %1'lik bir artış konut ve kira harcamalarında da %0.373'lük bir artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Gıda ve alkolsüz içeceklerin gelir esnekliğinin düşük çıkması beklenen bir sonuçtur. Çünkü gıda ve alkolsüz içecekler harcama grubu zorunlu harcama grubuna girmektedir. Her ne kadar hanehalkları gelir düzeyi arttıkça gıda harcamaları artsa da bu artış belirli bir yere kadar devam etmektedir. Gelir düzeyinin daha fazla artması durumunda daha çok lüks mallara olan talep artmaktadır. Gelir düzeyindeki %1'lik bir artış gıda ve alkolsüz içecekler talebinde %0.382'lik bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Gelir esneklikleri en yüksek olan harcama gruplarının ise eğlence ve kültür harcamaları ile eğitim hizmetleri harcamaları olduğu belirlenmiştir. Hanehalklarının gelir düzeyinin artmasıyla birlikte eğlence ve kültür harcamalarına olan talepte artmaktadır. Gelir düzeyindeki %1'lik bir artış hemen hemen aynı oranda eğlence ve kültür harcamalarını arttırdığı saptanmıştır.

Aynı şekilde gelir düzeyinin artması hanehalklarının çocuklarına daha iyi eğitim alabilmeleri için eğitim harcamaları grubuna olan taleplerini yükseltmektedir. Bunlarla birlikte eğitim harcamaları gelir esnekliğinden

daha düşük çıkan çeşitli mal ve hizmet harcamalarının gelir esnekliği de %0.853 olarak hesaplanmıştır.

Bu harcama grupları dışındaki; “lokanta ve oteller”, “mobilya, ev aletleri ve ev bakım hizmetleri”, “giyim ve ayakkabı” ve “ulaştırma” harcamalarının talepleri, gelir düzeyindeki %1’lik artışla sırasıyla %0.811, %0.801, %0.730, %0.504 oranında artmaktadır.

Dilek ve ark. [11] tarafından Kastamonu ilinde yapılan bir çalışmada üniversitedeki Kırgız öğrencilerin talep gelir esneklikleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama göre de gelir esnekliği en düşük olan harcama grubunun sağlık harcamaları ve en yüksek olan harcama grubunun eğlence ve kültür harcamaları olduğu tespit edilmiştir.

Demir [2] Aydın ilinde yaptığı hanehalklarının gıda tüketim talebi ile ilgili çalışmada harcama gruplarının gelir esnekliklerini hesaplamıştır. Çalışmada gelir

esnekliği en düşük olan harcama grubunun sağlık harcamaları ve en yüksek olan harcama grubunun eğlence ve kültür harcaması olduğu belirlenmiştir.

Tarı ve Pehlivanoglu [12] tarafından gerçekleştirilen “Kocaeli ilinde tüketici davranışlarının gelir-harcama grupları ilişkisi açısından analizi” adlı çalışmada harcama gruplarının gelir esneklikleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda “konut, su, elektrik gaz ve diğer yakıtlar” ile “gıda ve alkolsüz içecekler” harcama gruplarının gelir esnekliklerinin düşük olduğu belirtilmiştir. Gelir esnekliği en yüksek olan harcama grubu ise eğlence ve kültür harcamaları olarak bulunmuştur.

Yapılan diğer çalışmalarda da gıda ve alkolsüz içecekler grubunun gelir esneklikleri beklendiği gibi düşük çıkmıştır. Bu bakımdan yapılan çalışmada hesaplanan gelir esneklikleri literatürdeki benzer çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Tablo 8. Harcama gruplarının gelir esneklikleri

Harcama Türleri	Gelir Esnekliği
Gıda ve Alkolsüz İçecekler	0.382
Ulaştırma	0.504
Giyim ve Ayakkabı	0.730
Konut ve Kira	0.373
Mobilya, ev aletleri ve ev bakım hizmetleri	0.801
Sağlık	0.030
Eğlence ve kültür	0.983
Eğitim hizmetleri	0.857
Lokanta ve oteller	0.811
Alkollü İçecekler, sigara ve tütün	0.138
Haberleşme	0.256
Çeşitli mal ve hizmetler	0.853

Çalışmada hanehalklarının gıda ve alkolsüz içecekler harcamaları on alt gruba ayrılarak her birinin gelir esneklikleri hesaplanmıştır.

Tablo 9’da verilen Gıda alt gruplarının gelir esnekliklerinin hepsi birin altında ve pozitif çıkmıştır. Bu durum gıda alt gruplarının zorunlu mallar olduğunu göstermektedir.

Hesaplamalara göre en düşük gelir esnekliğinin ekmek ve tahıllar grubunda olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre gelir düzeyindeki artış bu grubun talebinde fazla etkili olmamaktadır.

Gelir esnekliği düşük olan bir diğer grupta alkolsüz içeceklerdir. Bunun sebebi ise Isparta’da hanehalklarının özellikle asitli içecekleri fazla tercih etmemelerinden kaynaklanmaktadır. Bu yüzden gelir düzeyi artsa dahi tüketilen alkolsüz içeceklerin miktarı fazla artmamaktadır.

Gelir esnekliği en yüksek olan grup ise diğer gıda ürünleri ile et ve et ürünleridir. Gelir düzeyindeki %1’lik artış diğer gıda ürünleri grubunun talebinde %0.524’lük bir artışa neden olurken, et ve et ürünleri talebini de %0.482 oranında arttırmaktadır.

Gıda harcamalarında en fazla paya sahip olan sebze-meyve harcamalarının gelir esnekliği ise 0.379 olarak hesaplanmıştır. Sebze-meyve harcamalarının gelir esnekliğinin düşük çıkması, gıda harcamalarında ilk sırada yer alması dolayısıyla zorunlu mallar grubuna girmesinden kaynaklanmaktadır.

Diğer gıda alt grubu mallarının gelir esnekliklerine bakılacak olursa, gelir düzeyinin %1 oranında artmasıyla birlikte; “balık”, “süt, peynir ve yumurta”, “hayvansal ve bitkisel yağlar”, “şeker, bal ve reçel”, “kahve ve çay” harcamalarının talebi de sırasıyla %0.463, %0.382, %0.390, %0.449, %0.343 oranında artmaktadır.

Akbay [5] tarafından Kahramanmaraş ilinde yapılan çalışmada hanehalklarının gıda tüketim talebi analiz edilmiştir. Çalışmada hesaplanan gıda alt gruplarının gelir esneklikleri birden küçük ve pozitif bulunmuştur. En düşük gelir esnekliğinin 0.412 ile balık harcaması olduğu belirtilmiştir. Bu değer çalışmada 0.463 olarak hesaplanan balık harcama grubunun gelir esnekliğine çok yakındır.

Demir [2] Aydın’da yaptığı çalışmada, gıda alt gruplarının gelir esnekliklerini hesaplamış ve hepsini pozitif bulmuştur. En düşük gelir esnekliğinin de 0.17 ile ekmek ve tahıllar grubuna ait olduğunu ortaya koymuştur.



Yapılan çalışmada da en düşük gelir esnekliği 0.203 ile ekmek ve tahıl grubu harcamalarına aittir.

Hatırlı ve ark. [9] Isparta merkez ilçede yaptıkları çalışmada kırmızı et, tavuk eti ve balığın harcama esnekliklerini hesaplamışlardır. Araştırmada kırmızı et ve tavuk etinin harcama esneklikleri 0.83, balığın harcama esnekliği 1.50 olarak tahmin edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada gelir esneklikleri hesaplanmış fakat katsayı olarak bulunan değerler gıda alt gruplarının harcama esnekliklerini göstermektedir. Bu bakımdan

Hatırlı ve ark.'ın [9] yapmış olduğu çalışma ile karşılaştırdığımızda et ve et ürünlerinin harcama esneklikleri 0.83'ten 1.270'e çıktığı saptanmıştır. Buna göre 2007 yılında Isparta'da hanehalklarının harcamalarındaki %1'lik artış kırmızı et ve tavuk eti talebinde %0.83'lük bir artışa sebep olmaktadır. 2017 yılında ise hanehalklarının harcamalarındaki %1'lik artış et ve et ürünleri talebinde %1.270'lik bir artışa sebep olmaktadır. Balığın harcama esnekliğinin ise 1.50'den 1.217'ye düştüğü gözlemlenmiştir. Bu bakımdan çalışmada elde edilen verilerin önceki çalışmalara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 9. Gıda alt gruplarının gelir esneklikleri

Gıda Harcama Grupları	Katsayı	Gelir Esnekliği
Ekmek ve Tahıllar	0.533	0.203
Et ve Et Ürünleri	1.270	0.482
Balık	1.217	0.463
Süt, Peynir ve Yumurta	1.005	0.382
Hayvansal ve Bitkisel Yağlar	1.028	0.390
Sebze ve Meyveler	0.997	0.379
Şeker, Bal ve Reçel	1.182	0.449
Kahve ve Çay	0.903	0.343
Alkolsüz İçecekler	0.832	0.316
Diğer Gıda Ürünleri	1.378	0.524

## SONUÇ

Isparta ili kentsel alanda hanehalklarının gıda tüketim taleplerini ve tüketici davranışlarını analiz etmek amacıyla yapılan bu çalışmada gıda ürünlerinin yanı sıra diğer tüketim harcama türleri de analiz edilmiş, toplam harcamalar içerisindeki payları ile gelir esneklikleri hesaplanmıştır. Araştırmada hanehalklarının aylık ortalama gelirlerinin 4.430 TL ve ortalama aylık harcamalarının 2.820 TL olduğu belirlenmiştir. Aylık Harcamalar içinde en yüksek payı gıda harcamalarının (%28.76) ve en düşük payı sağlık harcamalarının (%1.77) aldığı tespit edilmiştir. Hanehalklarının ortalama aylık gıda harcamalarının 811 TL olduğu, gıda harcamaları içerisinde en yüksek payı sebze-meyvenin (%27.52) ve en düşük payı alkolsüz içeceklerin (%2.81) aldığı saptanmıştır.

Harcama grupları içerisinde gelir esnekliği en yüksek olan grupların; eğlence ve kültür (0.983), eğitim hizmetleri (0.857) ve çeşitli mal ve hizmet (0.853) harcamaları olduğu belirlenmiştir. Gelir esnekliği en düşük olan grupların ise, sağlık (0.03) ve alkollü içkiler, sigara ve tütün harcamaları (0.138) olduğu tespit edilmiştir. Gıda harcamalarının gelir esnekliği ise beklendiği gibi düşük çıkmış ve 0.382 olarak bulunmuştur. Gıda alt gruplarının gelir esnekliğinde ise 0.203 ile ekmek ve tahıllar grubu en düşük gelir esnekliğine sahip olurken, 0.524 ile diğer gıda ürünleri grubunun da en yüksek gelir esnekliğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre Isparta ili kentsel alanda hanehalkı gelirlerinin Türkiye genelinde olduğu gibi dengesiz dağıldığı saptanmıştır. Buna göre birinci %20'lik gelir grubunda bulunan en düşük gelir düzeyindeki hanehalklarının toplam gelirden %6.49'lük

bir pay aldığı, beşinci %20'lik grupta bulunan en yüksek gelir düzeyindeki hanehalklarının ise toplam gelirden %40.26'lık bir pay aldıkları gözlemlenmiştir. İstihdama katılma konusunda ise özellikle eşlerin büyük çoğunluğunun çalışmadığı ve gelir düzeyi düşükçe çalışmayan eşlerin oranının arttığı belirlenmiştir. Bu durumun, özellikle gelir düzeyi düşük olan ailelerde eşlerin eğitim seviyesinin düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Isparta ilinde hanehalklarının gıda harcamalarında en fazla payı sebze-meyve harcamaları almaktadır. Gelir esnekliği en düşük olan gıda alt grubu ise ekmek ve tahıllar grubudur. Bu durum tarımla uğraşan kesim için üretim planlamasında değerlendirilebilecek önemli bir sonuçtur. Sonuç olarak gıda tüketim yapısının belirlenmesi hem Türkiye İstatistik Kurumu ve özel sektör endüstrisi hem de tarımsal üretim ile uğraşan gruplar bakımından birçok yönden oldukça önemlidir.

## KAYNAKLAR

- [1] Dölekoğlu, C., Ö., Yurdakul, O. (2004). Adana ilinde hanehalkının beslenme düzeyleri ve etkili faktörlerin logit analizi ile belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (8): 62-86.
- [2] Demir, Y. (2011). Aydın'da Hanehalklarının Gıda Tüketim Talebi Ekonometrik Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- [3] Fisunoğlu, H.M., Şengül, S. (2011). Adana kentsel alanda hanehalkı tüketimi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(1): 251-266.
- [4] Collins, M. (1986). Sampling (Editor: R. Worcester et al., 1986), Consumer Marketing Research Handbook, Elsevier Sci. Pub. Company Inc.

- [5] Akbay, C. (2005). Kahramanmaraş'ta hanehalklarının gıda tüketim talebi ekonometrik analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(1):114-121.
- [6] Ertürk, A., Arslantaş, N., Sarıca, D., Demircan, V. (2015). Isparta ili kentsel alanda ailelerin ekme tüketimi ve israfı. *Akademik Gıda*, 13(4), 291-298.
- [7] TÜİK, (2018). Türkiye İstatistik Kurumu Kayıtları. <http://www.tuik.gov.tr>.
- [8] Altunç, Ö.F., Aydın, C., Yıldırım, A. (2016). Hanehalkı harcamalarının engel eğrisi analizi: muş ili merkez ilçe örneği. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 377,392.
- [9] Hatırlı, S.A., Öztürk, E., Aktaş, A.R. (2007). Kırmızı, tavuk ve beyaz et talebinin tam talep sistemi yaklaşımıyla analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(6), 211-221.
- [10] Gündüz, O., Esengün, K. (2010). Ailelerin bitkisel yağ tüketimi üzerine bir araştırma: Samsun ili örneği. *Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 12(19): 67-72.
- [11] Dilek, S., Avcı, M., Koçoğlu, C.M. (2015). Talebin gelir esnekliği: Kastamonu Üniversitesi'nde Kırgız öğrenciler üzerinde bir uygulama. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8, 7-15.
- [12] Tarı, R., Pehlivanoğlu, F. (2007). Kocaeli ilinde tüketici davranışlarının gelir-harcama grupları ilişkisi açısından analizi. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(13), 192-210.
- 
-

## Besin Etiketleri Okuma Alışkanlıklarına ve Etiket Okumanın Satın Alma Tercihlerine Cinsiyetin Etkisi: Tekirdağ İli Örneği

Fatma Coşkun<sup>1</sup> , Serap Kayışoğlu<sup>2</sup> <sup>1</sup>Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ<sup>2</sup>Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekirdağ

Geliş Tarihi (Received): 08.04.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 05.10.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): fcoskun@nku.edu.tr (F. Coşkun)

📞 0 282 252 250 21 62 📠 0 282 250 99 54

### ÖZ

Cinsiyetin etiket okuma alışkanlıkları üzerine etkisinin araştırıldığı bu anket çalışması, Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesinden seçilmiş 406 tüketicisi ile yürütülmüştür. Bu çalışma ile tüketicilerin gıda maddeleri satın alırken bilgi düzeyleri ve tutumlarının ne olduğunun ortaya konması ve satın almada en fazla önem verdikleri faktörleri ortaya koymak ve konuyla ilgili farkındalığı artırmak amaçlanmıştır. Katılımcılara besin etiketinin önemi, okuma nedenleri, etiketteki bilgileri anlama düzeyleri, etiket bilgilerinin anlaşılma oranı, hangi bilgilerin daha çok okunduğu, hangi ürünlerin etiketlerinin daha çok okunduğu, etiketteki "içindekiler" bilgisinin anlaşılma oranı, sağlık sorununun etiket okuma oranına etkisi sorulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, bayanların etiket bilgisine daha çok dikkat ettiği ve yazılı ifadelerin daha etkin olduğu görülmüştür. Etiket bilgisi için televizyonun daha önemli eğitici araç olduğu, sağlık sorunlarının etiket okumada etkili olduğu saptanmıştır. Televizyonda etiket okuma ile ilgili olarak yayınlanacak programlar halkın bilinçlendirilmesinde ciddi katkılar sağlayacaktır. Etiketlerin kolay ve hızlı bir şekilde anlaşılmasında, standart ve basit halde sunulmaları önemli bir etken olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Etiket okuma alışkanlıkları, Tüketici, Anket, Cinsiyet, Etiket bilgisi

### Effect of Gender on Nutrition Label Reading Habits and Purchasing Preferences: A Case Study of Tekirdağ Province, Turkey

#### ABSTRACT

This survey investigated the effect of gender on label reading habits, and conducted with 406 consumers from the Suleymanpasa district of the Tekirdağ province in Turkey. In this study, it was aimed to determine the knowledge levels and attitudes of the consumers when buying foodstuffs and to find the factors that are the most important in purchasing and to raise awareness about the subject. The participants were asked about the importance of the food label, the reasons for reading, the level of understanding the information on the label, the rate of understanding the information on the label, the information to be read more, the label of the products to be read more, the rate of understanding the contents of the label, and the effect of the health problem on the reading ratio of labels. According to the results, it was observed that women paid more attention to label information and written statements were more effective. For label information, it was found that television was a more important educational tool and health problems were effective in label reading. Programs to be published on television reading labeling could make serious contributions to public awareness. It will be an important factor to understand labels easily and quickly, in their standard and simple form.

**Keywords:** Label reading habits, Consumer, Survey, Gender, Label information

## GİRİŞ

Tüketicilerin satın alma davranışlarını kolaylaştırmak ve gıda tercihlerini doğru olarak yapabilmeleri için etiketlemenin yararı büyüktür ve bazı bilgilerin sunulması zorunlu tutulmuştur. Etiketdeki bilgilerin her kesimdeki tüketiciye hitap etmesi için basitleştirilmiş besin bilgileri içermesi gerekir [1]. Beslenme etiketleri ambalajlanmış gıdaların laboratuvar analizi ile saptanmış besin öğelerinin (protein, yağ, vitamin, mineral v.b.) miktarı ve tüketicinin günlük alması gereken besin öğelerinin ne kadarını karşıladığının yüzde olarak belirtildiği bilgi metinleridir [2]. Besin etiketleri, tüketicilerin yeterli ve dengeli bir diyet oluşturmalarına, özel diyet uygulamalarına (diyabet gibi) ve satın almaları sırasında en besleyici gıdaları seçmelerine yardımcı olmaktadır [3,4]. Besin etiketleri, tüketicilere ürünlerle ilgili bilgi verdikleri, yanlış bilgilerden korunmalarını ve bilinçli seçimler yapabilmelerini sağladıkları için gıda güvenliğinin önemli parçalarından birini oluşturmaktadır [5]. Tüketicilerin sağlıklı ve kendilerine uygun gıda seçimleri yapabilmeleri bakımından büyük değer taşıyan etiketler, günümüzde üreticiler tarafından da çok önemli bir tutundurma aracı olarak kullanılabilir [6]. Tüketiciyi bilgilendirme işlevinin yerine getirilmesi ve bu tür etiketleme bilgilerinin uygulanması işletmeler açısından da önemlidir. Çünkü işletme, tüketicinin etiketleme istekleri doğrultusunda ürünü piyasaya sürdüğü zaman ürünlerinin daha fazla satılmasını sağlayacaktır [2]. Türkiye'de 2017 yılında düzenlenen ve Resmi Gazetede yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği, gıda hakkında bilgilendirme usulleri ve tüketicinin bilgilendirme hakkının garanti altına alınmasını sağlayacak tedbirleri ortaya koymaktadır. Ayrıca enerji, protein, karbonhidrat, yağ, lif, tuz/sodyum ve tebliğde geçen vitamin ve mineral bilgilerine ve referans alım (RA) oranlarına yönetmelik hükümlerince, etiket üzerinde isteğe bağlı olarak yer verilebilmektedir [7]. Gıda etiketlerinin etkili bir bilgi aracı olarak kullanılabilmesi için, tüketicilerin bilgiyi kullanma konusunda bilinçlendirilmesi ve etiketlerin daha iyi anlaşılması gerekmektedir [8]. Yasal düzenlemeler, işletmelerin gıda ambalajlaması konusundaki çalışmalarını ve tüketici bilinçlenmesi sonucunda ambalaj kadar etiket bilgilerinin önemini de artırmıştır [9]. Tüketime sunulan gıdanın ne denli sağlıklı olduğu, pek çok aşamada yapılan kontroller ile belirlenmektedir. En iyi denetleyiciler ise; üreticinin bizzat kendisi, yasal kontrol kuruluşları ve tüketicilerdir. Dolayısıyla tüketici davranışları bu noktada önemli hale gelmektedir [10]. Etiketlemenin genel olarak temel amaçlarından ilki sağlık, güvenlik ve ekonomik kaygılara ilişkin yeterli ve doğru bilgi sağlamak, ikincisi tüketicileri ve üreticileri sahte ve yanıltıcı bilgi ve reklamlardan korumak ve üçüncüsü adil rekabeti ve ürün pazarlanabilirliğini desteklemek olarak sıralanabilir [11]. Araştırmalar, tüketicilerin çoğunun satın alma kararlarında ambalajlı gıda ürünlerinin üzerinde yer alan etiket bilgilerini önemseydiğini göstermektedir [12-16.]. Gıda güvenliği açısından tüketicilerin etiket bilgilerini okumaları önemlidir ve tüketicilerin satın alma kararlarında oldukça etkilidir [17]. Avustralya tüketicileriyle yapılan bir araştırmada etiketlerin

kullanılmasının tüketicilerin bilinçli ve sağlıklı bir seçim yapmalarında etkili olduğu tespit edilmiştir [18].

Bu çalışma Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesinde yaşayan tüketicilerle, cinsiyetin besin etiketi okuma alışkanlıklarına ve etiket okumanın gıda tercihlerine etkisinin araştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışma ile tüketicilerin gıda maddeleri satın alırken bilgi düzeyleri ve tutumlarının ne olduğunun ortaya konması, satın almada en fazla önem verdikleri faktörleri belirlemek ve konuyla ilgili farkındalığı artırmak amaçlanmıştır. Gerek üretici gerekse tüketici açısından büyük önem taşıyan besin etiketi bilgilerine ilişkin eğitim çalışmalarına ve besin etiketi düzenlemelerine katkı sağlayacak bir çalışma olacağı düşünülmektedir.

## MATERYAL ve METOT

Araştırma verileri SPSS istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Ki-kare ( $\chi^2$ ) önem testi istatistiksel analiz için kullanılmıştır. Çalışmanın ana materyalini 2015 yılında Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesinde seçilmiş 406 tüketici ile yapılan anketten sağlanan veriler oluşturmuştur. Bu çalışma, eğitim düzeyinin etiket okuma alışkanlıkları üzerine etkisinin ölçülmesini amaçlayan kesitsel bir araştırmadır. Anket basit tesadüfi örnekleme yöntemine göre yapılmıştır. Tekirdağ'da 18 yaş üzeri 406 tüketici bilgilendirilmiş, gönüllü onam formları alınmış ve Helsinki deklarasyonuna uyularak hanelerde yüz yüze görüşme yapılmıştır. Çalışma, örneklemin ana kitleyi temsil etmesi açısından Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesinde, farklı karakteristikleri oldukları düşünülen, farklı mahallelerde uygulanmıştır. Ankete başlamadan önce karşılıklı 10 denekle gerektiğinde gerekli düzeltmeler yapılmak üzere soruların netliği ve geçerliliği test edilmiştir [19]. Örnek hacmi aşağıda formülü verilen oranlar için sınırlı ana kitle formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır [20]. Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesinde 18 yaş ve üzeri 138 391 kişi yaşamaktadır. Formülde %90 güven aralığı, %5 hata payı ve maksimum örnek hacmine ulaşabilmek için  $p=q=0,5$  olarak alınmıştır.

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q}{(N - 1)\sigma_p^2 + p \cdot q}$$

$n$ = örnek hacmi,  $N$ = ana kitle hacmi (138 391),  $p$ = (0.5),  $q$ = 1- $p$ ,  $\sigma_p^2$ = oran varyansı (0.001502)

Çalışma Haziran-Temmuz 2015 tarihleri arasında tamamlanmıştır. Araştırma verileri anket formu ile toplanmıştır. İlk kısımda cinsiyet, yaş, öğrenim düzeyi, gelir düzeyi, sağlık durumu hali sorularak katılımcıların demografik özellikleri tespit edilmiştir. İkinci kısımda gıda ürünü satın alırken besin etiketinin olmasının onlar için ne kadar önemli olduğu 4 ifadeye sahip (çok önemli, önemli, fazla önemli değil, önemsiz) Likert ölçeği kullanılarak belirlenmiştir. Etiket bilgilerini okuma nedenini, etiketteki beslenme bilgilerini anlama durumlarını (her zaman, bazen, hiç), etiket üzerindeki beslenme bilgilerini yorumlamayı nereden öğrendiklerini, bilgileri hangi şekilde daha anlaşılır bulduklarını tespit

etmek için ise çoktan seçmeli sorular sorulmuştur. Üçüncü kısımda ise 3'lü Likert ölçeğinde değişik sorular yöneltilmiştir. Besin etiketi üzerindeki düşük yağ, lif kaynağı gibi beslenme ve sağlık beyanlarını ne derece güvenilir bulduklarına (çok, biraz, hiç), çeşitli gıda bileşenlerinin yararlı olup olmadığı konusunda ne düşündüklerine (yararlı, zararlı, fikrim yok), bir gıda satın alırken besleyicilik özelliklere ne derece dikkat ettiklerine (hiç, bazen, her zaman), hangi tür gıdalar satın alırken ne sıklıkta etiket bilgilerini okuduklarına (daima, bazen, hiç) ve besin etiketleri üzerindeki beslenme bilgilerini anlama kolaylıklarına (çok kolay, biraz kolay, kolay değil) ilişkin sorular sorulmuştur. Ayrıca, katılımcıların besin etiketi ve kullanımı ile ilgili bazı ifadelerle katılma durumları da araştırılmıştır (katılıyorum, katılmıyorum, kararsızım). Katılımcıların cinsiyeti değişken olarak alınmıştır. Araştırma verileri SPSS paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. İstatistiksel analizlerin

değerlendirilmesinde önemlilik düzeyi 0.05 ve 0.01 olarak kabul edilmiştir. Ki-kare ( $\chi^2$ ) önem testi istatistiksel analiz için kullanılmıştır.

Anket uygulanan kişilere ait demografik bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Yapılan araştırmada, tüketicilerin %57.14'ü kadın, %42.86'sı erkek olduğu belirlenmiştir. 30-39 yaş arasındaki kadınların olduğu grup, diğer yaş gruplarındaki kadınlardan daha fazla sayıya (92 kişi %39.7) sahiptir. Erkekler arasında yapılan gruplandırma 40-49 yaş arasındakilerin sayısı (64 kişi %36.8) en fazladır. Üniversite mezunu kadın (93 kişi %40.1) ve erkek (84 kişi %48.3) katılımcıların sayısı diğerlerine göre daha fazladır. Geliri 2000-3000 TL arasında olan 77 kişi en fazla orana (%19.0) sahiptir. Kendisinde ya da ailesinde gıda seçimini etkileyecek bir sağlık sorunu olan kadınların sayısı (34 kişi %14.7) erkeklerin sayısından (28 kişi %16.1) fazladır.

Tablo 1. Tüketicilerin demografik özellikleri

Tüketicilerin Demografik Özellikleri	Kadın		Erkek		Toplam	
	n	%	n	%	n	%
	232	57.14	174	42.86	406	100
Yaş						
20-29	48	20.7	36	20.7	84	20.7
30-39	92	39.7	50	28.7	142	35.0
40-49	71	30.6	64	36.8	135	33.3
50+	21	9.1	24	13.8	45	11.1
Öğrenim Düzeyi						
İlkokul	30	12.9	7	4.0	37	9.1
Ortaokul	20	8.6	9	5.2	29	7.1
Lise	68	29.3	48	27.6	116	28.6
Üniversite	93	40.1	84	48.3	177	43.6
Yüksek Lisans	12	5.2	12	6.9	24	5.9
Doktora	9	3.9	13	7.5	22	5.4
Diğer	0	0	1	0.6	1	0.2
Gelir Düzeyi						
0-500	10	4.3	7	4.0	17	4.2
500-1000	17	7.3	13	7.5	30	7.4
1000-1500	30	12.9	25	14.4	55	13.5
1500-2000	37	15.9	28	16.1	65	16.0
2000-3000	35	15.1	42	24.1	77	19.0
3000-3500	27	11.6	29	16.7	56	13.8
5000+	18	7.8	16	9.2	34	8.4
Belirtmek istemiyorum	58	25.0	14	8.0	72	17.7
Kişide ya da ailesinde gıda seçimini etkileyecek bir sağlık durumu olma hali						
Var	34	14.7	28	16.1	62	15.3
Yok	198	85.3	146	83.9	344	84.7

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Kadın katılımcıların %49.1'i etiketin çok önemli, %43.1'i önemli olduğu, %7.3'ü fazla önemli olmadığı; erkek katılımcıların ise %43.7'si etiketin çok önemli, %39.7'si önemli olduğu, %13.2'si fazla önemli olmadığı kanısındadır. Kadın katılımcılar daha yüksek oranda etiketin çok önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Etiket önemli olduğu fikri ile cinsiyet arasındaki ilişki istatistikî açıdan önemli ( $\chi^2 = 9.669$ ;  $P < 0.05$ ) bulunmuştur. Michtel ve ark. [21], Kuzey Virjinya'da 69 gönüllü kadın üzerinde yiyecek etiketleri ve beslenme konuları ile ilgili yapılan araştırmada, bir gıda maddesini satın alırken deneklerin %58'inin hemen hemen her zaman, %31'inin bazen

yiyecek etiketini okuduklarını saptamışlardır. Kadınların %47'si ürün etiketlerinin satın alma kararlarında çok, %42'si biraz etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Özgen [22] çalışmasında, kadınların %65.0'i, erkeklerin %51.0'i besin etiketleri üzerindeki besin ögesi değerlerini daha çok incelediğini belirtirken, başka araştırmalarda ise bu durumun tersi olduğu belirtilmiştir [23]. Bazı çalışmalarda, cinsiyetle etiket okuma alışkanlığının ilişkili olduğu ve kadınlarda daha yüksek düzeyde bulunduğu gösterilmiştir [24,14,25,26,27]. Aksulu'nun [28] çalışmasında etiket okuma alışkanlığı ile cinsiyet arasında bir ilişki saptanmamıştır. Bu çalışmada etiket okuma nedenini kadın katılımcıların %78.4'ü sağlık, %12.1'i içeriğini öğrenmek, %7.3'ü kilo sorununu

çözmek ve %1.7'si de diğer nedenler olarak; erkek katılımcıların ise %69'u sağlık, %17.8'i içeriğini öğrenmek, %6.3'ü kilo sorununu çözmek ve %5.2'si de diğer nedenler olarak göstermişlerdir. Kadın katılımcıların %0.4'ü, erkek katılımcıların %1.7'si hiç etiket okumamaktadır. Kadın katılımcılar sağlık ve kilo kontrolüne daha fazla önem verirken, erkek katılımcılar etiketin içeriği ile daha fazla ilgilenmektedirler.

Güneş ve arkadaşlarının [29] çalışmasında, katılımcıların etiket okumama nedenleri olarak, satın aldığı gıda ile ilgili bilgisinin yeterli olduğunu düşünmesi, etiketin dikkat çeken biçimde olmaması, bilgilerin anlaşılması ve inanılır olmaması gösterilmiştir. Bu hususta Besler ve arkadaşları [30], etiket üzerindeki terim/beyan/değer/besin değerlerini anlamada yetersiz olunması, bilgilerin etiket üzerinde iyi gösterilmemesi bilinmeyen terimlerin bulunması ve yazan bilgilerin doğruluğuna ilişkin kaygılar, Türk tüketicilerinin etiket okumamalarına neden olduğunu belirtmektedir.

Beslenme bilgilerinin anlaşılabilirliğinin araştırıldığı sorulara kadın katılımcıların %19.4'ü her zaman anlıyorum, %75.9'u bazılarını anlıyorum, %4.7'si hiç anlamıyorum; erkek katılımcıların ise %19.5'i her zaman anlıyorum, %74.1'i bazılarını anlıyorum, %6.3'ü hiç anlamıyorum olarak cevap vermiştir. Etiket bilgilerinin yorumlanmasının nereden öğrenildiği sorgulandığında kadın katılımcıların %25.4'ü televizyon, %19'u gazete ve dergi, %16.4'ü eğitim kuruluşu, %12.9'u doktor ve diyetisyen, %7.8'i arkadaş ve komşu, %0.9'u internet; erkek katılımcıların %28.7'si televizyon, %21.3'ü gazete ve dergi, %18.4'ü eğitim kuruluşu, %7.5'i doktor ve diyetisyen, %8.6'sı arkadaş ve komşu, %1.7'si internet olarak cevap vermiştir. Diğer yöntemlerle öğrenenler ise kadın katılımcıların %17.7'sini, erkek katılımcıların %13.8'ini oluşturmaktadır. Televizyon en fazla öğretici görevi görmüştür. Badrie ve ark.'nın [31] yapmış oldukları çalışmada da tüketicilerin gıda güvenliği ile ilgili bilgi kaynakları sırasıyla; televizyon (%70), gazete (%54.5), radyo (%47.5), diğer (%3.5) şeklinde belirlenmiştir. Jay ve ark.'nın [32] Avusturya'daki çalışmasında ev halkının gıda güvenliği ile ilgili bilgi kaynaklarını sırasıyla; broşür (%61), televizyon (%56), dergi (%46), gazeteden (%41) olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, televizyonun gıda güvenliği konusundaki en önemli bilgi kaynağı olduğunu ortaya koymaktadır. Onurlubaş [33] çalışmasında araştırmaya katılan tüketicilerin %51.6'sı gıda güvenliği konusunda bilinçli olarak %48.4'ü bilinçsiz, cinsiyete göre incelendiğinde ise kadınların %54.4 bilinçli olarak erkeklerin %49.6'sının bilinçli olduğu tespit etmiştir. Katılımcıların etiket bilgilerini hangi şekilde anladıkları araştırılmıştır. Kadın katılımcıların %66.8'i yazılı ifadeleri, %19.4'ü rakamsal ifadeleri, %13.8'i de şekillerle ifadeleri; erkek katılımcıların %58.6'sı yazılı ifadeleri, %28.2'si rakamsal ifadeleri, %13.2'si de şekillerle ifadeleri daha anlaşılır bulduklarını ifade etmişlerdir. Kadın katılımcıların %7.3'ü etiketleri çok güvenilir, %72.4'ü biraz güvenilir bulmakta, %20.3'ü ise hiç güvenilir bulmamaktadır. Erkek katılımcıların %6.3'ü

etiketleri çok güvenilir, %76.4'ü biraz güvenilir bulmakta, %17.2'si ise hiç güvenilir bulmamaktadır.

Gıda bileşenlerinin sağlığa etkisi konusunda tüketicilere fikirleri sorulmuştur. Tüketicilerin verdikleri cevaplar Tablo 2'de gösterilmiştir. Cinsiyet ile şekerin sağlığa etkisine katılma oranı istatistikî açıdan önemlidir ( $\chi^2 = 10.642$ ;  $P < 0.05$ ). Ayrıca cinsiyet ile demirin sağlığa etkisine katılma oranı istatistikî açıdan önemlidir. ( $\chi^2 = 8.295$ ;  $P < 0.05$ ). Cinsiyet ile gıdada bulunan yağlar, aroma ve lezzet maddeleri, kolesterol, diyet lifi, protein, yapay tatlandırıcılar, düşük yağ oranı, düşük şeker oranı, katkı maddesi, karbonhidrat, koruyucular, renklendiriciler, vitaminler, kalsiyum, iyot, tuz oranının faydalı ya da zararlı olarak yorumlama arasında istatistikî açıdan önemli bir fark saptanmamıştır ( $P < 0.05$ ). Kadın katılımcılar gıdada bulunan katkı maddelerini en zararlı olarak sırasıyla renklendiriciler, şeker, yapay tatlandırıcılar; en zararlı bileşeni kolesterol olarak ifade etmişlerdir. Erkek katılımcılar ise gıdada bulunan katkı maddelerinden en zararlı olarak yapay tatlandırıcıları gördüklerini belirtmişlerdir.

Aksulu [28] çalışmasında gıda ürününde bulunan kolesterol düzeyinin tüketiciler tarafından ikinci derecede ciddi tehlike unsuru olarak görüldüğünü tespit etmiştir. Aynı çalışmada insan sağlığını tehdit eden tuz, şeker, yağ oranının yüksek olması tüketiciler tarafından çok önemli ve lifli gıdalar yararının bilinmemesi nedeniyle önemli görülmemiştir. Aksulu, ankete katılanların %48.2'sinin gıda ürünlerindeki katkı ve koruyucu maddeleri ciddi tehlike olarak gördüğünü, en tehlikeli görünmeyen, gıda ürününün içindeki şeker düzeyi olduğunu belirtmiştir. Topuzoğlu ve ark.'nın [34] yaptıkları çalışmada da anket uygulanan bireylerin gıdalarda gıda katkı maddesi bulunmamasına dikkat eden bir tutum sergilediklerini saptamıştır.

"Bir gıda satın alırken besleyicilik özelliklere ne derece dikkat edersiniz?" Sorusuna tüketicilerin verdikleri cevaplar Tablo 3'de verilmiştir. Cinsiyet ile gıda satın alırken besleyicilik özelliklerinden enerji değeri, toplam yağ, doymuş yağ, kolesterol, protein, tuz ve sodyum oranı, günlük besin ihtiyacını karşılama yüzdesi, porsiyondaki kalori, protein, yağ gibi beslenme bilgileri, porsiyon miktarları, sağlık problemleri ile ilişkili olduğunu bildiren cümlelere dikkat düzeyi istatistikî açıdan önemli bulunmamıştır. Cinsiyetin karbonhidrat değerine dikkat etmede etkisi istatistikî açıdan önemli ( $\chi^2 = 10.977$ ;  $P < 0.05$ ); vitamin değerine dikkat etmede etkisi istatistikî açıdan önemli ( $\chi^2 = 6.369$ ;  $P < 0.05$ ); lif miktarına dikkat etmede etkisi istatistikî açıdan önemli ( $\chi^2 = 6.511$ ;  $P < 0.05$ ); kalsiyum içeriğine dikkat etmede etkisi istatistikî açıdan önemli ( $\chi^2 = 10.481$ ;  $P < 0.05$ ); demir içeriğine dikkat etmede etkisi istatistikî açıdan önemli ( $\chi^2 = 11.126$ ;  $P < 0.05$ ); lif kaynağıdır ibarelerine dikkat etmede etkisi istatistikî açıdan önemlidir ( $\chi^2 = 6.125$ ;  $P < 0.05$ ).

Tablo 2. Tüketicilerin Gıda Bileşenlerinin Sağlığa Etkisi Hakkındaki Bilgi Düzeyleri

Gıda Bileşeni	Yararlı (%)		Zararlı (%)		Fikrim Yok (%)	
	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek
Yağlar	25.9	28.2	62.9	60.3	11.2	11.5
Aroma ve lezzet maddeleri	9.5	9.8	68.1	67.8	22.4	22.4
Kolesterol	4.7	9.8	79.7	75.3	15.5	14.9
Şeker	4.7	13.8	83.2	73.6	12.1	12.6
Diyet lifi	54.7	47.1	12.5	16.1	32.8	36.8
Protein	86.2	88.5	6.9	4.6	6.9	6.9
Yapay tatlandırıcılar	4.3	3.4	81.5	82.8	14.2	13.8
Düşük yağ oranı	72.4	72.4	6.5	9.8	21.1	17.8
Düşük şeker oranı	67.7	69.5	12.9	12.1	19.4	18.4
Katkı maddesi	3.0	5.7	87.1	81.0	9.9	13.2
Karbonhidrat	53.4	59.8	26.7	25.3	19.8	14.9
Koruyucular	13.4	18.4	69.8	64.9	16.8	16.7
Renklendiriciler	4.7	5.7	85.3	79.9	9.9	14.4
Vitaminler	90.1	89.7	2.2	2.3	7.8	8.0
Demir	92.2	87.9	0.0	3.4	7.8	8.6
Kalsiyum	90.5	87.9	0.9	4.0	8.6	8.0
İyot	62,1	64.4	15.9	14.9	22.0	20.7
Tuz	17.2	23.6	67.2	60.9	15.5	15.5

Tablo 3. Tüketicilerin gıda satın alırken besleyici özelliklere dikkat etme durumu

Besleyicilik özellikleri	Hiç (%)		Bazen (%)		Her Zaman (%)	
	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek
Enerji(kalori)	12.9	17.8	50.4	52.3	36.6	29.9
Karbonhidrat oranı	11.6	19.5	44.8	51.7	43.5	28.7
Toplam yağ miktarı	15.9	20.1	40.1	46.0	44.0	33.9
Doymuş yağ miktarı	19.4	20.7	35.3	37.4	45.3	42.0
Kolesterol miktarı	15.9	24.1	44.4	38.5	39.7	37.4
Protein içeriği	17.2	18.4	40.1	50.0	42.7	31.6
Tuz ve sodyum oranı	17.2	24.7	49.6	47.7	33.2	27.6
İçerdiği vitaminler	8.2	15.5	40.5	42.0	51.3	42.5
Lif miktarı	22.8	33.3	44.0	42.0	33.2	24.7
Kalsiyum içeriği	13.4	25.9	49.6	40.2	37.1	33.9
Demir içeriği	12.9	25.9	48.7	40.2	38.4	33.9
Günlük besin ihtiyacını karşılama yüzdesi	22.8	26.4	47.4	48.3	29.7	25.3
Düşük yağlı, light, iyi lif kaynağı gibi ibareler	22.4	28.7	47.0	51.1	30.6	20.1
Yiyeceğin bir porsiyonundaki kalori, protein, yağ gibi beslenme bilgileri	21.1	25.9	46.6	50.6	32.3	23.6
Bir porsiyonun ne kadar olduğu	23.7	28.7	51.7	48.9	24.6	22.4
Sağlık problemleri ile ne derece ilişkili olduğunu belirten cümleler	11.6	17.8	44.4	38.5	44.0	43.7

Bayanlar gıda satın alırken besleyici özelliklere dikkat etme durumu olarak en fazla oranda içerdiği vitaminleri belirtirken, en düşük oranda bir porsiyonun ne kadar olduğunu belirtmişlerdir. Baylar gıda satın alırken besleyici özelliklere dikkat etme durumu olarak en fazla oranda sağlık problemleri ile ilişkili olduğunu bildiren cümleler olduğunu belirtirken, en düşük oranda düşük yağlı, "light", iyi lif kaynağı gibi ibarelerin olduğunu belirtmişlerdir. Aygen [35] yaptığı çalışmasında besin değeri bilgileri içinde en fazla okunan unsurların "enerji (kalori)", "protein içeriği", "içerdiği vitaminler", "lif (posa) miktarı", "az yağlı, "light", iyi posa kaynağı gibi ibareler" ve "karbonhidrat oranı" olduğunu belirtmiştir. %48 oranında katılımcı eşit oranlarda "enerji (kalori)" değerini ve "protein içeriğini", %46 oranında katılımcı "içerdiği vitaminleri", %44 oranında katılımcı eşit oranlarda "lif (posa) miktarını", "az yağlı, "light", iyi posa kaynağı gibi ibareleri" ve "karbonhidrat oranını" "her zaman" ya da "çoğu zaman" okuduklarını ifade etmişlerdir. %25

üzerinde katılımcının "nadiren" okudukları ya da "hiçbir zaman" okumadıkları besin değeri bilgileri ise "doymuş yağ miktarı" (%28), "kolesterol miktarı" (%27) ve "toplam yağ miktarı" (%27) olarak belirtilmiştir. Cinsiyet ile etiket okuma alışkanlığı arasındaki ilişkide, ürün çeşitliliğine göre farklılık görülmüştür. Unlu mamullerde cinsiyet ve etiket okuma alışkanlığı arasında önemli bir ilişki ( $\chi^2=8.00$   $p<0.05$ ) ile hazır çorba ve pudingde cinsiyet ve etiket okuma alışkanlığı arasında önemli bir ilişki ( $\chi^2=11.154$   $p<0.05$ ) bulunmuştur. Bunun yanı sıra kek, bisküvi, çips, patlamış mısır, çikolata ve şekerleme, süt ve ürünleri, ketçap ve mayonez, konserve ürünleri, et ve ürünleri, alkollü ve alkolsüz içecekler, dondurma, dondurulmuş gıda, hazır köfte ve döner ise cinsiyet ile etiket okuma alışkanlığı arasında bir ilişki saptanmamıştır.

Tüketicilerin gıda satın alırken etiket okuma sıklıkları ile gıda türünün ilişkisi Tablo 4'te verilmiştir. Bayanlar ve



baylar en yüksek oranda daima etiket bilgilerini okudukları ürün olarak et ve ürünleri olduğunu, en düşük

oranda daima etiket bilgilerini okudukları ürün olarak alkollü içecekler olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 4. Tüketicilerin gıda satın alırken etiket bilgilerini okuma sıklıkları

Gıdalar	Daima (%)		Bazen (%)		Hiç (%)	
	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek
Kek, bisküvi vb.	37.9	34.5	52.2	55.2	9.9	10.3
Cips, patlamış mısır vb.	40.1	39.7	38.4	38.5	10.8	13.2
Çikolata, şekerleme vb.	47.0	35.6	44.0	53.4	9.1	10.9
Unlu mamüller (makarna, un vb.)	42.2	35.1	47.8	45.4	9.9	19.5
Süt ve ürünleri (süt, yoğurt vb.)	63.4	58.0	31.9	32.2	4.7	9.8
Mayonez, ketçap vb.	46.1	43.1	40.5	40.2	6.0	9.8
Konserve ürünleri	50.4	47.1	37.1	37.4	5.2	8.6
Et ve et ürünleri(sosis, salam vb.)	69.4	64.9	26.7	29.9	2.6	4.0
Hazır çorbalar, pudingler	50.9	36.8	37.5	44.3	6.0	13.2
Alkolsüz içecekler (meyve suyu, soda vb.)	43.5	36.8	48.7	53.4	7.8	9.8
Alkollü içecekler	21.1	17.8	27.2	30.5	21.6	20.7
Dondurma	36.6	32.8	51.3	51.7	12.1	15.5
Dondurulmuş gıda	51.3	46.0	36.2	36.8	3.9	9.8
Hazır köfte, döner vb.	55.2	59.2	32.8	30.5	4.3	5.2

Güneş ve ark.[29] gıda grupları arasında özellikle etiketi "hiç" okunmayanlar arasında en yüksek oran (%62.0) fonksiyonel gıdalar, "bazen" okunan grupta bal ve reçeller (%40.5) olup, "sıklıkla" okunan gıda gruplarından ise süt ve süt ürünleri (%77.0) olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca katılımcıların arasında her ürünün etiketine bakma oranı %33.0 iken, bilinen markalı ürünlerin etiketlerine bakmayanların oranının %40.0 olduğunu belirlenmiştir.

Etiket bilgilerinde içindekileri anlama ile cinsiyet arasındaki ilişki istatistikî açıdan önemsizdir ( $P < 0.05$ ). Bayanların %35.3'ü çok kolay anlaşılır olarak ifade ederken, bayların %31.0'ı çok kolay anlaşılır olarak ifade edilmiştir. Rodolfo ve Nayga [36] tarafından yapılan çalışmada, erkeklerin kadınlardan daha az besin

etiketleri bilgilerini okuduğunu, erkeklerin kadınlara göre besin ve sağlık konularına daha az özen gösterdikleri belirtilmiştir. Cinsiyet ile gıda ürünü satın alırken etiketteki beslenme bilgilerini anlama oranları arasındaki ilişki incelendiğinde istatistikî açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır. Etiketlerdeki düşük yağ, "light" veya iyi lif kaynağı gibi ibareler; etiketteki bir porsiyondaki kalori miktarı ibaresi; etiketteki bir porsiyondaki yağdan gelen enerji miktarı; etiketteki bir porsiyondaki sodyum, yağ gibi besin öğelerinin gram veya miligram değerleri; etiketteki her besin öğesinin günlük ihtiyacı karşılama yüzdesi; etiketteki yağsız ibaresi ile cinsiyet arasında istatistikî açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır ( $P < 0.05$ ). Tüketicilerin besin etiketi üzerindeki beslenme bilgilerini anlama düzeyleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Tüketicilerin besin etiketi üzerindeki beslenme bilgilerini anlama düzeyleri

Beslenme Bilgileri	Çok kolay (%)		Biraz Kolay (%)		Kolay Değil (%)	
	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek
İçindekiler listesi	35.3	31.0	47.8	50.6	16.8	18.4
Düşük yağ, light veya iyi lif kaynağı gibi ibareler	28.9	21.8	50.4	51.1	20.7	27.0
Bir porsiyondaki kalori(enerji) miktarı	37.1	33.9	48.3	47.1	14.7	19.0
Bir porsiyondaki yağdan gelen enerji miktarı	26.3	26.4	52.2	47.7	21.6	25.9
Bir porsiyondaki sodyum, yağ gibi besin öğelerinin gram veya miligram değerleri	15.5	20.1	48.3	47.1	36.2	32.8
Her besin öğesinin günlük ihtiyacı karşılama yüzdesi	25.0	22.4	51.7	54.0	23.3	23.6
Etiketlerin üzerindeki yağsız ibaresi	34.9	35.6	47.0	45.4	18.1	19.0

Cinsiyet ile besin etiketleri üzerindeki beslenme bilgilerinin önemine katılma oranı arasındaki ilişki istatistikî açıdan önemli değildir ( $P < 0.05$ ). Besin etiketleri üzerindeki beslenme bilgilerinin önemine katılma oranı hemen hemen aynıdır. Bayanların %73.3'ü besin etiketleri üzerindeki beslenme bilgilerinin önemine katılırken, bayların besin etiketleri üzerindeki beslenme bilgilerinin önemine katılma oranı %75.3'dür. Stran ve Knol [26] ise kadın bireylerin gıda alımına karar verirken sağlık beyanlarına, içeriğine, porsiyon büyüklüğüne erkeklere göre daha sık baktıklarını belirtmişlerdir.

Cinsiyet ile sağlıklı bir diyet seçmek için besin etiketlerini nasıl kullanacağını bildiğim için kendimi güvenli

hissediyorum sorusuna verilen cevaplar incelendiğinde istatistikî açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır ( $P < 0.05$ ). Bayanların %42.2'si sağlıklı bir diyet seçmek için besin etiketlerini nasıl kullanacağını bildiği için kendini güvenli hissederken, bayların %43.1'i sağlıklı bir diyet seçmek için besin etiketlerini nasıl kullanacağını bildiği için kendini güvenli hissettiklerini ifade etmişlerdir. Aygen [34] çalışmasında katılımcıların dörtte üçünden fazlasının "gıda maddelerinin, eğer varsa sağlıklı alternatifini seçerim", "genel olarak, sağlık ve beslenme konularında bilgiliyim", "sağlıklı bir diyet seçmek için gıda etiketlerini nasıl kullanacağımı bilmek kendime güven veriyor" ifadelerine "kesinlikle katıldıkları" ya da

“katıldıkları” tespit etmiştir. Gözener ve ark. [37] çalışmalarında öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun (%90.38) satın aldıkları gıda ambalajı üzerindeki etiketlerde öncelikli olarak son kullanma tarihine, %45.67’sinin üretim tarihine, %45.19’unun içindekiler kısmına, %12.98’inin logolara ve %9.13’ünün ise ağırlığına dikkat ettikleri belirlemiştir. Bu sonuçlara göre, bilinçli bir tüketim şeklinin olduğunu ifade etmişlerdir.

Tüketicilerin besin etiketi konusundaki düşünceleri Tablo 6’da verilmiştir. Cinsiyet ile besin etiketleri üzerindeki beslenme bilgilerini yorumlama arasındaki ilişki incelendiğinde istatistikî açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır. Bayanların %51.3’ü besin etiketleri üzerindeki beslenme bilgilerini yorumlamanın zor olduğunu belirtirken, bayların %46.0’ı besin etiketleri üzerindeki beslenme bilgilerini yorumlamanın zor olduğunu belirtmişlerdir. Albayrak [38] Ankara ilinde yaptığı bir araştırmada, tüketicilerin %96’sının gıdaların

ambalajlı olması gerektiğini savunurken, %37.7’si etiket bilgilerinin yeterli olmadığını (kullanma ve saklama bilgilerini yetersiz görmekte, son kullanma tarihi ve içeriklerini güvenilir bulmamakta, bilgiler okunaklı olmamakta – silinebilmekte), %94.4’ü yasalar hakkında bilgisiz olduklarını, %53.4’ü barkodun anlamını bilmediklerini belirtmiştir. Bayanların %54.3’ü besin etiketlerini okumak benim ayırabileceğimden daha çok zaman harcamak gerekiyor diye ifade ederken, bayların %50.6’sı besin etiketlerini okumak benim ayırabileceğimden daha çok zaman harcamak gerekiyor diye belirtmişlerdir. Cinsiyet ile arasındaki ilişki incelendiğinde istatistikî açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır. Ünüsan [39] çalışmasında etiket okumayan bir kısım tüketicinin yeterli zamanları olmadığını, tanımlamaları anlayamadıklarını, anlamlarının zor olduğu ya da beslenme konusu ile ilgilenmedikleri için etiket bilgisi okumadıklarını tespit etmiştir.

Tablo 6. Tüketicilerin besin etiketi konusundaki düşünceleri

Besin etiketinin etkinliği	Katılıyorum (%)		Kararsızım (%)		Katılmıyorum (%)	
	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek
Besin etiketleri üzerindeki beslenme bilgileri benim için çok faydalıdır	73.3	75.3	22.0	17.8	4.7	6.9
Sağlıklı bir diyet seçmek için besin etiketlerini nasıl kullanacağımı bildiğim için kendimi güvende hissediyorum	42.2	43.1	43.5	39.7	14.2	17.2
Besin etiketleri üzerindeki beslenme bilgilerini yorumlamak zor	51.3	46.0	33.6	37.4	15.1	16.7
Besin etiketlerini okumak için benim ayırabileceğimden daha çok zaman harcamak gerekiyor	54.3	50.6	23.3	23.0	22.4	26.4
Besleyici bir diyet seçmek için besin etiketlerini nasıl kullanacağımı daha çok bilmeyi isterdim	80.2	71.8	15.9	19.0	3.9	9.2
Besin etiketleri üzerindeki bilgiler nedeni ile bazen yeni yiyecekler denerim	38.4	43.1	33.2	31.0	28.4	25.9
Besin etiketlerini kullandığım zaman yiyecek seçimini daha iyi yaparım	65.9	64.9	22.4	27.0	11.6	8.0
Gıda seçiminde sağlık sorunları besin etiketini okumada etkindir.	70.7	74.1	21.6	17.8	7.8	8.0

Cinsiyet ile besleyici bir diyet seçmek için besin etiketlerini nasıl kullanacağımı daha çok bilmeyi isterdim ifadesine katılma oranı incelendiğinde önemli bir ilişki ( $\chi^2=5.990$   $p<0.05$ ) saptanmıştır. Bayanların %80.2’si besleyici bir diyet seçmek için besin etiketlerini nasıl kullanacağımı daha çok bilmeyi isterdim derken, bayların %71.8’i besleyici bir diyet seçmek için besin etiketlerini nasıl kullanacağımı daha çok bilmek isterdim diye belirtmişlerdir. Aygen [35] çalışmasında “sağlıklı bir diyet seçmek için gıda etiketlerini nasıl kullanacağımı bilmem kendime güven veriyor” sorusuna ankete katılanların %76’sı kesinlikle katıldıklarını, “gıda etiketleri üzerindeki besin değeri (enerji ve besin öğeleri) bilgilerini yorumlamak zor”, “gıda etiketleri üzerindeki bilgiler nedeniyle bazen yeni yiyecekler denerim”, “besleyici bir diyet seçmek için gıda etiketlerini nasıl kullanacağımı daha çok bilmeyi isterdim” ve “sağlıklı olmak benim için önemli olduğundan gıda etiketlerini mutlaka okurum” sorularına ise %75 oranında ise katıldıklarını belirtmiştir. Katılımcıların %72’sinin “gıda etiketlerini okumak, ayırabileceklerinden daha çok zaman gerektirmekte” olduğunu, %70’inin ise eşit oranlarda “yiyecek seçerken kendi bilgilerine güvenmektense içlerinde ne olduğunu belirten yiyecek etiketlerine bakmayı tercih etmekte” ve

“gıda etiketlerini kullandıkları zaman yiyecek seçimini daha iyi yaptıklarını düşünmekte olduğunu ifade etmiştir.

Bayanların %38.4’ü besin etiketleri üzerindeki bilgiler nedeniyle bazen yeni yiyecekler denediklerini belirtirken, bayların %43.1’i besin etiketleri üzerindeki bilgiler nedeniyle bazen yeni yiyecekler denediklerini belirtmişlerdir. Bu durumda cinsiyet ile istatistikî açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır. Bayanların %65.9’u besin etiketlerini kullandıkları zaman yiyecek seçimini daha iyi yaptıklarını ifade ederken, bayların %64.9’u besin etiketlerini kullandıkları zaman yiyecek seçimini daha iyi yaptıklarını ifade etmişlerdir. Bu bilgi ile cinsiyet arasında istatistikî açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır. Gün ve Orhan [40] çalışmalarında insan beslenmesinde oldukça önemli bir yeri olan süt ve ürünlerinin satın alınması sırasında, tüketicilerin ürün etiket bilgi düzeyini inceleme durumlarının tespitini hedeflemişler ve elde edilen bulgular doğrultusunda kadınların erkeklere nazaran daha duyarlı tüketiciler olduğunu, eğitim düzeyi arttıkça bilgi düzeylerinin ve tüketici tercihlerinin değiştiğini belirtmişlerdir. Aygen [35] çalışmasında katılımcıların %70’i “yiyecek seçerken kendi bilgilerine güvenmektense içlerinde ne olduğunu belirten yiyecek etiketlerine bakmayı tercih etmekte” ve

“gıda etiketlerini kullandıkları zaman yiyecek seçimini daha iyi yaptıklarını düşünmektedir” şeklinde belirtmiştir. “Satın aldığım gıdaların sağlık ya da besin değeri beni ilgilendirmez” (%69) ve “aldığım gıdaların sağlık ya da besin değerleri hususunda genellikle endişe etmem” (%69) oranlarının da bir hayli yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu bulguların ışığında, çoğu tüketicinin sağlıklı beslenmeye ve gıda etiketlerine ilişkin tutumlarının genel olarak olumlu olduğu ve kendilerini etiket okumaya yönlendirecek uygun yollar bulunabildiği takdirde bilgilenmeye açık olduklarını ifade etmiştir. Ankete katılan bayanların %70.7’si gıda seçiminde sağlık sorunlarının besin etiketini okumada etken olduğunu ifade ederken, bayların %74.1’i gıda seçiminde sağlık sorunlarının besin etiketini okumada etken olduğunu ifade etmişlerdir. Cinsiyet ile gıda seçiminde sağlık sorunları besin etiketini okumada etken olma durumu arasındaki ilişki incelendiğinde istatistikî açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır. Lewis [41] beslenmeye bağlı hastalığı olan bireylerin olmayanlara göre etiketleri daha sık ve daha ayrıntılı okudukları belirlenmiştir. Özellikle belli tüketici gruplarını (kalp rahatsızlığı olanlar, şeker hastaları, tansiyon hastaları, gıda alerjisi olanlar, hamileler, yaşlılar...) ilgilendiren bilgiler, söz konusu grupların rahatlıkla anlayabileceği ve faydalanabileceği şekilde belirtilmelidir [16].

## SONUÇ

Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesinde yaşayan tüketicilerin besin etiketi okuma alışkanlıklarını ve etiket okumanın gıda tercihlerine etkisini ve bu parametrelere cinsiyetin etkisini belirlemek için yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

Bayanların etiket bilgisine daha çok dikkat ettiği ve yazılı ifadelerin daha etkin olduğu, etiket bilgisini yorumlamada televizyonun daha önemli kaynak olduğu, beslenme ile ilgili sağlık sorunlarının etiket okumada etkili olduğu saptanmıştır. Televizyonda yayınlanacak programlar halkın bilinçlendirilmesinde faydalı olabilir. Etiketlerin kolay ve hızlı bir şekilde anlaşılabilir, standart ve basit halde sunulması etiketlerin daha çok okunmasında etken olabilir. Etiketler bireyler için sağlıklı beslenme konusunda yönlendirici olabilir. Etiket okuma bilincinin yerleştirilmesi ile sağlıklı bir diyet gerçekleştirilebilir. Özellikle risk grubundaki bireyler başta olmak üzere tüm bireylere yönelik eğitimlerin düzenlenmesi önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Glanz, K., Mullis, R., Snyder A. (1989). Point of choice nutrition information, federal regulations and consumer health education: A critical view. *Journal of Nutrition Education*, 21(2), 95-99.
- [2] Özgen, L. (2004). Tüketicilerin besin etiketi okuma alışkanlıkları, beslenme etiketi ve ambalaj tercihleri ile ilişkili faktörler. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [3] Çakırcı, Ç., Yardımcı, H., Aydın, B. (2016). Hastanede çalışan bireylerin besin etiketi okuma durumlarının değerlendirilmesi. 1. Uluslararası

- Kadın Çocuk Sağlığı ve Eğitimi Kongresi, 14-15 Nisan 2016, Kocaeli.
- [4] Coşkun, F., Kayışoğlu, S. (2016). Besin etiketi okuma alışkanlıklarına tüketici yaşının etkisinin araştırılması. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 4876-4890.
- [5] Cheftel, J.C. (2005). Food and nutrition labeling in the European Union. *Food Chemistry*, 93, 531-550.
- [6] Çelik, M. (2010). Tokat ilinde gıda alışverişi esnasında halkın etiket okuma alışkanlığının saptanması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Aile Ekonomisi ve Beslenme Eğitimi Bilim Dalı, Ankara.
- [7] T.G.K., (2017). Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği. Resmi Gazete, 29960.
- [8] Demirci, A., Demirci, A. (2013). Kozmetik ürün etiketlerindeki sembollerin bilinirliği. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 136-45.
- [9] Emeksiz, F., Albayrak, M., Güneş, E., Özçelik, A., Özer, O.O., Taşdan, K. (2005). Türkiye’de tarımsal ürünlerin pazarlama kanalları ve araçların değerlendirilmesi. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, Ocak 3-7, 2005, Ankara, Türkiye, 2, 1155-1171p.
- [10] Kızılaslan, N., Kızılaslan, H. (2008). Tüketicilerin satın aldıkları gıda maddeleri ile ilgili bilgi düzeyleri ve tutumları (Tokat İli Örneği). *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 67-74.
- [11] Einsiedel, E. (2000). Consumers and gm food labels: providing information or sowing confusion? *AgBio Forum*, 3(4), 231-235.
- [12] Peters-Teixeira, A., Badrie, N. (2005). Consumers’ perception of food packaging in Trinidad, West Indies and its related impact on food choices. *International Journal of Consumer Studies* 29(6), 508-514.
- [13] Çinpolat, C. (2006). Tüketicilerin besin etiketleri üzerindeki bilgilere ilişkin tutum ve davranışlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [14] Özgül, E., Aksulu, İ. (2006). Ambalajlı gıda ürünlerinde tüketicilerin etiket duyarlılığındaki değişimler. *Ege Akademik Bakış* 6, 1-10.
- [15] Aygün, E. (2007). Ambalajın tüketici satın alma davranışı üzerindeki etkisi: Gıda maddeleri üzerinde bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- [16] Karabiber, C., Hazer, O. (2010). Tüketicilerin bilgi kaynağı olarak gıda ürünlerindeki etiketi okuma ve anlamada karşılaştıkları sorunların incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Tüketici-Pazar-Araştırma-Danışma Test ve Eğitim Merkezi Tüketici Yazıları II: 253-270.
- [17] Kim, S.Y., Nayga R., Capps, O. (2001). Food label use, self-selectivity and diet quality. *Journal of Consumer Affairs* 35, 346-363.
- [18] Williams, P., Stirling, E., Keynes, N., 2004. Food fears: a national survey on the attitudes of Australian adults about the safety and quality of food. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 13(1), 32-39.

- [19] Badrie, N., Joseph, A., Chen, A. (2004). An observational study of food safety practices by street vendors and microbiological quality of street-purchased hamburger beef patties in Trinidad, West Indies. *Internet Journal of Food Safety*, 3, 25-31.
- [20] Miran, B. (2002). Temel İstatistik. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, İzmir. 314s.
- [21] Micthel, P.M., Karlund, M.K., Finan, A., Johnson, J. (1994). Food label reading habits of WIC clients. *Journal of Nutrition Education*, 26(3), 146-148.
- [22] Özgen, L. (2007). Tüketicilerin besin etiketi tercihleri. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21, 117-127.
- [23] Jacqueline, L.T., Donald, A. (1995). Consumer preferences for safe handling labels on meat and poultry. *The Journal of Consumer Affairs*, 29(1), 108-127.
- [24] Satia, J.A., Galanko, J.A., Neuhaus, M.L. (2005). Food nutrition label use is associated with demographic, behavioral, and psychosocial factors and dietary intake among African Americans in North Carolina. *Journal of The American Dietetic Association*, 105(3), 392-402.
- [25] Campos, S., Doxey, J., Hammond, D. (2011). Nutrition labels on pre-packaged foods: a systematic review. *Public Health Nutrition*, 14, 1496-1506.
- [26] Stran, K.A., Knol, L.L. (2013). Determinants of food label use differ by sex. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113, 673-79.
- [27] Govindasamy, R., Italia, J. (2000). The influence of consumer demographic characteristics on nutritional label usage. *Journal of Food Production Marketing*, 5(4), 55-68.
- [28] Aksulu, İ. (2001). Tüketicide sağlığını koruma bilinci ve satın alma noktasında tüketici tutumları: Ambalajlı gıda ürünleri üzerine bir araştırma. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1), 15-127.
- [29] Günes, F.E., Aktaç, Ş., İrem, B., Korkmaz, O. (2014). Tüketicilerin gıda etiketlerine yönelik tutum ve davranışları. *Akademik Gıda*, 12(3), 30-37.
- [30] Besler, H.T., Buyuktuncer, Z., Uyar, M.F. (2012). Consumer understanding and use of food and nutrition labeling in Turkey. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 44, 584-91.
- [31] Badrie, N., Gobin, A., Dokeran, S., Duncan, R. (2006). Consumer awareness and perception to food safety hazards in Trinidad, West Indies. *Food Control*, 17, 370-377.
- [32] Jay, L.S., Comar, D., Govenlock, L.D. (1999). National Australian food safety telephone survey. *Journal of Food Protection*, 62(8), 921-928.
- [33] Onurlubaş, E. (2015). Tüketicilerin gıda güvenliği konusunda bilinç düzeylerinin ölçülmesi: Tokat ili örneği. Doktora Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Tokat.
- [34] Topuzoğlu, A., Hıdıroğlu, S., Ay, P., Önsüz, F., İkişik, H. (2007). Tüketicilerin gıda ürünleri ile ilgili bilgi düzeyleri ve sağlık risklerine karşı tutumları. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 6(4), 253-258.
- [35] Aygen, F.G. (2012). Attitudes and behavior of consumers related to the inspection of food labels. *Journal of Business Research-Türk*, 4(3), 28-54.
- [36] Rodolfo, M., Nayga, J.R. (2000). Toward an understanding of consumers perceptions of food label. *International Food and Agribusiness Management Review*, 2(1), 29-45.
- [37] Gözener, B., Büyükbay, E.O., Sayılı, M. (2009). Gıda güvenliği konusunda öğrencilerin bilgi düzeylerinin incelenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 45-53.
- [38] Albayrak, M. (2000). Ankara ilinde gıda maddeleri paketlenme ve etiketlenme bilgileri hakkında tüketicilerin bilinç düzeyinin ölçülmesi, gıda maddeleri alım yerleri ve ambalaj tercihleri üzerine bir çalışma. Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayınları, ISBN 975-93976-4-1, Ankara.
- [39] Ünüsan, N. (2004). Preschool teachers' attitudes towards nutritional information on food labels in Turkey and recommendations for an educational programme. *Early Child Development and Care*, 174(7), 629-638.
- [40] Gün, İ., Orhan, H. (2011). Süt ve ürünleri tüketicilerinin etiket bilgi düzeylerinin incelenmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 45-51.
- [41] Lewis, J.E. (2009). Food label use and awareness of nutritional information and recommendations among persons with chronic disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90, 1351-57.

## ***Stevia rebaudiana* Bitkisinin Tatlandırıcı, Antioksidan ve Antimikrobiyal Özellikleri**

Şeyda Karagöz<sup>1</sup> ✉ , Aslıhan Demirdöven<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Zile Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Bölümü, Tokat

<sup>2</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat

Geliş Tarihi (Received): 11.03.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 01.04.2017

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [seyda.karagoz@gop.edu.tr](mailto:seyda.karagoz@gop.edu.tr) (Ş. Karagöz)

☎ 0 356 317 50 78 (6285) 📠 0 356 317 50 79

### ÖZ

Şeker otu olarak da bilinen *Stevia rebaudiana*, tatlandırıcı ve tedavi edici özelliklerinden dolayı milyonlarca insan tarafından yıllardır kullanılmaktadır. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda araştırmacılar stevia bitkisinin gıda sektöründe kullanılması mümkün olan çeşitli özelliklerini de rapor etmişlerdir. *Stevia rebaudiana* yaprakları bütün besin maddelerini az da olsa içermektedir. Ancak bu bitkiye sakkarozdan 100 ile 300 kat tatlılık özelliği kazandıran en önemli bileşikler steviol glikozitlerdir. Ayrıca stevia yapraklarında gıdaya antimikrobiyal ve antioksidan özelliği kazandıran flavonoidler ve fenolik bileşiklerin olduğu da belirtilmiştir. Bu durum stevia'nın tatlandırıcı olarak kullanılmasının yanı sıra farklı amaçlarla da kullanılabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada, *Stevia rebaudiana* bitkisinin tatlandırıcı, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin derlenmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Stevia rebaudiana*, Antimikrobiyal, Antioksidan, Tatlandırıcı

### **Sweetener, Antioxidant and Antimicrobial Properties of *Stevia rebaudiana***

#### ABSTRACT

*Stevia rebaudiana*, also known as sugar grass, has been used by millions of people for years because of its sweetening and therapeutic properties. In a number of studies conducted, researchers also reported various properties of stevia plant which can be used in food industry. *Stevia rebaudiana* leaves contain all nutrients at different concentrations but steviol glycosides, that give 100 to 300 times the sweetness of sucrose, are the most important compounds in this plant. It is also stated that there are flavonoids and phenolic compounds that give antimicrobial and antioxidant properties to food in stevia leaves. This shows that stevia can be used for different purposes as well as a sweetener. The purpose of this study was to review the sweetener, antioxidant and antimicrobial properties of *Stevia rebaudiana*.

**Keywords:** *Stevia rebaudiana*, Antimicrobial, Antioxidant, Sweetener

#### GİRİŞ

Tıbbi aromatik bitkiler, hastalıkları önlemek, iyileştirmek ve sağlığı devam ettirmek için insanlık tarihinin başlangıcından beri kullanılmaktadır [1]. Bunun yanında gıda, parfüm ve kozmetik gibi birçok sanayi dalında da

kullanım alanı bulmaktadırlar [2] Ayrıca bu alanlarda tıbbi bitkilere verilen önem giderek artmaktadır. Son yıllarda araştırmacılar gıda endüstrisinde antimikrobiyal etkileri, serbest radikalleri nötralize etme yeteneği, tatlandırıcı özelliği ve bunun gibi daha birçok farklı etkilerinin olması nedeniyle, stevia (*Stevia rebaudiana*)

üzerinde durmakta ve bu bitki ile ilgili çalışmaları literatüre kazandırmaktadırlar [3, 4, 5]. Güney Amerika orijinli stevia bitkisinin ekstraktları kalorisiz, doğal tatlandırıcı (özellikle geleneksel içecekleri tatlandırmada) olarak yıllardır Japonya, Çin, Kore ve Brezilya başta olmak üzere birçok ülkede kullanılmaktadır. Stevia'nın diğer tatlandırıcılardan farklı olmasının başlıca nedenleri ısıya dayanıklı olması, toksik olmaması, ağızda acı tat bırakmaması ve lif içeriğinin yüksek olmasıdır [6, 7]. Ayrıca stevia'nın tatlandırıcı özelliği glikozitlerin yüksek tatlılık ve düşük kalori özelliklerinden kaynaklanmaktadır [8, 9]. *Stevia rebaudiana* yaprakları, tetrasiklik diterpen steviolden türetilen sekiz farklı glikozitin yüksek konsantrasyonlarını ( $\geq 30\%$ ) içerebilmektedir [9, 10]. Bu nedenle stevia, sakkarozdan 300 kat daha tatlıdır. Ayrıca kalori içermez, kan şekeri seviyesinde ani değişimlere neden olmaz [11]. Steviol glikozitler tatlılık verme amacıyla kullanılmakla birlikte, gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında tatlılığını koruma ve farklı işlem koşullarında stabiliteyi kaybetmeme gibi özellikleri açısından da üreticilere avantaj sağlamaktadır [12]. Stevia yaprakları steviol glikozitlere ek olarak antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip fenolik bileşikler, C vitamini, karotenoidler ve klorofilleri yüksek miktarda içerirler [13-17]. *S. rebaudiana* yaprak ekstresi doğal bir antioksidan ajan olarak kullanıma potansiyeline sahiptir [18]. Özellikle stevia sulu ekstraktlarının, gıdalarda kullanılan katkı maddelerinin zararlı etkilerini azaltabileceği düşünülmektedir [13, 17]. Bu düşünce fenolik bileşiklerin antioksidan özelliği göstermesinden ileri gelmektedir [19, 20]. Stevia yapraklarında yüksek antioksidan kapasitesi gösteren 18 fenolik bileşik mevcuttur [16]. Stevia yapraklarının antioksidan özelliği, folik asit, pirogalol, flavonoidler ve fenolik bileşiklerin yüksek seviyelerinden kaynaklanmaktadır [16, 21, 22]. Stevia yapraklarında potansiyel antimikrobiyal özelliği ile bilinen inulin tipi fruktooligosakkaritler, tanninler, esansiyel yağ asitleri ve diğer aromatik maddeler gibi bir çok kimyasal bileşik bulunmaktadır [23, 24]. Bu nedenle stevia'nın materyal olarak kullanıldığı birçok çalışmada mikroorganizmalar üzerinde antibakteriyel ve antifungal etkilerine rastlamak mümkündür. Literatürde, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* [25] *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli* [26], *A. flavus*, *F. verticillioideus* [27] *Epidermophytonsp.*, *Candida albicans* ve *Trichophyton mentagrophytes* [28] gibi mikroorganizmaları kapsayan çalışmalar mevcuttur.

## STEVİANIN KİMYASAL BİLEŞİMİ

*S. rebaudiana* bitkisinin kimyasal yapısını belirleme çalışmaları 20. yy'ın başlarında başlamıştır [29]. Stevia, şeker otu yapraklarının kurutulup öğütülmesi ile elde edilen toz şeker otu, konsantre şeker otu ekstraktı ve toz şeker otu ekstraktı olarak kullanılabilir [30]. Stevia yapraklarından kurutulmuş elde edilen ekstraktlar; flavonoid, alkaloit, suda çözünen klorofil ve ksantofil, hidroksisinnamik asit (kafeik, klorojenik vs.), nötral suda çözünen oligosakkarit, serbest şeker, aminoasit, esansiyel yağlar ve iz elementleri (alüminyum, demir, çinko vs.) içermektedir. İçerdiği bazı besin öğeleri ve miktarları Tablo 1'de verilmiştir [31].

Stevia yaprakları sakkarozdan daha tatlı olan steviosit, rebaudiosit A, B, C, D, E ve dulcosit-A glikozitleri içermektedir. Bu glikozitlerden steviosit ve rebaudiosit A özellikle tatlandırıcı olarak önem arz etmektedir [30, 33]. *S. rebaudiana* yaprakları; ent-kauren glikozitlere ek olarak askorbik asit,  $\beta$ -karoten, krom, kobalt, magnezyum, demir, potasyum, fosfor, riboflavin, tiamin, çinko, stigmasterol,  $\beta$ -sitosterol, kampesterol ve çeşitli flavonoidler içermektedir [34, 35].

Stevia, elzem aminoasitlerce, mineral ve lifçe zengindir [29]. Mohammad ve arkadaşları [36], stevia yapraklarından glutamik asit, aspartik asit, lizin, serin, alanin, prolin, tirozin, izolösin ve metiyonin gibi 9 esansiyel amino asit tespit edilmişlerdir. Abou-Arap ve ark. [37] tarafından, 17 aminoasit tanımlanmıştır [38].

Kurutulmuş stevia yaprakları 1.9 -5.6 g /100g arasında lipid ihtiva etmektedir [39]. Ağırlıklı olarak palmitik (27.51-29.5 g/ 100g), linoleik asit (21.59-32.6 g /100g) ve ayrıca linolenik, oleo palmitik, stearik ve oleik asitleri içermektedir. Stevia yapraklarının antioksidan özelliği olduğu bilinen polifenolik bileşikleri ihtiva ettiği de bilinmektedir [38].

Steviada bulunan mineraller ise sırası ile kalsiyum (464.4 mg/100g), fosfor (11.4 mg/100g), demir (55.3 mg/100g), sodyum (190 mg/100g) ve potasyum (1800 mg/100g)'dur. Bu bulgular stevia'nın, sağlığını korunması ve birçok metabolik prosesin düzenlenmesi için gerekli olan mineralleri içeren bir bileşen olduğu görüşünü desteklese de, stevia'nın yüksek oksalik asit içeriği, kalsiyum, demir ve yeşil yapraklı bitkilerde bulunan diğer besin öğelerinin biyoyararlılığının azalmasına neden olan anti-besinsel bir özelliği olarak ortaya çıkmaktadır [29, 32, 40].

## TATLANDIRICI ÖZELLİĞİ

Dünyada kabul gördüğü haliyle "tatlandırıcı" ifadesi, tatlılık veren her çeşit madde için kullanılmaktadır. Tatlandırıcılar, kimyasal yapılarına göre kalorili olan karbonhidrat türü tatlandırıcılar ve kalorili olmayan alternatif tatlandırıcılar olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır [40]. Şekil 1'de görüldüğü üzere stevia yüksek yoğunluklu alternatif gıda tatlandırıcılar arasında yer almaktadır. Gıda tatlandırıcı ve gıda katkı maddesi olarak bilinen stevia, 1970'lerden beri Japonya'da yapılan üretim ve işleme çalışmalarıyla tüm dünyada milyonlarca insan tarafından kullanılmaktadır [41].

Bunun yanında ABD'de stevia'nın bir gıda katkısı olarak kullanılması 1987'de yasaklanmış ancak 1995 yılında bitkinin, bir diyabet ürünü ve 2008'den sonra tatlandırıcı olarak kullanılmasına izin verilmiştir [26, 43]. Avrupa Birliği (AB) tarafından, Aralık 2011'den bu yana steviol glikozitlerinin (E960) gıda katkı maddesi ve tatlandırıcı olarak kullanılmasına izin verilmiş ve stevia glikozitleri için günlük alım miktarını 4 mg/kg vücut ağırlığı olarak belirlemiştir, ayrıca çeşitli gıda kategorilerindeki kullanımı, özel tıbbi amaçlı ve kilo kontrolü için gıda takviyesi ve diyet gıdaları, aromalı fermente süt ürünleri, dondurma, çikolata ürünleri, ince fırıncılık ürünleri,

marmelat, meyve nektarı, aromalı içecekler için uygun görülmüştür [44, 45]. Ülkemizde ise 30.06.2013 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanan (28693 sayılı), Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne

göre steviol glikozitlerin (E 960) Türkiye'de tatlandırıcı olarak kullanımına izin verilmiştir [43].

Tablo 1 Stevia bitkisinin besin içeriği (kuru madde esasına göre 100 g'da) [29,32]

Bileşen adı	Miktarı
Nem (g)	7
Enerji (kcal)	270
Protein (g)	9.8
Yağ (g)	2.5
Karbonhidrat (g)	52
Kül (g)	10.5
Ham lif	18.5
Mineraller	
-Kalsiyum (mg)	464.4
-Fosfor (mg)	11.4
-Demir (mg)	55.3
-Sodyum (mg)	190
-Potasyum (mg)	1800
Anti Besinsel Faktörler	
-Okzalik asit (mg)	2295
-Taninler (mg)	0.01

Stevia yapraklarında bulunan tatlılık bileşikleri diterpen glikozit (steviosit (%4-13), rebaudiosit A (%2-4), rebaudiosit C (%1-2), dulcosit A (%0.4-0.7) ve steviol monosit, rubusosit, steviol biyosit, rebaudiosit B ve rebaudiosit F gibi daha az oranda mevcut tiplerinde steviol glikozitler) bileşiklerdir [11, 26]. Önemli bir bitki hormonu olan gibberellik asidin başlangıç aşamasına çok benzeyen bir oluşum mekanizması kullanılarak sentez edilirler. Steviol glikozit ve gibberellin mekanizmaları ara bileşik kauren sentezinden sonra ayrılır. Steviadaki lauren steviola (tatlı glikozitin temel yapısı) dönüştürülür, daha sonra esas tatlandırıcıları oluşturmak için glikolize veya rhaminoz edilirler [46]. Burada esas ana tatlandırıcı bileşik steviosittir. Bununla birlikte steviosit tatlı olmasına rağmen yapısındaki esansiyel yağlar, taninler ve flavonoidlerden dolayı ağızda istenmeyen acımsı bir tat bıraktığından bunu engellemek için izomaltaz  $\beta$ -galaktosidaz veya dekstrin sakkaraz ile enzimatik modifikasyon gerçekleştirilir [35, 39, 47]. Ayrıca steviada diğer tatlandırıcı bileşikler de mevcut olmakla birlikte düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Bitkinin yetiştirme şartları ve çeşidine bağlı olarak kuru yapraklardaki ağırlıkları %4-20 arasında değişmektedir [6,48].

Stevia daha öncede belirtildiği gibi kalori içermeyen sağlıklı bir tatlandırıcıdır. Bu avantajının yanı sıra stevianın birçok yiyecek üretiminde yer alabilmesinin en önemli sebeplerinden biri, steviosit bileşenlerinin yapısının özellikle 95°C sıcaklıkta sabit kalmasının pişirme açısından avantaj sağlamasıdır [49, 50]. Ayrıca üretim esnasında stevia ekstraktının fermente olmadığı gibi pişirme ve fırınlama işlemlerinde esmerleşme reaksiyonlarına katılmadığı tespit edilmiştir [37, 49, 51]. Tüm bu özelliklerinden ötürü tatlılık ve diğer tatlandırıcılarla sinerjik etkiye sahip *Stevia rebaudiana* yapraklarından elde edilen glikozit son on yılda dikkatleri üzerine çekmektedir [52]. Literatürde stevia yapraklarının diğer tatlandırıcılara karşı avantaj ve dezavantajlarını tespiti üzerine birçok çalışma

mevcuttur. Bu çalışmalarda, stevia yapraklarının, ürünlerin birçok yönden kalite kriterlerini olumsuz yönde etkilemediği ancak bazı ürünlerde miktar arttıkça lezzetin olumsuz yönde etkilenebileceği belirtilmiştir [29, 31, 53, 54].

### ANTIOKSIDAN ÖZELLİĞİ

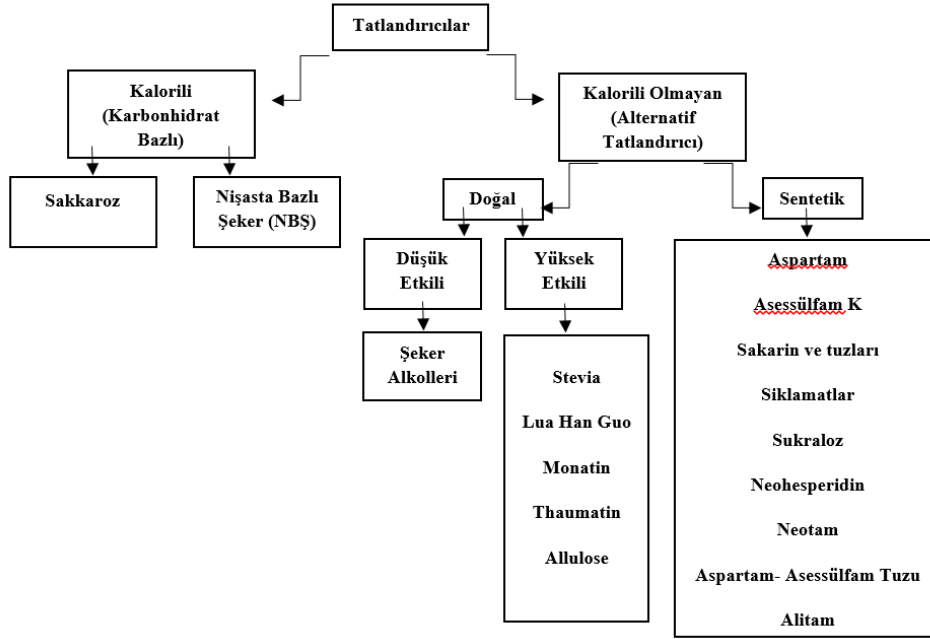
Antioksidanlar, otookside olabilir materyallerin oksidasyon başlangıcını geciktiren veya oksidasyon hızını azaltan maddelerdir. Gerek doğal ve gerekse sentetik yüzlerce bileşiğin antioksidan özelliklere sahip olduğu bilinmektedir [55, 56]. Antioksidanlar başlıca dört yolla oksidanları etkisiz hale getirirler [57]; 1- Süpürme etkisi (scavenging): Oksidanları daha zayıf yeni bir moleküle dönüştürerek etkisizleştirir. Antioksidan enzimler ve mikromoleküller bu yolla etki eder; 2- Söndürme etkisi (quenching): Oksidanlara bir hidrojen aktararak inaktive etmesidir. Vitaminler, flavonoidler, trimetazidin ve mannitol bu şekilde etki eder; 3- Zincir reaksiyonlarını kırma etkisi (chain breaking): Hemoglobin, serüloplazmin ve ağır mineraller oksidanları kendilerine bağlar ve inaktive eder; 4- Onarma etkisi (repair): Oksidatif hasar görmüş biyomolekülleri onarırlar.

Bununla birlikte görülen antioksidan aktiviteler; C vitamini, fenolik bileşikler, karotenoidler ve E vitamini gibi bileşiklerden kaynaklanmaktadır [56]. Ruiz ve arkadaşları *S. rebaudiana* yapraklarının antioksidan özelliğinin klorofil, karotenoid, fenolik bileşikler ve flavonoidler gibi polar bileşiklerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Fenolik bileşikler, fenolik asitler ve flavonoidler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Flavonoidler, bitkisel çayların, meyve ve sebzelerin doğal yapılarında bulunan polifenolik antioksidanlardır [59]. Fenolikler en aktif doğal antioksidanlardan olup, antioksidan etkilerini serbest radikalleri bağlama, metallerle şelatları oluşturmaları ve lipoksijenaz enzimini inhibe etmeleri ile gerçekleştirmektedirler [60, 61] ve stevia yapraklarında



fenolik bileşikler, flavonoidler gibi antioksidan bileşiklerin olduğu belirtilmektedir [54]. Stevia'da bulunan mevcut

antioksidan bileşikler tablo 2 de verilmiştir.



Şekil 1. Tatlandırıcıların sınıflandırılması [40, 42]

Stevia kuru yaprak ekstraktlarının toplam pigment, toplam fenolik ve flavonoidler içeriklerinin sırasıyla 17.7-24.3 mg/g, 28.7-28.4 mg/g ve 39.3-36.7 mg/g arasında bulunduğu belirtilmiştir. Troloks eşdeğer antioksidan kapasitesinin (TEAC) 618.5-623.7 mM/mg arasında ve 1-1-difenil 2-pikril hidrazil (DPPH) dekolorizasyon değerinin %86.4-84.3 arasında değiştiğini ve çeşitler arasında (Morita II ve Criolla) önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca β-karoten ağartma inhibisyonunun %62.3-77.9, indirgeme gücünün %85.2-86 ve şelatlama aktivitesinin Cu<sup>2+</sup> için %57.3-59.4 ve Fe<sup>2+</sup> için %52.2-54.4 arasında değiştiği rapor edilmiştir [58]. Ayrıca, Kim ve arkadaşlarına göre [21], stevia yapraklarının (kateşin) sulu ekstraktında toplam fenolik bileşikler 130.67 g/kg iken flavonoid içeriği (kuersetin) 15.64 g/kg'dır. Ferrik iyon indirgeme antioksidan parametresi (FRAP) kullanılarak stevia yapraklarının antioksidan kapasitesi gallik asit eş değeri olarak 9.66 g/kg ve 11.03 g/kg (kuru ağırlık bazında kullanılan çözücüye göre değişen) arasında değiştiği belirtilmiştir [23, 67].

Bu bitkinin lipofilik bir radikal olan DPPH radikalini inhibe ederek, hidroksil radikalini, nitrik oksit ve süperoksit anyonunu ve hidrojen peroksiti ortamdaki temizleyerek standart askorbik asit ile karşılaştırıldığında askorbik aside göre daha güçlü bir antioksidan olduğu gösterilmiştir [35, 68]. Ayrıca sardunya yağında oluşan hidrojen peroksiti, DL-α-tokoferol ya da yeşil çay ekstraktından daha çok inhibe ettiği bildirilmiştir. Stevia yaprağı ekstraktının antioksidan aktivitesi serbest radikal elektronlar ve süperoksitleri uzaklaştırmasına dayandırılmıştır [26, 69]. Oksijen radikali emme kapasitesi (ORAC) ve hücresel antioksidan aktivite (CAA) analizleri aracılığıyla stevia yapraklarının

antioksidan aktivitesinin gövde ekstraktına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir [70].

## ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİĞİ

Antimikrobiyal bileşikler çoğunlukla ikincil metabolitler olan fenoller ve bunların oksijen-ikame türevleri olarak bitki ve/veya meyvelerde bulunmaktadır. Bitkilerde antimikrobiyal etkiden sorumlu olan temel bileşikler fenolikler, fenolik asitler, kuinonlar, saponinler, flavonoidler, taninler, kumarinler, terpenoidler ve alkaloidler olarak bilinmektedir [71, 72].

Doğal antimikrobiyal maddelerin etki mekanizmaları tam olarak anlaşılamamış olmakla birlikte, terpenoidler ve fenoliklerin hücre membranını parçaladığı, flavonoidlerin metal şelasyonuna neden olduğu, kumarin ve alkaloidlerin ise genetik materyal üzerine etki ederek mikroorganizma gelişimini engellediği bilinmektedir [72, 73].

*S. rebaudiana* ekstraktları içerisinde antimikrobiyal etkiye sahip gallik asit, kafeik asit ve protokateşik asit gibi bazı fenolik asitler ve *S. rebaudiana* ekstraktında mevcut olabilen kaempferol, kuersetin, izokuersetin, apigenin ve luteolin gibi bazı flavonoid maddelerin olduğu tespit edilmiştir [74, 27]. Bununla beraber stevianın antimikrobiyal özelliği üzerine çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bazı çalışmalarda (su, aseton, kloroform, metanol, çözücü madde olarak etil asetat ya da heksan ile birlikte), *S. rebaudiana* çeşitli ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi araştırılmış ve seçilen bazı mikroorganizmalar üzerindeki etkisi incelenmiştir [25, 28, 67].

Tablo 2 Stevia yapraklarında bulunan antioksidan bileşikler [21, 23, 63, 64, 65, 66]

Polifenolik Bileşikler	
Polifenolik asitler	pirogallol 4-metoksibenzoik asit 4-kumarik asit 4-metilkatekol sinapik asit sinnamik asit
Klorojenik asitler	3-kafeoilkinik asit (3-CQA) 5-kafeoilkinik asit (5-CQA) 4-kafeoilkinik asit (4-CQA) 3,5-dikafeoilkinik asit (3,5-diCQA) 3,4-dikafeoilkinik asit (3,4-diCQA) 4,5-dikafeoilkinik asit (4,5-diCQA) 5-kafeoylshikimic asit 5-feriloyilkinik asit Diğer klorojenik asitler
Flavonoitler	
Flavanoller	kuersetin kuersetin-3-O- $\beta$ -D-arabinosit kuersetin-3-O- $\beta$ -D-ramnosit kuersetin-3-O-glukozit kuersetin-3-O-rutinosit kuersetin-3-O-(4-O-trans-kafeoil)a-L-ramno-piranosil-(1-6)- $\beta$ -D galatopiranosit kaempferol-3-O-ramnosit
Flavonlar	apigenin apigenin-4'-O- $\beta$ -D-glikozit apigenin-7-O- $\beta$ -D-glikozit luteolin luteolin-7-O- $\beta$ -D-glikozit

Ghosh ve ark. [25] *Stevia rebaudiana* yapraklarının antimikrobiyal potansiyelini anlamak amacıyla, altı farklı çözücüler (su, etanol, petrol eteri, siklo hekzan, aseton ve kloroform) kullanarak elde ettikleri ekstraktları gıda bozulmalarına neden olan on patojene (Fungal: *Alternaria solani*, *Helminthosporium solani*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*; Bakteriyel: *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecalis*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*) karşı mikrobiyal teste tabi tutmuşlardır ve bunun sonucunda 250  $\mu$ g/mL petrol eteri ekstraktının (MİK), test mikroorganizması *E. coli*'nin petri plakalarında tamamen büyümesini engelleyecek kadar yeterli olduğunu, bakteriler arasında *S. aureus* ve küfler arasında *P. chrysogenum*'ün, dört ekstrakta (su, petrol eteri, siklo hekzan ve kloroform) karşı en fazla duyarlılık gösterdiğini ancak *B. subtilis*'in petrol eteri ve aseton ekstraktı dışında hepsine karşı en fazla dirençli olduğunu rapor etmişlerdir. En yüksek antifungal indeks (Afl-15 mm) ve antibakteriyel indeks (Abl-11.2 mm), tüm patojenlere karşı petrol eteri ekstraktı, en az etkili olarak da etanol ve siklo hekzan ekstraktlarının (En düşük Abl ve Afl) olduğunu tespit edilmişlerdir. Sırasıyla siklo hekzan, aseton ve etanol ile elde edilen ekstraktların *P. chrysogenum* (8.0 mm), *A. solani* (7.0 mm) ve *A. niger* (9.0 mm) için seçici inhibisyon göstermek dışında, anti fungal aktivite göstermediğini belirtmişlerdir. Tüm bu bulgularının sonucunda *S. rebaudiana* Bertoni yaprak ekstraktlarının, farmasötik

maddeler ve/veya koruyucular olarak kullanılabilecek bir role sahip olabileceği kanısına varmışlardır.

Bir diğer çalışmada ise *S. rebaudiana* yaprakları dört solvent (etil asetat, aseton, kloroform ve su) ile ekstrakte edilmiştir. *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Aeromonas hydrophila* ve *Vibrio cholerae*'ye karşı antimikrobiyal ve antitümör aktiviteleri belirlenmiştir. Ayrıca *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Trichophyton mentagrophytes* ve *Epidermophyton* türleri ile antimaya ve antifungal aktivite test edilmiştir. Test edilen dört ekstrakt arasında asetonla elde edilen ekstraktının etkili antibakteriyel potansiyele sahip olduğu ve bunu etil asetat ekstraktının izlediği tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda *S. rebaudiana* yapraklarının çeşitli solventlerle ekstrakte edildiğinde antimikrobiyal ve antitümör aktivitelerinin doğrulandığı rapor edilmiştir [28].

Ayrıca, *S. rebaudiana* Bertoni yaprakları su, metanol, etil asetat ve hekzan ile ekstre edilmiş ve *B. subtilis*, *S. aureus*, *M. luteus*, *S. marcescens*, *P. aeruginosa*, *B. megaterium*, *E. coli*, *P. vulgaris* ve küf olan, *A. niger* ve *R. oligosporus*'a karşı antimikrobiyal etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda su ile elde edilen ekstrelerin sadece *B. subtilis* ve *S. aureus*'a karşı aktivite gösterdiği, metanol ekstresinin, *P. aeruginosa*'ya karşı en yüksek inhibisyon zonu verirken, *S. aureus* ve

küfe karşı minimum inhibisyon zonu gösterdiğini, *B. megaterium* ve küfün sırasıyla etil asetat ve hekzan ekstrelerine karşı oldukça hassas olduğunu, oysa *A. niger* ve *B. subtilis* sırasıyla etil asetat ve hekzan ekstraktlarına karşı en az duyarlı bulunduğunu belirtmişlerdir. Bununla beraber hekzan ekstresinin, test edilen mikroorganizmalar arasında küfe karşı en yüksek etkinliği sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışma sonucu olarak *S. rebaudiana* yaprak ekstraktının olası antimikrobiyal potansiyelini teyit etmişlerdir [67]. Ayrıca stevia bileşiklerinin biyolojik aktivitesi üzerine de araştırmalar mevcuttur; *S. rebaudiana* fermente ekstresinin enterohemorajik *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *B. subtilis*, *S. aureus* ve diğer gıda kaynaklı patojen bakterilere karşı inhibisyonu incelenmiştir [25, 26, 72, 75] ve yapılan birçok çalışma sonucunda stevia bitkisinin antibakteriyel ve antifungal etkilerinin olduğu ifade edilmiştir.

## SONUÇ

Stevia özellikle şeker hastalığı gibi çeşitli hastalıklara iyi gelmesi, kalorisiz olması, toksik olmaması ve gıda işleme sırasında esmerleşme reaksiyonlarına katılmaması gibi özelliklerinden ötürü doğal bir tatlandırıcı olarak yıllardır birçok ülkede kullanılmaktadır. Stevia flavonoid, klorofil ve ksantofil, hidroksisinnamik asit, aminoasit, esansiyel yağlar, iz elementleri vb. gibi birçok bileşeni içermektedir. Bununla beraber stevia bitkisine tatlılık veren en önemli bileşik steviosittir. Ayrıca stevia içerisinde antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip bileşenlerde mevcuttur. Stevia bitkisine bu özelliği kazandıran en önemli bileşikler fenolik maddeler, tanenler, esansiyel yağlar ve diğer bileşiklerdir.

*S.rebaudiana* bileşenlerindeki bu çeşitlilik stevia bitkisine birçok yönden fonksiyonel özellik kazandırmaktadır. Bu fonksiyonel özellikler içerisinde antioksidan ve antimikrobiyal özellikler son yıllarda dikkat çekmektedir. Bu derlemede, gıda endüstrisinde kullanılan katkı maddesinin neden olduğu sıkıntılardan ötürü toplumun fonksiyonel ve doğal ürünlere ilgisinin artmasıyla beraber, katkı maddelerinin azaltılması ve doğal ürünlerin kullanılması üzerine yapılan çalışmalar için stevia'nın iyi bir bileşen olarak kullanılabilmesi düşüncesine varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] Kesici-Güler, H., Dönmez, İ.E., Alay-Aksoy, S. (2015). Tıbbi ve aromatik bitkilerin antibakteriyel aktivitesi ve tekstil sektöründe kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi*, 10(2), 27-34.
- [2] Faydaoğlu, E., Sürücüoğlu, M.S. (2013). Tıbbi ve aromatik bitkilerin antimikrobiyal, antioksidan aktiviteleri ve kullanım olanakları. *EÜFBED* 6(2): 233-265.
- [3] Sarić, G., Marković, K., Vukičević, D., Lež, E., Hruškar, M., Vahčić, N. (2013). Changes of antioxidant activity in honey after heat treatment. *Czech Journal of Food Sciences*, 31(6), 601–606.
- [4] Bajčan, D., Tomáš, J., Uhlířová, G., Árvay, J., Trebichalský, P., Stanovič, R., Šimanský, V. (2013). Antioxidant potential of spinach, peas and sweet corn in relation to freezing period. *Czech Journal of Food Sciences*, 31(6), 613–618.
- [5] Kobus-Moryson, M., Gramza-Michałowska, A. (2015). Directions on the use of stevia leaves (*Stevia rebaudiana*) as an additive in food products. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 14(1), 5–13.
- [6] İnanç, A.L., Çınar, İ. (2009). Alternatif doğal tatlandırıcı: Stevia. *Gıda*, 34(6), 411-415.
- [7] Gantait, S., Das, A., Mandal, N. (2015). *Stevia*: A comprehensive review on ethnopharmacological properties and in vitro regeneration june. *Sugar Technology*, 17(2), 95-106.
- [8] Boileau, A., Fry, J., Murray, R. (2012). A new calorie-free sugar substitute from the leaf of the stevia plant arrives in the UK. *Nutr. Bull.*, 37(1), 47-50.
- [9] Yang, Y.H., Huang, S.Z., Han, Y.L., Yuan, H.Y., Gu, C.S., Zhao, Y.H. (2014). Base substitution mutations in uridinediphosphate-dependent glycosyltransferase 76g1 gene of *Stevia rebaudiana* causes the low levels of rebaudioside a mutations in ugt76g1, a key gene of steviol glycosides synthesis. *Plant Physiol. Bioch.*, 80, 220-225.
- [10] Yadav, A.K., Singh, S., Dhyani, D., Ahuja, P.S. (2011). A review on the improvement of stevia [*Stevia rebaudiana* (bertoni)]. *Can. J. Plant Sci.*, 91(1), 1-27.
- [11] Periche, A., Castelló, M.L., Heredia, A., Escriche, I. (2015). Influence of drying method on steviol glycosides and antioxidants in *Stevia rebaudiana* leaves. *Food Chemistry*, 172, 1–6.
- [12] Balkır, P. (2016). Stevia; fonksiyonel özellikleri ve gıdalarda kullanım olanakları. *Gıda*, 41(6), 435-442.
- [13] Barba, F.J., Esteve, M.J., Frígola, A. (2014). Bioactive components from leaf vegetable products. *Stud. Nat. Prod. Chem.*, 41(11), 321–346.
- [14] Belda-Galbis, C.M., Pina-Pérez, M.C., Espinosa, J., Marco-Celdrán, A., Martínez, A., Rodrigo, D. (2014). Use of the modified gompertz equation to assess the *Stevia rebaudiana bertoni* antilisterial kinetics. *Food Microbiology*, 38, 56–61.
- [15] Criado, M.N., Barba, F.J., Frígola, A., Rodrigo, D. (2014). Effect of *Stevia rebaudiana* on oxidative enzyme activity and its correlation with antioxidant capacity and bioactive compounds. *Food Bioprocess Technology*, 7(5), 1518–1525.
- [16] Muanda, F.N., Soulimani, R., Diop, B., Dicko, A. (2011). Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from *Stevia rebaudiana bertoni* leaves. *LWT-Food Science and Technology*, 44(9), 1865–1872.
- [17] Barba, F.J., Grimi, N., Vorobiev, E. (2015). Evaluating the potential of cell disruption technologies for green selective extraction of antioxidant compounds from *Stevia rebaudiana bertoni* leaves. *Journal of Food Engineering*, 149, 222–228.
- [18] Hajhashemi, S., Geuns, J.M.C. (2014). Radical scavenging activity of steviol glycosides, steviol

- glucuronide, hydroxytyrosol, metformin, aspirin and leaf extract of *Stevia rebaudiana*. *Free Radicals Antioxidant*, 3, 34-41.
- [19] Kunyanga, C.N., Imungi, J.K., Okoth, M.W., Biesalski, H.K., Vadivel, V. (2012). Total phenolic content, antioxidant and antidiabetic properties of methanolic extract of raw and traditionally processed Kenyan indigenous food ingredients. *LWT-Food Science and Technology*, 45, 269-276.
- [20] Uçar, E., Odabaş-Köse, E., Özyiğit, Y., Turgut, K. (2015). Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerde esansiyel yağların antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2), 118-124.
- [21] Kim, I.S., Yang, M., Lee, O.H., Kang, S.N. (2011). The antioxidant activity and the bioactive compounds content of *Stevia rebaudiana* water extracts. *Food Science and Technology*, 44, 1328–1332.
- [22] Hajihashemi, S., Ehsanpour, A.A. (2014). Antioxidant response of *Stevia rebaudiana* b. to polyethylene glycol and paclobutrazol treatments under in vitro culture. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 172, 4038–4052.
- [23] Christaki, E., Bonos, E., Giannenas, I., Karatzia, M.A., Florou-Paneri, P. (2013). *Stevia rebaudiana* as a novel source of food additives. *J. Food Nutr. Res.*, 52(4), 195–202.
- [24] Braz de Oliveira, A.J., Correia Goncalves, R.A., Cantuaria Chierrito, T.P., Muller dos Santos, M., Mera de Souza, L., Gorin, P.A.J., Lanzi Sasaki, G., Lacomini, M. (2011). Structure and degree of polymerisation of fructooligosaccharides present in roots and leaves of *Stevia rebaudiana* (Bert.) *bertoni*. *Food Chemistry*, 129, 305–311.
- [25] Ghosh, S., Subudhi, E., Nayak, S. (2008). Antimicrobial assay of *Stevia rebaudiana* *bertoni* leaf extracts against 10 pathogens. *IJIB*, 2, 27–31.
- [26] Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., Ah-Hen, K. (2012). *Stevia rebaudiana* *bertoni*, source of a high-potency natural sweetener: a comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food Chemistry*, 132, 1121–1132.
- [27] Garcia, D., Ramos, A.J., Sanchis, V., Marín, S. (2012). Effect of equisetum *arvense* and *Stevia rebaudiana* extracts on growth and mycotoxin production by *aspergillus flavus* and *fusarium verticillioides* in maize seeds as affected by water activity. *International Journal of Food Microbiology*, 153, 21–27.
- [28] Jayaraman, S., Saranana Manoharan, M., Illanchezian, S. (2008). In-vitro antimicrobial and antitumor activities of *Stevia rebaudiana* (asteraceae) leaf extracts. *Trop. J. Pharm. Res.*, 7, 1143-1149.
- [29] Karaca, S. (2010). *Stevia rebaudiana* Yapraklarından Ekstrakte Edilen “Stevioside” İle “Rebaudioside A”nın Meyveli ve Gazlı İçeceklerde Kullanımı. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- [30] Uçar-Sözmen, E. (2015). Şeker Otu (*Stevia rebaudiana bertoni*) Bitkisinin Bazı Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Farklı Azot Dozlarının Etkisi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Antalya.
- [31] Yavaş-Sarioğlu, A., 2015. Düşük Kalorili Dondurma Üretiminde Doğal Tatlandırıcı Olarak *Stevia* Ekstraktı Kullanımının Ürünün Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi. İzmir.
- [32] Savita, S.M., Sheela, K., Sunanda, S., Shankar, A.G., Ramakrishna, P. (2004). *Stevia rebaudiana* – A functional component for food industry. *J. Hum. Eco.*, 15(4), 261- 264.
- [33] Carneiro, J.W.P., Muniz, A.S. and Guedes, T.A. (1997). Greenhouse bedding plant production of *Stevia rebaudiana* (Bert) *bertoni*. *Canadian Journal of Plant Science*, 77, 473–474.
- [34] Chaturvedula, V.S.P., Upreti, M. and Prakash, I. (2011). Diterpene glycosides from *Stevia rebaudiana*. *Molecules*, 16, 3552-3562.
- [35] Gürleyik, E. (2010). Stevianın Rat Karaciğerinde Oksidan/Antioksidan Sistem Üzerine Etkisinin Araştırılması. Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Tıpta Uzmanlık Tezi, Ankara.
- [36] Mohammad, M.R., Mohammad, U.D., Sher, M.M., Habib, A.N., Lqbal, A.Q. (2007). In vitro clonal propagation and biochemical analysis of field established *Stevia rebaudiana bertoni*. *Pakistan Journal of Botany*, 39, 2467–2474.
- [37] Abou-Arab, A.E., Abou-Arab, A.A., Abou-Salem, F.M. (2010). Physico-chemical assessment of natural sweeteners steviosides produced from *Stevia rebaudiana bertoni*. *Plant. Afric. J. Food Sci.*, 4, 269–280.
- [38] Marcinek, K., Krejpcio, Z. (2015). *Stevia rebaudiana bertoni*; chemical composition and functional properties. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 14(2), 145–152.
- [39] Goyal, S., Samsher, R. (2010). *Stevia* a bio-sweetener: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61, 1–10.
- [40] T.C. Şeker Kurumu. (2015). Yüksek Yoğunluklu Tatlandırıcılar (Mart).
- [41] Özçatalbaş, O. (2011). Sıfır Kalorili Şeker. <http://www.antalyabugun.com/?page=makale&MID=13123>.
- [42] ISO. (2012). Alternative sweeteners in a high sugar price environment. *MECAS*, (12), 04.
- [43] Yücesan, B. (2015). *Stevia (Stevia rebaudiana)* ve İkinci Şeker Devrimi. [http://www.ulusaltarim.com/2824/Stevia-\(Stevia-rebaudiana\)-ve-ikinci-seker-devrimi](http://www.ulusaltarim.com/2824/Stevia-(Stevia-rebaudiana)-ve-ikinci-seker-devrimi). 15.02.2017.
- [44] The European Commission, Commission Regulation (EU) No. 1131/2011 of 11 November 2011 amending Annex II to Regulation (EC) No. 1333/2008 of the European Parliament and of the Council with regard to steviol glycosides, Official Journal of the European Union, L: 295-205.
- [45] Morlock, G.E., Meyer, S., Zimmermann, B.F., Roussel, J.M. (2014). High-performance thin-layer chromatography analysis of steviolglycosides in stevia formulations and sugar-free food products, and benchmarking with (ultra) high-performance

- liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1350, 102–111.
- [46] Smith, J., Vanstadin H. (1992). Subcellular pathway for glycoside synthesis. *South African Journal of Science*, 88, 206.
- [47] Chatsudhipong, V., Muanprasat, C. (2009). Stevioside and related compounds: therapeutic benefits beyond sweetness. *Pharmacology & Therapeutics*, 121, 41-54.
- [48] Geuns, J.M.C. (2003). Stevioside. *Phytochemistry*, 64, 913-921.
- [49] Sezgin, A.C., Koç F. (2016). Gastronomi alanında doğal tatlandırıcı stevia'nın kullanımı. *Int. J. Acad. Res. Bus. Soc. Sci.*, 4(26), 255-265.
- [50] Kroyer, G. (2010). Stevioside and stevia-sweetener in food: application, stability and interaction with food ingredients. *J. Verbr. Lebensm.*, 5, 225-229.
- [51] Crammer, B., Ikan, R. (1986). Sweet glycosides from the stevia plant. *Chem. Brit.*, 22, 915-916.
- [52] González, C., Tapia, M.S., Pérez, E., Dornier, M., Morel, G. (2014). Characterization of cultivars of *Stevia rebaudiana* bertonii produced in different countries. *Bioagro*, 26(2), 79-88.
- [53] Karakuş, M.Ş. (2013). Prebiyotik Lif İçeren Stevia Özü İlavésinin Çilek Aromalı *Acidophilus-Bifidus* Yoğurtlarının Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.
- [54] Zabihollahi, N. (2014). Düşük Kalorili Kek Üretiminde Kavrulmuş Buğday Unu, Stevia ve Polidekstroz Kullanım İmkanının Araştırılması. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- [55] Nawar, W.W. (1985). Lipids. Food Chem., Edited by Fennema O.R., Marcel Dekker Inc., New York, 139-244 pp.
- [56] Turhan, S., Üstün Doğal, N.Ş. (2006). Antioksidanlar ve gıdalarda kullanımları. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs, Bolu, 273p.
- [57] Gökpinar, Ş., Koray, T., Akçiçek, E., Göksan, T., Durmaz, Y. (2006). Algal antioksidanlar. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23 Ek(1/1), 85-89-87.
- [58] Ruiz Ruiz, C., Moguel Ordoñez, Y.B., Matus Basto, Á., Segura Campos, M.R. (2015). Antioxidant capacity of leaf extracts from two *Stevia rebaudiana* bertonii varieties adapted to cultivation in Mexico. *Nutr. Hosp.*, 31(3), 1163-1170.
- [59] Nizamlioğlu, N.M., Nas, S. (2010). Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1), 20-35.
- [60] Nichenametla, S.N., Taruscio, T.G., Barney, D.L., Exon, J.H. (2006). A review of the effects and mechanisms of polyphenolics in cancer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2), 161-183.
- [61] Güleşçi, N., Aygül, İ. (2016). Beslenmede yer alan antioksidan ve fenolik madde içerikli çerezler. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(1), 109-129.
- [62] Criado, M.N., Civera, M., Martínez, A., Rodrigo, D. (2015). Use of Weibull distribution to quantify the antioxidant effect of *Stevia rebaudiana* on oxidative enzymes. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 985-989.
- [63] Ghanta, S., Banerjee, A., Poddar, A., Chattopadhyay, S. (2007). Oxidative DNA damage preventive activity and antioxidant potential of *Stevia rebaudiana* (bert.) bertonii, a natural sweetener. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(26), 10962–10967.
- [64] Wolwer-Rieck, U. (2012). The leaves of *Stevia rebaudiana* (bertonii), their constituents and the analyses there of: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(4), 886–895.
- [65] Cacciola, F., Delmonte, P., Jaworska, K., Dugo, P. (2011). Employing ultra high pressure liquid chromatography as the second dimension in a comprehensive two dimensional system for analysis of *Stevia rebaudiana* extracts. *Journal of Chromatography A*, 1218(15), 2012–2018.
- [66] Xi, Y., Yamaguchi, T., Sato, M., Takeuchi, M. (1998). Antioxidant Activity of *Stevia rebaudiana*. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi*, 45(5), 310–316.
- [67] Tadhani, M., Subhash, R. (2006). In vitro antimicrobial activity of *Stevia rebaudiana* bertonii leaves. *Trop J Pharm Res*, 5(1), 557–560.
- [68] Shukla, S., Mehta, A., Menta, P., Bajpai, V. (2012). Antioxidant ability and phenolic content of aqueous leaf extract of *Stevia rebaudiana* bert. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 64(7-8), 807–811.
- [69] Thomas, J., Glade, M. (2010). Stevia: It's not just about calories. *The Open Obesity Journal*, 2, 101–109.
- [70] Bender, C., Graziano, S and Zimmermann, B.F. (2015). Study of *Stevia rebaudiana* bertonii antioxidant activities and cellular properties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(5), 553–558.
- [71] Gyawali, R., Ibrahim, S.A. (2014). Natural products as antimicrobial agents. *Food Control*, 46, 412-429.
- [72] Yücel Şengün İ., Yücel E. (2015). Antimicrobial properties of wild fruits. *BioDiCon*, 8(1), 69-77.
- [73] Cowan, M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *CMR*, 12(4), 564-582.
- [74] Cushnie, T.P.T., Lamb, A.J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 26(5), 343–356.
- [75] Tomita, T., Sato, N., Arai, T., Shiraishi, H., Sato, M., Takeuchi, M. (1997). Bactericidal activity of a fermented hot-water extracts from *Stevia rebaudiana* bertonii and other food-borne pathogenic bacteria. *Microbiology and Immunology*, 41(12), 1005–1009.

## Kırmızı Pancardan Renk Maddesi Üretimi ve Stabilesinin Sağlanması

Kardelen Özcan , Seda Ersus Bilek 

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 01.11.2017, Kabul Tarihi (Accepted): 05.02.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): kardelen.oozcan@gmail.com (K. Özcan)

☎ 0 232 388 23 95 📠 0 232 311 48 31

### ÖZ

Gıdaların tercih edilebilirliğini etkileyen en önemli kalite kriterlerinden biri renktir. Bu nedenle gıda endüstrisinde istenilen rengin elde edilebilmesi veya mevcut rengin artırılması amacıyla renklendirici maddeler kullanılmaktadır. Doğal renk maddeleri genellikle çeşitli bitkisel kaynaklardan elde edilmekte ve gıdaların duyu özelliklerinin yanı sıra besleyici özelliklerini de arttırdıkları için tercih edilmektedir. Kırmızı pancar bitkisi (*Beta vulgaris* L.), doğal gıda renklendiricisi olan betalainler yönünden oldukça zengin olması nedeniyle bu konuda yapılan birçok çalışmada hammadde olarak kullanılmaktadır. Betalainler ile ilgili yapılan çalışmalar, bu maddelerin gıda renklendiricisi olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Artan talep doğrultusunda en yüksek verimle betalain ekstraksiyonu ve ekstrakte edilen betalainlerin stabilesinin sağlanması gibi konular önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, kırmızı pancar ve betalainler hakkında genel bilgi verilmiş, ekstraksiyonda kullanılan yöntemler ve sonrasında betalain stabilesi için yapılan enkapsülasyon uygulamaları derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kırmızı pancar, Betalain, Stabilesi, Enkapsülasyon

### Production and Stability of Food Colorant from Red Beetroot

#### ABSTRACT

Color is one of the most important quality criteria that affect the preference of foods. Therefore, food colorants are used in order to obtain the desired color in the food industry or to improve current color of foods. Natural colorants are generally obtained from various vegetable sources and are preferred because they increase the nutritional properties of foods as well as their sensory properties. Red beet plant (*Beta vulgaris* L.) is used as a raw material in many studies on this subject because it is very rich in betalains, which are natural food colorants. Studies on betalains have shown that these substances can be used as food colorants. With an increasing demand, the extraction of betalains with the highest yield and the stability of the extracted betalains are gaining importance. In this study, general information about red beetroot and betalains, methods used in extraction and encapsulation applications for stability of betalains were reviewed.

**Keywords:** Beetroot, Betalain, Stability, Encapsulation

#### GİRİŞ

Günümüzde tüketici bilincinin ve sağlıklı beslenme ihtiyacının artması nedeniyle doğal gıdalar ve gıda formülasyonunda kullanılan doğal içerikler önem

kazanmaktadır. Bu nedenle, gıdaların renklendirilmesi ve ya mevcut rengin artırılması amacıyla tercih edilen renklendiricilerde de sentetik katkıları yerine doğal renklendiriciler kullanılmaya başlanmıştır. Doğal gıda renklendiricilerinden olan betalainlerin en önemli

kaynaklarından biri kırmızı pancardır. Kırmızı pancar yüksek betalain içeriği ve besleyici değerleri nedeniyle doğal gıda renklendirici kaynağı olarak rağbet görmektedir. Kırmızı pancar ve diğer kaynaklardan elde edilen betalainler diğer doğal gıda renklendiricileri gibi stabilitesi az olan pigmentlerdir. Bu nedenle yüksek stabilitede ve verimde betalain elde edilmesi için en uygun ekstraksiyon koşulları belirlenmeye çalışılmaktadır. Ekstrakte edilen betalainlerin stabilitesinin artırılması amacıyla ise enkapsülasyon işlemi uygulanmaktadır.

## KIRMIZI PANCAR

Kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L.), yüzlerce yıldır tüm iklim koşullarında yetiştirilebilen, *Amaranthaceae* ailesine ait çiçekli bir bitkidir [1, 2]. Amerika, Avrupa ve Hindistan'a kadar uzanan geniş bir alanda yetiştirilmektedir. Ülkemizde kırmızı pancar en çok Ege ve Marmara bölgesinde kısmen de Akdeniz bölgesinde üretilmektedir [3, 4]. Ülkemizde yıllara bağlı kırmızı pancar üretim miktarı Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Ülkemizde kırmızı pancar üretim miktarları [5].

Yıllar	Kırmızı Pancar Üretimi (ton)
2009	8.048
2010	7.861
2011	7.815
2012	7.540
2013	7.286
2014	7.161
2015	7.028
2016	7.774

Tablo 1'de yer alan verilere bakıldığında, en fazla üretimin yaklaşık 8 bin ton ile 2009 yılında olduğu görülmektedir, Kırmızı pancar üretimi 2015 yılına kadar 6 sene içerisinde yaklaşık 1000 ton azalmıştır. 2016 yılında ise bir önceki yıla göre üretim 746 ton artmıştır.

Üretilen kırmızı pancarlar ülkemiz endüstrisinde sadece turşuluk olarak değerlendirilmektedir. Ancak, zengin besin içeriğine sahip olması kırmızı pancarın yemeklerde ve salatalarda yaygın olarak kullanılmasını ve çiğ olarak da tüketilmesini sağlamıştır [3, 6]. Kırmızının pancarın besin içeriği Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kırmızının pancarın besin içeriği ve miktarları [4].

Besin İçeriği	Miktar (100 g'da)
Karbonhidrat	9.56 g
Yağ	0.17 g
Protein	1.61 g
Lif	2.80 g
Sodyum	78 mg
Potasyum	325 mg
Magnezyum	23 mg
Kalsiyum	16 mg
Fosfor	40 mg
C vitamini	4.9 mg

Tablo 2'ye bakıldığında, kırmızı pancarın mineraller bakımından zengin olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle potasyum içeriğinin diğer besin öğelerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, yapısında bulunan nitrat, karotenoidler, askorbik asit, fenolik maddeler ve betalainler sağlık açısından önemli bileşenlerdir ve kırmızı pancarın beslenmedeki önemini arttırmaktadır [6].

Kırmızı pancarın sahip olduğu betalainleri ve diğer fenolik maddelerin lipit oksidasyonunu azaltıcı etkisinin olduğu ve betalainlerin DNA zincir parçalanmasını azalttığı bilinmektedir. Yapısındaki nitrit ve nitratların indirgenmesi sonucu oluşan nitrozaminler sebebiyle hücre mutasyonlarını azaltma potansiyeli, antioksidan kapasitesi sayesinde ise kalp ve damar hastalıklarını önleme etkisi olduğu belirlenmiştir [3, 7].

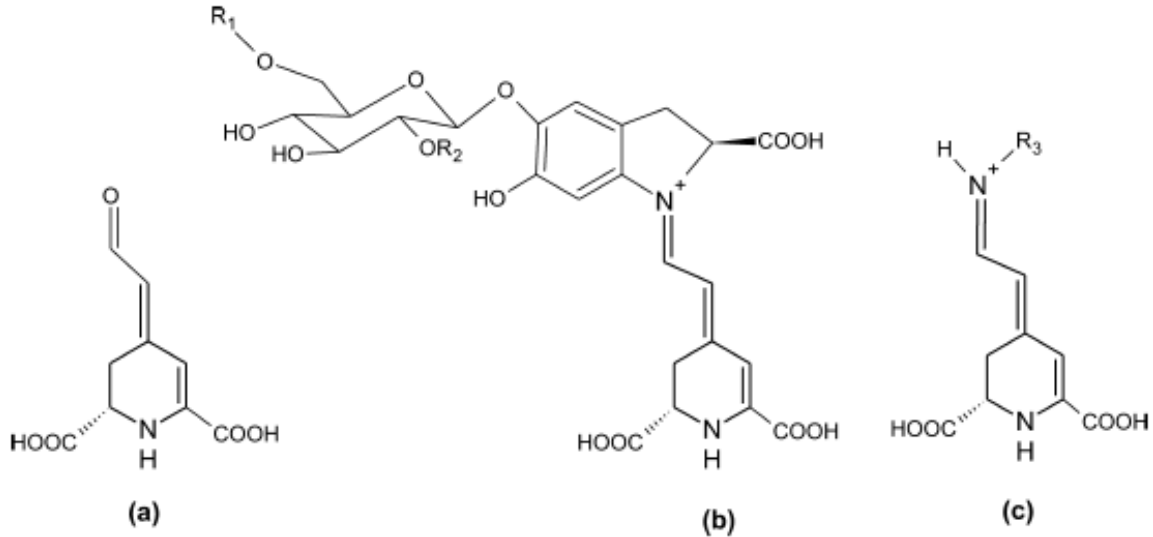
Kırmızı pancarın kendine has rengi yüksek betalain içeriğinden (~200mg/100g taze ağırlık) kaynaklanmaktadır. Son yıllarda sentetik gıda boyalarının sağlığa olumsuz etkilerinin anlaşılmasıyla doğal renk maddelerine dolayısıyla doğal renk maddesine kaynak oluşturacak hammaddelere ilgi artmıştır. Kırmızı pancar da bu doğal renk maddesi kaynaklarından biridir. Yapısında bulunan betalainler sayesinde, dondurma, şekerleme, yoğurt, puding, şerbet gibi gıdalarda, süt ve fırıncılık ürünlerinde doğal gıda boyası olarak kullanılmaktadır [8-10].

## BETALAINLER

Doğal gıda renklendiricileri, daha sağlıklı olmaları sebebiyle sentetik gıda renklendiricilerinin yerine kullanılmaktadır. Günümüzde, doğal gıda renklendiricisi olarak suda çözünen betalain, antosiyanin ve karminik asit ile yağda çözünen karotenoidler ve klorofiller kullanılmaktadır. Karotenoidler ve antosiyaninler üzerine çalışmalar çoğunluktadır [11]. Ancak, zayıf asidik özellik gösteren ortamlarda (pH değeri 3-7 arasında) antosiyaninlerden daha stabil ve suda çözünürlüklerinin daha yüksek olması nedeniyle betalainlere olan ilgi giderek artmakta ve antosiyaninler yerine tercih edilebilmektedir. Özellikle pH değeri 3-7 arasında stabil bir yapıya sahip olan betalainler, asidik ve nötr gıdalarda doğal renklendirici olarak kullanılmaktadır [12].

Betalainler, suda çözünebilen, nitrojen içeren pigmentlerdir ve bir aminoasit olan tirozinden iki yapısal gruba sentezlenmektedir; betasiyaninler ve betaksantinler. Betasiyaninler kırmızı-mor renklidir ve betalainlerin optikçe aktif formlardır. Betaksantinler ise sarı-turuncu renklidir ve yapılarında indol çekirdeği amino asitle yer değiştirmiştir [11, 13]. Şekil 1'de betalainik asit, betasiyanin ve betaksantin kimyasal yapıları gösterilmektedir. Kimyasal yapıları bakıldığında betasiyanin ve betaksantin gruplarının yapılarında ortak olarak betalainik asit bulunduğunu görülmektedir. Betaksantinde indol çekirdeğinin aminoasitle yer değiştirmesi ise bu grupların farklılaşmasına neden olmuştur.



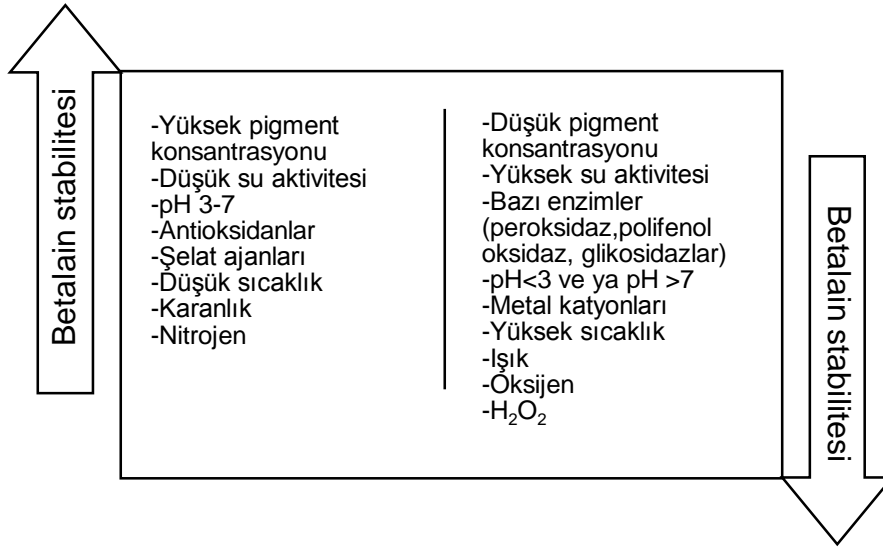


Şekil 1. Betalamik asit (a), Betasiyanin (b) ve Betaksantin (c) kimyasal yapıları [11].

Betalainler doğada en fazla kök, meyve ve çiçeklerde bulunmaktadır. Kırmızı ve sarı pancar (*Beta vulgaris* L. sp. *vulgaris*), amarant (*Amaranthus* sp.), kaktüs meyvesi (*Opuntia* ve *Hylocereus* genera) ve pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) betalainler bakımından zengin kaynaklardır [7, 11, 14]. Bu bitkiler arasında betalain kaynağı olarak en fazla kullanılan kırmızı pancardır. Kırmızı pancarda betasiyanin grubundan betanin ve isobetanin,

betaksantin grubundan ise vulgaksantin I bulunmaktadır [12].

Betalainler, pH değeri, su aktivitesi, ışık, oksijen, metal iyonları, sıcaklık ve enzimatik aktiviteler gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Şekil 2'de betalain stabilitesini arttıran ve azaltan faktörler gösterilmektedir.



Şekil 2. Betalain stabilitesine etki eden faktörler [15]

Şekil 2'de belirtilen unsurlar değişik yollarla betalain stabilitesini etkilemektedir. Örneğin, hafif alkali ortamlar betanin stabilitesini olumsuz yönde etkileyerek betalamik asit ve siklodopa-5-O-glukozid'e (CDG) parçalanmalarına neden olmaktadır. Betanin parçalanması sadece hafif alkali ortamlarda değil sıcaklık etkisi ile asidik ortamlarda da gerçekleşebilmektedir. Sıcaklığın etkisinin bulunmadığı ve pH değeri'nin 3-7 arasında olduğu düşük su aktivitesi değerine sahip ortamlarda ise betaninler bozunmadan kalabilmektedir. Sıcaklık, betalain bozunmasına etki eden en önemli kriterlerdendir. Betalainlerin bozunmasına etki eden diğer bir unsur ise oksijendir.

Oksidasyon sebebi ile oluşan CDG bileşikleri enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına katılarak melanoidinlere dönüşebilmektedir. Oksidasyon hızının yavaşlatılabilmesi için ise ortamdaki ışığın en az düzeyde ve pH değeri'nin 4-5 arasında olması gerekmektedir. Betalain stabilitesinin artırılmasında pH değeri, oksijen ve ışık kadar antioksidanlar da etkilidir. Ortamda antioksidanların bulunması betalain stabilitesini olumlu yönde etkilemektedir. Antioksidanların aksine bazı enzimlerin (peroksidaz, polifenol oksidaz, glikosidazlar) varlığı betalainlerin bozunmasına neden olabilmektedir. Özellikle pancarda bulunan peroksidaz enziminin, dokulardaki hidrojen peroksit ile etkileşimi ile

betasiyanin ve betaksantin pigmentlerinde renk kaybına neden olduğu belirlenmiştir. Oluşan bu renk kaybı, asidik ortamda hız kazanmakta ve turşuya işlenecek kırmızı pancarlarda renk sorunlarına neden olmaktadır. Kırmızı pancardaki istenmeyen renk kayıplarının önlenmesi için işleme ve depolamasından önce haşlanması önerilmektedir [15-21].

Codex Alimentarius Komisyonuna (2004) göre, betalain kullanımı sadece iyi üretim uygulamaları ile sınırlandırılmıştır. Avrupa Birliği ve ABD'de pancardan elde edilen ve pancar kırmızısı olarak bilinen doğal gıda renklendiricisi ticari olarak kullanılmakta ve E-162 kodu ile etiketlenmektedir [11]. Betalainler özellikle pH değeri 3-7 arasında stabil oldukları için antosiyaninlerin doğal renk maddesi olarak kullanımının sınırlı olduğu ve süt ürünleri gibi düşük asitli gıdalarda renklendirici olarak tercih edilmektedir. Bu bileşenlerin gıdalarda kullanımı ve depolanması sırasında stabilitesine etki eden parametrelere dikkat edilmelidir.

### **KIRMIZI PANCAR BETALAINLERİNİN EKSTRAKSİYONU**

Betalainler hassas pigmentlerdir ve ekstraksiyon sırasında pH değeri, sıcaklık, ışık, oksijen, su aktivitesi gibi bir çok faktörden etkilenebilmektedir. Betalainlerin ekstraksiyonunda en yüksek verimin elde edilmesi amacıyla betalain stabilitesine olumsuz etki eden durumların ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu amaçla ekstraksiyondan önce enzim inaktivasyonu sağlanması önerilmekte ve bunun için kısa süreli sıcaklık uygulamaları (70°C, 2 dakika) kullanılmaktadır. Ancak bu yöntem betalainlerin stabilitesini arttırsa da hem pigment hem de önemli bileşen kayıplarına neden olabilmektedir [22]. Bu nedenle, sıcaklık uygulamaları yerine alternatif yöntemler denenmektedir. Kırmızı pancar dilimlerine 7 dakika boyunca uygulanan 650 MPa yüksek basınç işleminin, 2 dakika boyunca 70°C'de yapılan ekstraksiyona göre daha az betalain kaybına neden olduğu ve elde edilen betalain miktarını yaklaşık olarak 3 kat arttırdığı belirlenmiştir [23].

Kırmızı pancardan betalain ekstraksiyonunda ön işlemler kadar kullanılan çözügen de önem taşımaktadır. Ekstraksiyonda çözügen olarak, her an ulaşılabilir ve ucuz olması, kalıntı oluşturmaması nedeniyle soğuk veya oda sıcaklığında saf su kullanılır. Bazı çalışmalarda etanol (hacimce %20-50) ve metanol (hacimce %50-80) kullanıldığı da görülmektedir. Ayrıca betasiyaninlerin elde edilmesinde HCl veya asitlendirilmiş etanol (%0.4-1) kullanımının olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir [1, 24, 25, 26, 27]. Bazı araştırmacılar, ekstraksiyon verimine asitlendirilmiş saf su, etanol ve metanol kullanımının etkilerini araştırmıştır. Asitlendirilmiş saf su ve etanol kullanılarak yapılan çalışmada elde edilen betalain miktarı yaklaşık olarak aynı bulunurken, asitlendirilmiş metanol ile yapılan çalışmada asitlendirmenin betalain ekstraksiyonuna olumlu etki ettiği bulgulanmıştır [28, 29].

Betalainler diğer doğal gıda renklendiricileri gibi çevresel etmenlerden kolayca etkilenebilen kararsız yapıda pigmentlerdir. Bu nedenle ekstraksiyon sırasında

betalain stabilitesine etki eden pH, sıcaklık gibi parametrelere ve ekstraksiyon süresine dikkat edilmelidir. Ayrıca, en iyi verimle ekstrakt elde edilmesi için hammaddeye uygun çözügen tipi ve miktarı özenle seçilmelidir. Kırmızı pancardan betalain eldesinde de en uygun ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi amacıyla, farklı sulu çözeltilerin, katı:çözügen oranının, sıcaklık ve pH değerinin etkisi incelenmiş, %0.2 sitrik asit ve %0.1 asetik asit ile %0.5 asetik asit ve %20 etanol içeriğine sahip sulu çözeltilerin, 1:5 (katı:çözügen) oranında kullanımı ile en etkin ekstraksiyona ulaşıldığı belirtilmiştir. Ekstrakte edilen betalainlerin depolama sırasındaki stabilitesinin belirlenmesi amacı ile 10 gün oda sıcaklığında depolama çalışması yapılmış ve düşük asitli sulu çözeltilerin birlikte kullanımının betalain stabilitesini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Yüksek sıcaklıklarda pH değerinin ekstraksiyon miktarına önemli bir etkisi yoktur ancak düşük sıcaklıklarda asidik ortamlar daha olumlu sonuçlar vermektedir [30]. Diğer yandan, asetik asitin sülfürik asitle birlikte kullanılması da yine düşük sıcaklık ve pH değeri uygulamalarında betalain ekstraksiyonu üzerine olumlu etki yapmaktadır [31]. Azeredo ve ark. [32] tarafından yapılan benzer bir çalışmada en uygun ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi amacıyla pH değeri (3.0-5.0), katı:çözügen oranı (1:1-1:5), başlangıç çözügen sıcaklığı (30-70°C) ve ekstraksiyon süresi (2-10 dakika) parametreleri değişken olarak seçilmiştir. Bu denemeler sonucunda en uygun ekstraksiyon koşullarının pH değeri: 3.0, katı:çözügen oranı 1:5, başlangıç çözügen sıcaklığı 70°C ve ekstraksiyon süresi 2 dakika olduğu belirlenmiştir. Başlangıç çözügen sıcaklığı ve katı:çözügen oranının artırılmasının betasiyanin ekstraksiyon verimliliğini olumlu yönde etkilediği, yüksek pH değerinin ise verimlilik üzerinde olumsuz etki gösterdiği saptanmıştır. Sulu ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen renk maddesinin parlak kırmızı-mor renkli olduğu ve, kurutularak veya konsantre edilerek dayanıklı hale getirilmesinin mümkün olacağı belirtilmiştir [32]. Sulu ekstraksiyonun kullanıldığı bir diğer çalışmada ise 40-70°C sıcaklıkta, 30-90 dakika boyunca ekstraksiyon gerçekleştirilmiş ve bu amaçla 0.5-1.5 g kırmızı pancar ve 50 mL saf su kullanılmıştır. Elde edilen betalain miktarının, betaksantin ve betasiyanin miktarlarının, kullanılan kırmızı pancar miktarı ile doğru orantılı olduğu, 84 dakika boyunca 60°C'de yapılan ekstraksiyonun en etkili sonucu verdiği gözlemlenmiştir [33].

Ekstraksiyonda sıcaklık, pH değeri, işlem süresi ve çözügen miktarı gibi faktörlerin yanında çözügen tipi de etkilidir. Farklı çözügen tipi (su veya %80 metanol), çözügen miktarı (10 mL ve 25 mL) ve işlem süresi (1 dakika ve 40 dakika) kullanılması kırmızı pancar betalainlerinin (betanin, isobetanin ve neobetanin) ekstraksiyon veriminde etkili olmuştur. Betanin ve neobetanin miktarları 25 mL çözügen, 40 dk işlem süresi ve %80 metanol ile yapılan ekstraksiyonda en yüksek sonucu vermiştir. İsobetanin miktarı ise 25 mL çözügen, 40 dakika işlem süresi ve su ile yapılan ekstraksiyonda en yüksek bulunmuştur. Çözügen miktarı ve işlem süresinin artırılması betalain ekstraksiyonuna olumlu etki göstermektedir [1].

Sulu ekstraksiyon betalainlerin elde edilmesinde en çok kullanılan yöntem olmakla birlikte, diğer teknolojilerle birleştirilmesi ve bunun sonucunda daha yüksek betalain eldesi için çalışmalar yapılmaktadır. Vurgulu elektrik alan uygulaması da betalain veriminin artırılması için kullanılan teknolojilerden biridir. Ayrıca, sulu ekstraksiyon öncesinde vurgulu elektrik alan uygulamalarının ekstraksiyon süresini kısalttığı ve betalain eldesini daha hızlı hale getirmek için etkili bir yöntem olduğu da belirtilmiştir. Bu yöntem ile 2 µs boyunca 5 elektrik vurgusu yapılarak 7 kV/cm etki şiddeti uygulaması ile kırmızı pancardaki toplam betaninlerin %90'ı 300 dakikada elde edilmiştir. Vurgulu elektrik alan kullanılmadan yapılan ekstraksiyonda ise aynı miktarda betanin beş kat daha yavaş elde edilmiştir [34, 35]. Ekstraksiyonda vurgulu elektrik alan etkinliğinin artırılması amacıyla farklı işlem süreleri (10, 30, 60 milisaniye ve 30, 75, 150 mikrosaniye) ve elektriksel alan kuvvetleri (0.4, 0.6, 4 ve 6 kV/cm) denenmiştir. 6 kV/cm elektriksel alan kuvveti ile 150 mikrosaniye boyunca yapılan uygulama en yüksek betanin verimi sağlanmıştır [36]. Betalain ekstraksiyonunda düşük elektriksel alan uygulamaları (0-40 V/cm) da denenmiştir. Yöntemin dokuların parçalanmasına gerek kalmadan ve uygun maliyetle ekstraksiyon gerçekleştirilmesi nedeniyle kullanılabilir olduğu saptanmıştır. Pigmentlerin elde edilmesinde verimin artırılması için daha yüksek elektriksel kuvvetlerin (400-750 V/cm) de kullanılabileceği, betasiyanin için yapılan denemelerde bulgulanmıştır [37, 38].

Betalainlerin elde edilmesi için kullanılan bir diğer yöntem ise mikrodalga destekli ekstraksiyondur. Bu yöntemin betalain ekstraksiyonuna etkisinin incelenmesi amacıyla, , çözügen olarak etanol:su çözeltisi (1:1) kullanılmış, katı:çözgen oranı 0.1:25 olarak belirlenmiş ve en uygun işlem parametrelerinin saptanması amacıyla farklı mikrodalga gücü (400, 800 ve 1200 W), - görev döngüsü (%50 ve 100) ve işlem süresi (0-160 s) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda en iyi sonuç 90-120 s işlem süresi, %100 ekstraksiyon döngüsü ve 400 W mikrodalga gücünde elde edilmiştir. 100-120 ve 140-150 dakikadan daha uzun ekstraksiyon süreleri betaninlerin ve betaksantinlerin verimini azaltmıştır. Mikrodalga destekli ekstraksiyonun, %52 ekstraksiyon yüzdesi ile betalain elde edilmesine olanak sağladığı saptanmıştır. Çalışmada aynı zamanda ekstraksiyon verimi üzerine askorbik asit (0.04 mol/L çözügen) kullanımı değerlendirilmiş ve ısı işlem sırasında betaninlerin korunabilmesine rağmen betaksantinler için zararlı bir etki oluşturduğu gözlemlenmiştir [39].

Kırmızı pancar betalainlerinin ekstraksiyonu için yeni yöntemler de denenmektedir. Sulu ikili faz sistemi ve ultrases bu yöntemlerdendir. Sulu ikili faz sistemi kullanılan araştırmalarda, farklı molekül ağırlıklı polietilen glikol ile denemeler gerçekleştirilmiş ve en uygun sistemin polietilen glikol (molekül ağırlığı:6000)/amonyum sülfat olduğunu belirlenmiştir. Sulu ikili faz yönteminde polietilen glikol ve amonyum sülfat, kırmızı pancarın sulu ekstraktı içerisine sistemdeki toplam ağırlık %100 olacak şekilde eklenmiş ve faz ayrımı oluşana kadar karıştırılmıştır. Elde edilen üst faz %70-75 oranında betalain içermektedir. [40, 41].

Ultrases yöntemi de kırmızı pancardan renk maddesi ekstraksiyonda kullanılan bir diğer yöntemdir. Ultrases uygulaması ile kırmızı pancar renk maddelerinin ekstraksiyon veriminin artırıldığı ilk defa bulunmuştur. Ekstraksiyon için farklı parametreler denenmiş ve işlemin 1:1 etanol:su oranı kullanılarak 80 W ultrases gücü ile 3 saat boyunca yapılması ile 1 g kırmızı pancardan yaklaşık 0.20 g betalain elde edilmiştir [42].

Yapılan bu çalışmalar sonucu betalainlerin ekstraksiyonunda en fazla kullanılan yöntemin sulu ekstraksiyon olduğu görülmektedir. Çözgen olarak asitlendirilmiş sulu çözümlerin kullanılması ekstraksiyon verimini artırmaktadır [28, 29, 30, 31]. Bunun yanı sıra, sulu ekstraksiyon öncesi kullanılan vurgulu elektrik alan uygulamaları ekstraksiyon hızını artırmakta ve daha kısa sürede betalain elde edilmesine olanak sağlamaktadır [34, 35]. Sulu ekstraksiyon dışında kullanılan, ultrases ve yüksek elektriksel kuvvet uygulamaları da kırmızı pancar betalainlerinin ekstraksiyon verimini arttıran yöntemlerdendir [37, 38, 42].

## ENKAPSÜLASYON YÖNTEMİ İLE BETALAINLERİN STABİLİTESİNİN SAĞLANMASI

Bir gıdanın rengi, tercih edilirliliği etkileyen en önemli kalite karakteristiklerinden biridir [11]. Bu nedenle, gıdalarda homojen renk görünümünün sağlanması, işleme sırasındaki renk kayıplarının giderilmesi ve ya gıdanın kendi renginin korunması amacıyla gıda renklendiricilerinden yararlanılmaktadır [43]. Günümüzde, sağlıklı beslenmenin değerinin anlaşılması ile gıdaların renklendirilmesinde sentetik renk maddeleri yerini doğal renk maddelerine bırakmaktadır. Ancak doğal renk maddelerinin sentetik olanlara göre yüksek maliyet ve düşük stabilite gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bitkilerden elde edilen çoğu renklendiriciler, betalain ve antosiyaninler, sıcaklık, oksijen, ışık ve su aktivitesi gibi parametreler sebebiyle kolayca bozunabilmektedir [11, 44]. Bu bozunmanın en aza indirilebilmesi, pigmentlerin stabilitesinin sağlanması ve raf ömrünün artırılması için kullanılan yöntemlerden biri de enkapsülasyon işlemidir. Bu işlemin asıl amacı, duyarlı bileşenlerin çevresinde kaplama materyalleri ile bir bariyer veya matris oluşturulması ve böylece bileşenler ve çevre arasındaki etkileşimin en aza indirilmesinin sağlanmasıdır. Enkapsülasyon işlemi sonunda, bileşenler çevresel faktörlerden korunmakta ve böylece daha stabil hale gelmektedir [45].

Enkapsülasyon işlemi genellikle püskürtmeli kurutma, dondurarak kurutma ve iyonik jelleşme ile yapılmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın kullanılanı ise püskürtmeli kurutmadır. Bu yöntemin kullanılmasının en önemli nedenleri arasında kolay, ekonomik ve sürekli çalıştırılabilir olması ve kaliteli toz ürün üretilmesine olanak sağlaması söylenebilir. Örneğin, dondurarak kurutmaya göre 30-50 kat daha az işlem maliyeti gerektirmektedir. Ayrıca, kurutma parametrelerinin (sıcaklık, çözelti akı hızı ve kaplama materyali konsantrasyonu) değiştirilmesi ile çeşitli fiziksel özelliklere sahip ürün elde edilebilmektedir [45, 46].

Püskürtmeli kurutma yönteminde hava giriş sıcaklığı, besleme hızı, kullanılan kaplama materyalleri ve konsantrasyonları elde edilen toz ürün kalitesini ve stabilitesini etkileyen parametrelerdendir. Kırmızı pancar suyundan püskürtmeli kurutma yöntemi ile yüksek betalain içeriğine sahip toz ürün elde edilmesi için kurutma parametreleri optimize edilmiştir. Hava giriş sıcaklığı (160-180°C), maltodekstrin veya peynir altı suyu proteini konsantrasyonu (%5-15) ve besleme hızı (400-600 mL/saat) değişken olarak kullanılmıştır. Çalışma sonunda, 160°C hava giriş sıcaklığı, %15 maltodekstrin veya peynir altı suyu proteini konsantrasyonu ve 400 mL/saat besleme hızı optimum olarak belirlenmiştir. Giriş sıcaklığının azalması ve maltodekstrin veya peynir altı suyu proteini konsantrasyonunun artması betalainlerin alıkonmasını arttırmaktadır. Besleme hızı ise betalainlerin alıkonması üzerine etki etmemektedir [47, 48].

Enkapsülasyon sonucu elde edilen toz ürünlerin yüksek pigment içeriğine sahip olması ve bu pigmentlerin stabilitesinin sağlanabilmesi için kullanılan kaplama materyali büyük önem taşımaktadır. Seçilecek olan kaplama materyali ile enkapsüle edilecek çekirdek materyalin fizikokimyasal özelliklerinin birbiriyle uyumlu olması gerekmektedir.

Kırmızı pancar betalainlerinin püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyonunda kaplama materyali olarak düşük kristalizasyon dereceli maltodekstrin (6 ve 10 dekstroz eşdeğeri (DE)) kullanımının elde edilen toz üründeki betalain ve betasiyaninlerin stabilitesini arttırdığı belirlenmiştir. Özellikle oda sıcaklığında yapılan çalışmalarda, koyu renkli cam kaplarda muhafaza edilen toz ürünlerin 6 ay boyunca betalain stabilitesini koruduğu belirlenmiştir. Yine aynı süre boyunca 20°C'de depolanan toz ürünlerdeki betasiyanin miktarı istatistiksel açıdan farklılık göstermezken, 60°C'de depolanan toz ürünlerin başlangıç betasiyanin miktarının %60'ı korunmuştur. Yüksek maltodekstrin oranının betasiyanin stabilitesini arttırdığı ve enkapsüle edilen kırmızı pancar suyunun, enkapsüle edilmeyenlere göre çok daha fazla betasiyanin stabilitesine sahip olduğu görülmüştür [11, 49]. Janiszewska ve ark. [44] düşük kristalizasyon dereceli maltodekstrini (11 DE), çözeltinin kuru madde konsantrasyonu %30 (kütlece) olacak şekilde kırmızı pancar suyu ile karıştırarak, farklı giriş sıcaklıklarının betalain (betanin ve vulgaksantin) stabilitesine etkisini incelemiştir. 120 ve 140°C hava giriş sıcaklığında elde edilen betanin ve vulgaksantin miktarları arasında istatistiksel açıdan fark bulunamazken, 160°C'nin her iki pigment miktarına olumsuz etki yaptığı görülmüştür. Çalışmada kırmızı pancar betalainlerinin %26.7-29.3 oranında bulunduğu bulunmuştur [45].

Kırmızı pancar betalainlerinin maltodekstrin dışında başka kaplama materyalleri ile enkapsülasyonu da çalışılmaktadır. Betalain enkapsülasyonu amacıyla arabik gam (kütlece %30) kaplama maddesi olarak kullanılmış, kırmızı pancar suyu:arabik gam çözeltisi 1:3 (kütlece) olacak şekilde püskürtmeli kurutucu ile toz ürünler elde edilmiştir. Elde edilen toz ürünlerin depolama sırasındaki stabilitesinin belirlenmesi

amacıyla 30°C'de 45 gün depolama çalışması yapılmıştır. 30°C'de depolanan toz ürünlerin 0.110 su aktivitesinde yaklaşık %80 betalain korunumu ile en yüksek stabilitesi, 0.748 ve 0.898 su aktivitesinde ise yaklaşık %65 ve 75 betalain korunumu ile en düşük stabilitesi gösterdiği belirlenmiştir [50]. Kaplama materyali olarak arabik gamın kullanıldığı bir diğer çalışmada ise, elde edilen toz ürünler ile 25°C'de 30 ve 60 gün boyunca farklı su aktivitesine sahip ortamlarda depolama çalışması yapılmıştır. Toz ürünler en yüksek betalain stabilitesini 0.5-0.6 su aktivitesinde göstermiştir. 30 gün 0.5 ve 0.6 su aktivitesinde depolanan toz ürünlerdeki betalainlerin %99.6 ve %95.7'sinin korunduğu görülmüştür. 60 gün sonunda ise 0.5 su aktivitesinde %92.4, 0.6 su aktivitesinde ise %84.1 betalain korunumu gerçekleşmiştir. Sonuç olarak su aktivitesinin az olduğu ortamlarda betalainlerin daha stabil olduğu belirlenmiştir [51].

Kırmızı pancar pigmentlerinin püskürtmeli kurutucu ile enkapsülasyonunda farklı kaplama materyallerinin birlikte kullanımının etkisi de incelenmiştir. Bu amaçla, düşük kristalleşme dereceli maltodekstrin, arabik gam ve bunların karışımı (1:1), kuru madde konsantrasyonu %25 olacak şekilde kırmızı pancar suyuna eklenmiştir. 160°C hava giriş sıcaklığının kullanıldığı sistemden elde edilen toz ürünler 6 hafta boyunca, oda sıcaklığında ve düşük su aktivitesi değerinde (aw=0.44) depolanmıştır. Püskürtmeli kurutucudan elde edilen toz ürünlerde, betanin konsantrasyonu arabik gam, vulgaksantin konsantrasyonu ise maltodekstrin kullanılan kapsüllerde en fazladır. Depolama süresince ise toz ürünlerin pigment konsantrasyonlarında istatistiksel açıdan önemli bir değişim olmamıştır. Bu koşullar altında ve kullanılan kaplama materyalleri ile pigment stabilitesinin korunduğu görülmektedir [6].

Betalainler hassas pigmentler olduğu için enkapsülasyonunda dondurarak kurutma yöntemi de denenmiştir. Bu yöntem pahalı olmasına rağmen pigmentlere en az zararı vererek kurutması açısından önemlidir. Kırmızı pancar betalainleri dondurarak kurutma yardımı ile mikroenkapsüle edilmiş ve mikroenkapsülasyonda farklı kaplama materyalleri kullanarak 40°C'de 10 hafta depolama süresince betalain stabilitesini incelenmiştir. Kullanılan kaplama materyali konsantrasyonu kitosan için %2 iken diğer kaplama materyalleri %15 konsantrasyonda kullanılmıştır. 10 hafta depolama sonunda en yüksek betalain stabilitesi gösteren kaplama materyalleri sırasıyla; maltodekstrin, arabik gam, arabik gam ve modifiye nişasta karışımı, maltodekstrin ve kitosan karışımı, modifiye nişasta, maltodekstrin ve kitosan karışımı olmuştur [52]. Bir başka çalışmada, kırmızı pancar ezmesinden elde edilen ekstrakt dondurarak kurutma yoluyla soya proteini ile farklı enkapsülasyon parametreleri kullanılarak enkapsüle edilmiştir. En yüksek enkapsülasyon verimi 50 g/L kaplama materyali:çekirdek materyali oranı kullanılan ve 15 dakika karıştırılan deneme ile bulunmuştur. Toz ürünler 25°C'de 3 ay boyunca depolanmış ve betasiyanin ve betaksantin pigmentlerinin kaybı ilk ay boyunca, sırasıyla %24.25 ve %24.17 iken ikinci ve üçüncü

aylarda pigment kayıpları istatistiksel açıdan farklılık gösterecek düzeyde olmamıştır [53].

Yapılan bir diğer çalışmada ise, kırmızı pancar betalainleri dondurarak kurutulmuş ve kaplama materyali olarak maltodekstrin (5 ve 20 DE) ve pullulan (kütlece %10) kullanılmıştır. Kaplama materyali:çekirdek materyali oranı 20:1 olarak sabit tutulmuştur. Betalain stabilitesinin belirlenmesi amacı ile farklı su aktiviteleri ve sıcaklıklarda depolama yapılmış ve sıcaklık değeri ne olursa olsun su aktivitesi 0.64 olan ortamın en uygun depolamayı sunduğu belirlenmiştir [54].

Dondurarak kurutma yönteminde kaplama materyali olarak gliserol (%20 kütle/hacim) kullanımı da denenmiş ve elde edilen toz ürün çilek reçeli, domates püresi ve hamburger ekmeğinde doğal renk maddesi olarak kullanılmıştır. Farklı pH değeri değerlerinde yapılan stabilite çalışmasında betasiyanin ve betaksantinlerin asidik ortamlarda daha stabil kaldığı ve doğal renk maddesi olarak kullanımında en uygun gıdanın hamburger ekmeği olduğu görülmüştür [55].

Kırmızı pancar betalainlerinin enkapsülasyonunda en fazla kullanılan püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemlerinin karşılaştırılması ve en uygun enkapsülasyon yönteminin belirlenmesi için de çalışmalar yapılmaktadır. Dondurarak kurutma yönteminin yüksek maliyet gerektirmesi, püskürtmeli kurutmaya göre daha az tercih edilmesine sebep olsa da enkapsülasyon işlemi sonunda dondurarak kurutma ile elde edilen toz ürünlerin betalain miktarlarının püskürtmeli kurutucu ile elde edilenlerden 1.3 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ksantan gam içeren maltodekstrinin kaplama materyali olarak kullanılması sonucu oluşturulan toz ürünlerin yaklaşık 9 mL ile en yüksek betalain miktarına sahip olduğu görülmüştür [56]. Ksantan gam (%0.5) ve maltodekstrinin (%99.5) birlikte kullanıldığı bir başka çalışmada ise betalain stabilitesine farklı pH değerlerinin etkisi incelenmiş ve toz ürünler 7 gün 30°C'de depolanmıştır. Maltodekstrin ve püskürtmeli kurutucu kullanılarak elde edilen toz ürünler için pH değeri etkili olurken, diğerleri için betalain stabilitesine pH değeri'nin etkisi gözlemlenmemiştir. Toz ürünlerin en stabil olduğu pH değeri 4-5 olarak bulunmuştur. 7 gün depolama sonucunda dondurarak kurutulan toz ürünlerin diğerlerine göre daha stabil olduğu bulgulanmıştır. Maltodekstrinin ksantan gam ile birlikte kullanımını yüksek betanın stabilitesi göstermiştir [57]. Kırmızı pancardan elde edilen renk maddelerinin enkapsülasyonunda kullanılan bir diğer yöntem çift katlı emülsiyonlardır. Kırmızı pancarın sulu çözeltisi su/yağ/su emülsiyon yöntemi kullanılarak enkapsüle edilmiştir. Çift katlı emülsiyon matrisinin iç fazını kırmızı pancarın konsantre sulu çözeltisi, yağ fazını kolza tohumu yağı ve dış fazını polisakkarit çözeltisi oluşturmaktadır. Çift katlı emülsiyon betalain enkapsülasyonunda %89.1 ile yüksek verim göstermiştir. Oluşan kapsüllerin stabilitesinin incelenmesi amacıyla in vitro betalain salınımı incelenmiş ve 3 saatin sonunda salınım %35 olarak bulunmuştur. 3 saat sonrasında ise betalain salınımı durmuştur [58].

Doğada en iyi betalain kaynağı kırmızı pancar olarak görülse de amarant, kaktüs meyvesi ve pitayadan da betalain ekstraksiyonu yapılmakta ve elde edilen betalainlerin stabilitesi için yine enkapsülasyon işlemi kullanılmaktadır.

Amarant bitkisinde bulunan renk maddelerinin enkapsülasyonunda kaplama materyali olarak maltodekstrin (10-20 DE), doğal ve modifiye nişasta kullanılmaktadır. Püskürtmeli kurutma yöntemi ile renk maddelerinin toz ürün olarak elde edilmesi sağlanmıştır. Farklı kaplama materyalleri kullanılarak elde edilen bu toz ürünlerin depolama sırasında stabilitesi incelenmesi ve en yüksek stabilite sağlayan kaplama materyali ve depolama koşulunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 25°C'de 16 hafta boyunca farklı bağıl nem değerlerine sahip ortamlarda stabilite çalışması gerçekleştirilmiştir. En yüksek pigment stabilitesi, hem %5 hem de %32 bağıl nem değerlerindeki ortamlarda, maltodekstrin (10 ve 25 DE) ile enkapsüle edilen toz ürünlerde görülmüştür [44].

Kaktüs meyvesi ise betalain eldesinde kırmızı pancardan sonra en çok kullanılan bitkilerdendir. Kaktüs meyvesinde bulunan indiksantin, maltodekstrin (%20 kütle/hacim) kullanılarak enkapsüle edilmiş ve stabilitesinin belirlenmesi amacıyla -20, 4 ve 20°C'lerde 6 ay depolanmıştır. Depolama sonunda, indiksantin enkapsülasyonu sayesinde stabilitesinin yüksek oranda arttırıldığı belirtilmiştir [59]. İndiksantin enkapsüle edildiği bir diğer çalışmada ise kaplama materyali olarak maltodekstrin ve inülin kullanılmıştır. Maltodekstrin ile yapılan enkapsülasyon işleminde 3:1 çekirdek materyal:kaplama materyali oranı ve 140°C hava giriş sıcaklığı optimum olarak bulunurken, inülin 120°C sıcaklıkta optimum sonuç vermiştir. 60°C'de 44 gün boyunca karanlıkta depolanan toz ürünlerdeki indiksantin yavaş bozunma gösterdiği ve betasiyaninden daha stabil olduğu belirlenmiştir [60].

Kaktüs meyvesini hammadde olarak kullanan Ruiz-Gutiérrez ve ark. [61], %15, 22.5 ve 30 konsantrasyonlarındaki çözünebilir lif (arpadan elde edilen [(1-3)(1-4) β-Dglucan pH değeri 5]) ile 160, 180 ve 200°C hava giriş sıcaklıkları kullanılarak enkapsülasyon çalışması gerçekleştirmiştir. Hava giriş sıcaklığının ve çözünebilir lif konsantrasyonunun arttırılması ile betasiyanin miktarının azaldığı gözlemlenmiştir. En yüksek betanın konsantrasyonu 160°C sıcakta %15 (kütlece) çözünebilir lif içeren toz ürünlerde, indiksantin konsantrasyonu ise aynı sıcaklıkta %30 (kütlece) çözünebilir lif içeren toz ürünlerde bulunmuştur [61].

Kaktüs meyvesi pulpunun (CP) soya proteini izolatı (SPI), maltodekstrin (MD) ve inülin (I) kullanılarak gerçekleştirilen enkapsülasyonunda, çekirdek materyali:kaplama materyali oranı 1:1-5:1, hava giriş sıcaklığı 100-140°C olarak denenmiştir. Elde edilen toz ürünlerin betasiyanin ve betaksantin enkapsülasyon verimi incelenmiştir. CP-SPI ve CP-(SPI+MD) sistemleri için optimum koşullar, çekirdek materyali:kaplama materyali oranı 5:1, hava giriş sıcaklığı 100 ve 140°C olarak bulunmuştur. CP-(SPI+I) sistemi için 4:1 çekirdek

materyali:kaplama materyali oranı ve 105°C en fazla enkapsülasyon verimi sağlamıştır. Toz ürünlerin stabilitesinin belirlenmesi amacıyla 60°C'de karanlık ortamda 56 gün boyunca depolama yapılmış ve depolama süresince betaksantin formunun betasiyanin formuna göre daha stabil olduğu belirlenmiştir. En yüksek pigment stabilitesi gösteren toz ürün CP-(SPI+MD) sistemi olmuştur (betasiyanin %53, betaksantin %93) [62].

Betalainlerin enkapsülasyonunda kullanılan bir yöntem de iyonik jelleşmedir. Hem kaktüs meyvesi hem de pitayanın renk maddeleri bu yöntemle enkapsüle edilmiştir. Pitaya suyu sodyum aljinat ile karıştırılmış (%1 kütle/hacim) ve toplama çözeltisi olan kalsiyum klorür çözeltisine (%1 kütle/hacim) damlatılarak enkapsüle edilmiştir. Elde edilen kapsüller izotonik çözelti (0.1 M sodyum klorür, 0.3 M sükröz) içerisinde, çözelti:kapsül oranı 3 mL/g olacak şekilde 4°C'de ve karanlıkta 120 saat boyunca depolanmıştır. Kapsüllerden çözeltiye geçen betalain difüzyonu 24 saat sonunda dengeye ulaşmış ve 120. saat sonunda kapsüllerdeki betalain miktarı istatistiksel olarak değişmemiştir [63]. Kaktüs meyvesi suyu ise sodyum aljinat ve siğir serum albümini ile ayrı ayrı karıştırılarak kalsiyum klorüre damlatılmış ve elde edilen kapsüller 25 ve 50°C'lerde farklı bağıl nemlerde 25 gün depolanmıştır. Depolama sonunda betalain stabilitesine nemin olumsuz etki gösterdiği kanıtlanmıştır. Depolama boyunca en yüksek stabilite, kalsiyum-aljinat kapsüllerinde 25°C ve %34.6 bağıl nem değerinde depolama sonucu elde edilmiştir. Elde edilen kapsüllerin düşük nem yüzdelerinde daha stabil olduğu belirlenmiştir. Depolama sıcaklığının artırılması pigment stabilitesini olumsuz yönde etkilemiştir [64].

Pitaya betalainlerinin enkapsülasyonunda genellikle püskürtmeli kurutma ve maltodekstrin kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda püskürtmeli kurutma için en uygun hava giriş sıcaklığının 155°C, en uygun kaplama materyalinin ise düşük kristalizasyon dereceli maltodekstrin (%20 konsantrasyonda) olduğu belirlenmiştir [65]. Dirençli maltodekstrin kullanımı ise enkapsülasyon sonunda yüksek betalain alıkonması sağlasa da 3 ay depolama sonunda stabilitesini yitirmiştir [66]. Maltodekstrinin pektin ile birlikte (60:30) kullanımı ise betalain stabilitesini arttırmıştır [67].

Betalainlerin enkapsülasyonunda denenen değişik yöntemler sonucunda, yüksek stabilitede ürün elde edilebilmektedir. Yapılan çalışmalar, enkapsülasyon işleminin betalain stabilitesini artırdığını göstermektedir. Özellikle düşük su aktivitesinde muhafaza edilen ürünlerin daha stabil olduğu belirlenmiştir [50, 51]. Enkapsülasyonda, dondurarak kurutma yönteminin yüksek maliyeti ve uzun işlem süresi gerektirmesi nedeniyle en fazla püskürtmeli kurutma yöntemi kullanılmaktadır. Ancak, dondurarak kurutma sonucu enkapsüle edilen betalainlerin püskürtmeli kurutma yönteminden elde edilenlere göre daha stabil bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir [56, 57]. Betalain enkapsülasyonunda en uygun kaplama materyalinin düşük kristalizasyon dereceli maltodekstrin olduğu, maltodekstrinin arabik gam ve ksantan gam ile

kullanılmasının da toz ürün stabilitesini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir [52, 56, 57]. Çift katlı emülsiyon yöntemi ve iyonik jelleşme de betalain enkapsülasyonunda kullanılan diğer yöntemlerdir. Enkapsülasyon sonucu elde edilen ürünlerde depolama boyunca, betaksantin ve indiksantin formları, betasiyaninden daha stabildir [60, 62].

## SONUÇ

Doğal renk maddeleri, artan tüketici bilinci sayesinde yapay renk maddelerinin yerine tercih edilmektedir ve doğada birçok bitkisel kaynaktan bulunmaktadır. Bu kaynaklardan biri de yüksek oranda betalain içeren kırmızı pancardır. Betalainler gıda endüstrisinde hem asidik hem de zayıf asidik özellik gösteren gıdalarda doğal renk maddeleri olarak kullanılmakta ve ticari önem taşımaktadır. Günümüzde kırmızı pancardan en kısa sürede en yüksek verimle betalain ekstraksiyonu için uğraşmaktadır. Ekstraksiyonda kullanılan çözgenlerin asitlendirilmesi betalain ekstraksiyonuna olumlu etki göstermektedir. Ayrıca sulu ekstraksiyon yöntemine ön işlem olarak kullanılan vurgulu elektrik alan uygulamaları ekstraksiyon hızını yüksek ölçüde hızlandırmıştır. Ultrases ve yüksek elektriksel kuvvet uygulamaları da kırmızı pancar betalainlerinin ekstraksiyon verimini arttıran yöntemlerden olmuştur. Ekstrakte edilen betalainlerin stabilitesinin sağlanmasında ise enkapsülasyon yöntemi oldukça etkilidir. Özellikle dondurarak kurutma yöntemi sayesinde yüksek stabilitede toz ürün elde edilebilmektedir. Elde edilen toz ürünlerde depolama boyunca betaksantin formu, betasiyaninden daha stabildir. Enkapsülasyon yöntemi ile betalainlerin stabilitesinin artırılması sayesinde gıdalarda doğal renklendirici olarak kullanımının artması beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Kujala, T., Loponen, J., Pihlaja, K. (2001). Betalains and phenolics in red beetroot (*Beta vulgaris*) peel extracts: extraction and characterisation. *Z Naturforsch C*, 56(5-6), 343-348.
- [2] Er, T. (2011). Kırmızı pancarın bazı fiziksel ve fitokimyasal özellikleri üzerine farklı kurutma sıcaklıklarının etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- [3] Eşiyok, D., Bozokalfa, M.K. (2007). Kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L.) yetiştiriciliği ve besin içeriği. *Dünya Gıda*, <http://www.dunyagida.com.tr/haber/kirmizi-pancar-beta-vulgaris-l-yetistiriciligi-ve-besin-iceri/2283>.
- [4] Chawla, H., Parle, M., Sharma, K., Yadav, M. (2016). Beetroot: A health promoting functional food. *Inventi Rapid: Nutraceuticals*, (1), 1-5.
- [5] Anonim, (2017). Bügem Faaliyetleri. <http://www.tarim.gov.tr/> (29.09.2017).
- [6] Janiszewska, E., (2014). Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain. *Powder Technology*, 64, 190-196.
- [7] Gengatharan, A., Dykes, G.A., Choo, W.S. (2015). Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 645-649.


- [8] Kırca, A. (2004). Siyah Havuç Antosiyaninlerinin Bazı Meyve Ürünlerinde Isıl Stabilitesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- [9] Fletcher, A. (2006). Lycopene colorant achieves regulatory approval. <https://www.foodnavigator.com> (06.10.2017).
- [10] Gliszczynska-Świgło, A., Szymusiak, H., Malinowska, P. (2011). Betanin, the main pigment of red beet: Molecular origin of its exceptionally high free radical-scavenging activity. *Food Additives and Contaminants*, 23(11), 1079.
- [11] Azeredo, H., Santos, A., Spuza, A., Mendes, K., Andrade, M. (2007). Betacyanin stability during processing and storage of a microencapsulated red beetroot extract. *American Journal of Food*, 2(4), 307-312.
- [12] Stintzing, F.C., Carle, R. (2007). Betalains-emerging prospects for food scientists. *Trends in Food Science & Technology*, 18(10), 514-525.
- [13] Pavokovic, D., Krsnik-Rasol, M. (2011). Complex biochemistry and biotechnological production of betalains. *Food Technology and Biotechnology*, 49(2), 145.
- [14] Gandia-Herrero, F., Garcia-Carmona, F. (2013). Biosynthesis of betalains: yellow and violet plant pigments. *Trends in Plant Science*, 18(6), 334-343.
- [15] Herbach, K.M., Stintzing, F.C., Carle, R. (2006). Betalain stability and degradation-structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science*, 71(4), 41-50.
- [16] Cemeroglu, B.S. (2013). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Bizim Grup Basımevi, Kızılay, Ankara.
- [17] Von Elbe, J.H., Schwartz, S.J. (1996). Colorants. In *Food Chemistry*, Edited by O.R. Fennema, Marcel Dekker, Inc., New York.
- [18] Wasserman, B.P., Eiberger, L.L., Guilfooy, M.P. (1984). Effect of hydrogen peroxide and phenolic compounds on horseradish peroxidase-catalyzed decolorization of betalain pigments. *Journal of Food Science*, 49, 536.
- [19] Shih, C.C., Wiley, R.C. (1981). Betacyanine and betaxanthine decolorizing enzymes in the beet (*Beta vulgaris* L.) root. *Journal of Food Science*, 47, 164.
- [20] Stintzing, F.C., Carle, C. (2004). Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends Food Science Technology*, 15, 19.
- [21] Kanner, J., Harel, S., Granit, R. (2001). Betalains--a new class of dietary cationized antioxidants. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5178.
- [22] Celli, G.B., Brooks, M. (2016). Impact of extraction and processing conditions on betalains and comparison of properties with anthocyanins — A current review. *Food Research International*, 100(3), 501-509.
- [23] Paciulli, M., Medina-Meza, I.G., Chivara, E., Barbosa-Canovas, G.V. (2016). Impact of thermal and high pressure processing on quality parameters of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 68, 98-104.
- [24] Jaafar, M.S. (1992). Studies on the biosynthesis of betalains in cell cultures of *Beta vulgaris* L. University of Edinburgh, Scotland.
- [25] Manus, V. (1994). Development and Characterisation of an Inducible System of Betalain Synthesis in Cell Cultures of Beetroot (*Beta vulgaris*). Dublin City University, Ireland.
- [26] Scotter, M. (2010). Review and Evaluation Of Available Methods of Extraction and Analysis For Approved Natural Colours In Food And Drink, London, 59-60.
- [27] Delgado-Vargas, F., Jiménez, A.R., Paredes-López, O. (2010). Natural pigments: Carotenoids, anthocyanins, and betalains — characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(3), 173-289.
- [28] Bruno, E., Campanone, Martino, M. (2012). Some functional properties of pigment extracts from red cabbage (*brassica oleracea*) and redbeet (*Beta vulgaris*). *Latin American Applied Research*, 42, 427-432.
- [29] Suganyadevi, P., Saravanakumar, M., Aravinthan, K.M., Arunkumar, A., Krishna, R.K., Karthikeyani, S. (2010). Extraction of betacyanin from red beet root (*Beta vulgaris* L.) and to evaluate its antioxidant potential. *Journal of Pharmacy Research*, 3(11), 2693-2696.
- [30] Sturzoiu, A., Stroescu, M., Stoica, A., Dobre, T. (2011). Betanine extraction from *Beta vulgaris*-experimental research and statistical modeling. *U.P.B. Sci. Bull.*, 73(1), 145-156.
- [31] Xu, H., Peng, Q., Yuan, F., Gao, Y. (2015). Mathematical modeling of betanin extraction from red beet (*Beta vulgaris* L.) by solid-liquid method. *International Journal of Food Engineering*, 11(1), 17-22.
- [32] Azeredo, H., Pereira, A., Souza, A., Gouveia, S., Mendes, K. (2009). Study on efficiency of betacyanin extraction from red beetroots. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 2464-2469.
- [33] Swamy, G.J., Sangamithra, A., Chandrasekar, V. (2014). Response surface modeling and process optimization of aqueous extraction of natural pigments from *Beta vulgaris* using Box-Behnken design of experiments. *Dyes and Pigments*, 111, 64-74.
- [34] Loginova, K.V., Lebovka, N.I., Vorobiev, E. (2011). Pulsed electric field assisted aqueous extraction of colorants from red beet. *Journal of Food Engineering*, 106(2), 127-133.
- [35] Lopez, N., Puertolas, E., Condon, S., Raso, J., Alvarez, I., 2009. Enhancement of the extraction of betanine from red beetroot by pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering*, 90(1), 60-66.
- [36] Luengo, E., Martinez, J.M., Alvarez, I., Raso, J. (2016). Effects of millisecond and microsecond pulsed electric fields on redbeet cell disintegration and extraction of betanines. *Industrial Crops and Products*, 84, 28-33.
- [37] Zvitov, R., Nussinovitch, A. (2005). Low DC electrification of gel-plant tissue 'sandwiches' facilitates extraction and separation of substances

- from *Beta vulgaris* beetroots. *Food Hydrocolloids*, 19(6), 997-1004.
- [38] Hunter, C.S., Kilby, N.J. (1988). Electroporation and ultrasonic techniques for harvesting secondary metabolites from plant cells in vitro. *Manipulating Secondary Metabolism in Culture*, Edited by R. J. Robins, & M. J. C. Rhodes, Cambridge University Press, New York, 285–290p.
- [39] Cardoso-Ugarte, G.A., Sora-Morales, M.E., Ballard, T., Liceaga, A. (2014). Microwave-assisted extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris*). *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), 276-282.
- [40] Chethana, S., Nayak, C.A., Raghavarao, K.S.M.S. (2007). Aqueous two phase extraction for purification and concentration of betalains. *Journal of Food Engineering*, 81(4), 679-687.
- [41] Chandrasekhar, J., Sonika, G., Madhusudhan, M.C., Raghavarao, K.S.M.S. (2015). Differential partitioning of betacyanins and betaxanthins employing aqueous two phase extraction. *Journal of Food Engineering*, 144, 156-163.
- [42] Sivakumar, V., Anna, J.L., Vijayeeswarri, J., Swaminathan, G. (2009). Ultrasound assisted enhancement in natural dye extraction from beetroot for industrial applications and natural dyeing of leather. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16(6), 782-789.
- [43] Yıldız, H., Toprak, E. (2009). Meyve ve sebzelerden doğal renk maddelerinin ekstraksiyonu. *Akademik Gıda* 7(4): 28-34.
- [44] Cai, Y.Z., Corke, H. (2000). Production and Properties of Spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. *Journal of Food Science*, 65(6), 1248-1252.
- [45] Janiszewska, E., Włodarczyk, J. (2013). Influence of spray drying conditions on beetroot pigments retention after microencapsulation process. *Acta Agrophysica*, 20(2), 343-356.
- [46] Khan, M.I. (2016). Stabilization of betalains: A review. *Food Chemistry*, 197, 1280-1285.
- [47] Bazaría, B., Kumar, P. (2016a). Optimization of spray drying parameters for beetroot juice powder using response surface methodology (RSM). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 1-8.
- [48] Bazaría, B., Kumar, P. (2016b). Effect of whey protein concentrate as drying aid and drying parameters on physicochemical and functional properties of spray dried beetroot juice concentrate. *Food Bioscience*, 14, 21-27.
- [49] Kaimainen, M., Laaksonen, O., Järvenpää, E., Sandell, M., Huopalahti, R., 2015a. Consumer acceptance and stability of spray dried betanin in model juices. *Food Chemistry*, 187, 398-406.
- [50] Pitalua, E., Jimenez, M., Vernon-Carter, E.J., Beristain, C.I. (2010). Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. *Food and Bioproducts Processing*, 88, 253-258.
- [51] Guadarrama-Lezama, A.Y., Cruz-Olivares, J., Martínez-Vargas, S.L., Carrillo-Navas, H., Roman-Guerrero, A., Perez-Alonso, C. (2014). Determination of the minimum integral entropy, water sorption and glass transition temperature to establishing critical storage conditions of beetroot juice microcapsules by spray drying. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 13(2), 405-416.
- [52] Chranioti, C., Nikoloudaki, A., Tzia, C. 2015. Saffron and beetroot extracts encapsulated in maltodextrin, gum Arabic, modified starch and chitosan: Incorporation in a chewing gum system. *Carbohydrate Polymers* 127: 252-263.
- [53] Šaponjac, V.T., Canadanovic-Brunet, J., Cetkovic, G., Jakišić, M., Djilas, S., Vulic, J., Stajcic, S. (2016). Encapsulation of Beetroot Pomace Extract: RSM Optimization, Storage and Gastrointestinal Stability. *Molecules*, 21(5), 1-16.
- [54] Serris, G.S., Biliaderis, C.G. (2001). Degradation kinetics of beetroot pigment encapsulated in polymeric matrices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(8), 691-700.
- [55] Ibraheem, A.A., Makpoul, K.R., Amira, M.S. (2015). Improving Red Color of Some Food Products Using Red Beet Powder. *International Journal of Science and Research*, 5(12), 2319-7064.
- [56] Ravichandran, K., Palaniraj, R., Saw, N.M.M.T., Gabr, M.M.A., Ahmed, A.R., Knorr, D., Smeranska, I. (2014). Effects of different encapsulation agents and drying process on stability of betalains extract. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 2216-2221.
- [57] Antigo, J., Bergamasco, R., Madrona, G. (2017). Effect of pH on the stability of red beet extract (*Beta vulgaris* L.) microcapsules produced by spray drying or freeze drying. *Food Science and Technology*, 38(1), 72-77.
- [58] Kaimainen, M., Marze, S., Järvenpää, E., Anton, E. (2015b). Encapsulation of betalain into w/o/w double emulsion and release during in vitro intestinal lipid digestion. *LWT - Food Science and Technology*, 60(2), 899-904.
- [59] Gandia-Herrero, F., Jimenez-Atienzar, M., Cabanes, J., Garcia-Carmona, F., Escribano, J. (2010). Stabilization of the bioactive pigment of opuntia fruits through maltodextrin encapsulation. *J. Agric. Food Chemistry*, 2010(58), 10646-10652.
- [60] Saéñz, C., Tapia, S., Cháve, J., Robert, P. (2009). Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry*, 114(2), 616-622.
- [61] Ruiz-Gutiérrez, M.G., Amaya-Guerra, C.A., Quintero-Ramos, A., Ruiz-Anchondo, T., Gutiérrez-Urbe, J.A., Baez-González, J.G., Lardizabal-Gutiérrez, D., Campos-Venegas, K. (2014). Effect of soluble fiber on the physicochemical properties of Cactus Pear (*Opuntia ficus indica*) encapsulated using spray drying. *Food Sci. Biotechnol.*, 23(3), 755-763.
- [62] Robert, P., Torres, V., Garcia, P., Vergara, C., Saenz, C. (2015). The encapsulation of purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp by using polysaccharide-proteins as encapsulating agents. *LWT - Food Science and Technology*, 60(2), 1039-1045.
- [63] Rodríguez-Sánchez, J.A., Cuatzo-Lozano, M.I., Perez-Loredo, M.G., Abarca-Sarro, D.I., Navarro,



- Y.G. (2017). Alginate Encapsulation as a Preservation Method of Pitaya Fruit Juice (*Stenocereus spp.*). *Journal of Food Science and Engineering*, 7, 127-134.
- [64] Carolina-Otálora, M., Carriazo, J.G., Iturriaga, L., Osorio, C., Nazareno, M.A. (2016). Encapsulating betalains from *Opuntia ficus-indica* fruits by ionic gelation: Pigment chemical stability during storage of beads. *Food Chemistry*, 202, 373-382.
- [65] Tze, N.L., Han, C.P., Yusof, Y.A., Ling, C.N., Talib, R.A., Taip, F.S., Aziz, M.G. (2012). Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. *Food Sci. Biotechnol*, 21(3), 675-682.
- [66] Shaaruddin, S., Ghazali, H.M., Mirhosseini, S.H., Muhammad, K. (2017). Stability of betanin in pitaya powder and confection as affected by resistant maltodextrin. *LWT - Food Science and Technology*, 84, 129-134.
- [67] Garcia-Lucas, K.A., Mendez-Lagunas, L.L., Rodriguez-Ramirez, J., Campanella, O.H., Patel, B.K., Barriada-Bernal, L.G. (2016). Physical properties of spray dried *Stenocereus griseus* pitaya juice powder. *Journal of Food Process Engineering*, 40, 1-9.
-

## Süt Endüstrisinde Kullanılan Isı Değiştiricilerde Kalıntı Oluşumu

Hatice Kübra Kızılay , Firuze Ergin , Muammer Demir , Ahmet Küçükçetin  

Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

*Geliş Tarihi (Received): 13.05.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 24.10.2018*

✉ *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

Isı değiştiricilerde biriken süt kalıntısı, sütte uygulanan ısıl işlemin etkinliğinin azalmasına neden olmakta ve fazladan ısı direnci oluşumuna bağlı olarak sistemde ısı iletim kayıplarına yol açmaktadır. Ayrıca ısı değiştiricilerde oluşan kalıntı tabakası, ısı iletim yüzeylerinde halk sağlığını tehdit eden mikroorganizmalar için besi ortamı olarak görev yapmaktadır. Süt endüstrisinde ısıl işlem sırasında kalıntı oluşumu, ekonomik kayıplara neden olan ve uzun yıllardır çözümü üzerinde çalışılan bir sorun olmuştur. Isı değiştiricilerde süt kalıntısı sorununun çözümüne yönelik çalışmalarda, kalıntı oluşum ve temizleme mekanizmalarının anlaşılması ve kalıntı oluşumuna etkisi olan parametrelerin belirlenmesi üzerine odaklanılmıştır. Bu derlemede sütün bileşiminin, kullanılan ısı değiştiricinin yüzey özelliklerinin ve uygulanan ısıl işlem parametrelerinin süte uygulanan ısıl işlem sırasında kalıntı oluşumuna etkisi ve oluşan kalıntının tespit edilmesinde ve temizlenmesinde kullanılan yöntemler hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Isı değiştirici, Süt kalıntısı oluşumu, Temizleme yöntemleri

### Fouling In Heat Exchangers Used In Dairy Industry

#### ABSTRACT

Milk fouling in heat exchangers results in a loss of heat transfer in the system due to additional heat resistance, and leads to a reduction in the effectiveness of heat treatment applied to milk. Furthermore, the presence of fouling layers in heat exchangers serves as broth for microorganisms in heat transfer surface, which may threat public health. Fouling during heat treatment has been a problem to be solved for many years, which causes economic losses in dairy industry. Studies to overcome this problem in heat exchangers have focused on understanding the formation and cleaning mechanisms of fouling and determining parameters that affect the formation of fouling. The aim of this review is to give information on the effects of milk composition, surface properties of utilized heat exchanger and applied parameters in heat treatment on the formation of milk fouling during heat treatment, and methods used for the detection and cleaning of milk fouling.

**Keywords:** Heat exchanger, Formation of milk fouling, Cleaning methods

### GİRİŞ

Çiğ süte, patojen mikroorganizmalar ile normal depolama koşullarında süt ve süt ürünlerinde bozulmaya neden olabilecek mikroorganizmaların inhibe edilmesi ve çeşitli enzimlerin kısmen veya tamamen inaktif hale

getirilmesi için ısıl işlem uygulanmaktadır. Süt endüstrisinde kullanılan başlıca ısıl işlem uygulamaları pastörizasyon, sterilizasyon ve termizasyon olarak sıralanabilmektedir [1]. Süt işleme tesislerinde söz konusu ısıl işlem uygulamaları, ısı değiştirici veya eşanjör adı verilen, farklı sıcaklıklardaki iki ya da daha

çok akışkanın ısılarının birinden diğerine aktarılmasını sağlayan cihazlarda gerçekleşmektedir. Isı değiştiricilerde ısı transfer yüzeyi yardımı ile birbirinden ayrılan akışkanlar arasında enerji alışverişi olmakta ve ortalama ısı verme veya ortamdaki ısı çekmeye gerek kalmadan akışkanlar denge sıcaklığına gelmektedir. Kabuk ve borulu, hava soğutmalı, karbon bloklu, bobinli ve ceketli ısı değiştiriciler gibi farklı tür ısı değiştiriciler de kullanılmakla birlikte, kullanımı en yaygın olan ısı değiştirici türleri borulu ve plakalı ısı değiştiricilerdir. Borulu ısı değiştiriciler en basit tasarımlı ısı değiştiriciler olup, silindirik bir boruda ürün akarken ısıtıcı veya soğutucu akışkan borunun dışında bulunan gövdeden akmaktadır [2]. Borulu ısı değiştiriciler, süt ve çeşitli süt ürünlerinin daha çok UHT (Ultra High Temperature-Ultra Yüksek Sıcaklık) yöntemi ile sterilizasyonunda kullanılmaktadır. Süt endüstrisinde sıklıkla kullanılan diğer bir ısı değiştirici türü ise plakalı ısı değiştiricilerdir. Düşük viskoziteli akışkanlar için oldukça yaygın olarak kullanılan plakalı ısı değiştiricilerde plakalar birbirlerine kenetlenmiş durumda olup, aralarında conta boşluğu bulunmaktadır. Isıtılacak veya soğutulacak akışkanlar plakalar arasından akmaktadır [3]. Gıda endüstrisi özellikle de süt endüstrisi için hacimsel kapasitelerinin küçük olmasına karşı çok geniş yüzey alanlarına sahip olmaları ve plaka sayısının artırılması veya azaltılması ile işlenecek süt kapasitesinin ayarlanabilmesi plakalı ısı değiştiricileri diğer ısı değiştiricilere göre avantajlı hale getirmektedir [2]. Farklı türdeki ısı değiştiriciler kullanılarak uygulanan ısı işlem ile mikrobiyal güvenliği sağlanmış, raf ömrü uzun süt ve süt ürünleri üretilebilse de, ısı değiştiricilerin temizliği ve bakımı süt endüstrisinde karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir. Isıl işlem uygulaması sırasında ısı kaynaklı reaksiyonlar sonucunda sütün bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri değişebilmekte, ayrıca ısı değiştiricilerin yüzeylerinde süt bileşenlerinin spesifik reaksiyonlarından kaynaklanan kalıntı birikimi sorunu ortaya çıkmaktadır [4]. Kalıntı oluşumu, süt bileşenlerinin özellikle de proteinlerin ve mineral maddelerin ısı transfer yüzeylerinde birikmesi ve katılaşması ile meydana gelmektedir [5]. Isı değiştiricilerde biriken kalıntı, borularda veya plakalarda ısı transferi etkinliğini azaltıp basınç düşüşünü artırması ve buna bağlı olarak da sistemde istenilen sıcaklığa ulaşamamasından dolayı süt işletmelerinde hem ekonomik hem de ürün kalitesi bakımından önemli kayıplara neden olmaktadır. Isı değiştirici yüzeylerinde kalıntı oluşumunu en aza indirmek ve kalıntı birikiminden dolayı oluşacak kayıpları kontrol altına alabilmek için kalıntı oluşumuna neden olan faktörlerin ve mekanizmaların anlaşılması önem taşımaktadır [6]. Bu derlemede süt endüstrisinde kullanılan ısı değiştiricilerde meydana gelen kalıntının oluşum mekanizması, kalıntı birikimini etkileyen faktörler, kalıntının tespiti ve temizlenmesi hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

## KALINTI OLUŞUM MEKANİZMASI

Süt; elde edildiği canlı türene göre bileşimi değişen, karmaşık ve beslenme değeri yüksek bir gıdadır. Sütün içeriğinin büyük kısmını su oluşturmakla birlikte, geri kalan kısmını süt yağı, laktoz, protein, mineral maddeler ve eser miktarda bulunan diğer bileşenler

oluşturmaktadır [7]. Süt bileşenlerinden özellikle protein ve mineral maddelerin ısı değiştiricilerde kalıntı oluşumuna neden olduğu bildirilmektedir [8]. Süte ısı işlem uygulaması sırasında protein denatürasyonu ve mineral madde presipitasyonu (çökme) reaksiyonları gerçekleşmektedir. Protein denatürasyonu sonucu oluşan kalıntının çoğunluğu ısıya duyarlı peyniraltı suyu proteinlerinin özellikle de  $\beta$ -laktoglobulinin denatürasyonu ile meydana gelmektedir. Kazein, ısıya dirençli bir protein olduğu için sütün pH'sının normal değerlerde (pH 6.6-6.8) olduğu koşullarda kalıntı birikiminin oluşumunda etkin değildir [9]. Süt 65°C'nin üzerindeki sıcaklıklara ısıtıldığında  $\beta$ -laktoglobulin, kararsız hale geçmekte ve iki farklı mekanizma ile kalıntı oluşumunda rol oynamaktadır. Birinci mekanizmada  $\beta$ -laktoglobulin, 1. dereceden denatürasyona uğramakta ve -SH bağlarının açığa çıkması ile aktif hale geçip, ısıtma yüzeyine adsorbe olmaktadır. Sütteki mineral maddelerden en önemlisi olan kalsiyum iyonları ise denatüre  $\beta$ -laktoglobulinin oluşturduğu kalıntı içerisinde kalarak yapının stabilize olmasını desteklemektedir [10]. İkinci mekanizmada ise denatüre olmuş aktif  $\beta$ -laktoglobulinler, ortamda bulunan diğer aktif  $\beta$ -laktoglobulinlerle veya sütün diğer proteinleri (kazein,  $\alpha$ -laktalbumin vs.) ile geri dönüşümsüz olarak 2. dereceden polimerizasyon reaksiyonuna girerek, çözünmeyen agregatlar oluşturmakta ve ısıtma yüzeyine taşınarak adsorbe olmaktadır [11]. Ancak konu ile ilgili literatür incelendiğinde, ısıtma yüzeyinde ilk olarak birinci mekanizma sonucu oluşan denatüre proteinlerin mi yoksa ikinci mekanizma ile oluşan agregatların mı kalıntı birikimine yol açtığı konusunda farklı yaklaşımlar olduğu görülmektedir. Agregat olmuş proteinin yapısal olarak denatüre proteine göre daha büyük olmasından dolayı ısı transfer yüzeyine taşınımının daha zor olacağından iki mekanizma sonucu oluşacak kalıntıların birikme hızlarının farklı olabileceği bildirilmiştir [12]. Isı değiştiricilerde peyniraltı suyu proteinlerinin yanı sıra sütün ısıtılması sırasında kalsiyum fosfat tuzlarının da çözünürlüğünün azalarak kalıntı birikimine sebep olduğu belirtilmektedir [13]. Kalsiyum fosfat, kazein miselleri yüzeyine çökebileceği gibi  $\beta$ -laktoglobulinin de üzerine çökerek birikmeye neden olabilmektedir. Protein agregatlarının ve kalsiyum fosfatın kalıntı oluşumuna neden olurken birbirlerinden bağımsız olmayabileceği belirlenmiştir. Protein kalıntısının olduğu sıcaklık aralığında (80-105°C) ortamda kalsiyum iyonlarının bulunması halinde kalıntı birikiminin arttığı tespit edilmiştir [10, 14]. Süte, 100°C'den daha yüksek sıcaklık değerlerinde ısı işlem uygulandığında ise kalıntının ana bileşeni kalsiyum fosfat olup, küçük protein agregatları kalsiyum fosfatın açık ağ yapısındaki boşluklarına hapsolarak kalıntı yapısını oluşturmaktadır [7].

Isı değiştiricilerin yüzeylerinde kalıntı oluşumu başlangıç ve birikim olmak üzere iki safhada meydana gelmektedir. Kalıntı oluşumunun fark edilebilir bir hale gelmesi için başlangıç safhasının olması gerekmektedir [15]. Başlangıç safhasında kalıntı ince bir tabaka şeklinde olup, ısı transferine karşı ihmal edilebilir bir direnç oluşturmakla birlikte, ısı değiştiricilerin yüzey pürüzlülüğünü arttırarak ısı transfer katsayısını düşürmektedir [16]. Borulu ısı değiştiricilerde başlangıç safhasının süresi sıcaklık, akış hızı ve yüzey

özelliklerine bağlı olarak 1 ile 60 dakika arasında değişmektedir. Plakalı ısı değiştiricilerde ise karıştırmanın şiddetli olması ve akışın yüksek türbülansla gerçekleşmesinden dolayı kalıntı oluşması için gerekli süre çok daha kısa olmakta, hatta anlık oluşumlar görülebilmektedir [17]. Birikim safhası ise kalıntının ısı transfer direnci oluşturacak kadar birikmesi ile başlamaktadır. Birikim safhası, ısı transfer yüzeyi üzerinde biriken moleküllerin yüzey ile bağ oluşturmasını ve protein-protein arasında oluşan etkileşimlerin birikme hızını kontrol ettiği kararlı halde bir kalıntı oluşumunu ifade etmektedir [18].

## KALINTI BİRİKİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Isı değiştiricilerde kalıntı birikimi süt endüstrisinde sürekli karşılaşılan, pratik olarak engellenemeyen ve aynı zamanda oluşumunda birden çok değişkenin etkili olduğu bir sorundur. Isı transfer yüzeylerinde kalıntı birikmesine sebep olabilecek değişkenler; sütün bileşimi, ısı değiştiricinin türü, sütün işleme koşulları, ısı değiştiricinin yüzey materyalinin özellikleri ve sütün mikrobiyal yükü olarak sıralanabilmektedir [9].

### Süt Bileşiminin Etkisi

Sütün bileşimi sütün elde edildiği canlıya ve mevsimsel geçişlere bağlı olarak değişmektedir. Bu da ısı değiştiricilerde sütün neden olduğu kalıntının bileşiminde değişikliklere neden olmaktadır [6, 8, 19]. Isı değiştiricilerde en çok kalıntı oluşumuna neden olan ve kalıntı yapısını şekillendiren süt bileşeni peyniraltı suyu proteinleridir [5]. Bu nedenle birçok araştırmacı sütün ısı değiştirici yüzeylerinde oluşturduğu kalıntının bileşimini belirleyebilmek, kalıntı oluşum mekanizmalarını ortaya koyabilmek ve kalıntı temizleme yöntemleri geliştirebilmek gibi amaçlarla ısı ile oluşturulmuş peyniraltı suyu proteini jellerini model sistem olarak kullanmıştır [19, 23].

Fickak ve ark. [24] peyniraltı suyu protein konsantrasyonunun kirlilik oluşumu üzerine etkisini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (%2, 4 ve 6 [w/v]) peyniraltı suyu protein konsantrasyonu içeren çözeltileri 70°C'de 5 dakika ısıttıktan sonra yüzey sıcaklığı 81°C olan ısı değiştirici içerisinde sirküle ederek kalıntı oluşumu sağlamışlardır. Çalışmada ısı transfer katsayıları ve ısı değiştirici yüzeyi ile kullanılan çözeltiler arasındaki sıcaklık farkı takip edilmiş olup, ısı transfer yüzeylerinde kalıntı oluşumunda ısı transfer katsayısının düşüşü indikatör olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak daha yüksek oranda peyniraltı suyu protein konsantrasyonu içeren çözeltilerin daha fazla kalıntı oluşturduğu belirlenmiştir.

Isıl işlem sırasında peyniraltı suyu proteinleri dışındaki süt bileşenleri de kalıntı oluşumunu etkilemektedir. Sütün pH değerine bağlı olarak,  $\beta$ -laktoglobulinler kazein miselleri üzerinde birikerek kazein miselinin yüzeyinde ya da süt serumunda serbest halde bulunan  $\kappa$ -kazein fraksiyonları ile reaksiyona girerek bağ oluşturmaktadır. Kazein miselleri ile peyniraltı suyu proteinlerinin ısı işlem sırasında reaksiyona girmesi, kalıntı oluşumunu büyük ölçüde kısıtlasa da ortamda

kazein misellerinin olması kalıntı oluşumunun az da olsa artmasına neden olabilmektedir [25]. Ortamda denatüre peyniraltı suyu proteinleri olması kalıntı oluşum sürecinde önemlidir. Isıl işlem sırasında denatüre  $\beta$ -laktoglobulinler, ısı transfer yüzeyi ile diğer  $\beta$ -laktoglobulinler ve kazein molekülleri arasında yapışkanlık sağlayıcı ajan olarak davranarak kalıntı tabakasının oluşumuna neden olmaktadır [5]. Kalıntı bileşimlerinde az miktarda laktoz da bulunmaktadır. Suda çözünür olduğu için laktozun genel olarak kalıntı oluşum sürecinde çok önemli bir rolü bulunmamaktadır [17]. Ancak ısı işlem sırasında çok yüksek sıcaklıklara çıkıldığında (>100°C) laktoz, karamelizasyon ve Maillard reaksiyonları sonucu kalıntı oluşumunda rol oynayabilmektedir [26]. Süte uygulanan ısı işlem sırasında süt yağı globül membranında bulunan bazı protein yapısındaki bileşenler peyniraltı suyu proteinleri ile etkileşime girmekte ve kalıntı katmanlarında protein matriksi içerisine hapsolarak kalıntı bileşiminde yer almaktadır. Sütteki mineral maddeler kalıntı oluşumunun erken evrelerinde etkili olmaktadır [5]. Bu etki; kalsiyum fosfatın çözünürlüğü ile ortam sıcaklığı arasında ters ilişki bulunmasından, kalsiyumun peyniraltı suyu proteinlerinin denatürasyonuna ve kazeinin çökmesine neden olmasından kaynaklanmaktadır [10]. Kalsiyum konsantrasyonu azaltılan veya artırılan sütün ısı işlem sırasında stabilitesinin azalmasından dolayı kalıntı oluşturma potansiyelinin normal kalsiyum içeriğine sahip süte göre yüksek olduğu bildirilmiştir [8].

Gıda endüstrisinde uygulanan ısı işlem, geri dönüşümlü olabilmekle birlikte sistem basıncına bağlı olarak sütün içerisindeki havanın giderilmesine yardımcı olmaktadır. Ancak özellikle yüksek akış hızı ve düşük basınç altında uygulanan ısı işlem ile havanın çözünürlüğü azalabilmekte ve hava boşlukları oluşabilmektedir [27]. Bununla birlikte sistemde kurulu olan genleşme vanaları ve serbest düşüşe izin veren borulu düzeneklerin etkisi ile oluşan mekanik kuvvetler de hava boşluklarının oluşumunda etkili olabilmektedir [8]. Sütün içindeki hava boşlukları, ısı işlem sırasında ısı değiştirici yüzeyinde süt kalıntı oluşumunu teşvik etmektedir. Isı değiştiricilerde akışkan içerisine hapsolmuş hava boşlukları, ısıtma yüzeyinde kabarcıklar oluşturup ısı transfer yüzeyinde kalıntının oluşmaya başlamasında ve artmasında rol oynayabilmektedir [28]. Hava boşluklarının olduğu yerlerde sütün evaporasyonu gerçekleşirse konsantrasyon fazlalığı nedeni ile süt proteinleri birikmeye başlamaktadır. Süt proteinleri yüksek sıcaklığın etkisi ile söz konusu yerlerde çökmeye başlayıp kalıntı oluşturabilmektedir [8].

Sütün bileşenlerinin stabilitesi için kritik olan süt pH'sı kalıntı oluşumunda etkili olan bir diğer faktördür [14]. Süt, pH değerindeki düşüş ile birlikte ısı işlem sırasında ısı değiştiricilerin yüzeyinde pıhtılaşmaktadır. Kalıntı oluşumu ve süt pH'sı arasındaki ilişki doğrusal olmamakla beraber, sütün pH'sı düştükçe ısı işlem sırasında oluşan kalıntı miktarı artmaktadır [29, 31]. Düşük pH değerine sahip süte ısı işlem uygulandığında ısı değiştiricilerdeki kalıntı miktarı artışının, sütteki kalsiyum aktivitesindeki artıştan ve kazein misellerinin düşük pH değerlerinde stabilitesinin azalmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir [32]. Süt pH'sının

kalıntı bileşimi ve kalıntı oluşum hızı üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada UHT uygulaması yapılmadan önce sütlerin pH'ları 1M hidroklorik asit ile pH 6.54'e ve 1M laktik asit ile pH 6.51'e ayarlanmıştır. pH değerleri ayarlanan sütler UHT işlemi öncesi 24-30 saat boyunca 5°C'de depolanmıştır. Plakalı ısı değiştirici kullanılarak süte 140°C'de 2-3 saniye olacak şekilde UHT işlemi uygulanmıştır. Isıl işlem sonrası ısı değiştiricideki plakalar sökülüp gece boyu 65°C'de bekletilmiştir. Kalıntı miktarını belirlemek amacıyla yıkama öncesi ve sonrası plakalar tartılmıştır. pH'sı ayarlanmamış (pH 6.7) olan tam yağlı sütün plakalı ısı değiştiricinin rejenerasyon bölümünde oluşturduğu kalıntının bileşiminde %43.6-51.4 protein, %5.3-6.0 süt yağı ve %20.1-46.2 mineral madde bulunduğu belirlenmiştir. Plakalı ısı değiştiricinin rejenerasyon bölümünde oluşan kalıntının bileşimi ile karşılaştırıldığında buharla ısıtma bölümünde oluşan kalıntının daha fazla mineral madde (%50.8-63.1) ve daha az protein (%20.4-22.3) içerdiği tespit edilmiştir. pH'sı ayarlanmamış tam yağlı sütlere uygulanan ısı işlem sırasında oluşan kalıntının bileşiminin belirlenebilmesine yönelik çalışmalarda plakalı ısı değiştiricinin sadece buharla ısıtma bölümünden yeterli miktarda örnek alınabilmektedir. Plakalı ısı değiştiricide pH'sı 6.54'e ayarlanmamış tam yağlı süte uygulanan ısı işlem sırasında oluşan kalıntının %34.1-36.1 protein, %50.1-54.9 süt yağı ve %6.3-6.5 mineral madde içerdiği belirlenmiştir. pH'sı 6.51'e ayarlanmamış yağsız süte (%0.05 yağ) uygulanan ısı işlem sırasında plakalı ısı değiştiricinin buharla ısıtma bölümünde oluşan kalıntının %66.5-73.6 protein ve %17.0-24.4 mineral madde içerdiği saptanmıştır. pH'sı 6.51'e ayarlanmamış yağsız süte uygulanan ısı işlem sırasında plakalı ısı değiştiricide oluşan kalıntı miktarının, pH'sı ayarlanmamış tam yağlı süte göre %69 oranında fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu artışın kalıntı bileşiminde yer alan protein miktarındaki artıştan kaynaklandığı saptanmıştır. pH'sı 6.54'e ayarlanmamış tam yağlı süte uygulanan ısı işlem sırasında ise plakalı ısı değiştiricide oluşan kalıntının bileşimindeki protein ve yağ miktarlarının arttığı; ancak mineral madde miktarının azaldığı tespit edilmiştir. [33]

Isı transfer yüzeylerinde oluşan kalıntı, süt içerisindeki mikroorganizmaların kolay bir şekilde kalıntı yüzeyine tutunmasına neden olmakta ve kalıntı bölgesinde çoğalmalarını teşvik ederek süte uygulanan ısı işlemin etkinliğini azaltmaktadır. Mikroorganizmaların ısıtma yüzeylerinde birikip biyolojik kalıntı oluşturması "biyolojik kirlilik" olarak adlandırılmaktadır. Biyolojik kirlilik, süt endüstrisinde ısıtma yüzeylerinde ilk önce mikroorganizma birikimini teşvik edici yüzeyin yani kalıntı tabakasının oluşumu ile başlamakta ve bu tabaka mikroorganizmaların tutunup çoğalmalarına imkan sağlayarak biyofilm oluşumuna neden olmaktadır [34, 35]. Bu durum ısı işlem ünitelerinin temizliğini zorlaştırmakla birlikte, süt ve süt ürünlerinde mikrobiyal kontaminasyona ve dolayısı ile ürünlerde kalite kayıplarına neden olmaktadır. Isı transfer yüzeylerinde kalıntı tabakasının oluşumu, yüzeyin enerji, hidrofobisite ve elektrostatik yük gibi fizikokimyasal özelliklerini değiştirmektedir. Böylece mikroorganizmanın yüzeye tutunmasında etkili olan Van der Waals kuvvetleri,

elektrostatik etkileşimler, hidrodinamik koşullar ve hücre-hücre arası etkileşimler değişmektedir [36].

### Isıl İşlem Koşullarının Etkisi

Isıl işlemin uygulandığı sıcaklık, sıvının akış hızı ve tipi ısı değiştiricilerde kalıntı oluşum mekanizmasında etkili işlem koşullarıdır [37]. Süte uygulanan ısı işlem sıcaklığı, kalıntı bileşimindeki protein ve mineral madde oranlarının değişmesinde ve kalıntı birikiminin kontrol altına alınmasında büyük rol oynamaktadır [13]. Süte uygulanan ısı işlemin sıcaklık derecesine bağlı olarak A ve B tipi olmak üzere iki farklı kalıntı oluşumu gözlenmekle birlikte, sıcaklığın artışı ile kalıntının yapısı A tipinden B tipine doğru değişmektedir. A tipi kalıntı ısı işlem sırasında 75-110°C sıcaklık değerleri arasında oluşmakta ve oluşan kalıntı beyaz renkte, yumuşak, süngerimsi yapıda, bileşim olarak %50-70 protein (çoğunlukla  $\beta$ -laktoglobulin), %30-40 mineral madde ve %4-8 süt yağı içermektedir. Isıl işlem sıcaklık değerinin 110°C'nin üzerinde olduğu durumlarda oluşan B tipi kalıntı ise gri renkli, sert, sıkı ve granüler yapıda olup, bileşim olarak %70-80 mineral madde (çoğunlukla kalsiyum fosfat), %15-20 protein ve %4-8 süt yağı ihtiva etmektedir [9].

Isı değiştiricilerde sıvının akış hızı ve Reynold sayısı kalıntı oluşumunu etkilemektedir. Sıvının akışı sonucu oluşan mekanik etkinin yani kayma geriliminin oluşabilecek kalıntıyı giderme yönünde etkisi bulunmaktadır [5]. Düzgün bir tüp şeklindeki düzeneğe akan sıvının Reynold sayısı 2100'e ulaşana kadar akış laminar olmaktadır, Reynold sayısı 10000'in üzerine çıktığında akış gelişmiş türbülans olmaktadır. Söz konusu iki değer arasında oldukça karmaşık olan geçiş rejimi oluşmaktadır. Belmar-Beiny ve ark. [19] yaptıkları çalışmada, 73°C'ye ısıttıkları %1 oranında peyniraltı suyu konsantrasyonu içeren çözeltiyi farklı Reynold sayılarında (1800, 5200 ve 7500) olacak şekilde borulu ısı değiştiriciye 1 saat süre ile besleyerek 83°C'ye ısıtmışlardır. Çözeltinin Reynold sayısının 1800 olduğu durumda kalıntı birikiminin borunun uzunluğu boyunca arttığı belirlenmiştir. Reynold sayısı arttıkça borunun giriş ve çıkışı arasında biriken kalıntı miktarları arasındaki farklılık artış gösterse de, borunun toplam alanında biriken kalıntı miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Söz konusu azalmanın, yüzey kayma gerilmesinin ve yüksek karışma sağlayan türbülans düzeyinin artmasından ve ısı transfer yüzeyine tutunmak yerine aktif moleküllerin akışkan içerisinde bir araya gelmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Genel olarak, artan akış hızı, oluşan kayma gerilimi sayesinde kalıntı oluşturan bileşiklerin yüzeye adsorbe olma olasılığını azaltmaktadır. Artan akış hızıyla oluşan türbülans akış rejimi, laminar sınır katmanlarının azalmasına, dolayısı ile ürün ile cidar arasındaki sıcaklık farkının azalıp, protein agregatlarının ısıtma yüzeyinden ziyade ürün içerisinde oluşumuna imkan vermektedir [5]. Bunun yanında, yüksek düzeyde türbülans akış, kalıntı tabakası içerisinde çökmüş olan proteinlerin yeniden sürüklenmesine neden olabilmektedir [38]. Gordon ve ark. [31] akış hızındaki artış ile borulu ısı değiştiricilerde kalıntı miktarının azaldığını, plakalı ısı değiştiricilerde ise kompleks akış geometrileri nedeniyle akış hızı ile kalıntı

miktarının ilişkilendirilmesinin zor olduğunu bildirmişlerdir. Ancak oluklu plakalarla ve nispeten düşük akış hızlarında çalışıldığından plakalı ısı değiştiricilerin genelde türbülans koşullar altında kalıntı oluşumuna daha az eğilimli oldukları belirtilmektedir. Kalıntı oluşumları çoğunlukla artan yüzey gerilimi ile azalmaktadır. Yüzey gerilimi, Reynold sayısının bir fonksiyonu olan sürtünme faktörünü belirlemekte ve dolayısı ile akış hızı ile ilişkilendirilebilmektedir. Reynold sayısının süt kalıntısı oluşumu üzerine etkilerini inceleyen çoğu çalışmada geçiş rejimi kullanılmıştır. Bu yüzden de kalıntı miktarındaki azalmanın yüzey kayma geriliminin artırmasından mı yoksa akış rejiminin laminardan türbülansa geçerek değişmesinden mi kaynaklandığı konusu belirsizliğini korumaktadır [26].

### Yüzey Özelliklerinin Etkisi

Isı değiştirici yüzeylerinde ilk kalıntı katmanının oluşabilmesi proteinlerin, mineral maddelerin ve termofilik mikroorganizmaların yüzey materyali ile etkileşime girmelerine bağlıdır. İlk kalıntı katmanının oluşmasında yüzeyin hidrofobitesisi, enerjisi ve pürüzlülüğü gibi özellikler kalıntı birikimini etkileyen ve kontrol eden temel değişkenlerdir [39]. İlk kalıntı katmanı oluşuktan sonra ısı transfer yüzeylerinin özellikleri kalıntı oluşumunda önemini yitirmektedir [7]. Artan yüzey pürüzlülüğünün daha fazla yüzey alanına neden olmasından dolayı pürüzlü yüzeyin pürüzsüz yüzeye göre daha yüksek yüzey enerjisine sahip olduğu ve sonuç olarak pürüzlü yüzeylerde süt kalıntısının adezyonunun daha kuvvetli olduğu bildirilmektedir [6, 40]. Yoon ve Lund [40] yaptıkları bir çalışmada, manyetik alan uygulamalı ısı işlem cihazında titanyum, standart 304 numaralı paslanmaz çelik, elektropolisajlı paslanmaz çelik, teflon ve polisiloksan kaplamalı plakaların yüzey özelliklerinin kalıntı oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Süt, ısı işlem cihazına 11°C'de 0.14 m/s akış hızında beslenmiş ve 115°C'ye kadar ısıtıldıktan sonra oluşan kalıntının bileşimi belirlenmiştir. Titanyum, standart 304 paslanmaz çelik, elektropolisajlı paslanmaz çelik, teflon ve polisiloksan kaplamalı plakaların temas açılarının ortalama değerlerinin sırasıyla 29, 26, 45, 90 ve 76 derece olduğu ve teflon ile polisiloksan kaplamalı yüzeylerin hidrofobitesilerinin standart 304 numaralı paslanmaz çeliğe göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Tüm yüzeylerde oluşan kalıntının %32 ile 35'ini protein ve %52 ile 55'ini mineral maddelerin oluşturduğu ve kalıntı bileşiminin plakanın yüzey özelliklerine göre değişmediği; ancak plakanın yüzey özelliklerinin kalıntının fiziksel görünüşünü üzerinde önemli düzeyde etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Kalıntının, yüksek hidrofobik özelliğinden dolayı teflon kaplı plakadan kendiliğinden ayrıldığı belirtilmiştir. Isıl işlem sırasında oluşan ortalama kalıntı miktarlarının ise titanyum, standart 304 numaralı paslanmaz çelik, elektropolisajlı paslanmaz çelik, teflon ve polisiloksan kaplamalı plakalarda sırasıyla 2.54, 3.29, 2.72, 3.66 ve 3.02 g olduğu saptanmıştır. Konu ile ilgili bir diğer çalışmada ise Britten ve ark. [41] çeşitli polimerlerle kaplanmış yüzeylerin ara yüzey özelliklerinin oluşan kalıntının miktarı ve adezyon kuvveti üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada kaplama materyali olarak 316 numaralı paslanmaz çelik üzerine

polimetilmetakrilat, polistiren, naylon 66, selüloz triasetat, selüloz asetat ve agaroz kullanılmıştır. Tam yağlı süt, 5°C'de 1 gün süre ile bekletildikten sonra pH'sı 6.5'e ayarlanıp 100°C'de 60 dakika ısı işlemi tabii tutularak kalıntı oluşumu sağlanmıştır. Isıl işlem sonrasında kalıntı bileşimindeki proteinler ve fosfatlar belirlenmiştir. Kalıntı oluşum miktarları açısından benzer davranışlar gösterebilir de yüzeylerin adezyon kuvvetleri farklılık göstermiştir. Herhangi bir polimerle kaplanmamış kontrol yüzeyi ile polimerlerle kaplanmış yüzeyler karşılaştırıldığında, polimerle kaplanmanın yüzeyde kalıntı oluşumunda azalma sağlamadığı, hatta agaroz ile kaplanmış yüzeyde kontrol yüzeyine göre daha fazla kalıntı oluştuğu saptanmıştır. Bunlara ek olarak Naylon 66 ve agaroz ile kaplananlar dışındaki yüzeylerde mineral madde adezyonunun protein adezyonundan fazla olduğu belirlenmiştir.

### KALINTI OLUŞUMUNUN TESPİTİ

Isı değiştiricilerde oluşan kalıntı, süte uygulanan ısı işlemin etkinliğini azaltmakta ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Kalıntı sorununun çözümüne dair ilk adım ısı işlem değişkenlerinin ölçümü ve kontrolü ile kalıntının tespit edilmesidir [42]. Kalıntının tespit edilmesi için doğrudan ya da dolaylı indikatörler kullanılabilir. Doğrudan indikatörler yüzeyden alınan kalıntının mikroskop altında incelenmesine, bileşimini belirlemeye yönelik analizlere tabii tutulmasına ve kalınlık ölçümlerine dayanmaktadır. Doğrudan indikatörler ile kalıntının tespitinde, üretimin durdurularak kalıntı örneğinin alınması ve laboratuvar çalışmaları ile incelenmesi gerekmektedir. Kalıntı tespitinde doğrudan indikatörlerle çalışmanın zorluğundan dolayı, online görüntüleme yapılabilmesine ve üretim süreci içerisinde kalıntının belirlenebilmesine imkan veren dolaylı indikatörler geliştirilmiştir. Dolaylı indikatörler ile kalıntı tespitinde üretim hattının istenilen bölgelerine yerleştirilen basınç, sıcaklık ve akış hızı gibi ısı işlem parametrelerindeki değişimleri belirleyebilen sensörler kullanılmaktadır [26]. Ayrıca, elektrik direnci ile iletkenlik ölçen sensörler, akustik ve optik özelliklerdeki değişimleri tespit edebilen sensörler kalıntı oluşumunun online olarak tespit edilmesini sağlamaktadır [42,43]. Söz konusu sensörler ile elde edilen veriler yapay sinir ağları, destek vektör makinası gibi sayısal yöntemlerle işlenerek kalıntı varlığı veya oluşum süreciyle ilgili tahminler yapılabilmektedir [44].

Süte uygulanan ısı işlemin neden olduğu kalıntı oluşumunu belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada, iki rejenerasyon, iki ısıtma ve bir soğutma olmak üzere beş bölümden oluşan bir plakalı ısı değiştirici kullanılmıştır. Kalıntı oluşumunun belirlenebilmesi için süte uygulanan ısı işlem süresince ısı akış, sıcaklık ve basınç sensörleriyle ölçümler gerçekleştirilmiştir. Her bölüme bir tane ısı akışı ölçen sensör ve sistem içindeki basınç düşüşlerinin belirlenmesi amacıyla her bölümün giriş ile çıkışlarına da basınç ölçen sensörler yerleştirilmiştir. Sütün ve ısı değiştirici yüzeyin sıcaklıklarının ölçümü için 2 tane sıcaklık sensörü kullanılmıştır. Isıl işlem sıcaklık ve süresi 75°C'de 15 s olarak belirlenmiş ve sensörlerden toplanan verilerin işlenmesi için tek katmanlı yapay sinir ağları oluşturulmuştur. Çalışmada tek katmanlı yapay

sinir ağları, ısı akışı ve sıcaklık değerlerini nöron girdisi olarak kullanabilecek ve kalıntı kalınlığını tek çıktı olarak verebilecek şekilde programlanmıştır. Hesaplanan teorik değere göre 9 saat süresince sürekli uygulanan ısı işlem sonrası ısı değiştiricinin birinci bölümünde kritik seviyede kalıntı oluştuğu ve söz konusu süre sonunda ısı değiştiricinin durdurulması gerektiği belirlenmiştir. Teorik olarak hesaplanan verinin doğrulanması için belirtilen süre boyunca çalıştırılan ısı değiştiricide oluşan kalıntının kalınlığı ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, gerçek deneme sonucunda elde edilen veriler ile tek katmanlı yapay sinir ağları kullanılarak hesaplanan değerlerin benzer olduğu saptanmıştır [44].

## KALINTININ TEMİZLENMESİ

Gıda endüstrisinde kullanılan ısı değiştiricilerde oluşan kalıntının temizlenmesi insan sağlığı, ürün kalitesi ve işletme giderleri açısından önem taşımaktadır. Bir ısı değiştiricinin temiz olarak kabul edilebilmesi için yüzeyinde optik olarak veya diğer fiziksel yöntemlerle tespit edilebilen bir kalıntının, analitik olarak ölçülebilecek herhangi bir kimyasal bileşiğin ya da mikroorganizmanın bulunmaması gerekmektedir [5]. Isıl işlem ünitelerine uygulanan temizlik işlemi kalıntı tipine göre değişmektedir. Protein bazlı kalıntının sodyum hidroksit içeren çözeltilerle temizliği, şişme ve difüzyon, erozyon ve bozulma olmak üzere üç evreden oluşmaktadır. Şişme ve difüzyon evresinde alkali ile temas eden kalıntıdaki protein matriksi açılmakta ve büyük boşluklu bir yapı oluşturmaktadır. Oluşan şişkin tekdüze yapı, yüzey gerilimi ve difüzyon etkisi ile erozyon evresinde uzaklaşmaktadır. Bozulma evresinde ise önceki evrelerde uygulanan işlemlerle kalınlığı oldukça azalmış olan protein kalıntısı, kütle transferi ve yüzey gerilimi etkileri ile yüzeyden uzaklaşarak izole olmuş adacıklar haline dönüşmektedir. Oldukça karmaşık olan bu temizleme işleminde alkali ile protein matriksi arasındaki ilişkinin alkalinin konsantrasyonuna bağlı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bozulma evresindeki temizleme hızının seçiminde, yüzey geriliminin dikkate alınarak diğer evrelere göre daha hassas olunması gerektiği belirtilmiştir [5]. Borulu ısı değiştiricide oluşan peyniraltı suyu proteinlerinin yoğunlukta olduğu A tipi kalıntının temizleme mekanizmasının belirlenmeye çalışıldığı bir araştırmada, ısı direnç ölçümü için ısı akış sensörü kullanılıp kalıntının uzaklaşma hızı takip edilmiştir. Öncelikle peyniraltı suyu konsantratu kullanılarak ters akışla borulu ısı değiştiricide kalıntı oluşumu sağlanmıştır. Kalıntı temizliği için ise %0.5'lik sodyum hidroksit çözeltisi kullanılmıştır. Araştırmada; hızlı gerçekleşen bir evre olduğundan şişme ve difüzyon evresi göz ardı edilmiş ve sadece erozyon ve bozulma evreleri üzerinde çalışılmıştır. Erozyon evresinde kalıntı temizleme hızının, kalıntı ile temizleme çözeltisinin ara yüzeyinin sıcaklığına bağlı olduğu saptanmıştır. Bozulma evresinde ise kalıntı temizleme hızının sıcaklığa bağlı olduğu ve en etkin kalıntı temizleme sıcaklığının 50°C olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda kalıntı temizlik hızında etkin parametrelerin temizlik evreleri için değişkenlik gösterdiği ortaya konulmuştur [22].

Gıda işletmelerinde üretim sırasında ve üretim sonrasında yapılmak üzere iki ayrı kalıntı temizleme yöntemi bulunmaktadır. Üretim sırasında temizlik yapılmasının amacı yüksek işlem verimliliği için ısı transfer yüzeylerini temiz tutabilmektir. Üretim sırasında ve sonrasında fiziksel, mekanik ve kimyasal yöntemlerle temizlik yapılabilmektedir. Üretim sırasında uygulanan ısıl şok, ısı değiştirici yüzeyinin kısa süreli ve aşırı ısınmasına, yüzey ile kalıntının farklı ısıl genleşme özelliklerine sahip olmasından dolayı kalıntı katmanının çatlamasına neden olmakta ve temizleme işlemini kolaylaştırmaktadır. Akış yönünde veya akış hızında belirli aralıklarla değişiklikler yapılması da zayıf olarak tutunmuş kalıntının giderilmesi için kullanılan yöntemler arasında sayılmaktadır. Isı değiştirici içerisine kısa süreli olarak sıkıştırılmış hava veya azot gazı basılmasıyla ortaya çıkan yüksek düzeyde türbülanslı gaz-sıvı akışı, neden olduğu yüksek kayma kuvveti ve basınç dalgalanmalarıyla kalıntının temizlenmesinde kullanılabilir. Ayrıca ısıl işlem ünitelerinde kalıntı temizliği için ısıl işleme tabi tutulan hammadde içerisine inhibitörler veya bazı katkı maddeleri de ilave edilebilmektedir. Ancak bu gibi yöntemlerde ilave edilecek maddenin dozunun doğru belirlenmesi ve sağlığa zararlı olmayacağını gösterir nitelikteki çalışmaların yapılmış olması gerekmektedir [45]. Gıda endüstrisinde üretimden sonra makinalar sökülerek yapılan mekanik temizlik, mikrobiyolojik kontaminasyona neden olma ve parçaların yüzeylerine zarar verme risklerinden dolayı tercih edilmemektedir. Süt ve süt ürünleri üretimi yapılan tesislerde üretim sonrasında kimyasal temizleme yöntemlerinden olan CIP (Cleaning in Place-Yerinde Temizleme) sistemi, diğer yöntemlere göre daha çok tercih edilmektedir. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan CIP sisteminde makinalar sökülmeden içerisinden farklı hızlarda ve sıcaklıklarda asit veya alkali çözeltileri geçirilerek temizlik yapılabilmektedir. Protein gibi organik yapıda olan kalıntıların temizlenmesinde sodyum hidroksit ve potasyum hidroksit gibi güçlü alkaliler kullanılmaktadır. Temizlemede kullanılan suyun sertliğinin azaltılması için polifosfatlar, nitrilotriasetik asit tuzları, EDTA (etilendiamin tetraasetik asit), glukonatlar, fosfonatlar ve poliakrilatlar alkali çözeltilere eklenmektedir. Bunların yanında yüzey aktif ajanlar, ara yüzey gerilimini azaltıcı etkiye sahip iyonik olmayan maddeler ve köpük oluşumunu kontrol eden bileşikler de temizliğin doğru yapılması için kullanılabilir. Ayrıca yüksek düzeyde mineral madde içeriğine sahip olan kalıntının temizlenebilmesi ise alkali çözelti ile temizlik yapılmadan önce veya yapıldıktan sonra kuvvetli asit (nitrik asit, fosforik asit vb.) çözeltileri de kullanılarak temizlik işlemi yapılabilmektedir [22]. Üretim sonrası yapılan kimyasal temizleme metotlarının etkinliğini artırmak için ısı değiştirici yüzeylerinin modifikasyonu yapılarak süt kalıntılarının ısı transfer yüzeylerine tutunması azaltılıp temizliğinin kolaylaştırılması sağlanabilmektedir. Gıda endüstrisinde en çok kullanılan yüzey materyali paslanmaz çeliktir. Ancak paslanmaz çeliğin yüzey enerjisi oldukça yüksektir ve yüzey enerjisini düşürülebilmek için kaplama, elektrokimyasal cilalama, kimyasal işlemler ve manyetik alan uygulama gibi bazı yöntemler geliştirilmiştir [7, 46].

## SONUÇ

Oluşum mekanizması ve temizlenmesi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen ısı değiştiricilerde biriken süt kalıntısı, süt endüstrisi açısından sorun oluşturmaya devam etmektedir. Sütün ısı değiştiricilerde kalıntı oluşturmaya; uygulanan ısı işlem çeşidi, kullanılan ısı değiştiricinin türü ve yüzey özellikleri, sütün bileşimi ve uygulanan ısı işlemin hidrodinamik özellikleri gibi değişkenlere bağlıdır. Söz konusu değişkenler farklı yapılar da kalıntı oluşumuna neden olmakta ve sorunun genelleştirilerek basit bir çözüm bulunmasını engellemektedir. Kalıntı oluşumunu en aza indirmek için ısı işlem sürecinin takibi erken müdahale için oldukça önemlidir. Geliştirilen bazı sensörler ile ısı işlem sırasında ölçümler yapılabilme ve elde edilen veriler kullanılarak süt kaynaklı kalıntı oluşumu yönetilebilmektedir. Ayrıca son zamanlarda bazı yazılımlar ile kalıntı oluşum modelleri geliştirilmektedir. Kalıntı oluşumunu etkileyen dinamiklerin doğru tahmini ile ısı işlem koşulları ve ısı değiştiricilerin karakteristiğinin optimizasyonu sağlanabilmekte, böylelikle kalıntı oluşumu belirli düzeylerde kontrol altına alınarak enerji kayıpları azaltılabilmektedir. Enerjinin yüksek verimle kullanılması bir zorunluluk olan ülkemizde ısı işlem sırasında süt kaynaklı kalıntı oluşumu ile ilgili farkındalık düzeyinin özellikle doğrudan konu ile ilgili yapılacak araştırmalar ve bilimsel yayınlarla artırılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Uргу, M., Saatli, T.E., Türk, A., Koca, N. (2017). Isıl işlem görmüş içme sütlerinde (pastörize, UHT ve laktozsuz UHT süt) hidroksimetilfurfural içeriğinin belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 15(3), 249-255.
- [2] Agarwal, P., Sikand, A., Shanthi, V. (2014). Application of heat exchangers in bioprocess industry: A review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(1), 24-28.
- [3] Earle, R.L., Earle, M.D. (2004). Unit Operations in Food Processing, Web Edition 6: Heat transfer applications. <http://www.nzfst.org.nz/unitoperations>. Erişim tarihi: 16.04.2018.
- [4] Grijspeerd, K., Mortier, L., De Block, J., Van Renterghem, R. (2004). Applications of modelling to optimise ultra high temperature milk heat exchangers with respect to fouling. *Food Control*, 15(2), 117-130.
- [5] Visser, H., Jeurnink, T.J.M., Delplace, F., Fryer, P., Schrami, J.E. (1997). Fouling and cleaning of heat treatment equipment. *Bulletin of the international Dairy Federation*, 328, 7-31.
- [6] Bansal, B., Chen, X.D. (2006). A critical review of milk fouling in heat exchangers. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(2), 27-33.
- [7] Sadeghinezhad, E., Kazi, S.N., Badarudin, A., Zubair, M.N.M., Dehkordi, B.L., Oon, C.S. (2013). A review of milk fouling on heat exchanger surfaces. *Reviews in Chemical Engineering*, 29(3), 169-188.
- [8] De Jong, P. (1997). Impact and control of fouling in milk processing. *Trends in Food Science and Technology*, 8(12), 401-405.
- [9] Bansal, B., Chen, X.D. (2009). Fouling of heat exchangers by dairy fluids: A review. *The Berkeley Electronic Press RP2*, 23, 149-57.
- [10] Delsing, B.M.A., Hiddink, J. (1983). Fouling of heat transfer surfaces by dairy liquids. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 37, 139-148.
- [11] Sadeghinezhad, E., Kazi, S.N., Dahari, M., Safaei, M.R., Sadri, R., Badarudin, A. (2015). A comprehensive review of milk fouling on heated surfaces. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(12), 1724-1743.
- [12] Traybal, R.E. (1981). Mass transfer operation. McGraw - Hill Book Company, Singapore.
- [13] Jeurnink, T.J., Walstra, P., De Kruif, C.G. (1996). Mechanisms of fouling in dairy processing. *Netherlands Milk Dairy Journal*, 50, 407- 426.
- [14] Burton, H. (1968). Deposits from whole milk in heat treatment plant: A review and discussion. *Journal of Dairy Research*, 35(2), 317-330.
- [15] Paterson, W.R., Fryer, P.J. (1988). A reaction engineering approach to the analysis of fouling. *Chemical Engineering Science*, 43(7), 1714-1717.
- [16] Jeurnink, T.J.M. (1996). Milk fouling in heat exchangers. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, 144p, Netherlands.
- [17] Visser, J., Jeurnink, T.J.M. (1997). Fouling of heat exchangers in the dairy industry. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 14(4), 407-424.
- [18] Fryer, P.J. (1989). The uses of fouling models in the design of food process plant. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 42(1), 23-29.
- [19] Belmarbeiny, M.T., Gotham, S.M., Paterson, W.R., Fryer, P.J. (1993). The effect of Reynolds number and fluid temperature in whey protein fouling. *Journal of Food Engineering*, 19(2), 119-139.
- [20] Fryer, P.J., Robbins, P.T., Green, C., Schreier, P.J.R., Pritchard, A.M., Hasting, A.P.M. (1996). A statistical model for fouling of a plate heat exchanger by whey protein solution at UHT conditions. *Food and Bioproducts Processing: Transactions of the Institution of Chemical Engineers Part C*, 74(4), 189-199.
- [21] Davies, T.J., Henstridge, S.C., Gillham, C.R., Wilson, D.I. (1997). Investigation of whey protein deposit properties using heat flux sensors. *Food and Bioproducts Processing: Transactions of the Institution of Chemical Engineers Part C*, 75(2), 106-110.
- [22] Gillham, C.R., Fryer, P.J., Hasting, A.P.M., Wilson, D.I. (1999). Cleaning-in-place of whey protein fouling deposits: Mechanisms controlling cleaning. *Food and Bioproducts Processing*, 77(2), 127-136.
- [23] Xin, H., Chen, X.D., Özkan, N. (2002). Whey protein-based gel as a model material for studying initial cleaning mechanisms of milk fouling. *Journal of Food Science*, 67(7), 2702-2711.
- [24] Fickak, A., Al-Raisi, A., Chen, X.D. (2011). Effect of whey protein concentration on the fouling and cleaning of a heat transfer surface. *Journal of Food Engineering*, 104(3), 323-331.
- [25] Tuan, T.H. (2001). Fouling of stainless steel



- surfaces by heated whole milk. Ph.D. Thesis, Massey University, Palmerston North, 212p, New Zealand.
- [26] Bennett, H.A.E. (2007). Aspects of fouling in dairy processing. Ph.D. Thesis, Massey University, Palmerston North, 172p, New Zealand.
- [27] Walstra, P., Jenness, R., Badings, H.T. (1994). Dairy Chemistry and Physics. Wiley, New York.
- [28] Burton, H. (1961). A laboratory method for the investigation of milk deposits on heat exchange surfaces. *Journal of Dairy Research*, 28(3), 255-263.
- [29] Burton, B.Y.H. (1965). A method for studying the factors in milk which influence the deposition of milk solids on a heated surface. *Journal of Dairy Research*, 32, 65-78.
- [30] Gordon, K.P., Hankinson, D.J., Carver, C.E. (1968). Deposition of milk solids on heated surfaces. *Journal of Dairy Science*, 51(4), 520-526.
- [31] Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., Boekel, M.A.J.S. (2005). Dairy technology: Principles of milk properties and processes. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- [32] Corredig, M., Dalgleish, D., (1996). Effect of temperature and pH on the interactions of whey proteins with casein micelles in skim milk. *Food Research International*, 29(1), 49-55.
- [33] Skudder, P.J., Brooker, B.E., Bonsey, A.D., Alvarez-Guerrero, N.R. (1986). Effect of pH on the formation of deposit from milk on heated surfaces during ultra high temperature processing. *Journal of Dairy Research*, 53, 75-87.
- [34] Kumar, C.G., Anand, S. (1998). Significance of microbial biofilms in food industry: A review. *International Journal of Food Microbiology*, 42(1), 9-27.
- [35] Yoo, J.A., Hardin, M.T., Chen, X.D. (2006). The influence of milk composition on the growth of *Bacillus stearothermophilus*. *Journal of Food Engineering*, 77(1), 96-102.
- [36] Mozes, N., Marchal, F., Hermesse, M.P., Van Haecht, J.L., Reuliaux, L., Leonard, A.J. (1987). Immobilization of microorganisms by adhesion: Interplay of electrostatic and nonelectrostatic interactions. *Biotechnology and Bioengineering*, 30(3), 439-450.
- [37] Swartzel, K.R. (1983). Tubular heat exchanger fouling by milk during ultra high temperature processing. *Journal of Food Science*, 48(5), 1507-1511.
- [38] Rakes, P.A., Swartzel, K.R., Jones, V.A. (1986). Deposition of dairy protein-containing fluids on heat exchange surfaces. *Biotechnology Progress*, 2(4), 210-217.
- [39] Jindal, S., Anand, S., Huang, K., Goddard, J., Metzger, L., Amamcharla, J. (2016). Evaluation of modified stainless steel surfaces targeted to reduce biofilm formation by common milk sporeformers. *Journal of Dairy Science*, 99(12), 9502-9513.
- [40] Yoon, J., Lund, D.B. (1994). Magnetic treatment of milk and surface treatment of plate heat exchangers: Effects on milk fouling. *Journal of Food Science*, 59(5), 964-980.
- [41] Britten, B.Y.M., Green, M.L., Boulet, M. (1988). Deposit formation on heated surfaces - effect of interface energetics. *Journal of Dairy Research*, 55, 551-562.
- [42] Prakash, S., Datta, N., Deeth, H.C. (2005). Methods of detecting fouling caused by heating of milk. *Food Reviews International*, 21(3), 267-293.
- [43] Withers, P. (1996). Ultrasonic, acoustic and optical techniques for the non invasive detection of fouling in food processing equipment. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 293-298.
- [44] Riverol, C., Napolitano, V. (2005). Estimation of fouling in a plate heat exchanger through the application on neural networks. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 80(5), 594-600.
- [45] Müller-Steinhagen, H., Malayeri, M.R., Watkinson, A.P. (2011). Heat exchanger fouling: Mitigation and cleaning strategies. *Heat Transfer Engineering*, 32(3-4), 189-196.
- [46] Malayeri, M.R., Watkinson, A.P., Confernces, E., Irsee, K., Rosmaninho, R., Rizzo, G. (2013). Anti-fouling stainless steel based surfaces for milk heating processes. *The Berkeley Electronic Press* Rp2, (16), 97-102.

## Meyve ve Sebzelere UV-C Işık Uygulamaları ile Küf İnhibisyonu

Ayça Korkmaz , Gülten Tiryaki Gündüz 

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 13.11.2017, Kabul Tarihi (Accepted): 28.05.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [gulden.tiryaki.gunduz@ege.edu.tr](mailto:gulden.tiryaki.gunduz@ege.edu.tr) (G. Tiryaki Gündüz)

☎ 0 232 311 30 03 📠 0 232 311 48 31

### ÖZ

Küfler, meyve ve sebzelerin bozulmasına neden olarak ekonomik kayıplara ve mikotoksin üreterek sağlık üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir. UV-C ışık teknolojisi, meyve ve sebzelerin yüzey dekontaminasyonu için kullanılan ısı olmayan işlemlerden biri olup, mikroorganizmaların gelişimini inhibe etmek, ve bu yolla depolama ve nakliye sırasındaki kayıpları kontrol altına almak için kullanılan alternatif yöntemlerden biridir. UV uygulaması gıda güvenilirliğinin sağlanmasında ürünlerin kalitesini olumsuz yönde etkilememesi ve ekonomik bir yöntem olması nedeniyle pek çok araştırmancının konusu olmuştur. Ultraviyole ışık ile bakterilerin inaktivasyonu ile ilgili birçok çalışma mevcut iken, literatürde küflerle ilgili sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, meyve ve sebzelerde bulunan küflerin inhibisyonunda UV-C ışık uygulamalarının germisidal ve hormetik (savunma mekanizmasının uyarılması) etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Küf inhibisyonu, UV-C, Gıda endüstrisi, Mikrobiyel kalite

### Mold Inhibition on Fruits and Vegetables by UV-C Light Treatments

#### ABSTRACT

Molds can lead to the deterioration of fruits and vegetables, causing economic losses and have negative effects on health by producing mycotoxins. UV-C light technology is one of the non-thermal processes used for the surface decontamination of fruits and vegetables and is one of the alternative methods used to inhibit the growth of microorganisms and to control losses during storage and transport. UV-C treatment has been the subject of many studies since the quality of products is not adversely affected and it is a low-cost method. Limited number of studies is found in the literature on mold inhibition, while there are many studies on the inactivation of bacteria by ultraviolet light. In this study, germicidal and hormetic effects of UV-C light applications for inhibition of molds in fruits and vegetables were reviewed.

**Keywords:** Mold inhibition, UV-C, Food industry, Microbial quality

#### GİRİŞ

Gıdalardaki küf bulaşmalarını engellemek amacıyla çeşitli önlemler alınmasına rağmen küfler doğanın yaygın bulaşanları olup, hasat öncesinde, hasat sırasında veya sonrasında işleme, depolama ve satış sırasında ürünlere bulaşabilmektedir. Meyveler yüksek su aktiviteleri, yüksek şeker içeriği ve düşük pH gibi

özellikleri nedeniyle bakteriyel bozulmalardan çok fungal bozulmaya açıktır [1, 2]. Hasat edilen meyve ve sebzelerin üçte birinden fazlasının hasat sonrası bozulmalardan dolayı, tüketiciye ulaşmadan atıldığı tahmin edilmektedir [3]. Küfler gıdaların bozulmasına neden olarak ekonomik kayıplara yol açmakta, ayrıca insan sağlığı açısından zararlı olan mikotoksinler oluşturmakta ve bu nedenle küflü gıdalarda potansiyel

sağlık riski bulunmaktadır [4]. Gıdaların bozulmasının engellenmesi suretiyle ekonomik kayıpları azaltmak, gıda güvenliği ve muhafazasını sağlamak için çeşitli uygulamalar kullanılmaktadır. Bu amaçla en sık tercih edilen yöntemlerden biri, küf gelişimi ve mikotoksin oluşumunu önlenmek için fungusitlerin kullanımıdır. Ancak fungusitlere direnç gösterebilen patojen suşların ortaya çıkması ve fazla kimyasal madde uygulamasının gıdalarda kalıntı bırakması insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır [5]. Gıda güvenliği ve çevrenin korunması kapsamında dünya çapında artan endişeler, araştırmacıları hasat sonrası fungal hastalıkların engellenmesinde etkili ve çevre dostu teknolojileri araştırmaya yönlendirmektedir [4]. Gıdaların muhafazasında kullanılan yeni teknolojiler meyve ve sebzelerin kalitesinin iyileştirilmesinde ve güvenliğinin sağlanmasında veya sürdürülmesinde önemli faydalar sağlamaktadır [2].

UV-C ışık teknolojisi, gıda proseslerinde mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlamak ve gıdanın raf ömrünü arttırmak için alternatif olarak kullanılan bir prostedir. UV-C ışık kullanıldığında herhangi bir atığın çıkmaması ve prosesin herhangi bir kimyasal madde kullanmayı gerektirmemesi UV-C işleminin çevre dostu olmasını sağlamaktadır. Ayrıca mikrobiyal inaktivasyon sağlamanın yanı sıra, yapılan çalışmalarda sebze ve meyvelere UV-C uygulaması sonucunda oluşan serbest radikallerin stres sinyalleri veya stres cevabını baskılama özellikleri bulunması nedeniyle, meyve sebzelerdeki antioksidan kapasitesinde artışa ve ürünün raf ömrünün uzamasına katkı sağladığı belirtilmektedir [6, 7]. UV-C uygulaması (3.0 kJ/m<sup>2</sup>) ile taze kesilmiş kırmızı lahanaların depolaması sırasında antioksidan aktivitesinde artış olduğu tespit edilmiştir [8]. UV-C ışığı bitkilerde bir takım antifungal bileşiklerin sentezini sağlayarak ve patogenez ile ilişkili proteinler, flavonoidler, fenolik asitler, lignin, suberin, katalaz, peroksidaz, askorbat peroksidaz ve fenilalanin amonyum liyaz gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini indükleyerek, meyve üzerindeki fungus üremesini sınırlayıp hastalığın şiddetini azaltmaktadır [9-12].

UV ışık uygulamaları ilk olarak içme suyunun dezenfeksiyonu için Fransa'da 1906'lı yıllarda

kullanılmıştır [13]. Günümüzde ise gıda endüstrisinde UV-C sistemleri, süt, et ve fırıncılık endüstrilerinde ekipman yüzeylerinin, konveyörlerin, şişe, kutu gibi ambalajlama ürünlerinin dekontaminasyonunda kullanılmaktadır [14]. Ancak, düşük nüfuz etme kapasitesi sebebiyle UV-C ışığın kullanımı hava, su gibi saydam maddeler, pürüzsüz katı gıda yüzeyleri ve gıda ambalajları ile sınırlı kalmaktadır [15]. UV-C sistemlerinin işletme maliyetlerinin düşük olmasının yanı sıra, herhangi bir kimyasal kalıntı bırakmamasından dolayı UV-C uygulamaları gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılmaktadır [16, 17].

Küfler, oksijen ihtiyaçlarından dolayı meyve ve sebzelerin yüzeylerinde gelişmektedir. Ürün yüzeylerindeki mikrobiyal yüklerin azaltılmasında klor gibi kimyasal dezenfektanların kullanımı, meyve ve sebze yüzeylerinde bir takım hasarlara neden olabileceğinden, yüzeylerde etkili bir dekontaminasyon yöntemi olan UV-C ışık uygulamalarının uygun dozlarda kullanımının meyve ve sebzelerin yüzeylerindeki küf yükünün azaltılması, fungal hastalıkların önlenmesi, ürünlerin raf ömrünün uzatılması gibi pek çok yararı bulunmaktadır. Bu çalışmada meyve ve sebzelerdeki küf gelişiminin önlenmesi için alternatif bir yöntem olan UV-C ışık teknolojisinin kullanımı üzerine yapılan araştırmalar derlenmiştir.

## UV IŞIĞIN SINIFLANDIRILMASI VE MİKROORGANİZMALAR ÜZERİNDEKİ İNKTİVASYON MEKANİZMASI

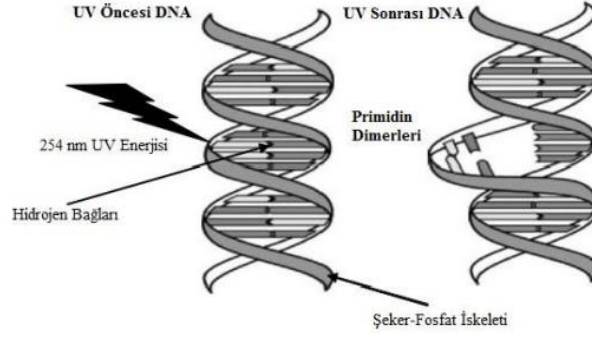
Işık, dalga boyları formunda ilerleyen bir elektromanyetik radyasyondur. Işık, enerji akışı olarak düşünülmekte ve bu enerjinin miktarı ise ışığın dalga boyu ve frekansına bağlı olmaktadır. Farklı dalga boyu ve frekanstaki ışıkların yer aldığı spektruma "elektromanyetik spektrum" denilmektedir. İnsan gözü bu spektrumdaki 400 nm ile 700 nm dalga boyu arasındaki ışığı görebilmekte olup bu kısım "görünür ışık" olarak adlandırılmaktadır. UV ışık elektromanyetik spektrumun görünür ışıktan daha kısa dalgaboylu, daha yüksek enerjili, dalgaboyu 100 ile 400 nm arasında değişen kısmını oluşturmakta ve dalgaboylarına göre 4 farklı şekilde sınıflandırılmaktadır (Tablo 1) [15, 18, 19].

Tablo 1. UV ışığın sınıflandırılması [15, 18, 19]

UV ışık tipi	Dalga boyu aralığı	Karakteristik özellikleri
UV-A	320-400 nm	İnsan cildindeki değişmeler, bronzlaşma
UV-B	280-320 nm	Cilt yanıkları ve cilt kanseri
UV-C	200-280 nm	Mikroorganizmalar üzerinde germisidal etki
UV-V	100-200 nm	Vakum UV aralığı

Kısa dalgaboylu UV ışığı (UV-C), mikroorganizmalar üzerinde germisidal etkiye sahiptir. Çoğu mikroorganizma 200 ile 310 nm dalga boyu arasındaki UV ışığını absorblamaktadır. Absorplanan UV ışığı elektronların yer değiştirmesini sağlayarak mikroorganizmaların DNA'sında bulunan bağları kırmaktadır [20]. Mikroorganizmalar UV-C ışığa maruz

kaldıklarında, DNA zinciri üzerindeki komşu pirimidin bazlarının birbirine bağlanmasından dolayı (Şekil 1)'de gösterilen pirimidin dimerleri (T-T, T-C) oluşmaktadır. Oluşan pirimidin dimerleri DNA'daki normal konfigürasyonu bozarak DNA transkripsiyonunu ve translasyonunu engellemekte, replikasyonu durdurmaktadır [14, 21].



Şekil 1. UV-C ışığının mikroorganizmanın DNA'sı üzerine etkisi [14]

UV-C ışığının 250-260 nm dalga boyu aralığında bakteri, virüs, protozoa, küf, maya gibi birçok mikroorganizma için öldürücü etkisi bulunmaktadır [22]. Ancak, fotoliz enzimine sahip olan bazı mikroorganizmalar görünür ışık (400-700 nm) varlığında pirimidin dimerleri arasındaki bağı kırılarak DNA'daki hasarı onarabilmektedir [20]. UV-C ışığına karşı en dirençli mikroorganizmalar küfler iken, UV-C'ye direnç sıralamasında küflerden sonra gelen mayaların, bakteriler ile kıyaslandığında UV-C ışığına karşı en dirençli olduğu belirtilmektedir [14]. UV-C ışığının mikroorganizmalar üzerindeki inhibisyon etkisi ışık kaynağına, mikroorganizma türüne, mikroorganizmanın bulunduğu yüzeyin özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir [22]. Ökaryotların ve prokaryotların UV-C'ye karşı gösterdiği direnç farklılıkları, ökaryotik hücrelerde DNA'nın çekirdek içerisinde, histon proteinlerine sarılı ve paketlenmiş olarak bulunmasının yanında, kimyasal bileşim ve kalın hücre duvarlarının da

UV-C'ye karşı direnç katkısında bulunduğu düşünülmektedir [23, 24].

Canlı hücreler üzerine uygulanan UV-C ışık etkisi hücre tarafından absorplanan doz ile ifade edilmektedir. Ultraviyole ışık dozu, ekipmanın ve ışık kaynağının UV-C ışık şiddeti ve uygulama süresinin bileşimidir. Uygulama yapılacak gıda maddesinde hedef alınacak olan mikroorganizmanın ultraviyole ışığına olan hassasiyeti, uygulama dozunun seçilmesinde kullanılan önemli bir parametredir [14]. UV-C ışığının şiddetini ölçmek için genellikle radyometre, fotometre veya spektrometre cihazları kullanılmaktadır [19]. UV-C şiddeti (Eşitlik 1); belirli bir alan üzerine tüm yönlerden gelen toplam ışık gücünün (Watt, W) belirli alana bölünmesiyle,  $W/m^2$  veya  $mW/cm^2$  olarak ifade edilmektedir. UV-C dozu (Eşitlik 2) ise; belirli bir alan üzerine tüm yönlerden gelen toplam ışık enerjisinin (Joule, J) bu belirli alana bölünmesiyle ve  $J/m^2$  veya  $mJ/cm^2$  birimiyle gösterilmektedir [14].

$$UV \text{ Şiddet } (W/m^2) = \text{Lambanın gücü } (W) \times \text{Yoğunluk faktörü } (1/m^2) \quad (1)$$

$$UV \text{ Doz } (J/m^2) = UV \text{ Şiddeti } (W/m^2) \times \text{Etki süresi } (s) \quad (2)$$

## GIDA ENDÜSTRİSİNDE UV-C IŞIĞIN KULLANIMI

Bitkisel ürünlerde hasat sonrasındaki küf gelişiminin engellenmesi genellikle hasat öncesi uygulanan fungusitler tarafından sağlanmaktadır [25]. Sentetik ilaçlar etkili olmasına rağmen, devam eden veya tekrarlanan uygulamaları biyolojik dengeyi bozarak çevre sorunlarına, hastalık ve salgınlara, çeşitli fungusitlere karşı direncin oluşmasına neden olmaktadır [26-29]. Pestisit kullanımını azaltan yeni yönetmelikler ve tüketicilerin pestisit içermeyen ürünlere olan ilgileri nedeniyle sentetik fungusitler yerine yeni arayışlara yönelmektedir [30]. Klor çözeltileri meyve ve sebzeleri sanitize etmek için antimikrobiyel etkinliği, düşük maliyeti ve kullanım kolaylığı nedeniyle yaygın olarak kullanılan bir dezenfektan olmaya devam etmekle birlikte, olası kanserojenik klorlu bileşiklerin oluşum riskinden dolayı klor alternatif uygulamalar araştırılmaktadır [31]. Dolayısıyla, taze meyve ve sebze endüstrisinde çevre dostu teknolojilere gün geçtikçe daha fazla önem verilmekte ve kimyasal fungusitlerin yerini alacak alternatif arayışlar daha çok önem kazanmaktadır. Hasat sonrası teknolojide, UV-C ışığı, ısı ile muamele, antagonistik mikroorganizmalar, kitosan vb. doğal biyositlerin uygulanması gibi birçok umut verici

yaklaşım bulunmaktadır [32-37]. Yapılan çalışmalarda 254 nm dalga boyunda maksimum germisidal etki gösteren UV-C ışığının, klor, hidrojen peroksit veya ozondan daha fazla germisidal etki gösterebildiği belirlenmiştir [38-41]. Ayrıca, ozon, hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve klor bazlı dezenfektanlar gibi antimikrobiyel özellik gösteren maddelerle kombine edildiğinde, UV-C ışığının germisidal etkisinin arttığını gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır [42-47]. Meyve ve sebzelerin dezenfeksiyonu için modifiye edilmiş bu yöntemlerin bakteriler üzerinde kullanımı ile ilgili pek çok çalışma yapılmasına rağmen endüstride bu uygulamaların çoğu henüz yaygın olarak kullanılmamakta ve bu yöntemlerin küfler ile ilgili kullanımı hakkında az sayıda çalışma bulunmaktadır [31].

Taze meyve ve sebzelerin kimyasal sanitasyonu ile ürün tekstüründe bozulmalar meydana gelebilmektedir. Ancak uygun dozlarda UV-C uygulamaları ile gıdanın tekstürüne zarar vermeden ürünün mikrobiyel yükü azaltılabilmektedir. Allende ve Artes [48] tarafından yapılan bir çalışmada, "Lollo Rosso" marula UV-C uygulamasının küf gelişimini azaltma yönünde etkili olduğu ve uygulanan işlemin marul dokusunu daha parlak hale getirdiği tespit edilmiştir. Söz konusu

çalışmada, UV-C uygulaması yapılan ürünlerde toplam psikrotrofik canlı, koliform ve maya sayılarının kontrol ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Nimitkeatkai ve Kulthip [49] tarafından yapılan bir çalışmada ise, dilimlenmiş pitaya meyvesine 3.2 kJ/m<sup>2</sup> dozunda UV-C uygulaması yapıldıktan sonra meyveler %95 bağıl nem, 5°C sıcaklıkta, 6 gün boyunca depolanmıştır. Kontrol örnekleri ile kıyaslandığında, UV-C uygulaması yapılan meyvelerde toplam aerobik bakteri, koliform ve küf-maya sayıları istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuş, UV-C uygulamasının taze kesilmiş pitaya meyvesi için alternatif sanitasyon yöntemi olarak kullanılabilme potansiyeli olduğu belirtilmiştir.

### UV-C IŞIĞIN GERMİSİDAL ETKİSİ

UV-C ışığının meyve ve sebzeler üzerindeki etkileri germisidal ve hormetik olmak üzere iki farklı şekilde açıklanmaktadır. Düşük dozlarda (0.25-8.0 kJ/m<sup>2</sup>) kullanılan UV-C ışığı mikroorganizmaların DNA'sını etkilemekte ve bu dozlardaki UV-C uygulamaları germisidal veya mutajenik ajan olarak kullanılmaktadır [50]. Bitki hastalıklarının kontrolünde kullanılan fungusit uygulamalarının zararlı etkilerinden dolayı günümüzde fungusitlerin kullanımını önleyebilecek alternatif yöntemler araştırılmaktadır. UV-C ışığının meyve ve sebzeler üzerine inoküle edilmiş küfler için germisidal

etkisini belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda, UV-C ışığının küf sayılarının veya küflerin gelişme oranlarını önemli düzeylerde azalttığı görülmektedir (Tablo 2). Gündüz ve ark. [51] UV-C ışığının, hasat sonrasında naranciyelerde bozulmalara neden olan *Penicillium digitatum* ve *Penicillium italicum* üzerine germisidal etkilerini araştırmış ve *P. italicum*'un *P. digitatum*'a göre daha fazla direnç gösterdiği tespit etmiştir. Bu çalışmada 4.00-4.50 log kob/ portakal olacak şekilde *P. italicum* ve *P. digitatum* ile inoküle edilen portakallara 0.26- 15.84 kJ/m<sup>2</sup> dozlarında uygulanan UV-C işlemi sonucunda *P. digitatum* sayısı 3.17 kJ/m<sup>2</sup> dozda 2.75- 3.33 log kob/ portakal azalırken, *P. italicum* sayısında ise 4.75 kJ/m<sup>2</sup> dozda 1.94 log kob/ portakal azalma kaydedilmiştir. Sonuçta, *P. italicum* sporlarını inaktif hale getirmek üzere tasarlanan UV-C uygulamalarının, *P. digitatum* sporlarına karşı yeterli derecede koruma sağlayacağı ve UV-C ışığının, portakalın hasat sonrası patojenlerinin gelişimini azaltmak için sentetik kimyasallar yerine alternatif bir yöntem olabileceği belirtilmiştir. Gündüz ve Pazır [52] tarafından yapılan bir diğer çalışmada, *P. digitatum* ve *P. italicum* kültürleri inoküle edilmiş portakallara 7.92 kJ/m<sup>2</sup> dozunda UV-C işlemi uygulanmış ve 25°C'de 6 günlük depolama süresi sonunda kontrol örnekleri ile kıyaslandığında, UV-C uygulanmış örneklerde küf gelişiminin yaklaşık 3 kat daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. UV-C ışığının meyve ve sebzeler üzerindeki küfler için germisidal etkisi

Mikroorganizma	Uygulanan doz (kJ/m <sup>2</sup> )	Ürün	Etki	Kaynak
<i>P. digitatum</i> <i>P. italicum</i> (10 <sup>6</sup> spor/mL)	3.17	Portakal	2.75 ve 3.33 log azalma	[51]
<i>P. expansum</i> (5x10 <sup>4</sup> spor/mL)	1.2	Elma	1.8 log azalma	[53]
	2.1	Kiraz	2.4 log azalma	
	3.3	Çilek	2.6 log azalma	
	3.3	Ahududu	2.8 log azalma	
<i>P. digitatum</i> (10 <sup>4</sup> spor/mL)	3.38	Satsuma mandalinası	<i>P. digitatum</i> gelişmesini önemli ölçüde engelleme ancak kararma oluşumu	[54]
Küf ve maya sayısı	4.93-9.86	Sakız kabağı	3 log azalma	[55]
Küf ve maya sayısı	4	İstiridye mantarı	Uygulama sonrası 4°C'de 15 gün depolanan mantarlarda ilk 3 günde küf ve maya sayısında 0.5 log azalma	[56]
<i>Penicillium</i> sp. (5x10 <sup>4</sup> spor/mL)	1.2-3.6	Soğan	Bozulma oranında azalma ve spor oluşumunu engelleme	[57]

UV-C ışığının *in vitro* koşullarda germisidal etkisini belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda uygulanan UV-C dozuna ve test edilen küf türüne göre farklı inhibisyon oranları tespit edilmiştir (Tablo 3). Valero ve ark. [58] tarafından yapılan bir çalışmada, üzümde bulunan küfler (*Aspergillus carbonarius*, *A. niger*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium janthinellum* ve *Alternaria alternata*) üzerine UV-C ışığının germisidal etkisi belirlenmiştir. UV-C'ye 10 saniye maruz kaldıktan sonra test edilen diğer türler için spor çimlenmesinde %70'den fazla azalma görülürken, *Alternaria alternata* ve *A. carbonarius* %25 oranında azalma ile en çok direnç gösteren türler olmuştur. Bu çalışmada 300 saniye süre

ile UV-C uygulanması *A. alternata* haricinde incelenen tüm izolatların gelişmesini engellemiştir. Hasat edilen üzümlere UV-C ışık uygulanması ve sonrasında üzümlerin depolanması esnasında, küflerin çimlenmesi önlenerek mikotoksin üretilmesinin engellenebileceği bildirilmiştir. Begum ve ark. [59] yapmış oldukları çalışmada, *Aspergillus flavus*, *Penicillium corylophilum* ve *Eurotium rubrum* sporlarını inaktive etmek için UV-C uygulaması etkili iken, *Aspergillus niger* için bu uygulamanın daha az etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durum, melanin içermeyen küf türlerinin UV-C'ye daha duyarlı iken, *A.niger*'in melanin pigmenti içermesinden dolayı UV-C'ye daha dirençli olması ile

açıklanmıştır. Fungal sporlara karşı UV-C ışığının etkinliği, uygulama sıcaklığı, örnek ve lamba arasındaki mesafe, lambanın yönü, UV-C şiddeti, maruz kalma süresi ve küf türlerine bağlı olarak önemli derecede değişmektedir [7]. Meyve yüzey morfolojisinin UV-C'nin germisidal etkisi üzerine yapılan bir araştırmada, UV-C uygulamasının *P.*

*expansum* inaktivasyonunda bir alternatif olduğu, ancak küf sayısındaki azalma miktarının meyve yüzey morfolojisine bağlı olduğu ve yüzey pürüzlülüğünün mikroorganizma inaktivasyon hızının düşmesine sebep olduğu tespit edilmiştir [53].

Tablo 3. *In vitro* koşullarda UV-C ışığının germisidal etkisi

Mikroorganizma	Uygulanan doz	Ortam	Etki	Kaynak
<i>P. digitatum</i> <i>P. italicum</i> (10 <sup>6</sup> spor/mL)	1.5 kJ/m <sup>2</sup>	Potato Dextrose Agar (PDA)	<i>P. digitatum</i> popülasyonunda 3.9 logaritmik birim azalma, <i>P. italicum</i> popülasyonunda 5.3 logaritmik birim azalma	[52]
<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i> <i>P. corylophilum</i> <i>P. digitatum</i>	1161 J/m <sup>2</sup>	Czapek yeast extract agar (CYA)	<i>A. flavus</i> popülasyonu %19 oranında canlılığını sürdürürken bu oran diğer türler için sırasıyla %38 ve 1'in altında	[59]
<i>A. flavus</i> <i>A. fumigatus</i> <i>A. versicolor</i> <i>A. fumigatus</i> <i>P. chrysogenum</i> <i>C. cladosporoides</i> (10 <sup>2</sup> spor/mL)	3.96 kJ/m <sup>2</sup>	Potato Dextrose Agar (PDA)	<i>P. digitatum</i> UV-C uygulaması ile tamamen inhibe etme	[60]
<i>A. flavus</i> <i>A. fumigatus</i> <i>A. versicolor</i> <i>A. fumigatus</i> <i>P. chrysogenum</i> <i>C. cladosporoides</i> (10 <sup>2</sup> spor/mL)	35-98 mJ/cm <sup>2</sup>	Malt Extract Agar (MEA)	%95 azalmanın sağlandığı doz <i>A. flavus</i> için 35 mJ/cm <sup>2</sup> <i>A. fumigatus</i> için 98 mJ/cm <sup>2</sup>	[61]
<i>Penicillium sp.</i> <i>Cladosporium sp.</i> (10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup> spor/mL)	17.5 mJ/cm <sup>2</sup> - 43.8 mJ/cm <sup>2</sup>	Saboraud Dextrose Agar (SDA)	4.38 mJ/cm <sup>2</sup> dozunda UV-C uygulaması ile sırasıyla %90, 91, 72 ve 23 azalma	[62]
<i>Penicillium sp.</i> <i>Cladosporium sp.</i> (10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup> spor/mL)	13.65 J/cm <sup>2</sup>	Potato Dextrose Agar (PDA)	Sırasıyla %75 ve 10 inaktivasyon	[63]

FDA tarafından ultraviyole ışık 253.7 nm dalga boyunda ozon üretmeyen, emisyonun %90'ını yayan düşük basınçlı civa lambaları kullanılarak gıda yüzeylerindeki mikroorganizmaların kontrol altına alınmasında, suların sterilizasyonunda ve meyve-sebze sularındaki

patojenlerin veya diğer mikroorganizmaların azaltılmasında kullanımına izin verilmektedir [64]. Ultraviyole ışığının FDA tarafından izin verilen kullanım alanları ve şartları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Ultraviyole ışığının FDA tarafından izin verilen kullanım alanları ve şartları [64]

Kullanım alanı	Kullanım şartları	Kullanım Amacı
Gıda ve ürünleri	Yağ içeriği yüksek olan gıdalarda vakum altında veya inert atmosferde; radyasyon şiddeti 1 W/ 5-10 ft <sup>2</sup>	Gıda yüzeylerindeki mikroorganizmaların kontrolü
İçme Suyu	Absorbsiyon sabiti her cm için 0.19 veya daha az; 1 Watt için akış hızı 100 gal/h; su derinliği 1 cm veya daha az; lambanın çalışma sıcaklık aralığı 36 - 46°C	Gıdaların üretiminde kullanılan suların sterilizasyonu
Meyve-sebze suları	Reynolds sayısının en az 2.200 olduğu türbülanslı akış	Patojenlerin ve diğer mikroorganizmaların azaltılması

UV-C işlemi ile hasar görmüş hücreler görünür ışığa (400-700 nm) maruz kaldıklarında fotoreaktivasyon adı bir mekanizmayla, hücreler geriye dönüşüm yaparak tekrar üreyebilmektedir. Bu hücreler fotoliz enzimine sahiptir ve bu enzim ışık varlığında pirimidin dimerleri arasındaki bağı kırarak DNA'daki hasarı onarabilmektedir [20]. Bu nedenle, UV-C işlemi sonrasında ürünlerin karanlıkta bekletilmesi gerekmektedir. Janisiewicz ve ark. [30] tarafından yapılan bir çalışmada, petrielerde bulunan *Botrytis cinerea* sporlarına 60 saniye UV-C işlemi uygulandığında spor sayısının 35'ten 13'e düştüğü, petrieler UV-C işlemi sonrasında 2 saat karanlık koşullarda bekletildiğinde ise spor sayısında daha fazla

azalma olduğu, bekleme süresi 4 saate çıkarıldığında ise petrielerin çoğunda üreme gözlenmediği belirlenmiştir.

UV-C ışığının penetrasyon gücünün zayıf olması nedeniyle, sadece yüzeylerde etkili olması meyve suları gibi sıvı gıdalarda UV-C uygulamalarını kısıtlamaktadır. Bu tür gıdaların UV-C uygulamalarında sistemden geçecek sıvıya homojen bir biçimde ışığın ulaşmasını sağlamak ve mikrobiyel inaktivasyonun etkinliğini arttırmak için farklı reaktör tasarımları kullanılmaktadır [14]. Riganakos ve ark. [65] tarafından yapılan bir çalışmada 1137.5 mJ/cm<sup>2</sup>lik dozda UV-C uygulanmış havuç suları ve ısıtma işlemiyle pastörize edilmiş havuç suları 4°C'de 16 gün boyunca depolanmıştır. Uygulama yapılmayan kontrol örneklerinde 4 gün olan raf ömrünün

pastörizasyon ve UV-C uygulamaları ile 12 güne kadar uzatıldığı belirlenmiştir. UV-C uygulaması sonucunda havuç suyundaki küf-maya sayısının belirleme limitlerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Pastörizasyon ile UV-C uygulaması kıyaslandığında ürünün duyuusal özelliklerinde bir değişim olmadığı belirtilmiştir. Bu nedenle havuç suyunun raf ömrünü arttırmak için UV-C teknolojisinin ısı işlem uygulamaları yerine kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu rapor edilmiştir. Günümüzde, tüketiciler tarafından minimum işlem görmüş, organoleptik özellikleri korunmuş güvenli gıdalar talep edildiğinden, bu amaçla gıdalarda ısısal olmayan alternatif yöntemler kullanılmaktadır. Bhat [66] tarafından yapılan bir çalışmada domates suyuna 15, 30, 60 dakikalık UV-C işlemleri uygulanmış ve uygulama süresi arttıkça toplam fenolik madde miktarında artış olurken askorbik asit miktarında azalmalar olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca, üründe toplam küf sayısı kontrol örneklerde 5.17 kob/mL iken, 60 dakikalık UV-C işlemi sonucunda 4.96 kob/mL olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak ısısal olmayan bir gıda muhafaza yöntemi olan UV-C uygulamasının, taze domates suyu kalite parametrelerini iyileştirme veya koruma yeteneğine sahip olduğu belirtilmiştir. Pala ve Toklucu [67] tarafından yapılan bir çalışmada, kırmızı ve beyaz üzüm sularına 12.6 J/mL dozunda UV-C ışık uygulamasının toplam küf sayısında sırasıyla 2.89 ve 2.71 logaritmik birim azalma sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca 25.2 J/mL dozunda UV-C ışık uygulaması ile de tüm mikrobiyel yükün elimine edildiği belirtilmiştir. Müller ve ark. [68] tarafından yapılan bir çalışmada ise 100.47 kJ/L

dozundaki UV-C uygulaması ile elma sularındaki toplam küf maya sayısı 3.10 log kob/mL'den 1.54 log kob/mL'ye düşerken, üzüm suyunda ise toplam küf maya sayısında 2 logaritmik birimden daha fazla azalma kaydedilmiştir. Feng ve ark. [69] tarafından yapılan bir çalışmada karpuz suyuna 37.5 J/mL uygulanan UV-C ışığın toplam aerobik bakteri sayısını 1.47 log kob/mL, toplam küf sayısını ise 0.99 log kob/mL azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca uygulanan dozda karpuz suyunun besin değerinde anlamlı düzeyde olumsuz bir etkinin olmaması, ürünün raf ömrünü iyileştirmek için UV-C ışığın kullanılabileceğini göstermiştir.

## UV-C IŞIĞIN HORMETİK ETKİSİ

Meyve ve sebzelere uygulanan düşük dozlardaki UV-C ışık, bitkilerin savunma sistemlerini güçlendirmektedir [50]. Hormetik etki olarak adlandırılan bu durum, canlı doku için yararlı ve düşük seviyede bir stres oluşturarak bitkinin savunma mekanizmasının uyarılması olarak tanımlanmaktadır [70]. Düşük dozda kısa dalga boylu ultraviyole ışık (UV-C, 190-280 nm dalga boyları) ile meyve ve sebzelerin depolama sırasındaki bozulmaları önlenebilmektedir. Son yıllarda yapılan UV-C işlemini konu alan yayınlarda, bu işlemin hormetik etkilerine yönelik çalışmalar üzerinde durulmaktadır. Yapılan birçok çalışmada, düşük dozlarda UV-C uygulamalarının hasat sonrası meyvelerin kalitesinin korumasını sağladığı bildirilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Farklı gıdalarda UV-C ışığın hormetik etkileri

Mikroorganizma	Uygulanan doz	Ürün	Etki	Kaynak
<i>P. digitatum</i>	3.38 kJ/m <sup>2</sup>	Mandalina	Küf sayısında önemli derecede azalma	[54]
<i>Colletotrichum acutatum</i>	1-4 kJ/m <sup>2</sup>	Yaban mersini	Bozulma insidansında %10 azaltma	[78]
<i>P. digitatum</i>	0.2-12 kJ/m <sup>2</sup>	Kumkuat (Kamkat)	<i>P. digitatum</i> inaktivasyonu ve 17°C'de 2 hafta depolamadan sonra görülen bozulma belirtileri	[79]
<i>Monilinia fructicola</i>	0.4-40 kJ/m <sup>2</sup>	Şeftali	Küf sporlarının çimlenme oranı kontrol örnekleri ile kıyaslandığında dört kat daha düşük	[80]
<i>B. cinerea</i>	0.125-0.5 kJ/m <sup>2</sup>	Üzüm	Lezyon çaplarında azalma	[81]
<i>B. cinerea</i>	0.36 J/cm <sup>2</sup>	Üzüm	<i>B. cinerea</i> kaynaklı bozulma insidansında azalma	[82]
<i>B. cinerea</i>	0.25-1 kJ/m <sup>2</sup>	Üzüm	UV-C ile bitki savunma mekanizmasının uyarılması ile çürük meyve yüzdesini %70 düzeyinde engelleme	[83]
<i>Fusarium solani</i>	3.6 kJ/m <sup>2</sup>	Tatlı patates	<i>F. solani</i> kaynaklı bozulmaya karşı dirençte artma	[84]
<i>P. expansum</i>	7.5 kJ/m <sup>2</sup>	Elma	<i>P. expansum</i> inoküle edilmeden 96 saat önce uygulanan 7.5 kJ/m <sup>2</sup> dozundaki UV-C işleminde bitki savunma mekanizmasının en fazla olduğu belirlenmiş	[85]
Toplam küf maya sayısı	12.5 kJ/m <sup>2</sup>	Yıldız meyvesi	UV-C uygulamasından hemen sonra toplam küf maya sayısında 1.9 logaritmik birim azalma	[86]

Ayrıca, meyve olgunluğunun gecikmesi, funguslar ve bakterilere karşı doğal savunma mekanizmasının oluşumu sağlanmaktadır [71, 72]. Düşük dozlarda UV-C ışık ile hormetik etki uygulamaları meyve patojenine karşı meyvenin antimikrobiyel tepkisini ortaya çıkartmaktadır [73]. UV-C ışığın tek başına veya diğer

biyolojik koruma yöntemleriyle birlikte kullanılarak pek çok sebze ve meyvede hasat sonrası hastalık görülme sıklığında (insidans) azalma sağladığı belirtilmiştir [33, 71, 74-76].

Düşük dozlarda UV-C ışık, belirli genlerin ve enzimlerin aktivasyonu ile metabolik aktivitedeki değişiklikleri kapsayan hücrel savunma mekanizmasını uyarmaktadır. Hormetik etki mekanizması tam olarak anlaşılacakla birlikte, UV-C uygulamasının bitkilerdeki belirli gen ve enzimleri aktif hale getirerek metabolik aktivitede değişikliklere neden olduğu bu sayede hücrel koruyucu mekanizmanın çalışmasını sağladığı ifade edilmektedir. Bu enzimler: 1) patojenlere karşı yapısal bariyer olan lignin polimerlerin oluşumundan ve oksidatif etkiden sorumlu peroksidaz ve redüktaz enzimleri; 2) fungal hücre duvarı bileşenlerine yönelik litik etki gösteren glukana ve kitinaz gibi enzimlerdir (Tablo 6) [87, 88]. Pombo ve ark. [89] tarafından yapılan bir çalışmada, çileklere uygulanan UV-C (4.1 kJ/m<sup>2</sup>) işlemi sonrasında, meyvelerin yumuşamasına neden olan ekspansiyon genlerinin (*FaEXP2* ve *FaEXP5*) ekspresyonu kontrole göre ilk 4 saatte daha az bulunmuştur. Hücre duvarının yıkımını sağlayarak meyvelerin olgunlaşmasına neden olan enzimlerin üretilmesinde görev alan genlerin ifadesinin UV-C uygulamasından sonraki ilk 4-24 saat aralığında baskılandığı tespit edilmiş olup, UV-C uygulaması sonrasında 96 saat boyunca işlem görmüş meyvelerin daha sert olduğu belirlenmiştir. D'hallewin ve ark. [90] tarafından yapılan bir çalışmada 0.5 kJ/m<sup>2</sup> UV-C uygulaması ile portakallardaki bozulmalar etkin bir şekilde azalmış olup, portakalın cinsine, meyvenin olgunluğuna ve uygulanan UV-C işlemine göre, portakal kabuğunda scoparone ve scopoletin gibi fitoaleksinlerin biriktiği rapor edilmiştir. Mercier ve ark. [91] tarafından yapılan bir çalışmada ise, UV-C işleminden (0.88 kJ/m<sup>2</sup>) önce veya sonra *B. cinerea* inoküle edilen havuçlar

arasında 25-50 günlük depolama süresinin sonunda, UV-C uygulanmış havuçlarda 6-methoxymellein birikiminin fazla olduğu ancak *B. cinerea*'nin havuç üzerindeki gelişme çapı açısından önemli farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir. Ben-Yehoshua ve ark. [92] ise yapmış oldukları bir çalışmada, limonlara uygulanan 5 kJ/m<sup>2</sup> UV-C işlemi ile limondaki scoparone konsantrasyonunun arttığı ve scoparone konsantrasyonunun artması ile limonlardaki *P. digitatum* gelişiminin azaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Charles ve ark. [93] tarafından yapılan bir çalışmada UV-C işlemi (3.7 kJ/m<sup>2</sup>) uygulanmış domateslerde rishitin birikiminin arttığı ve gri küf gelişimine karşı direncin arttığı rapor edilmiştir. Charles ve ark. [94] tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise, domateslere 3.7 kJ/m<sup>2</sup> dozunda UV-C uygulaması sonucunda perikarp yapısında modifikasyonlar olduğu ve perikarp hücre duvarında birikim zonlarının oluştuğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, UV-C işleminin domateste *B. cinerea* kaynaklı gri küf oluşumunu engellemesinin domateste oluşan fenolik, lignin ve/veya suberin gibi yapısal bileşikler tarafından güçlendirilen fiziksel bariyerden kaynaklandığını savunmuşlardır. Diğer meyvelerden nispeten daha kısa bir raf ömrüne sahip olan, taze Trabzon hurmalarına UV-C işlemi uygulanmış ve uygulamadan sonra meyveler >%80 nem oranı, 1°C sıcaklıkta 0, 1, 2, 3, 4 ay boyunca karanlıkta depolanmıştır. UV-C uygulamalarının (1.5-3.0 kJ/m<sup>2</sup>), sıklık, etilen üretimi ve kabuk rengi gibi meyve nitelikleri üzerinde istatistiksel açıdan herhangi bir önemli etkiye neden olmaksızın, depolama esnasında hasat sonrası meyve hastalık insidansını azalttığı görülmüştür [12].

Tablo 6. UV-C ışığın hormetik etkisi ile meyve ve sebzelerde oluşan bileşikler

Mikroorganizma	Uygulanan doz	Ürün	Etki	Kaynak
<i>B. cinerea</i>	0.88 kJ/m <sup>2</sup>	Havuç	6-methoxymellein birikiminde artış	[76]
<i>Botrytis cinerea</i>	2 kJ/m <sup>2</sup>	Çilek	Kitinaz, β-1.3-glukanaz, fenilalanin amonyum liyaz, peroksidaz ve polifenoloksidaz aktiviteleri, toplam fenolik madde miktarında önemli düzeyde artış	[77]
<i>Colletotrichum acutatum</i>	0-4 kJ/m <sup>2</sup>	Yaban mersini	Toplam antosiyanin ve toplam fenolik madde miktarında artış	[78]
<i>P. digitatum</i>	0.2-12 kJ/m <sup>2</sup>	Kumkuat	Fitoaleksin (scoparone) birikiminde artış	[79]
<i>Monilinia fructicola</i>	0.4-40 kJ/m <sup>2</sup>	Şeftali	Fenilalanin amonyum liyaz aktivitesinde artış	[80]
<i>Penicillium</i> sp.	0.5 kJ/m <sup>2</sup>	Portakal	UV-C işlemi ile scoparone ve scopoletin gibi fitoaleksinlerin birikiminde artış	[90]
<i>P. digitatum</i>	5 kJ/m <sup>2</sup>	Limon	Scoparone konsantrasyonunda artış	[92]
<i>B. cinerea</i>	3.7 kJ/m <sup>2</sup>	Domates	Rishitin birikiminde artış UV-C sonrası domateste oluşan fenolik maddeler, lignin ve/veya suberin gibi yapısal bileşikler tarafından güçlendirilen savunma mekanizması ile <i>B. cinerea</i> kaynaklı gri küf gelişimini engelleme	[93, 94]
<i>B. cinerea</i>	0.85 kJ/m <sup>2</sup>	Marul	UV-C uygulamasıyla marullarda fenilalanin amonyum liyaz aktivitesinde artış	[95]

## UV IŞIK UYGULAMALARIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

UV ışık uygulamaları, herhangi bir kimyasal kalıntı bırakmaması ve düşük bakım, kurulum maliyetine sahip olmasından dolayı gıda endüstrisinde kullanılmaktadır [15, 18]. Ultraviyole ışık teknolojisi uygun dozlarda

uygulandığında gıdalar üzerinde olumsuz etkiye sebep olmamakla birlikte, uzun süre ultraviyole ışığa maruz bırakılan gıdalarda kalite kaybına yol açabilen istenmeyen değişiklikler meydana gelebilmektedir [21]. Bitkinin dokusununa ve UV-C dozuna bağlı olarak hücre geçirgenliği değişebilmekte olup, hücre geçirgenliğinin artması durumunda elektrolit artışı, aminoasit ve



karbonhidrat sızmasına neden olarak mikrobiyel gelişim teşvik edilebilmektedir [7]. Uzun sürelerdeki UV-C uygulamaları gıdada A, B2 ve C vitaminlerinin kaybına yol açabilmektedir. Ayrıca renk maddeleri uygulama sırasında oluşan peroksitlerden dolayı zarar görürken, riboflavinlerin ışık yardımıyla aktifleşmesi ve metiyonin oluşumu ayrıca 185-195 nm dalga boyunda ozon gazı oluşumu da kötü kokunun ortaya çıkmasına sebep olmaktadır [96, 97]. Ultraviyole ışık metal oksit ve oksijen varlığında nişastanın depolimerizasyonuna neden olabileceği gibi, yağ içeren gıdalarda lipid radikalleri ve hidrojen peroksit oluşumu gözlemlenmektedir. Peroksit oluşumu ise yağda çözünen vitaminlerin, renk pigmentlerinin ve diğer besin öğelerinin kaybolmasına yol açabilmektedir. UV-C ışığa maruz kalma serbest radikal oksidasyonunu başlatmakta ve diğer oksidasyon işleminin aşamalarını katalize etmektedir. Bununla birlikte süperoksit radikalleri; karbonhidrat çapraz bağlanmasına, protein çapraz bağlanmasına, protein fragmentasyonuna, doymamış yağ asidi peroksidasyonuna ve zar akışkanlık fonksiyonunun kaybolmasına sebep olabilmektedir [98]. Bu nedenle, dezenfeksiyon sürecinin UV-C ışık uygulama ekipmanlarında yapılacak değişiklikler ve

modifikasyonlar ile optimize edilmesi ile gıdaların kalitesi korunmuş ve gıda güvenilirliği sağlanmış olmaktadır [21]. Ayrıca, UV-C ışık uygulamalarında maruziyeti önlemek ve personel güvenliğinin sağlanması için, UV-C ışık uygulamalarına yönelik uygun olarak tasarlanmış ekipman tercih edilmeli, personel UV-C ışığa bağlı tehlikeler konusunda bilgilendirilmeli ve kişisel koruyucu donanımlar sağlanmalıdır [73].

## SONUÇ

UV-C ışık uygun dozlarda kullanıldığında, meyve ve sebzelerin raf ömrünün uzatılmasında ve gıda güvenliğinin sağlanmasında kullanılabilir ısı olmayan alternatif bir teknolojidir. UV-C ışığın gıdalarda bulunan mikroorganizmalar üzerindeki germisidal etkisinin yanı sıra, hormetik etkisi sayesinde ürünlerin savunma mekanizmasını aktifleştirerek gıdaların kalitesi ve raf ömrü üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. UV-C ışığın germisidal ve hormetik etkisi ile ilgili birçok bilimsel araştırma yapılmakta, ancak UV-C ışık teknolojisinin endüstriyel anlamda yaygınlaşması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Pitt, J.I., Hocking, A.D. (2009). *Fungi and Food Spoilage*. Springer Science and Business Media, London.
- [2] Ma, L., Zhang, M., Bhandari, B., Gao, Z. (2017). Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 23-38.
- [3] Romanazzi, G., Sanzani, S.M., Bi, Y., Tian, S., Martinez, P.G., Alkan, N. (2016). Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 122, 82-94.
- [4] Liu, J., Sui, Y., Wisniewski, M., Xie, Z., Liu, Y., You, Y., Zhang, X., Sun, Z., Li, W., Li, Y., Wang, Q. (2017). The impact of the postharvest environment on the viability and virulence of decay fungi. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition*, 1-7.
- [5] Günaydın, Ş., Karaca, H. (2015). Küf gelişimi ve mikotoksin oluşumunun kontrolünde doğal bitki ekstraktlarının kullanımı. *Akademik Gıda*, 13(2), 173-182.
- [6] Wang, C.Y., Chen, C.T., Wang, S.Y. (2009). Changes of flavonoid content and antioxidant capacity in blueberries after illumination with UV-C. *Food Chemistry*, 117, 426-431.
- [7] Artes-Hernandez, F., Martinez- Hernandez, G.B., Aguayo, E., Gomez, P.A., Artes, F. (2017). Fresh-cut fruit and vegetables: Emerging eco-friendly techniques for sanitation and preserving safety. *Postharvest Handling*, 7-45.
- [8] Wu, J., Liu, W., Yuan, L., Guan, W.Q., Brennan, C.S., Zhang, Y.Y., Zhang, J., Wang, Z.D. (2017). The influence of postharvest UV-C treatment on anthocyanin biosynthesis in fresh-cut red cabbage. *Scientific Reports*, 7, 1-11.
- [9] Shama, G., Alderson, P. (2005). UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization. *Trends in Food Science and Technology*, 16, 128-136.
- [10] Charles, M.T., Goulet, A., Arul, J. (2008). Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit: IV. Biochemical modification of structural barriers. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 41-53.
- [11] Charles, M.T., Tano, K., Asselin, A., Arul, J. (2009). Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. V. constitutive defense enzymes and inducible pathogenesis-related proteins. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 414-424.
- [12] Khademi, O., Zamani, Z., Poor Ahmadi, E., Kalantari, S. (2013). Effect of UV-C radiation on postharvest physiology of persimmon fruit (*Diospyros kaki* Thunb.) cv. 'Karaj' during storage at cold temperature. *International Food Research Journal*, 20(1), 247-253.
- [13] Masschelein, W.J., Rice, R.G. (2002). *Ultraviolet light in water and waste water sanitation*. Lewis Publishers, Boca Raton, 2p.
- [14] Koutchma, T., Forney, L.J., Moraru, C.I. (2009). *Ultraviolet Light in Food Technology: Principles and Applications*, CRC Press, New York, 1-31, 69-101, 102-125.
- [15] Guerrero-Beltran, J.A., Barbosa-Canovas, G.V. (2004). Advantages and limitations on processing foods by UV light, *Food Science and Technology International*, 10(3), 137-147.
- [16] Hijnen, W.A.M., Beerendonk, E.F., Medema, G.J. (2006). Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo) cysts in water. *Water Research*, 40, 3-22.
- [17] Yaun, B.R., Sumner, S.S., Eifert, J.D., Marcy, J.E. (2004). Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *International Journal of Food Microbiology*, 90(1), 1-8.

- [18] Sastry, S.K., Datta, A.K., Worobo, R.W. (2000). Ultraviolet light. *Journal Food Science Supplement*, 65(12), 90–92.
- [19] Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., Robinson, R.K. (2000). Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 637-645.
- [20] Lopez-Malo, A., Palou, E. (2005). Ultraviolet light and food preservation. *Novel food processing Technologies*, 18, 405-421.
- [21] Krishnamurthy, K., Irudayaraj J., Yang, W., Demirci, A. (2008). UV Pasteurization of food materials, Food processing operations modeling design and analysis, Edited by Irudayaraj, J., Jun, S., CRC Press, New York, 281–302p.
- [22] Guerrero-Beltran, J.A., Barbosa-Canovas, G.V. (2005). Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli*, *Listeria innocua* in apple juice by ultraviolet light. *Journal of Food Process Engineering*, 28, 437-452.
- [23] Müller, A., Stahl, M.R., Graef, V., Franz, C.M.A.P., Huch, M. (2011). UV-C treatment of juices to inactivate microorganisms using Dean vortex technology. *Journal of Food Engineering*, 107, 268-275.
- [24] Tran, M.T.T., Farid, M. (2004). Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 495-502.
- [25] Locke, T., Fletcher, J.T. (1988). Incidence of benomyl and iprodione resistance in isolates of *Botrytis cinerea* in tomato crops in England and Wales in 1986. *Plant Pathology*, 37, 381–384.
- [26] Katan, T. (1982). Resistance to 3,5-dichlorophenyl-N-cycloheximide (dicarboximide) fungicides in the grey mould pathogen *Botrytis cinerea* in protected crops. *Plant Pathology*, 31, 133–141.
- [27] Georgopoulos, S.G. (1987). The development of fungicide resistance. In Population of plant pathogens: Their Dynamics and Genetics, Edited by M.S., Wolfe & C.E., Caten., UK: Blackwell, Oxford, 239-251p.
- [28] Staub, T. (1991). Fungicide resistance; practical experience with anti resistance strategies and the role of integrated use. *Annual Review of Phytopathology*, 29, 421–442.
- [29] Elad, Y., Yunis, H., Katan, T. (1992). Multiple resistance to benzimidazoles dicarboximides and diethofencarb in field isolates of *Botrytis cinerea* in Israel. *Plant Pathology*, 41, 41–46.
- [30] Janisiewicz, W.J., Takeda, F., Gleen, D.M., Camp, M.J., Jurick II, W. M. (2016). Dark period following UV-C treatment enhances killing of *Botrytis cinerea* conidia and controls gray mold of strawberries. *Phytopathology*, 106(4), 386-394.
- [31] Rico, D., Martín-Diana, A.B., Barat, J.M., Barry-Ryan, C. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 373–386.
- [32] Arul, J. (1994). Emerging technologies for the control of postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. In: Biological Control of Postharvest Diseases, Theory and Practice. Edited by Wilson, C.L., Wisniewski, M.E., CRC Press, London, Tokyo, 1–10p.
- [33] Wilson, C.L., El Ghaouth, A., Chalutz, E., Droby, S., Stevens, C., Lu, J.Y., Khan, V., Arul, J. (1994). Potential of induced resistance to control postharvest diseases of fruits and vegetables. *Plant Disease (USA)*, 78, 837–845.
- [34] Mari, M., Guizzardi, M., Brunelli, M., Folchi, A. (1996). Postharvest biological control of grey mould (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) on fresh-market tomatoes with *Bacillus amyloliquefaciens*. *Crop Protection*, 15(8), 699–705.
- [35] Arul, J., Mercier, J., Charles, M.T., Baka, M., Maharaj, R. (2001). Photochemical treatment for control of postharvest diseases in horticultural crops. In: Physical Control Methods in Plant Protection, Edited by C, Vincent, B., Panneton, F. Fleurat-Lessard, INRA Editions, Paris, 146–161p.
- [36] Ben-Yeohshua, S., Mercier, J. (2005). UV irradiation, biological agents, and natural compounds for controlling postharvest decay in fresh fruits and vegetables. In: Environmentally Friendly Technologies for Agricultural Produce Quality, Edited by S. Ben-Yehoshua, Taylor & Francis, Boca Raton, 266–299p.
- [37] Charles, M.T., Benhamou, N., Arul, J. (2008). Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. III. Ultrastructural modifications and their impact on fungal colonization. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 27–40.
- [38] Muraca, P., Stout, J.E., Yu, V.L. (1987). Comparative assessment of chlorine, heat, ozone, and UV light for killing *Legionella pneumophila* within a model plumbing system. *Applied and Environmental Microbiology*, 53(2), 447-453.
- [39] Jemni, M., Gómez, P.A., Souza, M., Chaira, N., Ferchichi, A., Otón, M., Artés, F. (2014). Combined effect of UV-C, ozone and electrolyzed water for keeping overall quality of date palm. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 649-655.
- [40] Mukhopadhyay, S., Ukuku, D.O., Juneja, V., Fan, X. (2014). Effects of UV-C treatment on inactivation of *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* O157:H7 on grape tomato surface and stem scars, microbial loads, and quality. *Food Control*, 44, 110-117.
- [41] Tawema, P., Han, J., Vu, K.D., Salmieri, S., Lacroix, M. (2016). Antimicrobial effects of combined UV-C or gamma radiation with natural antimicrobial formulations against *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157: H7, and total yeasts/molds in fresh cut cauliflower. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 451-456.
- [42] Cho, M., Yoo, J., Cho, M., Kim, J.H. (2006). Investigating synergism during sequential inactivation of *Bacillus subtilis* spores with several disinfectants. *Water Research*, 40, 2911-2920.
- [43] Hadjok, C., Mittal, G.S., Warriner, K. (2008). Inactivation of human pathogens and spoilage bacteria on the surface and internalized within fresh produce by using a combination of ultraviolet light and hydrogen peroxide. *Journal of Applied Microbiology*, 104, 1014-1024.
- [44] Jung, Y.J., Oh, B.S., Kang, J.W. (2008). Synergistic effect of sequential or combined use of ozone and

- UV radiation for the disinfection of *Bacillus* spores. *Water Research*, 42, 1613-1621.
- [45] Koivunen, J., Heinonen-Tanski, H. (2005). Inactivation of enteric microorganisms with chemical disinfectants, UV irradiation and combined chemical/UV treatments. *Water Research*, 39, 1519-1526.
- [46] Murphy, H.M., Payne, S.J., Gagnon, G.A. (2008). Sequential UV- and chlorine based disinfection to mitigate *Escherichia coli* in drinking water biofilms. *Water Research*, 42, 2083-2092.
- [47] Rodriguez-Romo, L.A., Yousef, A.E. (2005). Inactivation of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis on shell eggs by ozone and UV radiation. *Journal of Food Protection*, 68, 711-717.
- [48] Allende, A., Artes, F. (2003). UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce. *Food Research International*, 36(7), 739-746.
- [49] Nimitkeatkai, H., Kulthip, J. (2016). Effect of sequential UV-C irradiation on microbial reduction and quality of fresh-cut dragon fruit. *International Food Research Journal*, 23(4), 1818-1822.
- [50] Terry, L.A., Joyce D.C. (2004). Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 32, 1-13.
- [51] Gündüz, G.T., Juneja, V.K., Pazır, F. (2015). Application of Ultraviolet-C light on oranges for the inactivation of postharvest wound pathogens. *Food Control*, 57, 9-13.
- [52] Gündüz, G.T., Pazır, F. (2013). Inactivation of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* under in vitro and in vivo conditions by using UV-C light. *Journal of Food Protection*, 76(10), 1761-1766.
- [53] Syamaladevi, R.M., Adhikari, A., Lupien, S.L., Dugan, F., Bhunia, K., Dhingra, A., Sablani, S.S. (2015). Ultraviolet-C light inactivation of *Penicillium expansum* on fruit surfaces. *Food Control*, 50, 297-303.
- [54] Kinay, P., Yıldız, F., Şen, F., Yıldız, M., Karacali, I. (2005). Integration of pre- and postharvest treatments to minimize *Penicillium* decay of Satsuma mandarins. *Postharvest Biology and Technology*, 37, 31-36.
- [55] Erkan, M., Wang, C.Y., Krizek, D.T. (2001). UV-C irradiation reduces microbial populations and deterioration in Cucurbita pepo fruit tissue. *Environmental and Experimental Botany*, 45, 1-9.
- [56] Wang, Q., Chu, L. and Kou, L. (2017). UV-C Treatment maintains quality and delays senescence of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Scientia Horticulturae*, 225, 380-385.
- [57] Rodov, V., Tiete, Z., Vinokur, Y., Horev, B., Eshel, D. (2010). Ultraviolet light stimulates flavonol accumulation in peeled onions and controls microorganisms on their surface. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 9071-9076.
- [58] Valero, A., Begum, M., Leong, S.L., Hocking, A.D., Ramos, A.J., Sanchis, V., Marin, S. (2007). Effect of germicidal UV-C light on fungi isolated from grapes and raisins. *Letters in Applied Microbiology*, ISSN 0266-8254.
- [59] Begum, M., Hocking, A.D., Miskelly, D. (2009). Inactivation of food spoilage fungi by ultraviolet (UV-C) irradiation. *International Journal of Food Microbiology*, 129, 74-77.
- [60] Fernandez, Y.J., Hall, D.J. (2004). In vitro response of *Penicillium digitatum* and *Geotrichum candidum* to ultraviolet (UV-C) exposure. *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, 117, 380-381.
- [61] Green, C.F., Scarpino, P.V., Jensen, P., Jensen, N.J., Gibbs, S.G. (2004). Disinfection of selected *Aspergillus* spp. using ultraviolet germicidal irradiation. *Canadian Journal of Microbiology*, 50, 221-224.
- [62] Menetrez, M.Y., Foarde, K.K., Dean, T.R., Betancourt, D.A. (2010). The effectiveness of UV irradiation on vegetative bacteria and fungi surface contamination. *Chemical Engineering Journal*, 157, 443-450.
- [63] Hamanaka, D., Nrimura, N., Baba, N., Mano, K., Kakiuchi, M., Tanaka, F., Uchino, T. (2011). Surface decontamination of fig fruit by combination of infrared radiation heating with ultraviolet irradiation. *Food Control*, 22, 375-380.
- [64] U.S. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition. 2000. Ultraviolet radiation for the processing and treatment of food. Electronic Code of Federal Regulations, Ch 1., Title 21. [https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=215a87adad2ac773b018b90432f287d3&mc=true&tpl=/ecfrbrowse/Title21/21cfr179\\_main\\_02.tpl](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=215a87adad2ac773b018b90432f287d3&mc=true&tpl=/ecfrbrowse/Title21/21cfr179_main_02.tpl) (Erişim tarihi: 29.10.2017).
- [65] Riganakosa, K.A., Karabagias, I.K., Gertzou, I., Stahl, M. (2017). Comparison of UV-C and thermal treatments for the preservation of carrot juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 42, 165-172.
- [66] Bhat, R. (2016). Impact of ultraviolet radiation treatments on the quality of freshly prepared tomato (*Solanum lycopersicum*) juice. *Food Chemistry*, 213, 635-640.
- [67] Pala, Ç.U., Toklucu, A.K. (2013). Effects of UV-C light processing on some quality characteristics of grape juices. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 719-725.
- [68] Müller, A., Noack, L., Greiner, R., Stahl, M.R., Posten, C. (2014). Effect of UV-C and UV-B treatment on polyphenol oxidase activity and shelf life of apple and grape juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1-31.
- [69] Feng, M., Ghafoor, K., Seo, B., Yang, K., Park, J. (2013). Effects of ultraviolet-C treatment in Teflon-coil on microbial populations and physico-chemical characteristics of watermelon juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 19, 133-139.
- [70] Shama, G. (2007). A new role for UV Extensions to the shelf life of plant foods by UV induced effects. *IOA-IUVA Joint World Congress*, August 27-29, Los Angeles, California, USA.
- [71] Gonzalez-Aguilar, G.A., Villegas-Ochoa, M.A., Martinez-Tellez, M.A., Gardea, A.A., Ayala-Zavala, J.F. (2007). Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. *Journal of Food Science*, 72, S197-S202.

- [72] Alothman, M., Bhat, R., Karim, A.A. (2009). Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. *Trends in Food Science & Technology*, 20, 201- 212.
- [73] Shama, G. (2007). Process challenges in applying low doses of ultraviolet light to fresh produce for eliciting beneficial hormetic responses. *Postharvest Biology and Technology*, 44, 1–8.
- [74] Stevens, C., Wilson, C. L., Lu, J.Y., Khan, V.A., Chalutz, E., Droby, S., Kabwe, M.K., Haung, Z., Adeyeye, O., Pusey, L.P., Wisniewski, M.E., West, M. (1996). Plant hormesis induced by ultraviolet light-C for controlling postharvest diseases of tree fruits. *Crop Protection*, 15, 129–134.
- [75] Lu, J.Y., Stevens, C., Khan, V.A., Kabwe, M. (1991). The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples. *Journal of Food Quality*, 14, 299–305.
- [76] Mercier, J., Arul, J., Julien, C. (1993). Effect of UV-C on phytoalexin accumulation and resistance to *Botrytis cinerea* in stored carrots. *Journal of Phytopathology*, 139, 17–25.
- [77] Jin, P., Wang, H., Zhang, Y., Huang, Y., Wang, L., Zheng, Y. (2017). UV-C enhances resistance against gray mold decay caused by *Botrytis cinerea* in strawberry fruit. *Scientia Horticulturae*, 225, 106–111.
- [78] Perkins-Veazie, P., Collins, J.K., Howard, L. (2008). Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 280–285.
- [79] Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Kim, J.J., Shapiro, B., Itah, Y. (1992). Ultraviolet illumination induces scoparone production in kumquat and orange fruit and improves decay resistance. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 117, 788-792.
- [80] Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.Y., Wilson, C.L., Pusey, P.L. Kabwe, M.K., Igwegbe, E.C.K., Chalutz, E., Droby, S. (1998). The germisidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. *Crop Protection*, 17, 75-84.
- [81] Nigro, F., Ippolito, A., Lima, G. (1998). Use of UV-C light to reduce *Botrytis* storage rot of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 13, 171–181.
- [82] Romanazzi, G., Mlikota Gabler, F., Smilanick, J.L. (2006). Preharvest chitosan and postharvest UV-C irradiation treatments suppress gray mold of table grapes. *Plant Disease*, 90, 445–450.
- [83] Akbudak, B., Karabulut, Ö.A. (2002). Üzüm muhafazasında gri küften (*B. cinerea* Pers:Fr.) kaynaklanan kalite kaybı ve çürümelerin Ultraviolet-C (UV-C) ışık uygulamaları ile önlenmesi üzerine bir araştırma. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 35-46.
- [84] Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.Y., Wilson, C.L. (1999). Induced resistance of sweetpotato to *Fusarium* root rot by UV-C hormesis. *Crop protection*, 0261-2194.
- [85] Capdeville, G., Wilson, C.L., Beer, S.V., Aist, J.R. (2002). Alternative disease control agents induce resistance to blue mold in harvested 'Red Delicious' apple fruit. *The American Phytopathological Society*, 92(8), 900-908.
- [86] Moreno, C., Andrade-Cuvi, M.J., Zaro, M.J., Darre, M., Vicente, A.R., Concellón, A. (2017). Short UV-C treatment prevents browning and extends the shelf-life of fresh-cut Carambola. *Hindawi Journal of Food Quality*, 1-9.
- [87] Gonzalez-Aguilar, G.A., Villa-Rodriguez, J.A., Ayala-Zavala, J.F., Yahia, E.M. (2010). Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 475–482.
- [88] Koutchma, T., Orłowska, M. (2012). Ultraviolet light for processing fruits and fruit products, Rodrigues, S., Fernandez, F.A.N. (Eds.), *Advances in Frit Processing Technologies*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, pp. 1-31.
- [89] Pombo, M.A., Dotto, M.C., Martínez, G.A., Civello, P.M. (2009). UV-C irradiation delays strawberry fruit softening and modifies the expression of genes involved in cell wall degradation. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 141–148.
- [90] D'hallewin, G., Schirra, M., Manueddu, E., Piga, A., Ben-Yehoshua, S. (1999). Scoparone and scopoletin accumulation and ultraviolet-C induced resistance to postharvest decay in oranges as influenced by harvest date. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124, 702-707.
- [91] Mercier, J., Roussel, D., Charles, M.T., Arul, J. (2000). Systemic and local responses associated with UV- and pathogen-induced resistance to *Botrytis cinerea* in Stored Carrot. *Phytopathology*, 90, 981-986.
- [92] Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., Kim, J.J., Carmeli, S. (1992). Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 1217-1221.
- [93] Charles, M.T., Mercier, J., Makhlof, J., Arul, J. (2008). Physiological basis of UV-C- induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit: I. Role of pre- and post- challenge accumulation of phytoalexin-rishitin. *Postharvest Biology and Techonology*, 47, 10-20.
- [94] Charles, M.T., Benhamou, N., Arul, J. (2008). Physiological basis of UV-C- induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit: III. Ultrastructural modifications and their impact on fungal colonization. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 27-40.
- [95] Vázquez, H., Ouhibia, C., Lizzi, Y., Azzouz, N., Forgesa, M., Bardin, M., Nicot, P., Urban, L., Aarouf, J. (2017). Pre-harvest hormetic doses of UV-C radiation can decrease susceptibility of lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.) to *Botrytis cinerea* L. *Scientia Horticulturae*, 222, 32–39.
- [96] Ohlsson, T., Bengtsson, N. (2002). *Minimal Processing Technologies in the Food Industry*, CRC Press, New York, 34–57p.
- [97] Cuvelier, M., Berset, C. (2005). Phenolic compounds and plant extracts protect paprika

against UV-induced discoloration. *International Journal Food Science and Technology*, 40, 67–73.  
[98] Kolakowska, A. (2003). Lipid oxidation in food systems. In Chemical and functional properties of

food lipids, Edited by Kolakowska, A., Sikorski, Z.E., CRC Press, New York, 133–168p.

## Gıdaların Elektriksel Yöntemlerle İşlenmesinde Uygulanan Farklı Frekans ve Dalga Şekillerinin Proses Etkinliği Üzerine Etkisi

Deniz Döner<sup>1</sup> , Filiz İçier<sup>2</sup> <sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bornova, İzmir<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 02.05.2017, Kabul Tarihi (Accepted): 20.07.2017

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): denizdonerr@gmail.com (D. Döner)

☎ 0 232 311 30 21 📠 0 232 342 75 92

### ÖZ

Gıda işleme teknolojilerinde, daha kaliteli ürün eldesi amacıyla minimal işleme yöntemlerinin kullanımı yaygın hale gelmiştir. Minimal işleme yöntemleri arasında yer alan elektriksel yöntemler, gıdaların işlenmesinde farklı amaçlarla (kurutma, ekstraksiyon, pastörizasyon, sterilizasyon, pişirme, çözündürme vb.) uygulanmaktadır. Elektriksel işlemin etkinliği uygulanan frekans ve dalga tipinden etkilenmektedir. İşlem için seçilen parametreler, uygulamanın verimi ve ürün kalitesi üzerine etkili olmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalarda, yüksek frekans uygulamalarının gıda içerisinde ve elektrot yüzeylerinde meydana gelen elektrokimyasal reaksiyonları minimize ettiği, farklı dalga tiplerinin ürün kalitesi üzerine etkisinin olmadığı, ancak kare dalga tipi uygulamasının elektriksel iletkenlik değerini düşürerek işlem süresini arttırdığı ifade edilmektedir. Bu derleme çalışmasında, gıdaların elektriksel yöntemlerle işlenmesinde farklı frekans ve dalga tipi uygulamalarının işlem süresi, işlem verimliliği, ürün kalitesi ve mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerine etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Frekans, Dalga tipi, Elektriksel işlemler, Kalite

### Effect of Different Frequencies and Waveforms Applied during Processing of Foods by Electrical Methods on Process Efficiency

#### ABSTRACT

In food processing technologies, minimally processing technologies have been commonly used for the purpose of enhancing the quality of foods. Electrical methods, minimal processing techniques such as drying, extraction, pasteurization, sterilization, cooking and thawing, have been used for different purposes in food industry. The efficiency of electrical process is influenced by the frequency and wave form applied. Selected process parameters influence the process yield and product quality to be obtained. Studies conducted on these subjects reported that high frequency applications minimized electrochemical reactions in foods and on electrode surfaces, and the effect of different wave forms on the product quality was insignificant, but the application of square waveform increased the process time by decreasing the electrical conductivity value. In this study, the effect of different frequencies and wave forms during processing by electrical methods on process time, process efficiency, product quality and inactivation of microorganisms was reviewed.

**Keywords:** Frequency, Wave form, Electrical methods, Quality

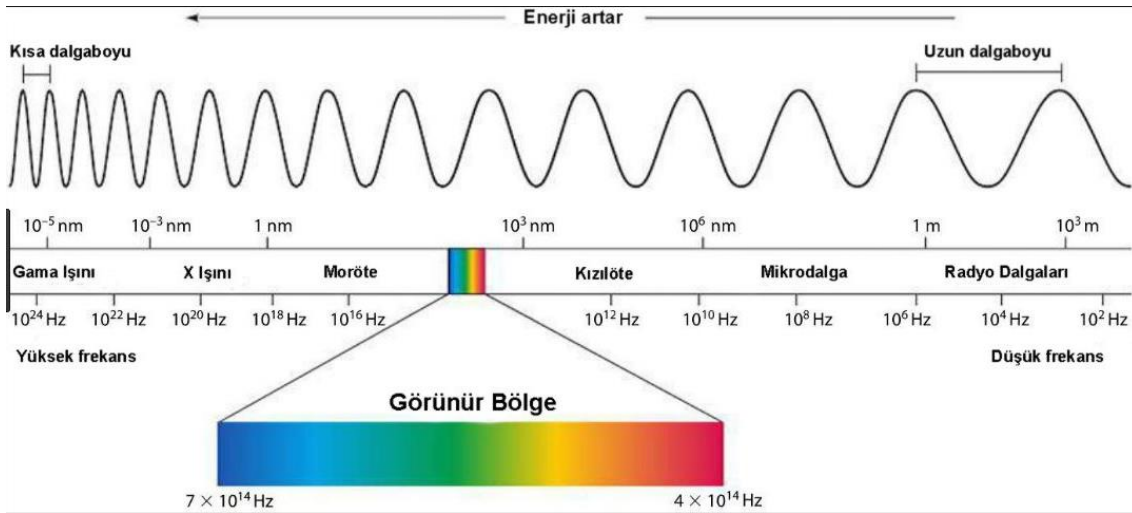
## GİRİŞ

Tüketicinin daha kaliteli gıda ürünlerini talep etmesinde meydana gelen artış, gıda üreticilerinin fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirmesi ve alternatif gıda işleme yöntemlerine yönelmesini beraberinde getirmiştir. Geleneksel gıda işleme yöntemlerinin ürün kalitesinde istenmeyen kayıplara neden olması ve genellikle yüksek enerji tüketimine sahip uzun süren işlemler olması nedeniyle alternatif olabilecek güncel gıda işleme teknikleri geliştirilmektedir. Isıl ve ısıl olmayan elektriksel işlemler (ohmik ısıtma, elektroplazmoliz, yüksek voltaj ark deşarjı, vurgulu elektrik alan, salınımlı manyetik alan, indüktif ısıtma, radyo frekans ısıtma, mikrodalga ısıtma, kızılötesi ısıtma, morötesi ışık, vurgulu ışık, vurgulu X-ışını, elektrodializ, elektrohidrodinamik, elektrokurutma, vb.) son yıllarda incelenen güncel gıda işleme teknikleri arasında önemli yer tutmaktadır [1]. Elektriksel ısıtma yöntemleri, gıdaların korunmasında ve işleminde gerekli ısının üretilmesi için yeni kaynaklara odaklanan ve termal mekanizmalara dayanan yöntemlerdir [2]. Ohmik ısıtma, radyo frekans, mikrodalga ve kızılötesi ısıtma yöntemleri güncel elektriksel ısıtma yöntemleridir. Isıl olmayan elektriksel yöntemlerde ise sıcaklık artışı hedeflenmemekte, işlemin ısıl olmayan elektriksel etkileri ön planda tutulmaktadır [3, 4]. Vurgulu elektriksel alan (VEA) ve morötesi ışık teknolojisi gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak bu yöntemlerde farklı frekans uygulamaları konusunda literatürde yeterli bilgi bulunmamaktadır [4-8]. Yüksek voltaj ark deşarjı, salınımlı manyetik alan, indüktif ısıtma, vurgulu X- ışını, elektrodializ, elektrohidrodinamik, elektrokurutma vb. yöntemlerinin gıdalara uygulanması konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu teknolojiler, araştırma-geliştirme safhasında olup gıda endüstrisinde ticari uygulamaları henüz bulunmamaktadır.

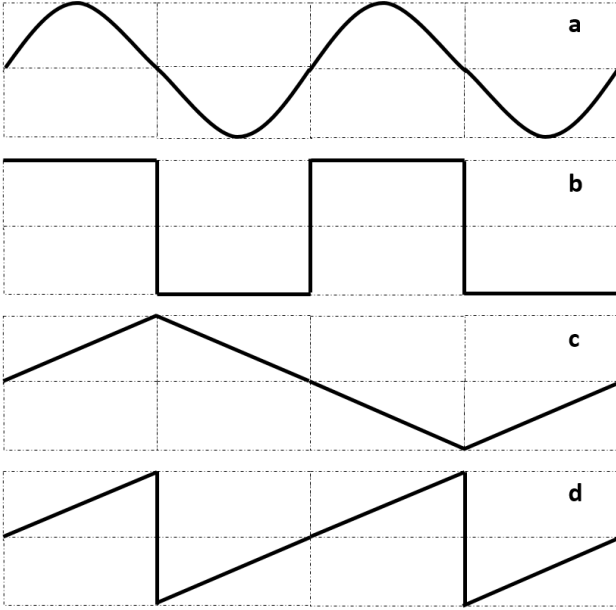
Güncel elektriksel işlemler, gıdaların ısıtılması, pastörizasyonu, sterilizasyonu, haşlanması, pişirilmesi, çözündürülmesi, verimin artırılması, kütle transferi etkinliğinin artırılması, değerli bileşen ekstraksiyonu vb. gibi farklı amaçlarla uygulanabilmektedir [3, 9]. Elektriksel işleme yöntemleri, elektromanyetik spektrumda farklı frekans aralıklarında uygulanan işlemlerdir (Şekil 1). Ohmik ısıtma, 4-100 Hz frekans aralığında uygulanması nedeniyle elektromanyetik spektrumda oldukça düşük frekans bölgesinde yer almaktadır. Mikrodalga ve radyo frekans (RF) ısıtma ise, dielektrik ısıtma frekans bölgesindeki ( $3 \times 10^6 - 3 \times 10^{10}$  Hz) elektromanyetik dalgaların gıdaya uygulanması şeklinde gerçekleşmektedir. Kızılötesi ısıtma ise  $3 \times 10^{12} - 3 \times 10^{14}$  Hz aralığında elektromanyetik dalga üreten ısıtıcılar ile gıda yüzeyi arasındaki termal ışıma etkisi prensibine dayanmaktadır. Morötesi ışık,  $3 \times 10^{14} - 3 \times 10^{16}$  Hz (10-400 nm dalga boyu) aralığında elektromanyetik dalgalarla oluşmaktadır. Vurgulu ışık teknolojisinde ise, elektromanyetik spektrumda 110- 180 nm dalga boyu aralığında ışık üreten lambalar tarafından üretilen ışık demetleri, vurgulu olarak uygulanmakta, güneşten 2000 kat daha fazla bir spektrum elde edilmektedir. VEA işlemi ise, yaygın olarak 0.2-50 Hz aralığında uygulanmaktadır.

Gıdaların elektriksel işleme yöntemleri ile işlenmesinde uygulanan dalganın şekli farklı olabilmektedir (Şekil 2.).

Gıda işlemede uygun elektriksel işlemin seçilmesinde, uygun işlem parametre seçiminin de önemi büyüktür. Elektriksel işlemlerde gıdanın özelliklerindeki değişim ve işlem etkinliği üzerinde frekans ve uygulanan dalga tipi etkilidir. Bu çalışmada, elektriksel gıda işleme yöntemlerinde farklı frekans ve dalga tipi uygulamalarının işlem etkinliği ve gıdaların bazı özelliklerindeki değişim üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar derlenmiştir.



Şekil 1. Elektromanyetik spektrum [10]



Şekil 2. Dalgalar; a. Sinüs dalgası, b. Kare dalgası, c. Üçgen dalgası, d. Testere dişi dalgası

### ISITMA KARAKTERİSTİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Elektriksel ısıtma yöntemleri arasında özellikle ohmik ısıtma işleminde farklı frekans uygulamalarının ısıtma karakteristiği üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar mevcuttur. Literatürde bu konuda yapılan çalışmalar, sıvı ve katı gıda örneklerine uygulanması açısından farklılıklar göstermektedir.

Yumurta albümininin ohmik ısıtılması ile ilgili bir çalışmada [11], 50 Hz-10000 Hz frekans aralığında, 10 V/cm sabit voltaj gradyanında 20°C'den 90°C'ye ohmik ısıtma uygulanmıştır. Frekans arttıkça, örneğin daha hızlı ısındığını, en kısa ısıtma süresinin ise, 10 kHz frekans uygulamasında elde edildiğini belirtmişlerdir. Benzer bir çalışmada, [12] kırmızı biber ezmesinin 60 V gerilimde farklı frekanslarda (40-20,000 Hz) ohmik ısıtma ile pastörizasyonunda spesifik ısıtma hızının frekans arttıkça arttığı, 5 kHz'de en yüksek değere ulaştığı, ancak 5 kHz'in üzerinde ısıtma hızında düşüş meydana geldiği rapor edilmiştir.

Bir başka çalışmada salsa sosunun pastörizasyonu, 12.5 V/cm voltaj gradyanında, 7 farklı frekansta (60, 100, 300, 500, 1000, 10000 ve 20000 Hz) gerçekleştirilmiştir [13]. 1 kHz üzerinde elektrotlarda korozyona rastlanmamıştır ve ısıtma hızının frekans arttıkça arttığı belirtilmiştir. Farklı frekans uygulamalarının, 500 Hz frekansa kadar ısıtma hızı üzerine etkili olduğunu ( $p < 0.05$ ) ancak, 1000 Hz'ten yüksek frekans uygulamalarında, ısıtma hızının frekans uygulamasından etkilenmediğini ifade etmişlerdir ( $p > 0.05$ ).

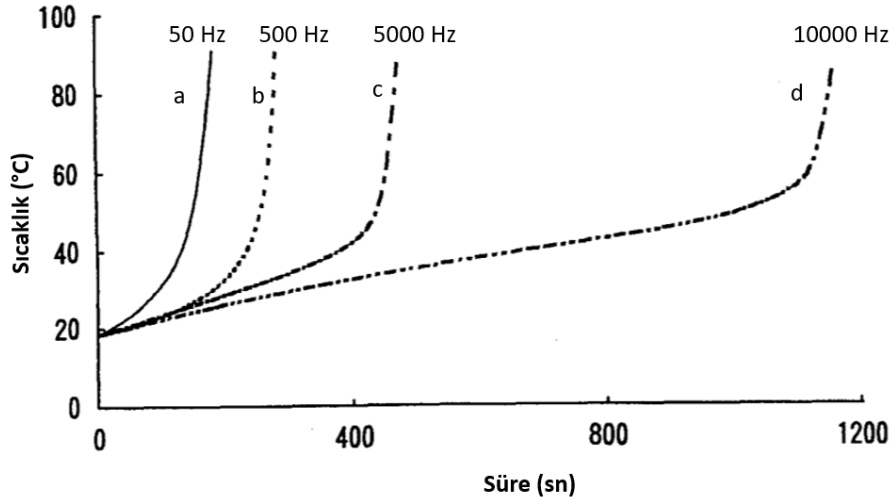
Katı bir örnek olarak yaban turpunun 40 V/cm sabit voltaj gradyanında farklı frekanslarda (50-10000 Hz) 80°C'ye dek ohmik ısıtılmasının incelendiği bir

çalışmada [14], gerekli işlem süresinin frekans arttıkça arttığı rapor edilmiştir. Yüksek frekanslarda (5 ve 10 kHz) ısıtma hızının başlangıçta daha doğrusal bir artış gösterdiği, ancak 50°C'den itibaren keskin bir şekilde arttığı vurgulanmıştır (Şekil 3). Bunun sebebi ise, 50°C ve üzerinde hücre zarının yapısında meydana gelen değişimden kaynaklandığı, elektriksel dirençlerinin 50°C'de azaldığı, bu azalmanın frekanstan bağımsız olarak sıcaktan kaynaklandığı şeklinde açıklanmaktadır. Ayrıca başlangıçtaki en net sıcaklık artışının en düşük frekans koşulunda (50 Hz) elde edilmesinin nedeni, bu frekansta geçirgenliğin azalması ve moleküler hareketin artmasına bağlı olarak direncin azalması şeklinde açıklanmıştır.

Donmuş parça etin ohmik çözündürülmesi sırasında ise 60-120 V gerilimde ve 60 Hz-60 kHz frekans aralığında frekansın çözündürme süresini etkilemediği rapor edilmiştir [15]. Ancak geleneksel çözündürme yöntemine kıyasla, ohmik çözündürmenin çözünme kaybını azalttığı ve su tutma kapasitesini arttırdığı vurgulanmıştır. Güncel bir çalışmada ise [16], tuna balığı örnekleri -30°C'den 20°C'ye 50 Hz-20 kHz aralığında farklı frekanslarda ohmik çözündürülmüş, frekans arttıkça örnek içinde meydana gelen direncin azaldığı ve ürünün çözünme hızının arttığı tespit edilmiştir. Örneklerin kas dokularının akıma paralel şekilde konumlandırıldığında ve membranlarının ayrıldığında, daha yüksek elektriksel iletkenlik değerlerinin ve daha düşük çözünme sürelerinin elde edildiği rapor edilmiştir.

Dielektrik ısıtma uygulamalarında ise frekansın etkisi penetrasyon kalınlığının değişimi sonucu oluşan etkiler olarak dikkati çekmektedir. Alfaifi ve ark. [17], kurutulmuş üzüm, mürdüm eriği, incir, şeftali ve hurma örneklerine mikrodalga ve radyo frekans uygulaması (10-1800 MHz frekans aralığında) sırasında frekansın penetrasyon kalınlığı üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, kurutulmuş ürünlerde, penetrasyon kalınlığının frekans arttıkça azaldığını, mikrodalga bölgede penetrasyon kalınlığının RF uygulamasına göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Kurutulmuş ürünlerin işlenmesinde, RF uygulamasının büyük ölçekte, kalın katmanlar şeklinde uygulanması önerilmiştir. RF ve mikrodalga ısıtma işlemleri karşılaştırıldığında, daha düşük frekans aralığında uygulanan RF işleminin sıcaklık dağılımındaki homojenliğinin mikrodalga ısıtma işlemine göre daha iyi olacağı belirtilmektedir. Bunun sebebi olarak, RF ısıtma işleminde elektromanyetik dalgaların yüzeyde yanma veya sıcak nokta oluşumuna sebep vermeyecek şekilde penetre olabileceği mesafenin (penetrasyon kalınlığı) daha fazla olmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir [18, 19]. RF çözündürme işleminde frekans etkilerinin incelendiği ilk çalışmalarda, 36-40 MHz frekans aralığında uygulanan çözündürme işleminde, çözünme kaybı ve ürün kalitesi geleneksel çözündürmeye göre korunmuş olsa da, homojen olmayan sıcaklık dağılımlarının meydana geldiği belirtilmektedir [20].





Şekil 3. Farklı frekanslarda ohmik ısıtma sonucunda merkez noktasının sıcaklık geçmişi: (a) 50 Hz; (b) 500 Hz, (c) 5000 Hz; (d) 10000 Hz [14].

Daha yüksek frekanslara sahip elektriksel işlem uygulamalarında penetrasyon derinliğinin etkisi çok daha net ortaya çıkmıştır. Yakın kızılötesi (NIR) ve uzak kızılötesi (FIR) ısıtma işlemlerinin tatlı patates örneklerine uygulanmasında penetrasyon derinliğinin değişiminin incelendiği çalışmada, FIR kızılötesi ışınımın 0.26-0.36 mm derinliğe kadar örnek içerisine penetre olabilirken, NIR kızılötesi ışınım dalgalarının 0.38-2.54 mm derinliğe kadar penetre olabildiğini göstermiştir. Çalışma sonuçları, FIR ışınım enerjisinin çoğunun ürün yüzeyinde ısıya dönüştüğünü belirtmekte ve benzer çalışmaları desteklemektedir [21, 22]

Kızılötesi çözündürme işleminin, daha düşük frekans aralığında çalışan mikrodalga çözündürme işlemine göre avantajları bulunmaktadır. Su ve buzun kızılötesi enerjiyi absorblama katsayılarının yaklaşık olarak aynı değerlerde olması, kızılötesi çözündürme işleminin mikrodalga çözündürmeye göre, daha homojen sıcaklık dağılımı sağladığı belirtilmiştir. Sakai ve Mao [22] ve Liu [23] tuna balığının çözündürülmesi üzerine yaptıkları çalışmalarda, kızılötesi çözündürme işleminin renk değerlerinin daha fazla koruduğu ve sızıntı kaybının geleneksel çözündürme işlemlerine göre daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Elektriksel işlem uygulamalarında farklı dalga tipi uygulamalarının ısınma karakteristikleri üzerine etkilerini inceleyen çalışmaların ise oldukça limitli olduğu belirlenmiştir. Salsa sosunun 3 farklı dalga tipinde (sinüs, kare, testere dişi) ohmik ısıtılmasını inceleyen çalışmada, 60 Hz sabit frekansta ohmik ısıtma işlemi uygulanmış, kare dalga şekli uygulamasının, testere dişi ve sinüs dalga şekli uygulamasına göre daha düşük ısınma hızına sebep olduğu rapor edilmiştir [13].

### KÜTLE TRANSFERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Kütle transferinin aktif olarak rol aldığı özellikle haşlama, ekstraksiyon ve kurutma işlemlerinde, ohmik uygulaması ısıtma kaynağı olarak yaygın olarak kullanılmış, farklı frekans ve dalga şekli etkilerinin ohmik işleme üzerine etkisinin olduğu belirlenmiştir. Yüksek frekans aralığında

gerçekleştirilen ohmik ısıtma çalışmalarında frekanstaki azalışın kütle transferini arttırdığı, ancak dalga şeklinin daha önemli olduğu vurgulanmaktadır.

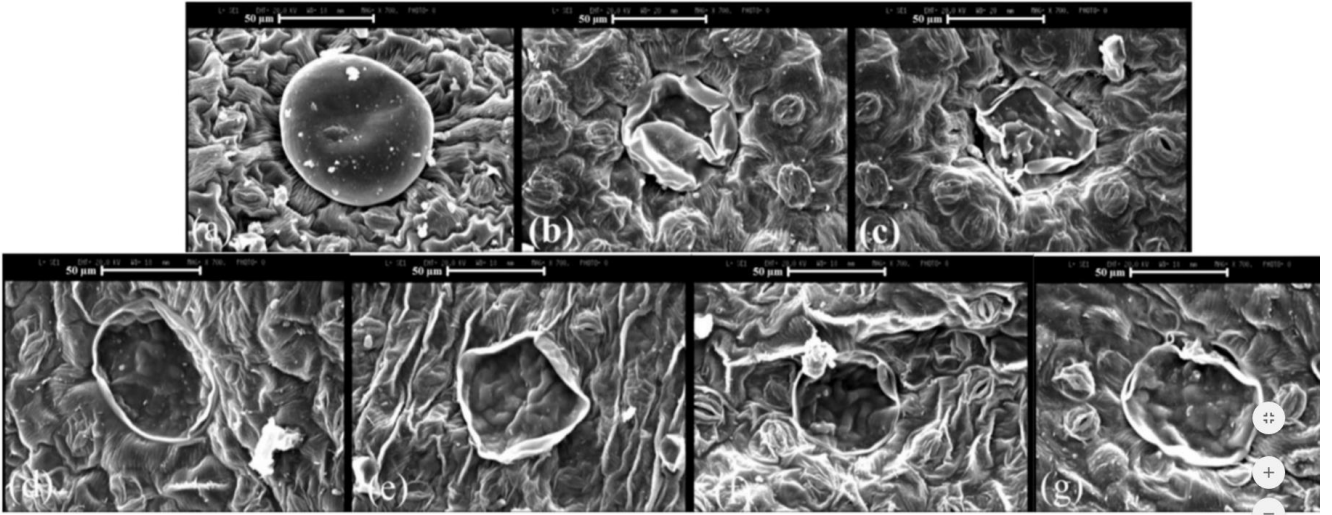
Kütle transferi üzerine frekans uygulamalarının etkilerini inceleyen çalışmalar incelendiğinde, Kim ve Pyun [24], soya tanelerinden soya sütü elde edebilmek için ısıtma işlemini farklı frekanslarda (500-10000 Hz) ohmik ısıtma ile gerçekleştirmişlerdir. Soya sütü eldesinde, optimum verimin 1000 Hz'te elde edildiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, elde edilen NMR analizi sonucunda, 1000 Hz frekans uygulamasının hücre içerisinde sıvının daha kolay hareket edebileceği boşluklar meydana getirdiği, bu sayede ürünün elektriksel iletkenliğinin arttığı belirtilmektedir. Benzer şekilde, pancar örneklerinden doğal boya maddesinin eldesinin incelendiği bir çalışmada [25] ise, 0-5,000 Hz frekans aralığında, 23.9 V/cm voltaj gradyanında, 45°C sıcaklığa kadar uygulanan ohmik ısıtma işlemi için, frekans azaldıkça ekstraksiyonun arttığını ifade etmişlerdir. Uygulanan frekans değeri arttıkça, hücre geçirgenliğini arttırmak için gerekli eşik değerinde yükselme olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, hücre zarında bir zedelenme gözlemlenmediğini, meydana gelen ekstraksiyonun hücre zarındaki gözeneklerin genişlemesinden kaynaklandığını vurgulamışlardır. Benzer şekilde, pancar köklerine uygulanan ılımlı elektrik alan uygulamasının betain ekstraksiyonu üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, frekans (0-5000 Hz) azaldıkça ve elektrik alan gücü arttıkça difüzyonun arttığını belirlemişlerdir (20). Bu durum, maruz kalınan elektrik alan kuvveti ve işlem süresine bağlı olarak gıdanın kapasitör gibi davranması sonucu özellikle düşük frekanslarda, hücre zarında yükün birikmesi için daha fazla sürenin olması şeklinde açıklanmıştır. Daha düşük frekans aralığında ise, mantar örneklerinin ohmik haşlanmasında farklı frekans uygulamasının (1-10-100 Hz) ve katı kaybı ve üründe meydana gelen büzüşme değişimi üzerine etkisinin farklı olmadığı rapor edilmiştir [26].

Geniş frekans aralığında (50 Hz-1000 kHz) uygulanan ohmik ısıtma işlemlerinde dokuda meydana gelen

değişimler incelendiğinde de, frekans arttıkça dokusal değişimlerin azaldığı rapor edilmektedir [27]. Araştırmacılar şeftali örneklerinin 25°C'den 90°C'ye ohmik ısıtılması sonucunda dokuda meydana gelen değişimleri 60 V/cm voltaj gradyanında, bipolar kare dalga tipinde incelemiştir. Düşük elektrik alan ( $E < 100$  V/cm) uygulamasının, hücre zarında elektroporasyon meydana getirdiğini bulmuşlardır. Meydana gelen elektroporasyona bağlı olarak, ürünün elektriksel iletkenliğinde öngörülemez bir artış meydana geldiğini ve ürün dokusunda değişikliğe neden olduğunu belirtmişlerdir. 50 kHz düzeyinde frekans uygulamasının elektroporasyon oluşumunu bastırıldığını, ancak bu frekansta dokunun elektriksel iletkenliğinin düşük olmasının istenilen sıcaklığa ulaşma süresini arttırdığını ifade etmişlerdir. Şeftali örneklerinin korunmasında, yüksek frekans uygulamalarının elektroporasyonu azaltarak daha iyi korunmasına katkıda bulunduğunu ve yüksek sıcaklıklarda meydana gelen ısı zararını dikkate

alınmadan ısınma hızının öngörülmesine katkıda bulunduğunu bulgular arasında vurgulamışlardır. Şeftali örneklerinin dokusal bozulmalarının minimum olduğu durumu 20 kHz'de elde etmişlerdir.

Güncel bir çalışmada [28] ısı ve kütle transferinin önemli rol oynadığı destilasyon işleminde 3 farklı frekansta (25, 50 ve 100Hz) ve iki farklı voltajda (220 ve 380V) ohmik ısıtma uygulanmıştır. Düşük frekansta (25 Hz), elektroporasyon sebebiyle kütle transferinin arttığı, işlem süresinin kısaldığı ifade edilmiş, elde edilen ürün verimi artmıştır. Şekil 4'teki işlem görmüş örneğe ait TEM görüntülerinde de, hücre yapısındaki açıklığın değiştiği görülmektedir. Hücre yapısında meydana gelen bu değişimlerin kütle transferini etkilemesi ve verimi artırması sebebiyle, ohmik ısıtma destekli destilasyonu etkileyen önemli parametrelerden birisi de frekans olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4. Nane yapraklarından alınan bezelerin taramalı elektron mikroskobu (TEM) görüntüleri; (a) işlem görmemiş (b) 60 dakika geleneksel hidroddestilasyon sonrası, (c) 60 dakika tuzlu suyla hidroddestilasyon sonrası, (d) 30 dakika Ohmik destekli hidroddestilasyon sonrası (380 V, 50 Hz), (e) 30 dakika ohmik destekli hidroddestilasyon sonrası (220V, 25Hz), (f) 30 dakika ohmik destekli hidroddestilasyon sonrası (220V, 50Hz), (g) 30 dakika ohmik destekli hidroddestilasyon sonrası (220V, 100Hz) [28].

Ohmik ısıtma işlemi dokusal değişimlere neden olduğu için, bazı kütle transferi işlemleri öncesinde ön işlem olarak da uygulanabilmektedir. Lima ve Sastry [29] ohmik ısıtma işleminin pastırma ve meyve dilimlerinin kurutulmasında, geleneksel yöntemle alternatif olarak maliyet azalmak ve süreyi kısaltmak amacıyla ön işlem olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Düşük frekans (4 Hz) değerinin elektriksel iletkenliği arttırdığı ve kurutma işlem süresini kısalttığı belirtilmiştir.

Elektriksel işlemlerden kızılötesi, özellikle yüzey kurutma işlemlerinde, kızartma, yüzey kavurma işlemlerinde kullanılan yöntemlerden biridir. Kızılötesi işlemin koşulları Sakai ve Hanzawa [30] tarafından aktarılan dalga boyu aralık tanımlamaları adapte edilerek belirtilmektedir. Buna göre yakın (0.5-2 µm), orta (2-4 µm) ve uzak (4 µm'nin üstünde) kızılötesi ısıtma isimlendirmesi yapılır. Suyun kızılötesi radyasyonu absorbe etme kabiliyetinin özellikle 2.7, 3.3, 6 ve >12.5 µm dalga boylarında yüksek olduğu belirtilmiştir. O-H

bağları, gelen kızılötesi ışınımı absorbe ederler ve moleküller gelen ışınım ile aynı frekansta dönmeye başlarlar. Kızılötesi enerjisinin dönme hareketi enerjisine dönüşümü suyun evaporasyonuna neden olur. Bu sebeple kurutma işleminde kullanılan kızılötesi ışığın dalga boyu kısaldıkça (frekans arttıkça), kuruma süresinin azaldığı ifade edilmiştir [31]. Gıda maddelerinin yapısında bulunan protein, nişasta gibi organik bileşenlerin, 2.5 µm dalga boyundan daha yüksek dalga boyu değerlerinde, kızılötesi enerjiyi daha iyi absorbe ettikleri ifade edilmiştir. Genel olarak gıdaların kurutulmasında tercih edilen kızılötesi sistem, FIR ışınım bölgesi olarak ifade edilmektedir. Bu aralıkta çalışan kızılötesi lambalar, 0-450°C sıcaklık aralığında çalışmaktadır.

Vurgulu elektrik alan (VEA) üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde ise çalışılan frekans aralığı, gıda örneğindeki çeşitlilik ve uygulama amacına bağlı olarak frekansın kütle aktarımı üzerine farklı etkileri rapor

edilmektedir. Lebovka ve ark. [32] 2000 yılında yaptıkları çalışmada 10-1000 Hz aralığında frekans uygulamasının elma dokusunda herhangi bir doku zararına neden olmadığını belirtmişler, 2001 yılında yaptıkları çalışmada ise [33], 0.02-100 Hz aralığında frekans uygulamasının dokuda hasar meydana getirdiğini sonuç olarak ifade etmişlerdir. Ancak, frekansın dokuda meydana getirdiği bu hasarın nedenini açıklayamamışlardır. 0.01-5,000 Hz frekans aralığında, 333 V/cm elektrik alan ve 10 vurgu parametrelerinde soğan zarına uygulanan VEA işleminde ise 1 Hz altında daha yüksek hücre geçirgenliği meydana geldiğini, ancak dokuda meydana gelen zararın frekansın düzeyinden bağımsız olduğu ortaya konulmuştur [34]. Hücre zarında geçirgenliğin artmasının hücrenin elektriksel ve fiziksel özellikleri üzerine etkili olduğu, frekansın sitoplazmik sıvı akışının sürekliliğini etkilediğini rapor etmişlerdir. Düşük frekans uygulamalarında, sitoplazmik akışın sürekliliğinin sağlanmasıyla geçirgenliğin arttığını ve hücreler arası boşlukta akımın geçebileceği daha fazla yol oluşturduğunu vurgulamışlardır. Hipoteze göre, bir sonraki vurgu uygulandığında, akım daha iletken olan bu yollardan geçmekte ve işlemin süresi uzadıkça hücrenin geçirgenliği artmaktadır. Akımın artmasına bağlı olarak, hücre yapısında fiziksel zarar da artmaktadır. Düşük frekanslar uygulanarak yüksek geçirgenliğe sahip hücreler elde edilmesi mümkün olabilmektedir, bu sayede işlem için gerekli vurgu sayısı azaltılarak işlemin enerji tüketimi azaltılabilir [34].

Farklı dalga tipi uygulamalarının, kütle transferi üzerine etkisini inceleyen çalışmalarda, Tekgul ve ark. [35], elektroplazmoliz işleminin farklı dalga tipi (kare/ sinüs), akım tipi (AC/DC) ve işlem süresi (60/ 90 saniye) uygulamalarının domates suyu verimi ve ürün kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. 100 V gerilimde uygulanan elektroplazmoliz işlemi sonucunda, en yüksek domates suyu veriminin AC akımda, kare dalga tipinde, 90 saniye işlem süresinde elde edildiği belirlenmiştir. Benzer şekilde likopen içeriğinin, AC akımda, kare dalga tipinde, 90 saniye işlem süresinde daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, daha yüksek domates suyu verimi için elektroplazmoliz işleminin AC akımda, kare dalga şeklinde uygulanması gerektiğini önermişlerdir. Benzer şekilde, Lima ve Sastry [29] ohmik ısıtma işleminin pastırma ve meyve dilimlerinin kurutulmasında ohmik ısıtma önışleminde 4 Hz testere dişi uygulanarak ön işlem görmüş pastırma örneklerinin 60 Hz sinüs dalga şekli uygulanarak önışlem görmüş örneklerle kıyasla daha hızlı kuruduğu belirtilmiştir. Pancar örneklerinden doğal boya maddesinin eldesinin incelendiği bir çalışmada [25] ise, aynı frekansta (60 Hz) farklı dalga şekli uygulamalarının (sinüs, kare, testere dişi) katı kaybı ve üründe meydana gelen büzüşme değişimi üzerine etkisinin farklı olmadığı rapor edilmiştir [26]. Soya tanelerinden soya sütü elde edebilmek için uygulanan ohmik ısıtma işleminde ise, sinüs dalga tipinin ekstraksiyon işlemi için diğer dalga tiplerinden daha etkili olduğu, dalga şeklinin ısı ve kütle transferi üzerine etkili olduğunu vurgulanmıştır [24].

## GIDANIN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Gıda maddelerinin elektriksel özelliklerindeki değişimin bilinmesi özellikle enerji absorpsiyonunun incelenmesi ve ısıya dönüşümün tespit edilmesi açısından oldukça önemlidir. Elektriksel özellikler uygulanan işlem parametrelerinden etkilenmekte, özellikle farklı frekans uygulamalarında farklı değerlere sahip olabilmektedir.

Dielektrik ısıtma yöntemleri olarak bilinen radyo frekans ve mikrodalga ısıtma işlemleri, yüksek frekanslarda gerçekleşmektedir. Radyo frekans işlemi sanayide 13.56, 27.12 ve 40.68 MHz frekansta, mikrodalga işlemi ise 433, 915 ve 2450 MHz frekanslarında (yaygın olarak 915 ve 2450 MHz) gerçekleştirilen işlemlerdir [19, 36]. Dielektrik ısıtma yöntemlerinin prensibi, gıdaya uygulanan alternatif akım altında negatif yüklerin pozitif, pozitif yüklerin ise negatif kutba doğru hareket etmesine dayanmaktadır. Buna ek olarak yüksek frekans uygulamalarında, polaritenin sürekli değişmesine bağlı olarak, uygulanan alan dengede kalmaz, polaritenin sürekli tersine değişimi, iyonların hareketine sebep olur ve gıda içerisinde sürtünme ve ısı oluşumuna neden olur. Özellikle gıdanın yapısında bulunan su molekülü gibi dipolar moleküller de değişen elektrik alanla birlikte yön değişimine maruz kalırlar. Radyo frekans işleminde iyonik moleküller mikrodalga işleminde ise hem iyonik hem de dipolar moleküllerin yer değişimi sonucunda ısınma meydana gelir. Her iki ısıtma yöntemi için de en yüksek enerjinin aktarılabilceği frekans debye rezonansı olarak tanımlanmıştır, bu koşulda gıdanın dielektrik kayıp faktörü en yüksek değerdedir [37]. Dielektrik kayıp faktörü ve dielektrik sabiti, dielektrik özellikler olarak bilinmektedir. Dielektrik sabiti, materyalin elektrik alan içerisinde enerjiyi depolayabilme kabiliyeti, kayıp faktörü ise, materyalin enerjiyi absorblayabilme kabiliyeti ile ilgilidir. Dielektrik kayıp faktörü, alternatif akıma maruz kalan bir materyalin enerji yayılma karakteristiklerinin bir indeksidir ve elektromanyetik enerjinin termal enerjiye dönüşebilme yeteneğini ifade etmektedir [37, 38]. Gıdaların dielektrik özellikleri ve etkileyen faktörler konusunda detaylı bilgiye İçier ve Baysal [39, 40]'dan ulaşılabılır.

Farklı frekans uygulamalarının gıdanın elektriksel özellikleri üzerine etkisini inceleyen çalışmaların oldukça yaygın olduğu belirlenmiştir. Domuz jambonunun yağ ve kas dokularının pastörizasyonunda 35-60 MHz aralığında uygulanan dielektrik ısıtma incelendiğinde, 60 MHz'te güç tüketiminin 35 MHz işlemde tüketilen güçten daha düşük olduğu rapor edilmiştir [41].

Patates püresine uygulanan radyo frekans ve mikrodalga işlemleri sırasında, dielektrik sabitinin frekans arttıkça azaldığı belirtilmektedir [42]. Dielektrik sabiti 27 MHz'de sıcaklık arttıkça artış göstermekte, 40 MHz'de daha istikrarlı bir davranış gösterebilmekte, ancak daha yüksek frekanslarda (433, 915, 1800 MHz) sıcaklık arttıkça azalmaktadır. Dielektrik kayıp faktörü ise sıcaklık arttıkça artmaktadır. Patatese tuz eklenmesi sonucunda, özellikle radyo frekans bölgesinde dielektrik kayıp faktörü daha da artmaktadır. Benzer şekilde, patates örneklerinin ohmik ısıtma ve geleneksel ısıtma

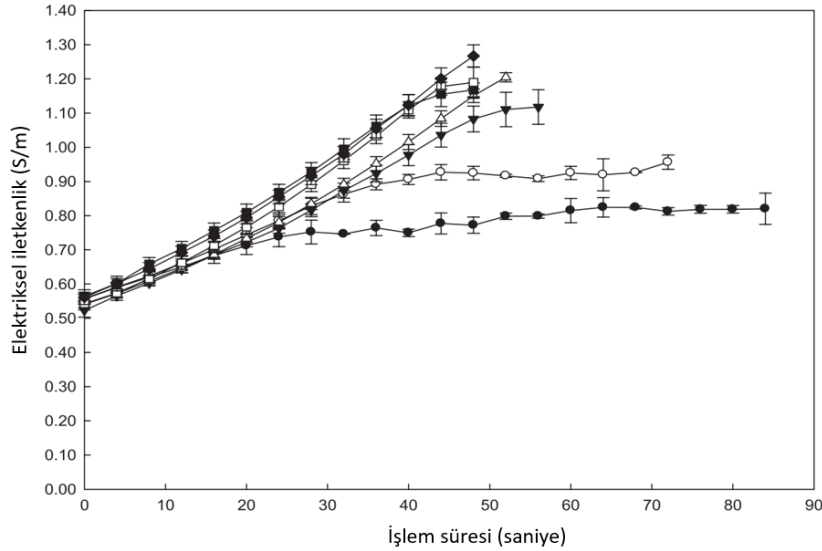
işlemleri sırasında, dielektrik özelliklerinin 100 Hz-20 kHz frekans aralığındaki değişimi incelendiğinde, düşük frekanslarda görünür dielektrik sabitin daha yüksek olduğu, benzer şekilde yüksek frekanslarda düşük bir dielektrik sabiti olduğu belirtilmektedir [43]. Aynı çalışmada, elektriksel ısıtma işleminin patates örneklerin hücre zarının geçirgenliğini arttırdığı vurgulanmıştır.

Düşük frekans değerlerinde uygulanan ohmik ısıtma ve VEA gibi işlemlerde, elektriksel iletkenlik değeri de oldukça önemlidir. Elektriksel iletkenlik gıdadan geçirilen elektriksel enerjinin ısı enerjisine dönüşümünün tespit edilebileceği önemli bir özelliktir [44]. Elektriksel iletkenlik değerindeki değişimler dielektrik özelliklerde olduğu gibi, uygulanan frekans değerinden etkilenebilmektedir. Geniş frekans aralığında (30 Hz-1 MHz) surimi hamurunun işlenmesi konusunda yapılan bir çalışmada [45], elektriksel iletkenlik ve dielektrik kayıp değerlerinin sıcaklık ve tuz konsantrasyonunun artışına bağlı olarak arttığını ve 500 Hz'ten düşük frekanslarda dielektrik özelliklerin frekanstan bağımsız olduğu belirtilmiştir. Uygulanan frekans arttıkça, karşılaşılan direncin azaldığını ifade etmişlerdir.

Lima ve ark. [46] turp dokusunun elektriksel iletkenliğinin düşük frekansta (4 Hz) daha yüksek olduğunu, elektriksel iletkenlikteki frekansa bağlı bu durumun hücre zarındaki elektriksel özellikler üzerine etkisi olduğu ifade edilmiştir. Hücre zarındaki geçirgenliğin artması veya moleküllerin hareketlenmesinde uygulanan elektrik alanının dokunun elektriksel iletkenliğini

artırmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Düşük frekans uygulamalarında, polarite değişim döngüsünün daha uzun gerçekleşmesi nedeniyle membran potansiyelinin elektropermabilizasyon etkisi göstermesine yetecek düzeyde düşmesine sebep olacak süre sağlanabilmekte ve elektropermabilizasyon sırasında, yüksek elektrik alana maruz kaldığında gözeneklerin hücre zarının yerel kutuplaşması tarafından biçimlendirilmesi mümkün olmaktadır. Bu durum elektriksel iletkenliği artırabilmektedir [26]. Benzer şekilde, ohmik ısıtma uygulanmış patates örneklerinin, geleneksel ısıtma uygulanmış örneklerle göre daha yüksek elektriksel iletkenlik değerine sahip olduğu belirtilmektedir [43].

0.5°C'den 40°C'ye ohmik ısıtılan şeftali örneklerinde, sıcaklık arttıkça elektriksel iletkenlik değerlerindeki artışın frekansa (50 Hz-1 MHz) bağlı olarak farklılık gösterebileceği belirtilmiştir [27]. Aynı sıcaklıkta, elektriksel iletkenlik değeri, frekans arttıkça artış göstermiştir. Ancak, dokusu zarar görmüş şeftali örneklerinde 100000 Hz frekans değerinden sonra, frekans artışına bağlı olarak elektriksel iletkenlik değerlerinin azaldığını ifade edilmiştir. Benzer şekilde, salsa sosunun ohmik ısıtılmasının incelendiği bir diğer çalışmada, 50-60 Hz aralığında frekans arttıkça elektriksel iletkenliğin arttığı, özellikle 60-100 Hz aralığında elektriksel iletkenlik değerinin daha düşük olduğu, 1000-20000 Hz aralığında elektriksel iletkenlik değerlerinin daha yüksek olduğu ancak frekansın etkisinin önemsiz olduğu belirtilmektedir (Şekil 5) [13].



Şekil 5. Salsa sosunun farklı frekanslarda ohmik ısıtılması sonucunda elektriksel iletkenlik değişimi 60 Hz (●), 100 Hz (○), 300 Hz (▼), 500 Hz (Δ), 1 kHz (■), 10 kHz (□), ve 20 kHz (◆), [13].

Seyhun ve ark. [47], donmuş patates püresinin çözündürülmesi amacıyla yüksek frekansta (10-30 kHz) ohmik ısıtma uyguladıkları çalışmalarında, geleneksel çözündürme ile yaklaşık 50 dakikada gerçekleştirilen işlemin ohmik çözündürme ile 3.5-7 dakika arasında gerçekleştiğini vurgulayarak, frekans arttıkça çözünme süresinin kısalacağını rapor etmişlerdir. Frekansın belirli bir değerin üzerinde arttığında, yüzey-kabuk (skin)

davranışına neden olduğunu, akımın bir kondüktör etrafından geçiş davranışı gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu davranışın sonucunda, genellikle, 30 kHz civarında maddenin elektriksel iletkenlik değerinin düştüğünü belirlemişlerdir.

Lima ve ark. [29] yaptıkları çalışmada turp örneklerinin ohmik ısıtılmasında, kare dalga tipinin uygulandığı

işlemlerde elektriksel iletkenlik değerleri sinüs ve testere dişi dalga tipine göre daha düşük değerlerde elde edilmiş, sinüs ve testere dişi dalga tipine ait elektriksel iletkenlik değerlerinin benzer değerlerde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen düşük elektriksel iletkenlik değerlerinin işlem süresinde uzamaya neden olduğu ve kütle transferini azalttığı ifade edilmiştir. Sensoy ve Sastry [26] ise, mantar örneklerinin ohmik haşlanması işleminde farklı dalga tiplerinin elektriksel iletkenlik üzerine etkisi olmadığı belirtmişlerdir.

## MİKROORGANİZMALAR ÜZERİNE ETKİSİ

Elektriksel işlem sırasında uygulanan frekans uygulamalarının mikroorganizma inaktivasyonu üzerine etkileri bulunmaktadır. 60 Hz- 20 kHz aralığında, ohmik ısıtma sırasında 90°C'ye ısıtılmış salsa sosu örnekleri için uygulanan frekans arttıkça *Escherichia coli* O157:H7 ve *Salmonella typhimurium* inaktivasyonunun daha yüksek sağlanabildiği ve mikroorganizmaların inaktivasyonu için gerekli sürenin kıaldığı rapor edilmiştir. Çalışılan gıda patojenlerinin inaktivasyonunda, uygulanan frekans, işlem süresi ve elektriksel iletkenliğin, dalga tipinden daha etkilidir [13].

Vurgulu elektrik alan işlemi (VEA), daha yüksek frekanslarda uygulanan ancak ısı olmayan elektriksel işlemlerdir. Uygulanan elektrik alanın hücre zarının elektrik yük dengesini değiştirerek mikrobiyal inaktivasyonu etkilediği belirtilmektedir [48]. Dalga şekli ve frekansın vurgulu elektrik alan uygulamalarında özellikle bakteri sporlarının inaktivasyonunda önemli olduğu, düşük frekanslı, giderek azalan dalga şekline sahip vurguların, anlık boşalım sağlayan dalga şekilleri veya kHz düzeyindeki frekans uygulamaları kadar başarılı olmadığı ifade edilmektedir [49, 50]. Ohmik ısıtma uygulamalarına benzer şekilde VEA uygulamalarında da, frekans arttıkça inaktivasyon için gerekli işlem süresi kısalmaktadır [51, 52, 53]. Diğer yandan Jin ve ark. [48], çalışmalarında, 500-2000 Hz frekans aralığının *Bacillus subtilis* sporlarının inaktivasyonunu üzerine etkisi olmadığı ifade edilmiştir.

Daha dar aralıktaki frekans değişimlerinin etkisinin incelendiği çalışmalarda [51-53] frekansın azalmasının bazı mikroorganizmalarının inaktivasyonunu arttırdığı vurgulanmaktadır. Pilot çaplı bir sürekli akış VAE sisteminde portakal suyu pastörizasyonu amacıyla 20-30 kV/cm elektrik alanı uygulanan işlemde, frekansın (21, 30, 41 kHz) *Escherichia coli* inaktivasyon süresi üzerine etkisinin olmadığı belirtilmektedir. Ancak işlem süresi ve uygulama sıcaklığı arttıkça, daha düşük frekans uygulamasının inaktivasyon seviyesini arttırdığı rapor edilmiştir [51]. Aynı sistemde elma şirasına, 5-65 kHz frekans aralığında VAE işlemi (0.15-15 kV/cm elektriksel alan, 45-55°C sıcaklık aralığı) uygulandığında ise, 65 kHz'ten daha düşük frekanslarda *Lactobacillus plantarum* inaktivasyon etkinliğinin arttığı vurgulanmıştır [53].

Radyo frekans ısıtmanın mikroorganizma inaktivasyonu üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalarda da frekanstaki artışın inaktivasyon etkinliğini etkilediğine yönelik bulgular rapor edilmektedir. Bu konuda yapılan

ilk çalışmalarda, Fabian ve Graham [54], 19°C sıcaklıkta 7.5 MHz, 10 MHz ve 15 MHz'te *Escherichia coli* inaktivasyonu üzerine radyo frekansın etkisi olduğunu, en fazla inaktivasyon etkisinin 10 MHz'te gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Fleming [55], 11-350 MHz, aralığında tüm frekanslarda inaktivasyon olduğunu belirlemiş en yüksek inaktivasyon oranına 60 MHz'te ulaşıldığını belirtmiştir. Brown ve Maurison [56] ise, 50 Hz, 190 kHz ve 25 MHz'te çalışmışlar, sıcaklık değerinin 50°C'yi aştığında tüm frekanslar için bakterilerin inaktive olduğunu belirlemişlerdir.

Blanco ve Dawson [57] 2450 MHz mikrodalga ısıtmanın sporlanmış hücrelerin aktivasyonuna ve çimlenmesine neden olduğu, daha sonra uygulanan ısı şoklarının da hassas hücreleri öldürdüğünü ileri sürmüştür. Fakat benzer etki 915 MHz mikrodalga ısıtmada gözlenmemiştir. Sonuç olarak araştırmacılar bu farklılığın ticari fırında (915 MHz, 4 dakika) ısıtmanın ev tipi fırındakine (2450 MHz, 1-1.25 dakika) göre daha yavaş olmasına da bağlı olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

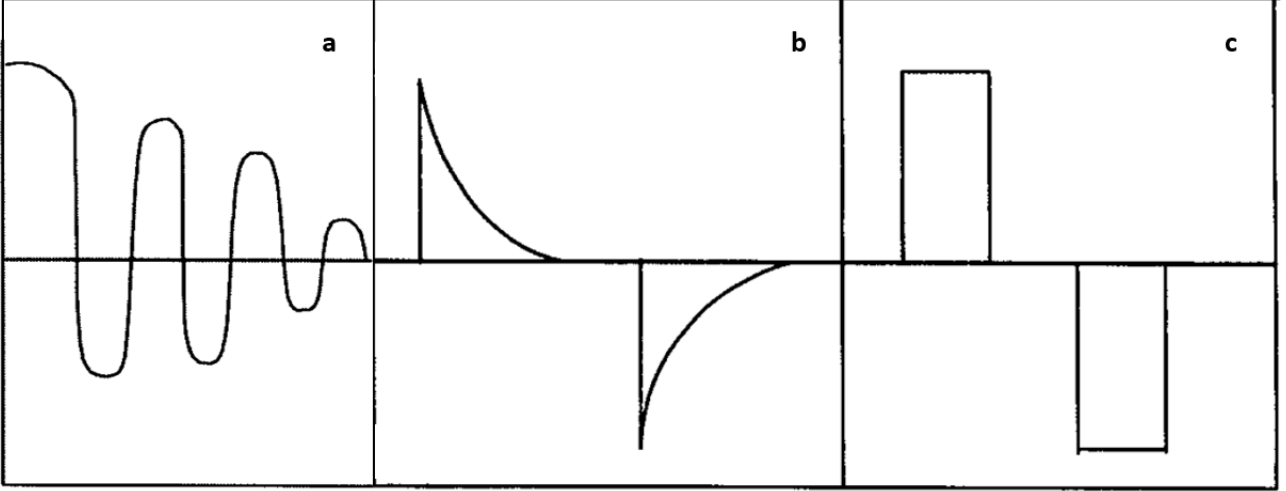
Ansari ve ark. [58] çok düşük frekanslı manyetik alan uygulamasının *Aspergillus niger* Z-25'ten elde edilen glukoz oksidaz enzimi eldesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Enzim eldesi, 1-5 Hz frekans aralığında uygulanan işlemle incelenmiştir. Çalışma sonucunda 2.8 Hz'te glukoz oksidaz enzimi eldesinin maksimum olduğu bu koşulda hücre direncinin en az olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, ekstrakte edilen protein yapısının uygulanan manyetik alanın frekansıyla doğrudan etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Vurgulu ışık teknolojisi, mikroorganizmaları fototermal ve fotokimyasal etkilerin kombinasyonu ile inaktive etmektedir. Işığın UV bileşeni, fotokimyasal etkiye sahiptir ancak, enerjinin çoğu görünür spektrumda bulunmaktadır, inaktivasyon etkisinin çoğu, fototermal enerjiden kaynaklanmaktadır. Fototermal enerji, gıdanın yüzeyine aktarılan büyük miktarda enerjiden oluşmaktadır ve ince bir yüzey katmanında sıcaklığı yükselterek vejetatif hücreleri yok etmektedir. Dunn ve ark., [59] *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus pumilus* ve *Aspergillus niger* inaktivasyonunu, vurgulu ışık teknolojisiyle gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, 0.75 J/cm<sup>2</sup>'lik iki vurgulu ışık uygulaması ile 10<sup>7</sup> k.o.b/g (k.o.b: koloni oluşturan birim) *Staphylococcus aureus* yok edilmiştir. Diğer patojen bakteriler (*Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus pumilus*) ve *Aspergillus niger* ise 0.5-1 J/cm<sup>2</sup>'lik tek vurgulu ışık uygulamasıyla 10<sup>5</sup> k.o.b./g yok edilmiştir ve 7-9 log arası desimal azalma ise vurgu başına 1 J/cm<sup>2</sup>'lik bir kaç flaş uygulamasıyla elde edilmiştir. Su, vurgulu ışık ile muamele edildiğinde ise klorizasyon ve geleneksel UV uygulamalarından etkilenmeyen *Klebsiella* ve *Cryptosporidium* oositlerinin 1 J/cm<sup>2</sup>'lik tek vurgu veya 0.5 J/cm<sup>2</sup>'lik iki vurgu uygulamasından etkilenerek 6-7 log/mL düzeyinde azaldığı ifade edilmiştir.

Farklı dalga şekli uygulamalarının özellikle VEA işleminde mikroorganizma inaktivasyonu üzerine etkilerinin incelendiği belirlenmiştir. VEA işleminde bipolar dalga tiplerinin monopolar dalga tiplerinden daha

etkili olduğu belirtilmektedir [49]. Özellikle bipolar dalga şeklinin uygulandığı VEA işlemi sonucunda yüklü moleküller hareket haline geçerek yer değişimine sebep olmaktadır. Benzer şekilde elektriksel alanın etkisi ile yüklü moleküllerin yönü de değişmekte, yüklü moleküllerin hareketinde meydana gelen bu değişimlerin hücre duvarında strese neden olarak hücre duvarının elektriksel dengesinin bozulmasına neden olduğu belirtilmektedir. Qin ve ark. [49] farklı dalga şekillerinin elma suyunda *Saccharomyces cerevisiae* inaktivasyonu üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, kare dalga

tipinin azalan dalga tipinden %60 daha fazla inhibe ettiğini belirlemişlerdir (Şekil 6). Bipolar dalgaların minimum enerji tüketimine sahip olduğu ve elektrot yüzeyinde minimum zarar meydana getirdiği ifade edilmiştir. Ho ve ark. [60] ise, *Pseudomonas fluorescens* inaktivasyonunu 10 kV/cm elektrik alan, 2 µs vurgu süresi, 0.5 Hz frekansta incelemişler, pozitif üstel dalgaların ardından düşük şiddetteki negatif dalgaların takip etmesiyle meydana gelen ani yük boşalmasının mikrobiyal inaktivasyondan sorumlu olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 6. VEA işleminde kullanılan farklı vurgu dalga şekillerinin taslak görünüşleri; a. Salınımlı azalan vurgu dalgası, b. üstel azalan bipolar dalga şekli, c. Kare bipolar dalga şekli [50].

Ohmik ısıtma işleminde ise, sinüs, kare ve testere dışı dalga tiplerinin uygulanarak 90°C'ye ısıtılmış salsa sosu örnekleri için *Escherichia coli* O157:H7 ve *Salmonella typhimurium* inaktivasyonunda, uygulanan frekans, işlem süresi ve elektriksel iletkenliğin, dalga tipinden daha etkili olduğu ifade edilmiştir [13].

### ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ohmik ısıtma işleminin farklı frekanslarda uygulanmasının incelendiği çalışmalarda, özellikle sıcaklıkla ve oksijenle kolay bozulan askorbik asit içeriğindeki değişimlerin belirlenmesi dikkati çekmektedir. Mercali ve ark. [61], yaptıkları çalışmada, 10-10<sup>5</sup> Hz frekans aralığında Barbados kirazı pulpunun ohmik ısıtılmasının ürün kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Düşük frekansta (10 Hz) askorbik asitte meydana gelen bozulma ile renk değerlerinde meydana gelen değişimin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Meydana gelen bu değişimin sebebinin oluşan elektrokimyasal reaksiyonlar olduğu ifade edilmiştir. 100 Hz'in üzerinde bu reaksiyonların minimize edildiği belirtilmiştir. Yüksek frekans uygulamasının ise askorbik asitin bozulma kinetiği ve renk pigmentleri üzerine etkisinin olmadığı ifade edilmiştir. Ohmik ve geleneksel ısıtma yöntemleri karşılaştırıldığında ise sonuçların benzer olduğu rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Lee ve ark. [13], salsa sosunun pastörizasyonunu amacıyla 12.5 V/cm voltaj gradyanında, 7 farklı frekansta (60, 100, 300, 500, 1000, 10000 ve 20000 Hz) uygulanan ohmik ısıtma işleminin bazı kalite özelliklerindeki değişim üzerine etkilerini incelemişlerdir. Düşük frekans

(60 Hz-100 Hz) uygulanmış örneklerin askorbik asit içeriğinin daha düşük olduğunu ( $p < 0.05$ ), bu örneklerden ise 60 Hz frekansta işlem görmüş salsa sosundaki askorbik asit içeriğinin 100 Hz frekansta işlem görene kıyasla %19 daha fazla olduğunu rapor etmişlerdir. Düşük frekans uygulanmış bu örneklerde meydana gelen askorbik asit kaybının, elektrotlarda meydana gelen elektrokimyasal reaksiyonların sonucu olduğunu ifade etmişlerdir. 300 Hz'ten yüksek frekans uygulanmış ve ohmik işlem uygulanmamış salsa sosu örneklerinde askorbik asit içeriğinde fark bulunmadığı rapor edilmiştir. Ohmik ısıtma üzerine gerçekleştirilmiş bu çalışmalar değerlendirildiğinde, gıda kalitesi üzerine meydana gelen değişimde, frekansın neden olduğu elektrokimyasal reaksiyonların etkili olduğu belirlenmiş, daha az kalite kaybına neden olması nedeniyle yüksek frekans uygulaması önerilmiş, diğer yandan dalga şeklinin belirlenen aralıkta kalite üzerine etkisinin olmadığı belirtilmiştir.

RF ve mikrodalga işlemleri, hacimsel ısıtma yöntemleri olarak bilinmekte, gıdaların pişirilmesi, ısıtılması, çözündürülmesi, haşlanması, kurutulması gibi işlemlerde yaygın olarak kullanılmaktadırlar [62,19]. Daha yüksek frekans aralığında uygulanan bu işlemler, özellikle ürün kalitesinin korunması amacıyla uygulanmaktadır. Moyer ve Stotz [18], 147 MHz'te bezelyelerin RF yöntemi ile haşlama işleminde katalaz enziminin geleneksel yöntemle göre daha düşük sıcaklıklarda inaktive olduğunu ve bezelyelerin askorbik asit değerinin su veya buharda haşlama yöntemine göre daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Dielektrik bölgede

gerçekleştirilen ilk çözündürme çalışmaları 1947 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Farklı meyvelerin, sebzelerin ve balıkların çözündürülmesi amacıyla 14-17 MHz frekans aralığında uygulanan RF çözündürme işleminin kalite kayıplarını azalttığı, renk ve aroma değerlerini daha iyi koruduğu belirlenmiştir [63]. Benzer şekilde, 36-40 MHz aralığında çözündürülen balık örneklerinde, çözünme kaybı ve renk değerlerinin geleneksel yöntemlere göre daha iyi korunduğu belirtilmiştir [20]. Mikrodalga ve radyo frekans işlemlerinin Federal İletişim Komisyonu (FCC) tarafından belirlenmiş standart frekanslarda yapılması nedeniyle, bu işlemlerde frekansın etkisini ortaya koyan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Mikrodalga işlemlerinde düşük frekanslarda daha yüksek penetrasyon kalınlığı olmaktadır. Bu nedenle düşük frekans uygulamaları daha homojen ısıtma etkisi yaratarak sıcaklık dağılımının daha iyi kontrol edilmesini sağlamakta, ürün kalitesinin korunmasında daha etkili rol oynamaktadır. Penetrasyon kalınlığı dalga boyuna bağlıdır. RF ısıtma işleminde elektromanyetik güç mikrodalgaya kıyasla örneklerin daha fazla derin bölgelerine penetre olabilir, yüzeyde aşırı ısınmış bölgeler ile ürün içinde soğuk kalmış bölgelerin oluşma ihtimali daha azdır. Aynı zamanda radyo frekans ısıtmada mikrodalga ısıtmaya oranla daha tekdüze elektriksel alan oluşmaktadır. Bu nedenle RF ısıtma daha homojen ısıtma sağlayabilmektedir. RF uygulaması 13.56-40.68 MHz frekans aralığında gerçekleşmektedir ve penetrasyon kalınlığı, dielektrik sabiti ve dielektrik kayıp faktörüne bağlıdır. Bu sebeple, RF düşük frekans uygulamalarında ürüne daha iyi penetre olmakta, daha homojen sıcaklık dağılımı meydana getirmektedir [32]. Güncel olarak mikrodalga ve RF tavuk pişirme, patates cipsi üretimi, kızartma, ekmek ve kek pişirme gibi amaçlarla da kullanılmaktadır, ancak, farklı frekans uygulamalarının bu işlemlerin ve ürün kalitesi üzerine etkilerinin araştırılmasına yönelik çalışmalar yazarların bilgisi dahilinde bulunmamaktadır [19, 62-65].

NIR ısıtma işlemi kullanılarak FIR ışınımına göre gıdada daha fazla ısı depolanması mümkün olmaktadır [26, 61]. Diğer yandan, FIR işlemi ile gıdalarda renk gelişimi daha iyi gerçekleşebilmektedir [67]. Shilton ve ark. [68] hamburger köftesi örneklerinin pişirilmesinde orta (MIR) ve FIR ışınımın etkisini incelemişlerdir. MIR ışınım uygulamasında, köftelerin merkez sıcaklığında ve yüzey sıcaklığında değişim meydana geldiğini ve işlem süresinin kısaldığını, ancak FIR uygulamada merkez sıcaklığındaki değişimi sadece yağ içeriğindeki değişimin etkilediğini belirlemişlerdir. Kızılötesi uygulamalarda frekans aralığının seçilmesinde, gıdanın iç ve yüzey kısmındaki sıcaklık artışı ve kalite özelliklerindeki değişim kriterleri dikkate alınması önem taşımaktadır.

Ürün kalitesi üzerinde farklı dalga şekillerinin etkisinin incelendiği yayınların oldukça sınırlı olduğu belirlenmiştir. Lee ve ark. [13] salsa sosunun ohmik ısıtılmasının ürün kalitesi üzerine etkisini incelemişler, ürünün likopen içeriği, renk ve pH değerine frekansın ve dalga şeklinin etkisinin olmadığı ifade etmişlerdir.

## SONUÇ

Elektriksel işlemler, gıdaların işlenmesinde yaygın ve güncel olarak kullanılan geleneksel gıda işleme yöntemlerine alternatif yöntemlerdir. Bu yöntemlerin uygulanmasında, seçilecek gıda, gıdanın dielektrik özellikleri ve uygulanan işlem parametreleri gıda işleminin sağlıklı gerçekleştirilmesi için önemli noktalar. Elektriksel işlem parametrelerinden olan frekans ve dalga şekli, hem gıda ürününde hem de elektriksel işlemin etkinliği üzerinde etkili parametrelerdir. Çalışmalar sonucunda elde edilen bilgilere göre, uygulanan işlem frekansı ve dalga tipi, özellikle hücresel yapıya sahip gıda maddelerin işlenmesinde hücre zarının sahip olduğu elektrokimyasal dengeyi değiştirebilmektedir. Hücre zarının yapısında meydana gelen bu değişim sayesinde ısı ve kütle transferi özellikle düşük frekanslarda daha hızlı gerçekleşebilmekte, ayrıca bazı mikroorganizmaların inaktivasyonu daha etkili gerçekleşebilmektedir. Yüksek frekans uygulamalarının gıda içerisinde ve elektrot yüzeylerinde meydana gelen elektrokimyasal reaksiyonları minimize ettiği ve farklı dalga tiplerinin kalite üzerine etkisinin olmadığı ancak, kare dalga tipinin elektriksel iletkenlik değerini düşürerek işlem süresi ve ürün kalitesi üzerinde etkilediği ifade edilmektedir. Buna ek olarak, yüksek frekans uygulamaları, gıdaların yapısında bulunan su molekülleri üzerine etkisi olması sebebiyle kurutma vb. işlemler üzerinde etkili bir işlemdir. Ancak, elektriksel işlemlerde gıdanın kalite özellikleri üzerine frekans-dalga tipi etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmaların ve sistem enerji verimliliği üzerine etkisinin incelendiği çalışmaların sınırlı sayıda olduğu dikkat çekmektedir. Elektriksel işlemlerin uygulama parametrelerinin daha iyi anlaşılabilmesi, verimliliği daha yüksek sistemler geliştirilmesi için, daha iyi kalitede gıda ürünü elde edilmesi amacıyla farklı frekans ve dalga tipi uygulamalarını inceleyen çalışmaların artırılması gerekmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu derleme çalışması, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri 16 MÜH 135 nolu proje ve TÜBİTAK 115O207 nolu proje kapsamında maddi olarak desteklenen "Farklı Dalga Tipi ve Frekans Uygulamalarının Ohmik Çözündürme İşleminin Performans Özellikleri Üzerine Etkisinin Deneysel ve Kuramsal Olarak İncelenmesi" başlıklı Yüksek Lisans Tezi kapsamında hazırlanmıştır. Ege Üniversitesi BAP Şube Müdürlüğü ve TÜBİTAK TOVAG'a maddi desteğinden dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- [1] Ohlsson, T., Bengtsson, N. (2002). Minimal Processing Technologies in the Food Industry. Woodhead Publishing, London, United Kingdom.
- [2] Sun, D.W. (2012). Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues. CRC Press, Florida, USA.
- [3] Sun, D.W. (2014). Emerging Technologies for Food Processing, Elsevier, United Kingdom.





- [4] Baysal, T., İçier, F. (2012). Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Güncel Teknikler, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- [5] Bilek, S.E. (2010). Pulsed electric field (PEF) technology. *Akademik Gıda*, 8(3), 33-37.
- [6] Ağçam, E., Akyıldız, A., Evrendilek, G.A. (2014). Vurgulu elektrik alan teknolojisi (PEF): Sistem ve uygulama odacıkları. *Akademik Gıda*, 12(2), 85-91.
- [7] Anlı, E.A., Gürsel Kiral, A. (2013). Vurgulu elektrik alan uygulamasının süt teknolojisinde kullanımı. *Akademik Gıda*, 11(1), 64-68.
- [8] Bozkır, H., Baysal, T., Ergün, A.R. (2014). Gıda endüstrisinde uygulanan yeni çözündürme teknikleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 38-44.
- [9] Çokgezme, Ö.F., İçier, F. (2016). Dondurulmuş gıdaların çözündürülmesinde alternatif bir yöntem: Ohmik çözündürme. *Akademik Gıda*, 14(2), 166-171.
- [10] Anonim, (2017). <https://universe-review.ca/R01-08-spectrum.htm>, Son Erişim Tarihi: 29.04.2017.
- [11] Imai, T., Uemura, K., Yoshizaki, S., Noguchi, A. (1996). Changes in heating rate of egg albumin solution during ohmic heating. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi*, 43(12), 1249-1255.
- [12] Cho, W.I., Yi, J.Y., Chung, M.S. (2016). Pasteurization of fermented red pepper paste by ohmic heating. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 34(1), 180-186.
- [13] Lee, S.Y., Ryu, S., Kang, D.H. (2013). Effect of frequency and waveform on inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* Serovar typhimurium in salsa by ohmic heating. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(1), 10-17.
- [14] Imai, T., Uemura, K., Ishida, N., Yoshizaki, S., Noguchi, A. (1995). Ohmic heating of Japanese white radish *Rhaphanus sativus* L. *International Journal of Food Science & Technology*, 30(4), 461-472.
- [15] Yun, C.G., Lee, D.H., Park, J.Y. (1998). Ohmic thawing of a frozen meat chunk. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 30(4), 842-847.
- [16] Liu, L., Llave, Y., Jin, Y., Zheng, D.Y., Fukuoka, M., Sakai, N. (2016). Electrical conductivity and ohmic thawing of frozen tuna at high frequencies. *Journal of Food Engineering*, 197(1), 68-77.
- [17] Alfaihi, B., Wang, S., Tang, J., Rasco, B., Sablani, S., Jiao, Y. (2013). Radio frequency disinfestation treatments for dried fruits: Dielectric properties. *LWT – Food Science and Technology*, 50(2), 746–754.
- [18] Moyer, J.C., Stotz, E. (1947). The blanching of vegetables by electronics. *Food Technology*, 1(2), 252-257.
- [19] Marra, F., Zhang, L., Lyng, J.G. (2009). Radio frequency treatment of foods: Review of recent advances. *Journal of Food Engineering*, 91(4), 497-508.
- [20] Jason, A.C., Sanders, H.R. (1962). Dielectric thawing of fish 2. Experiments with frozen white fish. *Food Technology*, 16(6), 107.
- [21] Hashimoto, A., Igarashi, H., Shimizu, M. (1993). Irradiation power effect on pasteurization below lethal temperature of bacteria. *Journal of Chemical Engineering in Japan*, 26(3), 31–33.
- [22] Sakai, N., Mao, W. (2005). Infrared Heating. Thermal Food Processing, Edited by Sun, D-W., CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 493p.
- [23] Liu, C.M., Sakai, N., Hanzawa, T. (1999). Three dimensional analysis of heat transfer during food thawing by far-infrared Radiation. *Food Science and Technology Research*, 5(3), 294-299.
- [24] Kim, J., Pyun, Y. (1995). Extraction of soy milk using ohmic heating. *9th Congress of Food Science Technology*, July 31–August 4, 1995, Budapest, Hungary, Book of Proceedings, 102-120p.
- [25] Kulshrestha, S., Sastry, S. (2003). Frequency and voltage effects on enhanced diffusion during moderate electric field (MEF) treatment. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 4(2), 189-194.
- [26] Sensoy, I., Sastry, S.K. (2004). Ohmic blanching of mushrooms. *Journal of Food Process Engineering*, 27(1), 1-15.
- [27] Shynkaryk, M.V., Ji, T., Alvarez, V.B., Sastry, S.K. (2010). Ohmic heating of peaches in the wide range of frequencies (50 Hz to 1 MHz). *Journal of Food Science*, 75(7), 493-500.
- [28] Gavahian, M., Farhoosh, R., Javidnia, K., Shahidi, F., Farahnaky, A. (2015). Effect of applied voltage and frequency on extraction parameters and extracted essential oils from *Mentha piperita* by ohmic assisted hydrodistillation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 161-169.
- [29] Lima, M., Sastry, S.K. (1999). The effects of ohmic heating frequency on hot-air drying rate and juice yield. *Journal of Food Engineering*, 41(2), 115-119.
- [30] Sakai, N., Hanzawa, T. (1994). Applications and advances in far-infrared heating in Japan. *Trends in Food Science and Technology*, 5(11), 357–362p.
- [31] Nindo, C., Mwithiga, G. (2010). Infrared Drying. Infrared Heating for Food and Agricultural Processing, Edited by Zhongli Pan and Griffiths Gregory Atungulu, CRC Press, Florida, USA, 89-99.
- [32] Lebovka N.I., Bazhal M.I., Vorobiev E. (2000). Simulation and experimental investigation of food material breakage using pulsed electric field treatment. *Journal of Food Engineering*, 44(4), 213–23.
- [33] Lebovka N.I., Bazhal M.I., Vorobiev E. (2001). Pulsed electric field breakage of cellular tissues: visualization of percolative properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2(4), 113–25.
- [34] Asavasanti, S., Ristenpart, W., Stroeve, P., Barrett, D.M. (2011). Permeabilization of plant tissues by monopolar pulsed electric fields: effect of frequency. *Journal of Food Science*, 76(1), E98-E111.
- [35] Tekgül, Y., Özcan, K.Ç., Baysal, T., Ergün, A.R., Bozkır, H. (2015). Investigating the effects of current and wave form of electrical pre-treatments on the yield and quality of tomato juice. *International Journal of Food Engineering*, 11(4), 527-532.



- [36] Regier, M., Knoerzer, K., Schubert, H. (2016). *The Microwave Processing of Foods*. Woodhead Publishing, United Kingdom.
- [37] Baysal, T., İçier, F., Baysal, A.H. (2011). *Güncel Elektriksel Isıtma Yöntemleri* (1.Baskı). Sidas Yayıncılık, İzmir.
- [38] Yolacaner, E.T., Sumnu, G., Sahin, S. (2017). *Microwave Assisted Baking*. The microwave processing of foods, Second Edition, Edited by Regier, M., Knoerzer, K., Schubert, H., Woodhead Publishing, United Kingdom, 117.
- [39] İçier, F., Baysal, T. (2004). Dielectrical properties of food materials—1: Factors affecting and industrial uses. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition*, 44(6), 465-471.
- [40] İçier, F., Baysal, T. (2004). Dielectrical properties of food materials—2: Measurement techniques. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(6), 473-478.
- [41] Bengtsson, N.E., Green, W., Valle, F.D. (1970). Radio-frequency pasteurization of cured hams. *Journal of Food Science*, 35(5), 682-687.
- [42] Guan, D., Cheng, M., Wang, Y., Tang, J. (2004). Dielectric properties of mashed potatoes relevant to microwave and radio-frequency pasteurization and sterilization processes. *Journal of Food Science*, 69(1), FEP30-FEP37.
- [43] Kulshrestha, S.A., Sastry, S.K. (2006). Low-frequency dielectric changes in cellular food material from ohmic heating: effect of end point temperature. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 7(4), 257-262.
- [44] Sarang, S., Sastry, S.K., Knipe, L. (2008). Electrical conductivity of fruits and meats during ohmic heating. *Journal of Food Engineering*, 87(3), 351-356.
- [45] Wu, H., Kolbe, E., Flugstad, B., Park, J.W., Yongswatdigul, J. (1998). electrical properties of fish mince during multi-frequency ohmic heating. *Journal of Food Science*, 63(6), 1028-1032.
- [46] Lima, M., Heskitt, B.F., Sastry, S.K. (1999). The effect of frequency and wave form on the electrical conductivity-temperature profiles of turnip tissue 1. *Journal of Food Process Engineering*, 22(1), 41-54.
- [47] Seyhun, N., Ramaswamy, H.S., Zhu, S., Sumnu, G., Sahin, S. (2013). Ohmic tempering of frozen potato puree. *Food and Bioprocess Technology*, 6(11), 3200-3205.
- [48] Jin, Z.T., Su, Y., Tuhela, L., Zhang, Q.H., Sastry, S.K., Yousef, A.E. (2001). Inactivation Of *Bacillus Subtilis* Spores Using High Voltage Pulsed Electric Field. *Pulsed Electric Fields in Food Processing: Fundamental Aspects and Applications*, Edited by Gustavo V. Barbosa-Canovas Q. Howard Zhang, Gipsy Tabilo-Munizaga, CRC Press, Pennsylvania, USA, 167p.
- [49] Qin, B.L., Zhang, Q., Barbosa-Canovas, G.V., Swanson, B.G., Pedrow, P.D. (1994). Inactivation of microorganisms by pulsed electric fields of different voltage waveforms. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 1(6), 1047-1057.
- [50] Canovas, G.V., Pothakamury, U.R., Gongora-Nieto, M.M., Swanson, B.G. (1999). Preservation of Foods with Pulsed Electric Fields. Academic Press, California, USA.
- [51] Geveke, D.J., Brunkhorst, C., Fan, X. (2007). Radio frequency electric fields processing of orange juices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8(1), 549-554.
- [52] Geveke, D.J., Brunkhorst, C. (2008). Radio frequency electric fields inactivation of *Escherichia coli* in apple cider. *Journal of Food Engineering*, 85(1), 215-221.
- [53] Geveke, D.J., Gurtler, J., Zhang, H.Q. (2009). Inactivation of *Lactobacillus plantarum* in apple cider, using radio frequency electric fields. *Journal of Food Protection*, 72(3), 656-661.
- [54] Fabian, F.W., Graham, H.T. (1933). Influence of high frequency displacement currents on bacteria. *Journal of Infectious Diseases*, 53(1), 76-88.
- [55] Fleming, H., (1944). Effect of high frequency fields on microorganisms. *Electric Engineering*, 63(1), 18-21.
- [56] Brown, G.H., Morrison, W.C. (1954). An exploration of the effects of strong radio-frequency fields on microorganisms in aqueous solutions. *Food Technology*, 8(1), 361-366.
- [57] Blanco J.F., Dawson L.E. (1974). Survival of *Clostridium perfringens* on chicken cooked with microwave energy. *Poultry Science*, 53(5), 1823-1830.
- [58] Ansari, A.M., Majidzadeh-A.K., Darvishi, B., Sanati, H., Farahmand, L., Norouzian, D. (2017). Extremely low frequency magnetic field enhances glucose oxidase expression in *Pichia pastoris* GS115. *Enzyme and Microbial Technology*, 98, 67-75.
- [59] Dunn, J., Ott, T., Clark, W. (1995). Pulsed-light treatment of food and packaging. *Food Technology*, 49(9), 95-98.
- [60] Ho, S.Y., Mittal, G.S., Cross, J.D., Griffiths, M.W. (1995). Inactivation of *Pseudomonas fluorescens* by high voltage electric pulses. *Journal of food Science*, 60(6), 1337-1340.
- [61] Mercali, G.D., Schwartz, S., Marczak, L.D.F., Tessaro, I.C., Sastry, S. (2014). Ascorbic acid degradation and color changes in acerola pulp during ohmic heating: Effect of electric field frequency. *Journal of Food Engineering*, 123, 1-7.
- [62] Sumnu, G., Sahin, S. (2005). Recent developments in microwave heating. *Emerging Technologies for Food Processing*, Edited by Da-Wen Sun, Food Science and Technology, International Series, Elsevier Academic Press, UK, 419p.
- [63] Cathcart, W.H., Parker, J.J., Beattie, H.G. (1947). The treatment of packaged bread with high frequency heat. *Food technology*, 1(2), 174-177.
- [64] Sumnu, G. (2001). A review on microwave baking of foods. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(2), 117-127.
- [65] Sumnu, G., Sahin, S., Sevimli, M. (2005). Microwave, infrared and infrared-microwave combination baking of cakes. *Journal of Food Engineering*, 71(2), 150-155.
- [66] Pan, Z., Atungulu, G.G. (2010). *Infrared Heating for Food and Agricultural Processing*. CRC Press, Florida, USA.

- [67] Sumnu, S.G., Ozkoc, S.O. (2010). Infrared baking and roasting. In *Infrared Heating for Food and Agricultural Processing*, Edited by Zhongli Pan and Griffiths Gregory Atungulu. CRC Press, Florida, USA, 203-223p.
- [68] Shilton, N., Mallikarjunan, P. Sheridan, P. (2002). Modeling of heat transfer and evaporative mass losses during the cooking of beef patties using far-infrared Radiation. *Journal of Food Engineering*, 55(3), 217–222.
-

## Baklagillerin Bileşimi\*

Gül Sarioğlu , Y. Sedat Velioğlu 

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

Geliş Tarihi (Received): 13.11.2017, Kabul Tarihi (Accepted): 03.08.2018

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

☎ 0 312 203 3300/3619 📠 0 312 317 8711

\* Bu çalışma Gül Sarioğlu'nun Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından kabul edilen "2016 Uluslararası Bakliyat Yılında Bakliyat Hakkında Bildiklerimiz" konulu Tezsiz Yüksek Lisans Dönem projesinden hazırlanmıştır.

### ÖZ

Baklagil bitkileri bir taraftan havanın azotunu toprağa bağlama yeteneğindeki bakterileri köklerinde bulundururken diğer taraftan pek çok kültür bitkisinin yetişemediği zor koşullarda yetişerek insanların gıda gereksiniminin karşılanmasında önemli rol oynamaktadır. İnsanlar tarafından binlerce yıldır tüketilmekte olan baklagiller protein, diyet lif, mineraller (demir, çinko ve magnezyum) ve vitaminler (başta folat) açısından önemli gıdalardır. Bunun yanı sıra yapısında bulunan pek çok fitokimyasallar, saponinler ve tanenler nedeniyle kalp damar hastalıkları ve kansere karşı koruyucu etkiye sahiptirler. Glisemik indeksleri de düşüktür. Birleşmiş Milletler 2016 yılını "Baklagiller Yılı" olarak ilan etmiştir. Bu makalede baklagillerin yapısında bulunan besin öğeleri detaylı olarak açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Baklagiller, Bileşim, Beslenme

### Composition of Pulses

#### ABSTRACT

Pulses play a significant role in meeting the nutritional requirements of humans while hosting the nitrogen fixing bacteria in their roots. They can also grow in harsh conditions in which most of cultivated plants can not. Therefore they have a significant role on food security. Pulses that have been consumed by humans for thousands of years are an important source of protein, dietary fiber, minerals (iron, zinc and magnesium) and vitamins (mainly folate). In addition, phytochemicals, saponins and tannins that are found in its composition have protective effect against cardiovascular diseases and cancer. They also have low glycaemic indices. The United Nations has declared 2016 as the International Year of Pulses. In this paper, nutritional properties of pulses are explained in detail.

**Keywords:** Pulses, Composition, Nutrition

#### BAKLAGİLLERE GENEL BAKIŞ

Baklagillerin insan beslenmesindeki büyük önemi nedeniyle 2016 yılının "Uluslararası Bakliyat Yılı" olarak ilan edilmesi 146. FAO Konseyinde kabul edilmiş ve bunu takiben, Birleşmiş Milletler 68. Genel Kurul Oturumunda ilan edilmiştir.

Baklagiller familyasına ait türler tüm dünya için çok önemli bitkisel protein kaynağı olmakla beraber bu ürünler, "Dünya Gıda Programı" ve diğer "Gıda Yardım Girişimleri" kapsamında genel gıda sepetlerinin önemli bir parçası olarak kullanılmaktadırlar. Baklagiller familyasına ait türlerin, gerek sürdürülebilir tarım ve ekim nöbeti açısından (çevresel olarak en sürdürülebilir bitki türleridir) gerekse hayvan beslenmesindeki rolü

Bakımından, gıda güvenliğine katkısı ve kırsal fakirliği azaltmadaki rolü oldukça fazladır. Baklagillerin dünya tarımsal ticaretinde önemli bir yeri olmakla beraber sağlığa olan olumlu etkileri nedeniyle, dünyada sağlık örgütleri, obeziteyi engellemek, diyabet, kalp hastalıkları ve kanser gibi bulaşıcı olmayan hastalıkları önlemek ve kontrol etmek için gerekli olan sağlıklı beslenmenin önemli bir parçasıolarak bakliyat tüketimini önermektedir [1].

Baklagiller, *Leguminosae* ya da *Fabaceae* familyası bitkilerinin tohumları veya meyveleridir. Baklagil kelimesi Latince "Legumen"den türemiş olup, kabuklu baklanın hasat edilen tohumları anlamına gelir [2]. Bakliyat (pulse) ise Latince *puls* kelimesinden türemiş olup yulaf lapası, pelte anlamına gelmektedir [3].

Baklagiller; alfaalfa, yonca, acı bakla, taze fasulye ve bezelye, yerfıstığı, soya fasulyesi, kuru fasulye, bakla, kuru bezelye, nohut, ve mercimek gibi bitkileri içerir [4]. FAO bakliyatı, baklagillerin bir alt grubu olarak ve insanlar ile hayvanlar tarafından yenilebilir tohumlar olarak değerlendirmektedir. FAO bakliyatı kuru, yenilebilir, düşük yağ içerikli baklagiller olarak tanımlamaktadır. Baklagillerin sebze olarak kullanılan çeşitlerini (taze fasulye ve taze bezelye), yağ elde etmek için yetiştirilen çeşitlerini (soya fasulyesi, yerfıstığı) ve ekim amaçlı olarak kullanılan çeşitlerini (alfaalfa ve yonca) bakliyat olarak değerlendirmemektedir [3]. Dilimizde bakliyat, kuru baklagiller ve yemeklik dane baklagiller ile aynı anlamda kullanılmaktadır.

Dünya genelinde yaygın olarak tüketilen bakliyatlar barbunya, beyaz fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), bakla (*Vicia faba* L.), nohut (*Cicer arietinum* L.), kuru veya kırık bezelye (*Pisum sativum* L.), maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.), börülce (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ve birkaç çeşit mercimektir (*Lens culinaris* Medik.). Ayrıca acı bakla (örneğin *Lupinus albus* L., *Lupinus mutabilis* Sweet) ve bambara fasulyesi (*Vigna subterranea* L.) gibi az bilinen çeşitleri de vardır [3].

Baklagiller insanoğlu tarafından en eski uygarlıklarda temel gıda olarak kullanılmıştır. Ayrıca sağlığa yararlı besleyici etkilerinin yanı sıra, düşük fiyatlı olmaları nedeniyle diyetlerde yer almaları sıklıkla savunulur [5]. Daha da önemlisi gelişmekte olan ülkelerdeki pek çok beslenme tarzı baklagile ve tahıla dayalıyken, batı medeniyetlerinde de vejetaryen diyetlere ilgi hızla artmaktadır [6].

Bakliyatlar, dünyada yaygın olarak yetiştirilmektedir. 2014 yılı itibarıyla dünyada toplam 78 milyon ton civarında bakliyat üretilmiştir. Bunun yaklaşık 25 milyon tonu kuru fasulye, 14 milyon tonu nohut, 5 milyon tonu da mercimektir. Yıllar itibarıyla bakıldığında bakliyat üretiminin giderek arttığı görülmektedir. 2004 yılında bakliyat üretimi 60 milyon ton iken 2014 yılında bu rakamın 78 milyon tona ulaştığı görülmektedir. Kıtalar olarak bakıldığında ise Asya kıtası yaklaşık 35 milyon tonla birinci sırada yer almaktadır. Afrika, Amerika ve Avrupa kıtası da bu kıtayı takip etmektedir. Dünyada bakliyat üretiminde lider ülke Hindistan'dır. 2014 yılı üretimi yaklaşık 20 milyon tondur. İkinci sırada ise Kanada yer almaktadır ve 2014 yılı bakliyat üretimi yaklaşık 6 milyon tondur. Üçüncü sırada yer alan Myanmar'ın bakliyat üretimi ise yaklaşık 5 milyon tondur [7].

Ülkemizin 2014 yılı bakliyat üretimi yaklaşık 1.035.000 ton olup, bakliyat tüketimi ise yaklaşık 1.100.000 ton civarındadır. Türkiye'den 2014 yılında yaklaşık 228.000 ton bakliyat ihrac edilmiş olup, Türkiye'ye 417.000 ton bakliyat ithal edilmiştir [8].

Baklagiller iyi birer bitkisel protein kaynağıdır. Aynı zamanda değerli mikrobeyinler, yüksek konsantrasyonda belirli karbonhidratlar, antioksidanlar ve diyet lifler içerir [9]. 2006). Bunun yanında yağ miktarı ve kalorisi de düşüktür [10].

Tablo 1'de ülkemizde yetiştirilen başlıca baklagillerin bazı bileşim öğelerinin düzeyleri gösterilmektedir [11].

Tablo 1. Ülkemizde yetiştirilen başlıca bakliyatların bileşimleri\*

	Fasulye (dermason)	Nohut (koçbaşı)	Mercimek (yeşil)	Bezelye
Enerji (kcal)	281	334	299	309
Protein(g)	21.75	18.56	23.00	19.82
Karbonhidrat(g)	29.42	41.35	36.62	42.98
Yağ(g)	1.35	5.33	0.92	1.15
Toplam Diyet Lif (g)	32.17	23.03	25.99	23.65
Ca (mg)	141	99	64	125
Fe (mg)	4.71	5.92	7.77	6.79
P (mg)	367	397	415	295
B1 Vitamini (mg)	0.796	0.572	0.159	0.709
B2 Vitamini (mg)	0.181	0.164	0.148	0.186
Niasin (mg)	4.141	3.146	4.613	3.813

\*Verilen değerler gıdanın yenilebilir 100 gramı içindir.

## PROTEİNLER

Bakliyatlar yüksek oranda protein içerirler. Yemeklik dane baklagillerin ham protein içeriği genellikle %20'den fazladır [12]. Bu oran bitki türüne, çeşidine, olgunluğuna,

yetiştirme koşullarına, bağlı olarak değişebilir [13]. Gelişmekte olan ülkelerde düşük proteinli ve yüksek enerjili besinlerin eksikliklerini giderici olarak kullanılmaktadır [14].

Bakla hariç tutulduğunda yemeklik dane baklagillerin proteinlerinin sindirilebilirlik oranları türlere göre %71-94 arasında değişmektedir. Bakla proteininin sindirilebilirlik oranının düşük olmasının sebebi ise tripsin inhibitörüdür [15]. Ancak Psyz [16] tarafından yapılan çalışmada mikrodalga uygulamasının bakladaki tripsin inhibitörlerini azalttığı ve protein çözünürlüğü ile protein sindirilebilirliğini artırdığı belirlenmiştir. Yemeklik dane baklagiller tahıllarla karşılaştırıldığında triptofan, lizin ve aspartik asit gibi aminoasitler bakımından oldukça zengindirler. Bunun yanı sıra baklagiller nisbeten daha az metiyonin, sistein ve glutamik asit içerirler. Bu nedenle mercimek nohut gibi baklagillerin temel tahıllardan buğday ve pirinç ile karışımları bu eksikliği hemen hemen karşılar ve dengeli bir diyet sağlar [17]. Bununla birlikte fasulye, toplam protein içeriğinden

ziyade esansiyel bir aminoasit olan lizin içeriği nedeniyle bitkilere dayalı diyetle beslenen insanlar açısından oldukça önemlidir.

Pişmiş fasulyedeki yarıyıllı protein içerikleri ıslatma ve sıcaklık uygulamaları gibi hazırlama metodlarına göre değişmektedir. Bu metodlar protein içeriğinde azalmaya neden olurken protein sindirilebilirliğini artırmaktadır [18,19]. Bunun yanında bazı esansiyel aminoasitler sıcaklık uygulamalarından sonra azalmaktadır. Bu da fasulyenin besleyici değerini düşürebilmektedir [20]. Tablo 2'de barbunyanın (kidney bean) pişirme sonrası ve sıcakta bekletme işlemi sonrasında (örneklerin bir termosta 65°C'de 3 saat bekletilmesi ile) esansiyel aminoasit miktarları gösterilmektedir [21].

Tablo 2. Barbunyanın amino asit kompozisyonu (g/100 g, yaş ağırlıkta)

Aminoasitler	Çiğ	Pişmiş	Sıcaklık Uygulaması (65°C, 3 saat)
<b>Esansiyel</b>			
Histidin	0.30	0.24	0.31
İzolösin	0.54	0.36	0.37
Lösin	0.72	0.46	0.50
Lizin	0.83	0.50	0.63
Metiyonin	0.23	0.08	0.17
Fenilalanin	0.69	0.42	0.54
Tirozin	0.45	0.22	0.32
Treonin	0.26	0.09	0.18
Valin	0.65	0.45	0.46
<b>Esansiyel Olmayan</b>			
Prolin	0.38	0.23	0.24
Aspartik asit	1.36	0.64	0.84
Serin	0.61	0.20	0.46
Glutamik asit	1.88	1.17	1.23
Glisin	0.43	0.24	0.31
Alanin	0.30	0.21	0.21
Arjinin	0.42	0.21	0.28

Fasulye proteinleri; tuzlu suda çözünübilirliklerine, ısıyla pıhtılaşma özelliklerine, iyonlardaki değişikliklere verdiği tepkilere, pH'ya ve alt birimlerin bağlanma-ayırma reaksiyonlarına hangi yolla girdiğine göre sınıflandırılır [22, 23].

Albüminler, globülinler ve glutelinler fasulyede bulunan başlıca proteinlerdir. Protein ekstrakte edildikten sonra, fraksiyonlarının %36-46 globulin1 proteini (phaseloin) (ana fraksiyon), %5-12 globulin-2 (çoğunlukla lektinler), %6-12 oranında albümin içeren alkalide çözünabilir bir fraksiyon, %2-4 oranında prolaminler ve %20-30 oranında alkalide çözünabilir diğer proteinlerdir[221].

Drewnowski [24] tarafından NRF (Nutrient Rich Food) indeksi ve USDA'nın besin kompozisyonu ve gıda fiyatları veri setlerini kullanarak sağlıklı ve ucuz gıda ile gıda gruplarını tanımlamak için yine USDA'nın belirlediği 9 gıda grubu arasında yapılan çalışmada yumurta, kuru fasulye ve baklagiller, et ve süt ürünleri en düşük maliyetli protein kaynakları olarak tanımlanmıştır. NRF indeksi besin içeriği temel alınarak gıdaları sıralayan resmi bir puanlama sistemidir.

### Antimikrobiyel Peptidler

Baklagiller bitki savunmasında kullanılan pek çok protein ve peptidler içerir [25]. Proteinler pek çok antibesinsel proteinleri de içerirler ve bunlar antimikrobiyal peptidler olarak adlandırılır. Bunlar lektinler ya da aglütininer, proteaz enzim inhibitörleri (tripsin ve kimotripsin inhibitörleri), ribozom inaktive edici proteinler ve anti besinsel olmayan bileşenler, ACE (Angiotensin I-Converting Enzim) inhibitörleridir [13]. Baklagillerde bulunan diğer antimikrobiyel peptidler ise arselinler, çitinazlar,  $\beta$ -1, 3-glukonazlar, defensinler ve  $\alpha$ -amilaz inhibitörleridir [25].

Bitkisel proteinlerden in-vitro ve in-vivo olarak elde edilen farklı peptidlerin bioaktiviteleri ve insan vücudundaki belli fonksiyonları dengeleyici özellikleri hakkında çalışılmıştır. Bu peptidlerin sağlığa yararlı özellikleri; kan basıncını ve kolesterolü düşürmeleri, antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri, minerallerin biyoyararlılığını ve absorbe olmasını artırmalarıdır [26].

Antifungal proteinlerden siklofilin benzeri proteinler nohut tohumlarından izole edilmiştir. İn-vitro çalışmalar bu bileşenin insanlardaki immün yetmezliğine neden

olan virüs-1 ters transkriptazına yol açan mantarın büyümesi üzerindeki öldürücü etkisini ve fare splonitleri (eritrositlerin parçalanmasını, mikroorganizmaların yutulmasını sağlayarak vücudu koruyan, dalakta bulunan tek çekirdekli büyük hücreler) üzerindeki anti-mitojenik aktivitesini ortaya koymuştur [27]. Başka bir çalışmada alfa amilaz inhibitörü nohuttan ekstrakte edilip aktivitesi ölçülmüştür. Bu antibesinsel proteinin kilo kontrolünde kullanılan diyet takviyelerinde bulunan ve barbunyadan elde edilen  $\alpha$ -amilaza kıyasla insan tükürük örneğinin aktivitesini %73,6 oranında inhibe ettiği görülmüştür. Böylece nohut ekstraktının kompleks karbonhidratların sindirimini engelleme yeteneğinin insanlardaki obezite kontrolü için potansiyel olarak faydalı olacağı düşünülmektedir [25].

Baklanın ağızda oluşan *Candida* adlı pamukçuğa karşı önleyici özellikleri olduğu belirtilmiştir [28]. Bitkilerin diğer mikrobiyel aktivitelerini incelemek için yapılan bir çalışmada bakladan savunmada etkili peptidler ekstrakte edilmiş ve bunlara "fabatin" adı verilmiştir. Gram-negatif *E.coli*, ve gram-pozitif *Enterococcus hirae* peptidlerle inkübe edildiğinde makul ölçüde öldürücü etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte gram-negatif *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı 1  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 'lik daha düşük konsantrasyonunun 6 kat daha öldürücü etkisinin olduğu görülmüştür, ancak yine de bazı koruyucuların mekanizmaları çok iyi anlaşılammamaktadır. Gram-negatif ve gram-pozitif bakterilere karşı koruyucuların toksik etkisinin, pozitif yüklü peptidlerin gram-negatif bakterilerdeki lipopolisakaritlerin yüzeylerine ve gram-pozitif bakterilerdeki teyikoik asidin yüzeylerine bağlanması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir [28,29]. İzole antimikrobiyel peptidler çoklu ilaçlara direnç gösteren mantar ve bakteri suşlarına karşı mücadele potansiyeli göstermiştir. Çeşitli bitki bazlı peptidlerin yetenekleri ve yararlılığı insan ilaçlarında "bitki koruyucularının" kullanılmasının geliştirilmesinde güzel bir fırsattır. Aynı zamanda bitkisel ürünlerin geliştirilmesi için de iyi bir fırsattır [29,30].

Lektinler en az bir tane katalitik olmayan bölgeye sahip olan ve mono ve oligosakkaritlere ters olarak bağlanan bitkisel proteinlerdir. Ağız yoluyla alınan bitkisel lektinler bağırsakta kalan sindirilmemiş yiyecek parçalarına, bağırsak ve kolonik mukozanın çeşitli hücre membranlarına ve glikokonjugatlarına bağlanabilmekte ve mukozanın kendisine ve bağırsakta bulunan bakteri florasına ve diğer iç organlara zarar verebilmektedir [31, 32]. Böylece diyet lektinleri genelde toksik ve antibesinsel faktörler olarak düşünülmektedir. Ancak, domates, mercimek, bezelye, nohut, baklave diğer yaygın gıdalarda bulunan pek çok lektin toksik değildir [33].

Lektinler üzerindeki araştırmalar henüz başlangıç aşamasındadır. Deney hayvanları üzerinde yapılan araştırmalar belirli kanser türlerini önlediğini doğuştan gelen savunma mekanizmalarını aktive ettiğini ve obeziteyi kontrol ettiğini ve önlediğini göstermiştir [13, 34, 35]. Tümörlerde lektinlerin etkisinin hücre bölünmesini azaltmak olduğu düşünülmektedir. Lektinler hücre membranlarına ve reseptörlerine bağlanabilmekte

ve böylece sitotoksositeye ve apoptoza neden olmaktadır. Bazı araştırmalarda lektinlerin makrofajların sayısını artırma yetenekleri olduğu öne sürülmektedir. Böylece tümör hücrelerinin ataklara karşı duyarlılığı artmaktadır. Baklagillerin bezelyedeki bağışıklığı düzenleyici etkileri; farelerdeki dalak lenfositlerini aktive etmelerine dayandırılmaktadır. İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalarda mercimek lektinleri, Merkel deri karsinomlarının [36] ve insan hepatomasının [37] başlamasını azaltmada sağlam bir etki göstermiştir. Baklada bulunan bir lektin olan *Vicia faba* agglutini (VFA), biraraya toplanmış, morfolojik farklılaşması teşvik edilmiş ve kötü huylu olan kolon kanseri hücrelerini azaltmıştır [38]. Çiğ fasulyede bulunan bir lektin olan PHA (fitohemaglutinin) içeren diyetle beslenen farelerde, non-Hodgkin lenfoma tümörünü ve karın içi sıvı toplanmasına neden olan tümörleri ve deri altı sert tümörlerin büyümesini büyük ölçüde azaltmıştır. Azaltma derecesi kullanılan dozla ilgilidir [39]. 8 gün boyunca kontrol diyeti ile beslenen farelerin asidik sıvı içindeki Kerbs II tümör hücreleri sayısı diyetlerinde PHA bulunan farelerden 3 kat daha yüksek bulunmuştur. Tümör hücrelerinin enjeksiyonundan sonra farelerin 8 günden daha az bir süre PHA ile beslenmesi de tümör hücresi büyümesinde bir azalmaya neden olmuştur [40]. Çiğ fasulyenin obez farelerin diyetine dahil edilmesi lektinlerin insülin düzeyini düşürücü etkisi nedeniyle lipid birikimini azaltmıştır. Yüksek dozlarda bile, normal sıçanlarda herhangi bir vücut ya da kas proteini kayıpları oluşmaması obeziteyi tedavi etmek için terapötik ajanlar olarak lektinlerin kullanılmasının yararlı olacağını düşündürmektedir [41].

Baklagiller ve unları çiğ olarak tüketildiğinde sindirim sistemindeki pepsine ve asidik pH'sına dirençli olduklarından, proteaz inhibitörlerinin sindirime müdahale etme yetenekleri vardır. Bu baskı sonucunda, negatif geri beslemeyi düzenlemek için pankreas salgısının artışı, pankreasın genişlemesine neden olur. Diyet proteinlerinin yetersiz hidrolizi, aminoasit absorpsiyonunun ve protein sentezinin azalmasına neden olmaktadır. Bazı gıda işleme metodları, çimlenme, pişirme, kabuk ayırma, ekstrüzyon gibi proteaz inhibitörlerini deaktive etmek için kullanılır. Denature protein inhibitörlerinin ağır kesici özellikleri ve kanser ajanlarını tedavi edici özellikleri vardır. Bu konuda özellikle soya fasulyesi üzerinde pek çok araştırma yapılmıştır [13].

ACE kan basıncının ve kardiyovasküler fonksiyonlarının dengelenmesinde rol oynar. Bu enzim AngiotensinII'ye aktive eder. Damar daraltıcı aynı zamanda damar genişletici (kan basıncını düşürücü) olan bradikinin deaktive eder. ACE inhibisyonu yüksek kan basıncının indirgenmesi ile sonuçlanır. Sentetik ACE inhibitörleri yaygın olarak kullanılır. Ancak yan etkilerinden dolayı doğal kaynaklardan elde edilen inhibitör peptidlere daha fazla ilgi oluşmuştur [42]. Bu peptidlerin çoğu çeşitli gıda proteinlerinin enzimatik hidrolizatlarından elde edilmiştir ve sentetik nutrasetik ACE bileşenlerinin yerine kullanılması üzerinde durulmaktadır. Baklagil peptidleri hayvan ve insan modellerinde in-vitro çalışmalarda yüksek kan basıncını ve diğer ilişkili kalp hastalıklarını önlemede etkili olsa da

in-vivo çalışmalarda aynı etkiyi göstermeyebilir. Oral yolla alınan ACE inhibitör peptidler, sindirim enzimlerine maruz kalabilirler. Bu da peptidlerin aktivasyonuna ya da inaktivasyonuna yol açabilir [43].

## KARBONHİDRATLAR

Baklagillerdeki toplam karbonhidratlar %24'ten %68'e kadar değişebilmektedir [44]. Karbonhidratlar şeker, nişasta ve diğer polisakkaritlerden oluşur. Nişasta, baklagilin en önemli kısmıdır ve mercimekte %35-53, nohutta ise %37-50 oranında değişir. Sukroz, stakiyoz ve verbaskoz fasulyede bulunan baskın oligosakkarit fraksiyonlarıdır ve fasulyede tahıllardan daha çok bulunurlar [45].

İn-vitro koşullarda nişastanın sindirilebilirliği, nişasta kaynağının çeşidine, amiloz/amilopektin oranına, granül büyüklüğüne, kristallenme derecesine, kristallerin polimorfik formlarının tipine (A, B ve C), amiloz-lipit bileşiklerine, amilopektinlerin moleküler yapısına, amiloz zincirinin uzunluğuna, C tipi nişastada bulunan B tipi kristallerin miktarına göre değişir [46]. Genelde baklagil nişastaları patates ve yüksek amilozlu mısır nişastasından daha yüksek oranda sindirilebilir. Ancak tahıl nişastasından daha az sindirilebilir [47]. Mide bağırsak yolunda glukoz salınma ve emilmesi oranına bağlı olarak, nişasta; RDS (hızlı sindirilebilir nişasta), SDS (yavaş sindirilebilir nişasta) ve RS (dirençli nişasta) olmak üzere 3 gruba ayrılır [48]. RDS sindirildikten sonra kandaki glukoz seviyesinin hızla yükselmesine neden olan bir fraksiyondur. SDS ince bağırsakta daha yavaş olarak tamamen sindirilir (bilimsel kaynaklarda SDS'nin sağlığa faydasının, glukoz metabolizmasını dengede tutmak, diabet yönetimi ve tokluk sağlayan özellikleri olduğu belirtilmektedir) [49]. RS enzimlere dayanıklıdır [46].

Baklagillerin RS içeriğinin sağlığa faydaları konusunda giderek artan bir ilgi bulunmaktadır. Sağlığa faydaları; kolon kanserini önlemesi, probiyotik organizmalar için besiyeri oluşturması, hipoglisemik etkileri, hipokolesterolemik etkileri ve mineral absorpsiyonunu artırmalarıdır [50, 51]. RS bazen sağlıklı bireylerin ince bağırsağında nişastanın sindiriminden sonra absorbe edilemeyen ürünler olarak yani nişastanın özeti olarak tanımlanır [52].

Son yıllarda bulunan yeni kanıtlar, konakçı sağlığı üzerinde mikroorganizmaların olumlu etkileri konusundaki anlayışımızı büyük ölçüde arttırmıştır. Örneğin, değiştirilmiş bir mikrobiyom (disbiyoz), diyabet, obezite, kanamalı bağırsak hastalıklarında ve kolorektal kanser gibi insan hastalıklarıyla ilişkilendirilmiştir [53]. Gastro intestinal mikrobiyomunun yakın geçmişte nörolojik hastalıklara katkıda bulunduğu ve konakçı davranışını etkilediği gösterilmiştir [54]. Bu bilgiler, konakçı sağlığını iyileştirmek için bir araç olarak gastro intestinal mikrobiyotik modülasyonunda diyetin rolüne olan ilginin artmasına [55-57] ve diyetin hastalığa nasıl katkıda bulunabileceği konusunda yeni bir farkındalık yaratmasına yol açmıştır [53, 58]. Kemirgen modelleri kullanılarak yapılan araştırmalar, dirençli nişasta diyetleri, kolonik pH, SCFA (kısa zincirli yağ asitleri)

bileşimi ve enzimatik aktivitenin bakteri degradasyon yolları ile çeşitli bakteriyel taksonların zenginliği arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur [56]. Dirençli nişasta bakımından zengin diyetlerle beslenen insanlar üzerinde de çalışmalar yürütülmüştür ve aynı şekilde dirençli nişastaların önemli bakteri gruplarının fonksiyonlarını ve zenginliğini artırdığı ortaya çıkmıştır [59, 60]. Daha yakın zamanda dirençli nişastanın, kolon kanseri ve kanamalı bağırsak hastalıklarının önlenmesinde potansiyel etkisinin olduğuna dikkat çekilmiştir [57]. Dirençli nişastalar ve insan kolon sağlığı üzerine yapılan çalışmalar sınırlı olmakla birlikte, son yapılan çalışmalara ait bilgiler bulunmuştur. Bunlardan birincisinde, kırmızı etli (300 g/gün) 4 haftalık bir müdahalenin, insan bağırsaklarında mikro-RNA-17-92 kümesinden (kolorektal kanserde okunan gen) gelen O6-metil-29-deoksiguanozin adüktörleri ve genleri arttırdığı görülmüştür. Bununla birlikte, bu özelliklerde kırmızı et ve butirilatlanmış dirençli nişasta (40 g/gün) içeren 4 haftalık bir müdahale ile bir artış görülmemiştir [61]. Bu sonuçlar dirençli nişastanın insan bağırsağını diyetteki kırmızı etin potansiyel olarak zararlı yönlerine karşı koruyabileceğini düşündürmektedir. İkinci insan denemesinde, kolon polipleri ve kanser geliştirme riski yüksek, kalıtsal polip içermeyen kolorektal kanser gen taşıyıcıları (Lynch sendromlu hastalar) ile 30 g/gün mısır nişastasını içeren bir diyet (Novelose, Ingredient), 29 kişi için plasebo diyeti ile karşılaştırılmıştır. 4 yıllık takipte polip veya kolon kanseri gelişiminde hiçbir etki gözlenmemiştir [62].

RS nişasta, kaynağına ve gıdadaki bulunma durumuna göre sınıflandırılır. RS1, baklagil tohumlarının hücresel matriksi içinde hapsolmuş ulaşılabilir nişasta olarak tanımlanır. RS2 ise pişmemiş nişasta granülleridir (çiğ patates ve muz nişastasında olduğu gibi). Bunlar kristal formda bulunurlar ve hidrolize daha az duyarlıdır. RS3'ler bozulmuş nişastalardır. Düşük veya oda sıcaklığında tutulan pişmiş gıdalarda oluşur. Çiğ gıdalarda bulunan nişastalar RS2 tiptedir ve zorlukla sindirilebilir [48, 52, 63, 64].

Nişasta granülleri pişirme sırasında jelatinize olurlar. Ancak soğuduktan sonra kullanılabilir nişasta daha organize kristal yapılara dönüşür (RS3). Bu yapılar enzim sindirimine karşı dirençlidirler [65]. İşlenmiş baklagiller işleme tekniğinden bağımsız olarak tahıllar, yumru kökleri ve olgunlaşmamış meyvelerden önemli ölçüde fazla RS içerirler [66, 67].

Fasulyedeki RDS, SDS ve RS fraksiyonlarının miktarını analiz etmek için; hidroliz zamanına, enzim tipine ve kaynağına bağlı olarak çeşitli metodlar kullanılır. SDS ve RS miktarları genellikle amiloz içeriği, kristal yapısı, kristal biçimi ve amilopektin yapısına bağlı olarak değişir [52, 68-70]. Tablo 3'te fasulyedeki nişasta fraksiyonlarının miktarları verilmiştir [71].

Fasulyeye uygulanan sıcaklık uygulamaları bu gıdaları tüketilebilir hale getirir. Parçalama (kabuk ayırma), ıslatma, kaynatma, pişirme ve çimlenme gibi proses teknikleri in-vitro koşullarda nişastanın sindirilebilirliğini farklı şekillerde etkiler [74, 75]. RS üzerindeki etkileri tam net değilse de ıslatma ve termal uygulamalarda

nişasta sindirilebilirliğini geliştirmektedir [76]. Proseslerden sonra RS miktarı değişik çalışmalarda farklılık göstermektedir. Kuto ve ark. [77] çığ örneklerdeki RS miktarının ıslatılmış ve pişirilmiş örneklerdeki RS miktarından 2 kat fazla olduğunu bildirmiştir. Çığ fasulyelerdeki RS miktarının pişmiş fasulyedekine göre daha yüksek olduğu diğer araştırmacılar tarafından da dile getirilmektedir [78, 79]. Bu azalma pişme sırasında amilaz inhibitörlerinin parçalanması ile ilişkilendirilmektedir [79]. Başka

araştırmacılar ise pişmiş fasulyedeki RS miktarının çığdekinden 3-5 kat daha fazla olduğunu bildirmektedirler [67]. Sonuçlardaki bu farklılıklar değişik analiz metodlarının kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Bu da bize standart metodolojinin önemini göstermektedir. Baklagillerin, özellikle de un örneklerinin depolanmasının RS miktarını artırdığı bazı çalışmalarda gösterilmiştir [75, 80].

Tablo 3. Kuru fasulyede bulunan nişasta fraksiyonları (%)

Fasulye Çeşidi	Metot	Sindirilebilir Nişasta			Kaynak
		RDS <sup>1</sup>	SDS <sup>2</sup>	RS <sup>3</sup>	
Börülce	AACC	11.7	65.7	17.2	[69]
Beyaz fasulye (Navybean)	Englyst	8.2	32.3	59.4	[71]
Beyaz fasulye (Navybean)	AACC	12.4	65.8	21.9	[73]

<sup>1</sup>Hızlı sindirilebilir nişasta, <sup>2</sup>Yavaş sindirilebilir nişasta, <sup>3</sup>Dirençli nişasta

### Diyet Lifler

Diyet lifler, ince bağırsaktaki sindirilemeyen bileşenleri ifade eder. Diyet lifleri; selüloz, hemiselüloz, pektin gibi polisakkarit bileşenleri ile gum, dirençli nişastalar ve lignin gibi karbonhidrat olmayan bileşenleri içerir [81]. Toplam diyet lif (TDF), beslenmede önemli yeri olan SDF (çözünbilir diyet lifi) ve IDF'den (çözünmeyen diyet lifleri) oluşur [82]. Proses süresince diyet lifin bileşimi ve fizyokimyasal özellikleri değişebilir. Çözünbilir lif genelde kardiyovasküler hastalıkların azalması ile ilişkilendirilirken, çözünmeyen lifler bağırsak kanserine karşı koruyucu etki gösterirler [83]. Diyet lifi ile birlikte bazı antibesinsel maddelerin birlikte bulunması, baklagil nişastasının düşük sindirilebilirliğine neden olabilmektedir. Diyet lifi ince bağırsaktan geçiş süresini düşürmektedir. Bu nedenle ince bağırsakta kullanılabilir nişastanın sindirim zamanı da azalmaktadır [84]. Gerçekte, nişastanın tamamen sindirilemeyişi etkileyen çeşitli iç ve dış faktörler vardır. Diğer bitki materyalleri ile doğal olarak çevrelenmiş olan nişasta granülleri ince bağırsakta yavaş sindirilirler. Bu materyaller pankreatik amilazların nişastaya ulaşmasını engeller. Dış faktörler nişastanın amilazlara karşı

duyarlılığını değiştirebilmektedir. Örneğin çiğneme derecesi, geçiş süresi, gıdanın formu ve matriksi, amilaz konsantrasyonu, nişasta miktarı ve diğer gıda bileşenlerinin bulunuşu, nişastanın enzimatik hidrolizinin derecesini ve boyutunu etkileyecektir [85]. İşlenmiş barbunyalarda IDF ve TDF içeriği önemli ölçüde azalmakta, dirençli nişasta miktarı ise artmaktadır [77]. Ortaya çıkan değişiklikler çok karmaşık ve fasulyenin çeşidine ve işleme metoduna, çözünmeyen diyet lifte yer alan, lignin, selüloz ve bazı hemiselüloz konsantrasyonuna bağlı olabilmektedir [86]. Çığ fasulyede çözünmeyen kısım, çözünen kısımdan çok daha fazladır. Bu nedenle pişirme işlemi çözünmeyen lifin önemli ölçüde azalmasıyla sonuçlanır [87].

Fasulyelerdeki farklı bileşenlerin içeriklerinin inceleyen çalışmalar farklı fasulye çeşitlerinde önemli miktarda diyet lifi olduğunu göstermiştir. Tablo 4'de özetlenen sonuçlara göre işlenmiş fasulye çeşitlerindeki toplam lif içeriği, fasulyenin toplam ağırlığına göre %10.97-48.1 arasında değişmektedir [88]. Bu oranlar baklagillerin önemli birer diyet lifi kaynağı olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Seçilerek pişirilmiş kuru fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) TDF içeriği (% tohum ağırlığı ya da g /100g TDF)

Fasulye	TDF (%)	Kaynak
Siyah fasulye	48.1-10.97	[89, 90]
Beyaz fasulye	15.44	[90]
Börülce	45.4	[91]
Barbunya	36.5	[89]
Fransız fasulyesi	24.45	[92]
Carilla (börülce çeşidi)	25.2	[93]

Araştırmalar kronik hastalıkların önlenmesinde ve kontrol altına alınmasında yeterli lif alımını zorunlu bir faktör olarak göstermektedir. NHANES I adlı çalışmada yer alan yetişkin popülasyonunda daha yüksek miktarlarda diyet lifi ve çözünbilir diyet lifinin alımının kalp hastalıkları riskini düşürmesi ile ilgili olduğu görülmüştür [94]. Günlük 10-15 g çözünbilir lif alımının kandaki toplam kolesterol ve LDL-kolesterolü düşürdüğü

görülmüştür [95]. Fasulye içeren gıdalarda da kolesterol düşürücü etkisi olduğu düşünülen çözünbilir lifler bulunmuştur. Ayrıca diyet lifinin daha yüksek miktarlarda alımının kan basıncını düşürücü etkisinin olduğu ispatlanmıştır [96, 97].

Yapılan bazı çalışmalarda araştırmacılar diyet lifinin alımının yükseltilmesinin, yemek sonrası tokluk hissi



artırdığını, sonraki açlık hissini azalttığında hemfikirler. Diyet lifinin bu özelliği vücut ağırlığının azaltılmasına katkıda bulunabilir [98]. Farklı tipteki diyet liflerin, fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle, tokluk hissini ve midede dolgunluk hissini artırarak enerji alımının önemli ölçüde kontrol altına alınmasına yardımcı olduğunu göstermektedir. Yapılan bazı çalışmalar bakliyatların kalorisiz olarak kısıtlanmış bir diyet içine dahil edildiğinde bile kilo kaybı için etkili olabileceğini, dolayısıyla zor uygulanabilecek kalori kısıtlamalı diyetler için potansiyel olarak etkili bir alternatif oluşturduğunu göstermiştir [99, 100].

Araştırmacılar RCC'yi (böbrek hücre kanserini) yetişkinlerde görülen tüm böbrek kanseri türlerinin nedeni olarak görmekte. Amerika Birleşik Devletleri'nde son otuz yılda bu hastalığın görülme riski iki katına çıkmıştır. Daniel vd. [101] tarafından Amerikalı kadın ve erkeklerde yapılan araştırmada; diyet lifinin ve diyet lifi bakımından zengin gıdaların alımının böbrek hücre kanseri riskini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir.

## FENOLİK BİLEŞENLER

Fenolik fitokimyasallar fitokimyasalların en geniş bölümüdür. Bunlar önemli diyet fenoliklerini içermektedirler. Bunlar esasen flavonoidler, fenolik asitler, lignanlar ve tanenlerdir [102-104]. Bezelyelerde bulunan en önemli ve en geniş antioksidan grubu fenolik asitlerdir. Bu grup hidroksibenzoik ve hidroksisinnamik asitler olmak üzere iki alt grup içerirler [105]. Hidroksisinnamik asitler kumarik, kafeik ve ferulik asitlerden oluşur [103]. Kumarik asitin trans-p-kumarik asit ve cis-p-kumarik asit formları ve klorojenik asit bezelyelerde saptanmıştır [105, 106]. Bezelyeler ferulik asitin pek çok çeşidini içerirler. Bezelyedeki diğer fenolik bileşenler benzoik asit türevlerini (vanilik, gallik, sirinjik, protokateşuik asit ve p-hidroksibenzoik asit) içerirler [9]. Klorojenik ve gallik asitler çiğ ve pişmiş yeşil bezelyelerde belirlenen bileşenler arasında en baskın olanlardır. Bezelyelerdeki toplam fenolik asit miktarının 16.2-42.1 mg/100 mg olduğu tahmin edilmektedir. Bezelyede çeşide göre fenolik asitlerin toplam fenolik maddelere oranı % 87 ile 92 arasında değişmektedir [105, 106].

Nohut üzerinde yapılan incelemeler, fenolik bileşenlerin kotiledon, embriyo eksen, tohum kabuğu bölümlerinde farklı dağılım ve konsantrasyonlarda olduğunu ortaya çıkarmıştır. Toplam fenoliklerin en yüksek düzeyleri ve tanenler yoğun olarak tohum kabuğundadırlar ve kabuk soyma işlemi ile kolayca uzaklaştırılabilirler. Mevcut flavonoidlerin başlıcaları kuersetin, kaempferol, mirisetin, daidzein ve genisteindir. Bu flavonoidler çoğunlukla embriyonik eksende yoğunlaşmıştır. Ancak genistein ve daidzein soya fasulyesi ile karşılaştırıldığında miktarları oldukça azdır. Soya fasulyesi bu izoflavonları 15 ila 28 kat daha fazla içermektedir. Nohuttaki fenolik asitlere ilave olarak soya fasulyesi, benzoik asit ve türevlerini (gallik, protokateşuik, p-hidroksibenzoik, vanilik ve sirinjik asit) ve sinnamik asit ve türevlerini de içerir (kafeik, klorojenik, ferulik, sinapik ve p- kumarik asit) [104].

Klorojenik, gallik, p-kumarik asit ve protokateşu aldehitler çiğ ve pişmiş nohutlarda, diğer bileşiklere göre baskın fenolik asitlerdir [106]. Ancak gıdalardaki fenolik miktarı ekstraksiyon koşullarından ve kullanılan analitik metotlardan etkilenmektedir. Bunun yanında iklimsel şartlar, agronomik uygulamalar, hasat, olgunlaşma safhası, depolama, endüstriyel ve yerel prosesler ve genetik faktörler fenoliklerin yapısını ve özelliklerini etkilemektedir [105].

Fasulyenin tohum kabuğunda, bütün tohumda ve kabuksuz fasulyede toplam fenolik içeriklerinin incelendiği bir çalışmada örneklerde 0.6 ila 78.2 mg/g aralığında kateşin saptanmıştır [107]. Fasulye kabuklarının bütün tohumdan çok daha fazla fenolik içerdiği ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu gözlenmiştir [108]. Örneğin el ile ayrılmış kabukta, bütün fasulye unundan ve kabuğu ayrılmış fasulyeden 37 kat daha fazla fenolik içerik tespit edilmiştir [107]. Fasulyedeki en çok antioksidan özelliğe sahip bileşikler fenolik bileşiklerdir. Bunlar kuersetin, kaempferol, flavonoller, daidzein, antosiyaninler ve tanenlerdir [109-111]. Kuersetin ve kaempferol bütün fasulyede sırasıyla 6.9-23.5 µg/g ve 13.8-204 µg/g aralığında bulunur [112]. Fasulyede p-hidroksibenzoik asit, vanilik asit, p-kumarik asit ve diğerlerine oranla daha fazla baskın olan ferulik asit olmak üzere 4 tane daha fenolik asit tespit edilmiştir. Miktarları 17-36 µg/g arasında değişmektedir [113]. Antioksidan aktivitenin değişmesine etki eden antosiyanin ve polifenol içerikleri farklı fasulye genotiplerinde değişiklik göstermektedir [111]. Bir çalışmada antioksidanca zenginleştirilmiş fasulye mutantları üretilmiştir. Örneğin NaN<sub>3</sub> ile uyarılmış mutantların önemli ölçüde toplam fenol, antosiyanin ve proantosiyanidinler içerdiği, dolayısıyla klasik fasulyeye göre daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip oldukları belirlenmiştir [114].

Fenolik bileşikler in-vitro ortamlarda güçlü antioksidanlar olarak düşünülürler [115]. Bazı yazarlar bu bileşikleri E, C vitaminleri ve karotenoidlerden daha güçlü antioksidanlar olarak tanımlamaktadırlar [116]. Bu bileşiklerin antioksidan özelliklerinin, zincir reaksiyonlarını önleme yeteneği, bir hidrojen atomu ya da elektronu vermek suretiyle serbest radikal zincirlerini kırması ve aromatik yapısı içinde eşleşmemiş elektronların yerini değiştirme yetenekleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir [104].

Yapılan bir araştırmada bazı baklagil çeşitlerinde bulunan fenolik bileşiklerin fungal amilaza ve aflatoksin oluşumuna karşı inhibe edici özellikleri olduğu belirlenmiştir. Aflatoksin oluşumu nedeniyle kalite kontrol süreçlerinde reddedilen (veya tüketim için uygun olmayan) tahıllar için kullanılan kimyasal katkı maddelerinin yerine baklagillerde bulunan doğal fenolik bileşiklerin kullanılabilirliği önerilmektedir [117].

Çalışmalar göstermiştir ki bitkisel gıdalardaki fenolik bileşiklerin mevcut antioksidan aktiviteleri; tarım uygulamalarını, gıda formülasyonlarını ve proses koşullarını geliştirerek artırılabilir. Çimlenme sonrasında antioksidan aktivite fasulye ve bezelyelerde önemli ölçüde artarken, mercimeklerde azalmıştır. Fenolik

bileşiklerdeki çimlenme sonrası çeşitli değişiklikler ışığın varlığına, çimlenme süresine ve tohumun çeşidine bağlıdır. Örneğin bezelyelerde çimlenme, p-hidroksibenzaldehit, cis-p-kumarik asit ve trans-ferulik asidi artırır. Işığın varlığında 4 gün sonra çimlenmenin daha erken döneminde daha yüksek artış görülmektedir. Antioksidan aktivitesindeki bu artış serbest radikal yakalama yeteneği ile ölçülmektedir [9].

## VİTAMİNLER VE MİNERALLER

Baklagiller B grubu vitaminler ve mineral bakımından da zengindirler. Baklagillerdeki minerallerin düzeyleri genel olarak şöyledir; Cu 1.5-5.0 µg/g, Cr 0.05-0.60 µg/g, Fe 18.8-82.4 µg/g, Zn 32.6-70.2 µg/g, Al 2.7-45.8 µg/g, Ni 0.02-0.35 µg/g, Pb 0.32-0.70 µg/g ve Cd 0-0.018 µg/g'dır (Tablo 5). Farklı bakliyatların mineral madde içerikleri Tablo 5'te verilmiştir [118].

Tablo 5. Baklagillerin mineral içerikleri (µg/g, bir porsiyondaki miktarı)

Baklagil	Cu	Cr	Fe	Zn	Al	Ni	Pb	Cd
Mercimek	2.5	0.31	71	56.5	30.2	0.24	0.51	0.009
Beyaz Fasulye	2.8	0.15	62.5	39.7	13.4	0.15	0.62	0.0005
Barbunya	3	0.17	64.4	46.9	19	0.17	0.69	0.007
Bakla	4.3	0.28	80	41.2	6.7	0.17	0.4	0.012
Nohut	3.5	0.12	68.8	39.2	10.2	0.26	0.48	0.01
Yeşil Fasulye (Taze)	1.7	0.08	20.2	38.9	6.5	0.05	0.37	nd*
Yeşil Fasulye (Konserve)	1.8	0.09	24.6	58.8	15.5	0.07	0.45	0.015

\*Belirlenemedi

En yüksek mineral içeriğe sahip fasulye olmakla birlikte baklagillerde Fe ve diğer minerallerin içeriği genellikle yüksektir [119].

Selenyum (Se) insan beslenmesinde gerekli olan mikro besin öğelerinden biridir ve önemli düzenleyici-koruyucu mekanizmalara katılır [120]. Besin sistemlerinde Se enzimlerinin azami çalışması için günde en az 55 µg Se'a ihtiyaç vardır ve dünyanın bazı yerlerinde büyük topluluklarda Se eksikliği görülmektedir. Se eksikliği, gelişmekte olan çocukların sağlığını tehlikeye atmakta ve insan beslenmesinde ağır metallerin etkileri ile mücadele etme yeteneğini azaltmaktadır [121]. Bir araştırmada Saskatchewan-Kanada'da yetiştirilen mercimeklerinin yere, toprak özelliklerine ve büyüyen koşullara bağlı olarak 425-673 µg/kg düzeyinde Se içerdiğini belirlenmiştir [122]. Bu, potansiyel olarak sadece 100 g kuru mercimekle, önerilen günlük Se alımının %80-120'sinin sağlanabileceğini gösterir. Baklagiller ayrıca besin maddelerinin sindirilebilirliğini veya biyoyararlanımını düşürerek bir gıda maddesinin besin değerini düşüren bileşikler içerir. Fitat ve fitatın indirgenme ürünlerinden bazıları, esansiyel diyet minerallerinin özellikle de heme olmayan demir ve çinkonun emilimini engelleyen iyi bilinen inhibitörlerdir. Belirli demir (Fe) bağlayıcı polifenoller hem olmayan demir emiliminin güçlü inhibitörleridir. Öte yandan, bazı polifenoller, Fe ile kompleks yapabilmektedir, bu da kompleks bağlı Fe'in absorpsiyonunu engellemektedir [123]. Bununla birlikte, minerallerin emilimi, öğünün toplam bileşimine bağlıdır. Hayvansal protein içeren dengeli bir diyetle, bakliyatların yüksek bir miktarda alınması, yetersiz mineral alınması riskini oluşturmaz [124].

*Phaseolus vulgaris* sınıfındaki farklı ticari baklagilin vitamin içeriğinin değişiminin incelendiği bir çalışmada çığ fasulye örneklerinde 0.99 mg tiyamin, 0.20 mg riboflavin, 1.99 mg niasin, 0.49 mg B12 vitamini, 0.30 mg folik asit bulunmuştur. Suda çözünür vitaminlerin oranı çığ tohumlardakinin %70-75'i kadardır [125].

Baklagiller, biyo-moleküllerle kompleks oluşturması nedeniyle diyetle kolayca bulunmayan folatların çok iyi kaynaklarıdır [126]. Fasulye günlük folat gereksiniminin % 95'ini karşılaması (400-600 µg) nedeniyle mükemmel bir folat kaynağıdır. Daha yüksek folik asit alımı, kolon kanseri riski ile ters orantılıdır [127]. Folat bir metil (CH<sub>3</sub>) donörüdür ve kemirgen modellerinde, metilin eksik olduğu diyetlerde kullanılır, dolayısıyla proto-onkogenlerin azalmasına neden olabilir [128]. Bezelye ile kıyaslandığında nohutların folik asit içeriği daha yüksektir. Çığ nohutta ve bezelyelerde bulunan folat içeriği sırasıyla 149.7 ve 101.5 µg/100 g'dir. Haşlanmış nohutlarda ve bezelyelerde 78.8 ve 45.7 µg/100 g'dir [129]. Folattaki eksilmenin pişirme sırasında suya geçiş nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Bakliyatlar tiyamin, riboflavin, niasin, piridoksamin, piridoksal ve piridoksin için iyi birer kaynaktır. Çoğu bitkisel gıdalar düşük-orta derecede E vitamini aktivitesi içerir. Bununla birlikte, diyetlerimizdeki bitki kökenli gıdaların bolluğu nedeniyle, önemli ve tutarlı bir vitamin E kaynağıdır [130]. Tokoferol içeriği bakliyalarda tahıllardan daha yüksektir. Bezelyede α tokoferol, β ve γ tokoferolün toplamından daha çok bulunur (sırasıyla 10.4 ve 5.7 mg/100 g) ve nohutlarda da benzer düzeyler söz konusudur [131].

## ANTİBESİNSEL FAKTÖRLER

Baklagiller içerdikleri antibesinsel bileşiklerden dolayı (fenolik bileşenler, fitik asit, proteaz inhibitörleri, saponinler, bitki steroller) düşük besin değerli oldukları düşünülür. Ancak son yıllardaki çalışmalar bunların tüketiciler için yararlarını ortaya koymaktadır [106]. Nohutlardaki antibesinsel elementler tripsin inhibitörü, hemaglutinin, tanenler, fitik asit ve saponinlerdir. Nohutun kotiledon kısmı, protein ve karbonhidratların ana kaynağıdır ve fitik asit, gaz oluşumuna neden olan faktörler ve protein enzim inhibitörlerinin hemen hemen tamamını içerir [104]. Tohum kabuğunda bulunan fenolik bileşiklerin, tripsin ve α-amilazın enzimatik etkisine karşı belirgin önleyici mekanizmaya sahip oldukları bildirilmiştir [132].

Nohutun çimlenmesi, antibesinsel faktörleri azaltan ya da yok eden enzim formlarını tetikler [133]. Bunun yanında fitik asit, stakiyozun ve rafinozun azalması daha etkilidir. Ayrıca çığ tohumu kıyasla bütün minerallerin ve B vitamininin korunmasını sağlar. Bununla birlikte çimlenme, sağlığa yararlı etkisi olan serbest aminoasitlerin, karbonhidratların yarıyışlılığının, diyet lif ve biyoaktif bileşenlerinin miktarının artmasını da sağlar [9, 134]. Çimlenme aynı zamanda toplam karbonhidratı ve yağ miktarını da azaltır. Bunun nedeni de çimlenmenin başlaması için gerekli olan enerjiyi sağlamak için bu bileşenlerin hidrolize olmasına dayandırılmaktadır. Çimlenme sırasında rafinoz, stakiyoz ve verbaskozun tamamı yok olmaktadır. Nohutun ve baklanın herhangi bir prosese tabi tutulması sırasında hemaglutinin neredeyse tamamı yok olmaktadır ve diğer bileşenler de azalmaktadır [133].

Çimlenmeden ayrı olarak, sıcak işlem uygulamalarının baklagillerdeki antibesinsel maddelerin azalmasına katkı sağladığı görülmüştür. Geleneksel olarak saponinlerin ve fitik asidin varlığı antibesinsel olarak düşünülmektedir. Bu maddelerin proteinin sindirimini ve demirin, çinkonun, kalsiyumun biyoyararlılığını engellediği ve böylece besin değerini düşürdüğü düşünülmektedir. Ancak son araştırmalar düşük miktardaki fitik asit bir antioksidan olarak sağlık için yararlı olduğunu göstermiştir [135].

Gıdada bulunan fitatın tüketimi ya da saf sodyum fitat kullanımının nişastalı gıdalardaki glisemik indeksi düşürmesi ve aynı zamanda düşük plazma trigliserol ve kolesterol ile de ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle gıda işleme sırasında fitik asit miktarındaki azalma proteinlerin, vitamin ve minerallerin baklagillerdeki biyoyararlılığını artırmaktadır. Ayrıca fitik asit hipokolesterolemiya ve arterosklerozisi kontrol ederek sağlığı destekler [136]. Bunun yanında kemirgenlerde yapılan deneylerde fitik asidin kolon ve meme bezlerinde ve diğer tümör hücrelerinde antikanserojen etkisinin olduğu görülmüştür [137].

## SONUÇ

Baklagiller yüksek oranda protein içerirler. Bitkisel esaslı diyetlere ilginin arttığı günümüzde protein kaynağı olarak kullanılmaktadırlar. Bunun yanında yüksek miktarda diyet lif, dirençli nişasta ve çeşitli mikrobeseinler içerirler. Dirençli nişasta ve diyet lifin sağlığımıza olan yararları tartışılmazdır. Ayrıca antibesinsel olarak düşünülen pek çok bileşenin de son yıllarda yapılan çalışmalarda sağlık üzerine yararları olduğu görülmüştür. Çevreye olumlu etkilerinin olmasının yanında hem tüketiciler hem de üreticiler açısından oldukça ekonomiktir. Dünyanın pek çok yerinde baklagiller diyetlerin önemli bir parçası olsalar da özellikle batılı ülkelerde bunların yeterince tüketilmediği anlaşılmaktadır. Bu nedenle yetkililerin ileri dönemlerde baklagil tüketimini teşvik edici politikalar uygulamaları gerekmektedir. Ayrıca baklagilin beslenme ve sağlık üzerine etkilerinin daha ileri düzeyde araştırılması için araştırmacıların teşvik edilmesi gerekir.

## KAYNAKLAR

- [1] Anonim (2016). 2016 BM Uluslararası Bakliyat Yılı. [https://www.tarim.gov.tr/ABDGM/Belgeler/UluslararasıC4%B1%20Kurulu%20C5%9Flar/2016%20\\_\\_\\_\\_\\_BAKL%C4%B0YAT%20YILI%20en%20son.pdf](https://www.tarim.gov.tr/ABDGM/Belgeler/UluslararasıC4%B1%20Kurulu%20C5%9Flar/2016%20_____BAKL%C4%B0YAT%20YILI%20en%20son.pdf).
- [2] Salunke, D.K., Kadam, S.S. (1989). Handbook of World Food Legumes: nutritional chemistry, processing technology, and utilization. Vol. 1. CRC Press, 310, Boca Raton, USA.
- [3] FAO (2016). Let the countdown to the international year of pulses begin. [www.fao.org/zhc/detail-events/en/c/358100/](http://www.fao.org/zhc/detail-events/en/c/358100/).
- [4] McCrory, M.A., Hamaker, B.R., Lovejoy, J.C., Eichelsdoerfer, P.E. (2010). Pulse consumption, satiety, and weight management. *Advances in Nutrition*, 1, 17-30.
- [5] Craig, W.J. (2009). Health effects of vegan diets. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89 (5), 1627-1633.
- [6] Craig, W.J., Mangels, A.R. (2009). Position of the American Dietetic Association: Vegetarian diets. *Journal of the American Dietetic Association*, 109 (7), 1266-1282.
- [7] FAOSTAT (2016). Food and agriculture data. [www.fao.org/faostat/en/#home](http://www.fao.org/faostat/en/#home).
- [8] TÜİK (2016). Tarım İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=132&locale=tr>.
- [9] Lopez-Amoro's, M.L., Hernandez, T., Estrella, I. (2006). Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 277-283.
- [10] Marinangeli, C.P., Jones, P.J. (2011). Whole and fractioned yellow pea flours reduce fasting insulin and insulin resistance in hypercholesterolaemic and overweight human subjects. *British Journal of Nutrition*, 105 (1), 110-117.
- [11] TURKOMP (2014). Ulusal gıda kompozisyon veri tabanı. [www.turkomp.gov.tr/foods](http://www.turkomp.gov.tr/foods).
- [12] Kapoor, V.P., Banerji, R., Prakash, D. (1992). Leguminous seeds: potential industrial sources for gums, fat and protein. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 51, 1-22.
- [13] Roy, A.F., Boye, J.I., Simpson, B.K. (2010). A review bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea, lentil. *Food Research International*, 43, 432-442.
- [14] Şehirali, S. (1988). Yemeklik Dane Baklagiller. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı, 314, Ankara.
- [15] Williams, P., Nakkoul, H. (1983). Some new concepts of food legume quality evaluation at ICARDA. Proceedings of the International Workshop on Faba Beans, Kabuli Chickpeas and Lentils in the 1980s, 16-20 May, ICARDA, 395, Aleppo/Syria.
- [16] Pysz, M., Polaszczyk, S., Leszczyńska, T., Piatkowska, E. (2012). Effect of microwave field on trypsin inhibitors activity and protein quality of broad bean seeds (*Vicia faba* var. major). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 11 (2), 193-199.

- [17] Sharma, B. (1988). Lentils and chickpeas in human nutrition conditions: present state and prospects. *Herkes İçin Mercimek Sempozyumu*, 29-30 Eylül, Marmaris/Muğla, 157-171.
- [18] Rehman, Z.U., Shah, W.H. (2005). Thermal heat processing effects on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. *Food Chemistry*, 91, 327-331.
- [19] Martin-Cabrejas, M.A., Cuadrado, C., Hernandez, T., Diaz, S., Esteban, R.M. (2009). The impact of dehydration process on antinutrients and protein digestibility of some legume flours. *Food Chemistry*, 114, 1063-1068.
- [20] Youssef, M.M., Hamza, M.A., Abd El-Aal, M.H., Shekib, L.A., El Banna, A.A. (1986). Amino acid composition and in vitro digestibility of some Egyptian foods made from faba bean (*Vicia faba* L.). *Food Chemistry*, 22, 225-233.
- [21] Candela, M., Astiasaran, I., Bello, J. (1997). Cooking and warm-holding: Effect on general composition and aminoacids of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*), chickpeas (*Cicer arietinum*), and lentils (*Lens culinaris*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 4763-4767.
- [22] Ma, Y., Bliss, F.A. (1978). Seed proteins of common bean. *Crop Science*, 18, 431-437.
- [23] Stanley, D.W., Aguilar, J.M. (1985). A review textural defects in cooked reconstituted legumes. The influence of structure and composition. *Journal of Food Biochemistry*, 9, 277-323
- [24] Drewnowski, A. (2010). The nutrient rich foods index helps to identify healthy, affordable foods. *American Journal of Clinical Nutrition*, 91, 1095–1101.
- [25] Hao, X., Jianguai, L., Qinghua, S., Jusang, Z., Xiaoling, H.E., Hao, M.A. (2009). Characterization of a novel legumin alpha-amylase inhibitor from chickpeas (*Cicer arietinum* L.) seeds *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 73(5), 1200-1202.
- [26] Udahogora M, (2012). Health benefits and bioactive compounds in field peas, faba beans, and chickpeas, In: *Cereals and Pulses: Nutraceutical Properties and Health Benefits*. Yu, L.L., Tsao, R., Shahidi, F. (eds), John Wiley and Sons, 209-212, Hoboken, USA.
- [27] Ye, X.Y., Ng, T.B. (2002). Isolation of a new cyclophilin like protein from chickpeas with mitogenic, antifungal and anti-HIV-1 reverse transcriptase activities. *Life Sciences*, 70, 1129-1138.
- [28] Zhang, Y., Lewis, K. (1997). Fabatins; new antimicrobial plant peptides. *FEMS Microbiology Letters* 149, 59-64.
- [29] Carvalho, A.O., Gomes, V.M. (2009). Plant defensins. Prospects for the biological functions and biotechnological properties. *Peptides*, 30, 1007-1020.
- [30] Wang, J.H., Zhang, X.Q., Wang, H.X., Ng, T.B. (2006). A mitogenic defensin from white cloud beans (*Phaseolus vulgaris*). *Peptides*, 27(9), 2075-2081.
- [31] Rüdiger, H. (1998). Plant lectins-more than just tools for glycoscientists: occurrence, structure, and possible functions of plant lectins. *Acta Analytica*, 161,130-152.
- [32] Peumans, W.J., Van Damme, E.J. (1995). Lectins as plant defense proteins. *Plant Physiology*, 109, 347-352.
- [33] Campos-Vega, R., Reynoso-Camacho, R., Pedraza-Aboytes, G., Acosto-Gallegos, J.A., Guzman-Maldonado, S. H., Paredes-Lopez, O., Oomah, B. D., Loarca-Pina, G. (2009). Chemical composition and in-vitro polysaccharide fermentation of different beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, 74, 59-65.
- [34] Pryme, I.F, Bardocz, S., Pusztai, A. Ewen, S.W (2006). Suppression of growth of tumor cell lines in-vitro and tumors in vivo by mistletoe lectins. *Histology Histopathology*, 21(3), 285-299.
- [35] Hartmann, R., Meisel, H. (2007). Food-derived peptides with biological activity: From research to food applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 18, 163-169.
- [36] Sames, K., Shumacher, U., Halato, Z., Van Damme, E.S., Peumans, W.J., Asmus B. (2001). Lectins as bioactive plant proteins: A potential in cancer treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45, 425-445.
- [37] Wang, H., Ng, T.B., Ooi, V.E., Liu, W.K. (2000). Effects of lectins with different carbohydrate-binding specificities on hepatoma, chriocarcinoma, melanoma and osteosarcomacell lines. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 32(3), 365-372.
- [38] Jordinson, M., El-Hariry, I., Calnan, D., Calam, J., Pignatelli, M. (1999). Vicia fabaagglutinin, the lectin present in broad beans, stimulates differentiation of undifferentiated colon cancer cells. *Gut*, 44, 709–714.
- [39] Pryme, I.F., Bardocz, S. (2001). Anti-cancer therapy: Diversion of polyamines in the gut. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 13, 1041-1046.
- [40] Bardocz, S., Grant, G., Duguid, T.J., Brown, D. , Pusztai, A., Pryme, I.F. (1997). Intracellular levels of polyamines in Krebs II lymphosarcoma cells in mice fed phytohaemagglutinin-containing diets are coupled with altered tumourgrowth. *Cancer Letters*, 121, 25–29.
- [41] Pusztai, A., Grant, G., Buchan, W.C., Bardocz, S., De Carvalho, A.F., Ewen, S.W. (1998). Lipid accumulation in obese Zucker rats is reduced by inclusion of raw kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) in the diet. *British Journal of Nutrition*, 79, 213–221.
- [42] Hong, G.L., Ju-Zhen W., Guo-Wei L., Yang H.S. (2006). Novel angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides isolated from alcalase hydrolysate of mung bean protein. *Journal of Peptide Science*, 12, 509-514.
- [43] Aluko, E.R. (2008). Determination of nutritional and bioactive properties of peptides in enzymatic peac Chickpea, and mung bean protein hydrolysates. *Journal of AOAC International*, 91(4), 947-956.
- [44] Reddy, N.R., Pierson, M.D., Sathe, S.K., Salukhe, D.K. (1984). Chemical nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates: A review. *Food Chemistry*, 13, 25-68.

- [45] Devos, P. (1988). Nutritional value of lentils and chickpeas and changes during processing, Herkes İçin Mercimek Sempozyumu, 29-30 Eylül, Marmaris/Muğla, 174-196.
- [46] Hoover, R., Hughes, T., Chung, H.J., Liu, Q. (2010). Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. *Food Research International*, 43, 399-413.
- [47] Liu, Q., Donner, E., Yin, Y., Huang, R.L., Fan, M.Z. (2006). The physicochemical properties and in vitro digestibility of selected cereals, tubers, and legumes grown in China. *Food Chemistry*, 99, 470-477.
- [48] Englyst, H.N., Cummings, J.H. (1987). Digestion of polysaccharides of potato in the small intestine of man. *American Journal of Clinical Nutrition*, 45, 423-428.
- [49] Lehmann, U., Robin, F. (2007). Slowly digestible starch-Its structure and health implications: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 18, 346-355.
- [50] Hoover, R., Zhou, Y. (2003). In-vitro and in-vivo hydrolysis of legume starches by  $\alpha$ -amylase and resistant starch formation in legumes-A review. *Carbohydrate Polymers*, 54, 401-417.
- [51] Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R. (2006). Resistant starch- A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5, 1-17.
- [52] Englyst, H.N., Kingman, S.M., Cummings, J.H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, 33-39.
- [53] Sekirov, I., Russell, S.L., Antunes, C.M., Finlay, B.B. (2010). Gut microbiota in health and disease. *Physiological Reviews*, 90, 859-904.
- [54] Gonzalez, A., Stombaugh, J., Lozupone, C., Turnbaugh, P.J., Gordon, J.I., Knight, R. (2011). The mind-body-microbial continuum. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 13, 55-62.
- [55] Bounnik, Y., Raskine, L., Simoneau, G., Vicaut, E., Neut, C., Flourié, B., Brouns, F., Bornet, F.R. (2004). The capacity of nondigestible carbohydrates to stimulate fecal bifidobacteria in healthy humans: a double-blind, randomized, placebo-controlled, parallel-group, dose-response relation study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 80, 1658-1664.
- [56] Louis, P., Scott, K.P., Duncan, S.H., Flint, H.J. (2007). Understanding the effects of diet on bacterial metabolism in the large intestine. *Journal of Applied Microbiology*, 102, 1197-1208.
- [57] Higgins, J.A. (2013). Resistant starch: a promising dietary agent for the prevention/treatment of inflammatory bowel disease and bowel cancer. *Current Opinion in Gastroenterology*, 29, 190-194.
- [58] Ley, R.E., Turnbaugh, P.J., Klein, S., Gordon, J.I. (2006). Microbial ecology: human gut microbes associated with obesity. *Nature* 444, 1022-1023.
- [59] Phillips, J., Muir, J.G., Birkett, A., Lu, Z.X., Jones, G.P., O'Dea, K., Young, G.P. (1995). Effect of resistant starch on fecal bulk and fermentation-dependent events in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62, 121-130.
- [60] Tomlin, J., Read, N.W. (1990). The effect of resistant starch on colon function in humans. *British Journal of Nutrition*, 64, 589-595.
- [61] Le Leu, R., Conlon, M., Winter, J., Humphreys, K., Michael, M., Hu, Y., Bird, A., Topping, D., Young, G. (2012). Effect of high red meat intake and resistant starch in humans on risk factors for colorectal cancer. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 27, 24-25.
- [62] Burn, J., Bishop, D.T., Mecklin, J., Macrae, F., Moeslein, G., Olschwang, S., Bisgaard, M., Ramesar, R., Elliott, F., Mathers, J. (2008). Results of the CAPP-2-trial (aspirin and resistant starch) in HNPCC gene carriers. *European Journal of Cancer*, Suppl, 6, 25.
- [63] Tovar, J., Melito, C. (1996). Steam-cooking and dry heating produce resistant starch in legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 2642-2645.
- [64] Noah, L., Guillan, F., Bouchet, B., Buleon, A., Molis, C., Gratas, M., Champ, M. (1998). Digestion of carbohydrate from white beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in healthy humans. *Journal of Nutrition*, 128, 977-985.
- [65] Snow, P., O'Dea, K. (1981). Factors effecting the rate of hydrolysis. *Nutrition*, 34, 2721.
- [66] Jenkins, D.J., Thorne, M.J., Camelon, K., Jenkins, A., Rao, A.V., Taylor, R.H., Thompson, L.U., Kalmusky, J., Reichert, R., Francis, T. (1982). Effect of processing on digestibility and the blood glucose response: A study of lentils. *American Journal of Clinical Nutrition*, 36, 1093-1101.
- [67] Tovar, J., Bjorck, I.M., Asp, N.G. (1992). Incomplete digestion of legume starches in rats: A study of precooked flours containing retrograded and physically inaccessible starch fractions. *Journal of Nutrition*, 122, 1500-1507.
- [68] Benmoussa, M., Moldenhauer, K.A.K., Hamaker, B.R. (2007). Rice amilopectin fine structure variability affects starch digestion properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 1475-1479.
- [69] Chung, H.J., Liu, Q., Peter, P.K., Fan, M.Z., Yada, R. (2008). In-vitro starch digestibility, expected glycemic index and some physicochemical properties of starch and flour from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Canada. *Food Research International*, 41, 869-875.
- [70] Chung, H.J., Liu, Q., Hoover, R. (2009). Impact of annealing and treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. *Carbohydrate Polymers*, 75, 436-447.
- [71] Azarpazhooh, E., Boye, J.I. (2013). Composition of Processed Dry Beans and Pulses In: Dry Beans and Pulses Production, Processing and Nutrition. Siddiq and Uebersax M. A. (eds) John Wiley and Sons, 103-112, Hoboken.
- [72] Chung, H.J., Liu, Q., Hoover, R. (2010). Effect of single and dual hydrothermal treatments on the crystalline structure, thermal properties and nutritional fractions of pea, lentil, and navy bean starches. *Food Research International*, 43, 501-508.

- [73] Chung, H., Liu, Q., Donner, E., Hoover, R., Warkentin, T. D., Vanderberg, B. (2008). Composition, molecular structure, properties, and in vitro digestibility of starches from newly released Canadian pulse cultivars. *Cereal Chemistry*, 85, 471-479.
- [74] Rehman, Z.U., Salariya, A.M. (2005). The effects of hydrothermal processing on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 695-700.
- [75] De Almeida Costa, G.E., Da Silva Queiroz-Monici, K., Pissini Machado Reis, S.M., De Oliveira, A.C. (2006). Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94, 327-330.
- [76] Aguilera, Y., Martin-Cabrejas, M.A., Benitez, V., Molla, E., Lopez-Andreu, F.J., Esteban, R.M. (2009). Changes in carbohydrate fraction during dehydration process of common legumes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 678-683.
- [77] Kuto, T., Golob, T., Ka, M., Plestenjak, A. (2003). Dietary fiber content of dry and processed beans. *Food Chemistry*, 80, 231-235.
- [78] Pujola, M., Farreras, A., Casanas, F. (2007). Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 102, 1034-1041.
- [79] Wang, N., Hatcher, D.W., Tyler, R.T., Toews, R., Gawalko, E.J. (2010). Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 43, 589-594.
- [80] Yadav, B.S., Sharma, A., Yadav, R.B. (2010). Effect of storage on resistant starch content and in-vitro starch digestibility of some pressure-cooked cereals and legumes commonly used in India. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 2449-2455.
- [81] Shiga, T.M., Cordenunsi, B.R., Lajolo, F.M. (2009). Effect of cooking on non-starch polysaccharides of hard-to cook beans. *Carbohydrate Polymers*, 76, 100-109.
- [82] Roberfroid, M. (1993). Dietary fiber, inulin, and oligofructose: A review comparing their physiological effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33, 103-148.
- [83] Oakenfull, D. (2001). Physicochemical properties of dietary fiber: Overview, In: Handbook of Dietary Fibre. Sungsoo Cho, S., Dreher, M. L. (eds), Marcel Dekker Inc., 195-206. New York, USA.
- [84] Edwards, C.A. (1995). The physiological effects of dietary fibre, In: Dietary Fibre in Health and Disease. Kristchevsky, D., Bonfield, C. (eds), Eagan Press., 58-71, St. Paul, MN, USA.
- [85] Taranathan, R. N., Mahadevamma, S. (2003). Grain legumes-A boon to human nutrition. *Trends in Food Science and Technology*, 14, 507-518.
- [86] Olson, A., Gray, G., Chiu, M. (1987). Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. *Food Technology*, 41, 71-80.
- [87] Vidal-Valverde, C., Frias, J., Valverde, S. (1992). Effects of processing on the soluble carbohydrate content of lentils. *Journal of Food Protection*, 55, 301-306.
- [88] Kadouh, H., Zhou, K. (2012). Nutraceutical Properties and Health Benefits, In: Cereals and Pulses. Yu, L., Shahidi, F., Tsao, R., (eds), John Wiley and Sons, 188-189, Hoboken, NJ, USA.
- [89] Campos-Vega, R., Loarca-Pina, G., Oomah, B.D. (2009). Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International*, 43, 461-482.
- [90] Panlasigui, L.N., Panlilio, L.M., Madrid, J.C. (1995). Glycemic response in normal subjects to five different legumes commonly used in the Philippines. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 46, 155-160.
- [91] Kanaya, K., Tada, S., Mori, B., Takahashi, R., Ikegami, S., Kurasawa, S., Okuzaki, M., Mori, Y., Innami, S. (2007). A simplified modification of the AOAC official method for determination of total dietary fiber using newly developed enzymes: preliminary interlaboratory study. *Journal AOAC International*, 90, 225-237.
- [92] Khatoon, N., Prakash J. (2004). Nutritional quality of microwave-cooked and pressure-cooked legumes. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 55, 441-448.
- [93] Martin-Cabrejas, M.A., Sanfiz, B., Vidal, A., Molla, E., Esteban, R., Lopez-Andreu, F.J. (2004). Effect of fermentation and autoclaving on dietary fiber fractions and anti nutritional factors of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 261-266.
- [94] Bazzano, L.A., He, J., Ogden, L.G., Loria, C.M., Whelton, P.K. (2003). Dietary fiber intake and reduced risk of coronary heart disease in US men and women- The National Health and Nutrition Examination Survey I Epidemiologic Follow-up Study. *Archives of Internal Medicine*, 163, 1897-1904.
- [95] Brown, L., Rosner, B., Willett, W.W., Sacks, F.M. (1999). Cholesterol-lowering effects of dietary: a meta analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69(1), 30-42.
- [96] Streppel, M.T., Arends, L.R., van't Veer, P., Grobbee, D.E., Geleijnse, J.M. (2005). Dietary fiber and blood pressure-A meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. *Archives of Internal Medicine*, 165, 150-156.
- [97] Whelton, S.P., Hyre, A.D., Pedersen, B., Yi, Y., Whelton, P.K., He, J. (2005). Effect of dietary fiber intake on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled clinical trials. *Journal of Hypertension*, 23, 475-481.
- [98] Howarth, N.C., Saltzman, E., Roberts, S.B. (2001). Dietary fiber and weight regulation. *Nutrition Reviews*, 59, 129-139.
- [99] Burton-Freeman, B. (2000). Dietary fiber and energy regulation. *Journal of Nutrition*, 13, 272-275.
- [100] Kim, J.S., Souza, R.J., Choo, V.L., Ha, V., Cozma, A.I., Chiavaroli, L., Mirrahimi, A., Mejia, S.B., Buono, M.D., Bernstein, A.M., Leiter, L.A., Kris-Etherton, P.M., Vuksan, V., Beyene, J., Kendall, C.W.C., Jenkins, D.J.A., Sievenpiper, J.L. (2016).

- Effects of dietary pulse consumption on body weight: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, 103, 1213–1223.
- [101] Daniel, C.R., Park, Y., Chow, W., Grdubard, B.I., Hollenheck, A.R., Sinha R. (2013). Intake of fiber and fiber-rich plant foods is associated with a lower risk of renal cell carcinoma in a large US cohort. *American Journal of Clinical Nutrition*, 97, 1036-43.
- [102] King, A., Young, G. (1999). Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*, 99(2), 213-218.
- [103] D'Archivo, M., Carmela, F., Di Benedetto, R., Raffaella, G., Claudio, G., Masella, R. (2007). Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*, 43(4), 348-361.
- [104] Yadahally, N., Sreerama, V., Sashikala, B., Pratapa, V.M. (2010). Variability in the distribution of phenolic compounds in milled fractions of chickpea and horse gram: evaluation of their antioxidant properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 8322-8330.
- [105] Klepacka, J., Gujska, E., Michalak, J. (2011). Phenolic compounds as cultivar and variety distinguishing factors in some plant products. *Plant Foods for Human Nutrition* 66, 64-69.
- [106] Xu, B.J., Chang, S.K.C. (2008). Effects of soaking, boiling, and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. *Food Chemistry*, 110, 1-13.
- [107] Cardador-Martinez, A., Loarca-Pina, G., Oomah, B.D. (2002). Antioxidant activity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6975-6980.
- [108] Oomah, B.D., Corbe, A., Balasubramanian, P. (2010). Antioxidant and anti-inflammatory activities of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 8225-8230.
- [109] Beninger, C.W., Hosfield, G.L. (2003). Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions, and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. seed coat color genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 7879-83.
- [110] Aparicio-Fernandez, X., Manzo-Bonilla, L., Loarca-Pina, G.F. (2005). Comparison of antimutagenic activity of phenolic compounds in newly harvested and stored common beans *Phaseolus vulgaris* against aflatoxin B1. *Journal of Food Science*, 70, 73-78.
- [111] Akond, G.M., Khandaker, L., Berthold, J., Gates, L., Peters, K., Delong, H., Hossain, K. (2011). Anthocyanin, total polyphenols and antioxidant activity of common bean. *American Journal of Food Technology*, 6, 385-394.
- [112] Diaz, A. M., Caldas, G.V., Blair, M.W. (2010). Concentrations of condensed tannins and anthocyanins in common bean seed coats. *Food Research International*, 43, 595-601.
- [113] Diaz-Batalla, L., Widholm, J.M., Fahey, G.C., Castano-Tostado, E., Peredes-Lopez, O. (2006). Chemical components with health implications in wild and cultivated Mexican common bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 2045-2052.
- [114] Jeng, T.L., Shih, Y.J., Lai, C.C., Wu, M.T., Sung, J.M. (2010). Anti-oxidative characterisation of NaNO<sub>3</sub>-induced common bean mutants. *Food Chemistry*, 119, 1006-1011.
- [115] Fernandez-Panchon, M.S., Villano, D., Troncoso, A.M., Garcia-Parrilla, M.C. (2008). Antioxidant activity of phenolic compounds: from in-vitro results to in-vivo evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 649-671.
- [116] Rice-Evans, C., Miller, N. (1997). Measurement of the antioxidant status of dietary constituents, low density lipoproteins and plasma. *Prostaglandins, Leukotrienes & Essential Fatty Acids*, 57(4-5), 499-505.
- [117] Telles, A.C., Kupski L., Furlong, E.B. (2017). Phenolic compound in beans as protection against mycotoxins. *Food Chemistry*, 214, 293-299.
- [118] Cabrera, C., Lloris, F., Gimenez, R., Olalla, M., Lopez, M.C. (2003). Mineral contenting legumes and nuts: Contribution to the Spanish dietary intake. *Science of the Total Environment*, 308, 1–14.
- [119] Oomah, B.D., Blanchard, C., Balasubramanian, P. (2008). Phytic acid, phytase, minerals, and antioxidant activity in Canadian dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 11312-11319.
- [120] Schwarz, K., Foltz, C.M. (1957). Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. *Journal of the American Chemical Society*, 79, 3292–3293.
- [121] Spallholz, J.E., Mallory Boylan, L., Rhaman, M. (2004). Environmental hypothesis: Is poor dietary selenium intake an underlying factor for arsenicosis and cancer in Bangladesh and West Bengal, India? *Science of Total Environment*, 323, 21-32.
- [122] Thavarajah, D., Ruszkowski, J., Vandenberg, A. (2008). High potential for selenium biofortification of lentils (*Lens culinaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 10747-10753.
- [123] Hurrell, R.F., Reddy, M., Cook, J.D. (1999). Inhibition of non-haem iron absorption in man by polyphenolic-containing beverages. *British Journal of Nutrition*, 81, 289–295.
- [124] Sandberg, A.S. (2002). Bioavailability of minerals in legumes. *British Journal of Nutrition*, 88, 281-285.
- [125] Augustin, J., Beck, C.B., Kalbfleish, G., Kagel, L.C., Matthews, R.H. (1981). Variation in the vitamin and mineral content of raw and cooked commercial *Phaseolus vulgaris* classes. *Journal of Food Science*, 46, 1701–1706.
- [126] Kadam, S.S., Salunkhe, D.K. 1989. Minerals and vitamins, In: Handbook of world food legumes. Salunkhe, D.K. (ed.), CRC Press, 117-121, Boca Raton, USA.
- [127] Giovannucci, E., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Hunter, D.J., Fuchs, C., Rosner, B.A. (1998). Multivitamin use, folate, and colon cancer in women in the Nurses' Health Study. *Annals of Internal Medicine*, 129, 517–524.
- [128] Giovannucci, E., Willett, W.C. (1994). Dietary factors and risk of colon cancer. *Annals of Internal Medicine*, 26, 443–452.

- [129]Dang, J., Arcot, J., Shrestha, A. (2000). Folate retention in selected processed legumes. *Food Chemistry*, 68, 295–298.
- [130]Eitenmiller, R.R., Lee, J. (2004). Vitamin E: Food chemistry, composition and analysis. Marcel Decker, 540, New York, USA.
- [131]Ryan, E., Galvin, K., O'Connor, T.P., Maguire, A.R., O'Brien, N.M. (2007). Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62, 85-91.
- [132]Shahidi, F., Chava, U.D., Naczk, M., Amarowicz, R. (2001). Nutrient distribution and phenolic antioxidants in air-classified fractions of beach pea (*Lathyrus maritimus* L.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 926-933.
- [133]Bau, H. M., Villanme, C., Nicolas, J.P., Mejean, L. (1997). Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soy bean (*Glycine max*) seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73, 1- 9.
- [134]Vidal-Valverde, C., Frias, J., Hernandez, A., Martin-Alvarez, P., Sierra, I., Rodriguez, C., Blazquez, I., Vicente, G. (2003). Assessment of nutritional compounds and antinutritional factors in pea (*Pisum sativum*) seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 298-306.
- [135]Graf, E., Eaton, J.W. (1990). Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Biology & Medicine*, 8, 61-69.
- [136]Thompson, L.U., Button, C.L., Jenkins, D.J. (1987). Phytic acid and calcium affect the in vitro rate of navy bean starch digestion and blood glucose response in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 46, 467-473.
- [137]Shamsuddin, A.M. (2002). Anti-cancer function of phytic acid. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(7), 769-782.
-



## Akademik Gıda Dergisi Yazım Kuralları

**Akademik Gıda** dergisi gıda bilimi ve teknolojisi alanında hazırlanmış özgün araştırma ve derleme makalelerin yayımlandığı **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 değerlendirilebileceği 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 şekilde 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 gerekiyorsa Şekiller) \*.jpg formatında metin içerisinde yer almalıdır.

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

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

11. Kaynaklar kısmı APA yazım stili kullanılarak hazırlanmalıdır. Kaynakların yazımında aşağıdaki örnek yazım biçimleri kullanılmalı ve makalelerin yayınlandığı dergi isimleri kısaltma kullanılmadan ve italik olarak yazılmalıdır. Web adreslerine atıf yapılacağında (mümkün olduğunca Resmi web

sayfalarına atıf yapılmalıdır) mutlaka ilgili web adresine erişim tarihi verilmelidir.

#### **Makale**

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

#### **Kitap**

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

#### **Kitap Bölümü**

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

#### **Kongre-Sempozyum Bildirisi**

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

12. Hakem görüşleri doğrultusunda düzeltilmek üzere yazar(lar)a gönderilen çalışmaların gerekli düzeltmeleri yapılarak 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

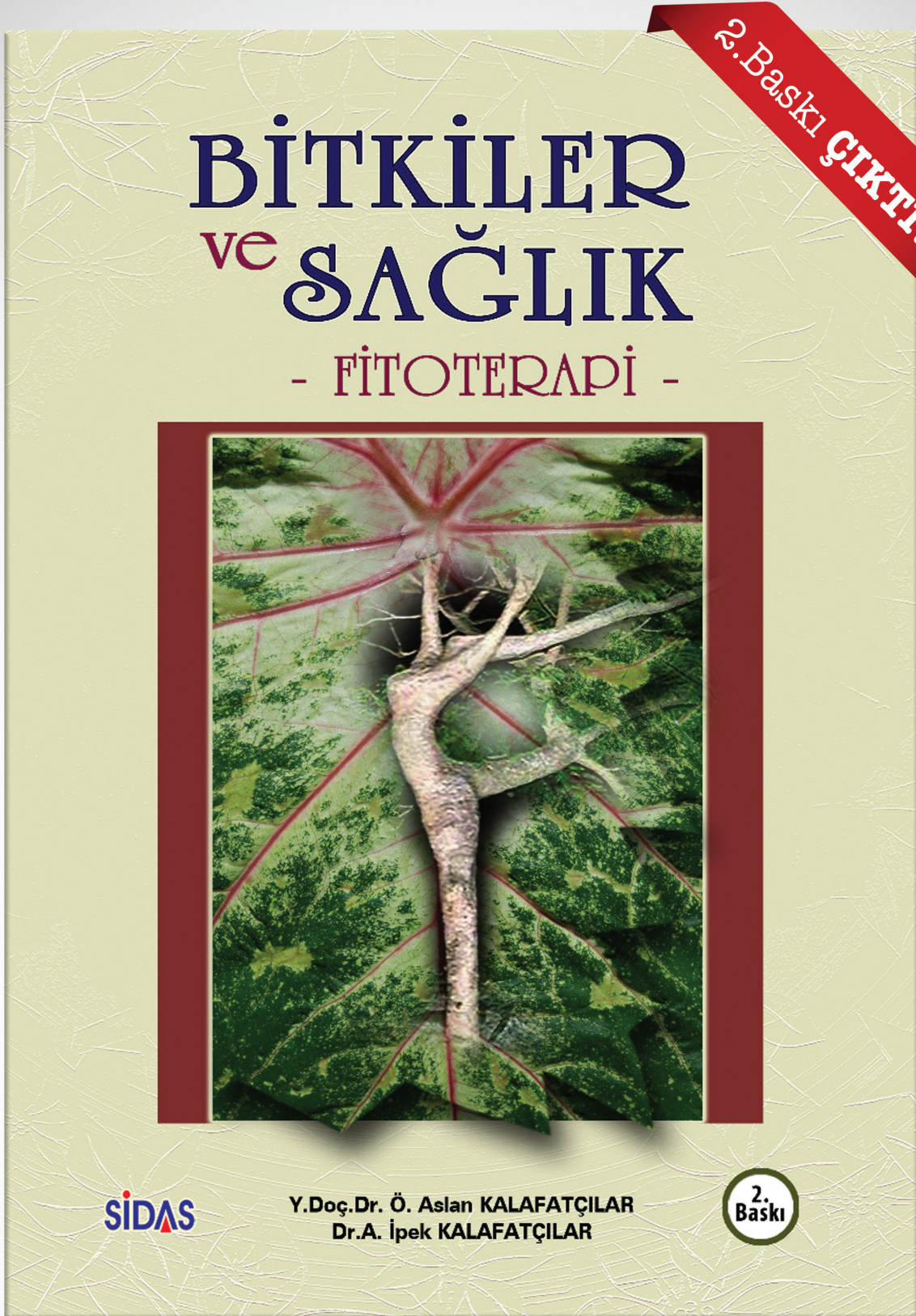
- [4] Gursoy, O., Akdemir, O., Hepbasli, A., Kinik, O. (2004). Recent situation of energy consumption in dairy industry in Turkey. *International Dairy Symposium: Recent Developments in Dairy Science and Technology*, May 24-28, 2004, Isparta, Turkey, Book of Proceedings, 10-16p.

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.



[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)



