

e-ISSN 2822-2873

ISSN 1303-3107

# GIDA VE YEM BİLİMİ - TEKNOLOJİSİ

JOURNAL OF FOOD AND FEED SCIENCE - TECHNOLOGY

Yıl/Year: 22

Sayı/Number:33

2025/1

**Yayın Bilgileri (Editorial Information)**

Gıda ve Yem Kontrol Merkez  
Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü adına sahibi  
Owner on behalf of Central Research Institute  
of Food and Feed Control

**Dr. Yıldırım İSTANBULLU\***

Dergi Sahibi-Journal Owner  
(Enstitü Müdürü-Institute Manager)

**Dr. Nazan ÇÖPLÜ\***

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü (Editor in Chief)

**Dr. Vesile ÇETİN\***

Yardımcı Yazı İşleri Müdürü (Assistant Editor) ve  
İstatistik Editörü (Statistical Editor)

**Dr. Hakan TOSUNOĞLU\***

Yardımcı Yazı İşleri Müdürü (Assistant Editor)

**Ekrem KATMER\***

Yardımcı Yazı İşleri Müdürü (Assistant Editor)  
Reklam ve Abone İşleri (Advertisement and Subscription) Grafik  
Tasarım (Graphics Design)

**Dr. Arzu YAVUZ\***

Alan Editörü (Technical Editor) ve Dil Editörü (Language Editor)

**Dr. Banu AKGÜN\***

Alan Editörü (Technical Editor) ve Dil Editörü (Language Editor)

**Filiz ÇAVUŞ\***

Alan Editörü (Technical Editor) ve İstatistik Editörü (Statistical Editor)

**Dr. Erdi ALTINÇEKİÇ\***

Alan Editörü (Technical Editor), İstatistik Editörü (Statistical Editor) ve  
Mizanpaj Editörü (Layout Editor)

**Nagihan UĞUR\***

Alan Editörü (Technical Editor) ve İstatistik Editörü (Statistical Editor)

**Şifa ÇALIŞKAN\***

Alan Editörü (Technical Editor), Dil Editörü (Language Editor) ve  
İstatistik Editörü (Statistical Editor)

\*Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Yönetim ve Yayın Adresi (Administration and Publishing Address)**

Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü  
Adalet Mah. 1. Hürriyet Cad., No: 128-2  
Hürriyet - 16160 Osmangazi / BURSA

Telefon (Telephone) : + 90 224 246 4720 (Pbx)

Belgegeçer (Fax) : + 90 224 246 1941

E-posta (e-mail): bursagida@tarimorman.gov.tr

**Web adresleri (Web sites):**

dergipark.org.tr/tr/pub/gidaveyem/  
dergipark.org.tr/en/pub/gidaveyem/  
arastirma.tarimorman.gov.tr/bursagida  
foodandfeed.org

**Bu Sayının Bilimsel Yayın Danışmanları\*  
(Advisory Board)**

**Prof. Dr. Fahrettin GÖĞÜŞ**

Gaziantep Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

**Prof. Dr. Faik KANTAR**

Akdeniz Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü

**Prof. Dr. Muhammet ARICI**

Yıldız Teknik Üniversitesi,  
Kimya-Metalürji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

**Prof. Dr. Murat AYDIN**

Atatürk Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü

**Prof. Dr. Omca DEMİRKOL**

Sakarya Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Alper KAŞGÖZ**

Yalova Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi, Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Furkan Türker SARICAOĞLU**

Bursa Teknik Üniversitesi,  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Yekta GEZGİN**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Betül KARSLIOĞLU OKAY**

Hasan Kalyoncu Üniversitesi,  
Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, Gastronomi Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Emre KABİL**

Yalova Üniversitesi, Armutlu Meslek Yüksek Okulu,  
Gıda İşleme Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Hilal DEMİRKESEN BIÇAK**

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi,  
Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Pınar UZUN**

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Gelendost Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Zehra GÜLSÜNOĞLU KONUŞKAN**

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

**Dr. Öğr. Gör. Kader ÇETİN**

Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Karacabey Meslek Yüksek Okulu, Gıda Teknolojisi Bölümü

**Dr. Çiğdem KURTAR**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü,  
Gıda ve Kontrol Laboratuvarlar Daire Başkanlığı

**Dr. Çiğdem MECİTOĞLU GÜÇBİLMEZ**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü

**Dr. Fatma GÜNGÖR BOYNUEYRİ**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

**Dr. Halil Rıza AVCI**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

**Dr. Huriye Özgül UÇURUM**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

**Dr. Pervin UZUN**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

**Dr. Serpil TURAL**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Samsun Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü

**Dr. Tuğba GEZGİN**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Konya Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü

\*İsimler unvanlarına göre alfabetik sıra ile yazılmıştır.  
Names are written in alphabetical order according to titles.



arastirma.tarimorman.gov.tr/bursagida  
foodandfeed.org

ISSN 1303-3107  
e-ISSN 2822-2873

# GIDA VE YEM BİLİMİ - TEKNOLOJİSİ DERGİSİ

*Journal of  
Food and Feed  
Science - Technology*

## YAYIN KURULU\*

### (Editorial Board)

#### **Dr. Nazan Çöplü**

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü (*Editor*)

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

#### **Dr. Vesile Çetin**

Yardımcı Yazı İşleri Müdürü (*Assistant Editor*) ve İstatistik Editörü (*Statistical Editor*)

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

#### **Dr. Hakan Tosunoğlu**

Yardımcı Yazı İşleri Müdürü (*Assistant Editor*)

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

#### **Ekrem Katmer**

Yardımcı Yazı İşleri Müdürü (*Assistant Editor*)

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

#### **Dr. Arzu Yavuz**

Alan Editörü (*Technical Editor*) ve Dil Editörü (*Language Editor*)

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

#### **Dr. Banu Akgün**

Alan Editörü (*Technical Editor*) ve Dil Editörü (*Language Editor*)

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

#### **Dr. Erdinç Altınçekiç**

Alan Editörü (*Technical Editor*), İstatistik Editörü (*Statistical Editor*) ve Mizanpaj Editörü (*Layout Editor*)

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

#### **Filiz Çavuş**

Alan Editörü (*Technical Editor*) ve İstatistik Editörü (*Statistical Editor*)

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

#### **Nagihan Uğur**

Alan Editörü (*Technical Editor*) ve İstatistik Editörü (*Statistical Editor*)

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

#### **Şifa Çalışkan**

Alan Editörü (*Technical Editor*), Dil Editörü (*Language Editor*) ve İstatistik Editörü (*Statistical Editor*)

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Abdulkadir Çıtaş**

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Hayvansal Biyoteknoloji Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Abdullah Öksüz**

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Ahmet Akköse**

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Ahmet İnce**

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği, Tarım Makinaları Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Ahmet Levent İnanç**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Ali Gündoğdu**

Karadeniz Teknik Üniversitesi Maçka Meslek Yüksekokulu, Eczane Hizmetleri Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Arzu Akpınar Bayazit**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Aycan Tosunoğlu**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Ayşegül Kumral**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Bahattin Akdemir**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Behiç Coşkun**

Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Tarım ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Türkiye

#### **Prof. Dr. Belgin İzgi**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Belgin Sırıken**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

#### **Prof. Dr. Betül Güroy**

Yalova Üniversitesi, Merkez Araştırma Laboratuvarı, Türkiye

#### **Prof. Dr. Bilgen Osman**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Canan Ece Tamer**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Cem Karagözlü**

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Cemalettin Baltacı**

Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Cemalettin Sarıçoban**

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Derya Yeşilbaş**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

#### **Prof. Dr. Elif Tümay Özer**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye

#### **Prof. Dr. Emine Budaklı Çarpıcı**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Türkiye

**YAYIN KURULU\***  
(Editorial Board)

**Prof. Dr. Emrah Torlak**

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Esmeray Küley**

Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Esra Çapanoğlu**

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Fahrettin Göğüş**

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Faik KANTAR**

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Faruk Balcı**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

**Prof. Dr. Fatih Şen**

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Fatih Törnük**

Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Fatma Arık Çolakoğlu**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Çanakkale Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Ferit Çoban**

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Filiz Özçelik**

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Gülден Başyigit Kılıç**

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Gürbüz Güneş**

İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Güzin Kaban**

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Hale Şamlı**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

**Prof. Dr. Harun Dıranman**

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Türkiye

**Prof. Dr. Hasan Hüseyin Kara**

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Hasan Vural**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Hasan Yalçın**

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Hasan Yetim**

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

**Prof. Dr. Hayrettin Akkaya**

İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Hülya Gül**

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. İbrahim Ak**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Kağan Kökten**

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Lütfiye Yılmaz Ersan**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Mehmet Haluk Türkdemir**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Mehmet Yüceer**

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Mete Yılmaz**

Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Mıhrıban Korukluoğlu**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Muhammet Arıcı**

Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalürji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Murat Aydın**

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Murat Taşan**

Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Mustafa Kürşat Demir**

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Mükerrrem Kaya**

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Nurgül Özbay**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya ve Süreç Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Omca Demirkol**

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Osman Kola**

Adana Alparslan Türkeş Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Osman Tiryaki**

Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Osman Üçüncü**

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maçka Meslek Yüksekokulu, Eczane Hizmetleri Bölümü, Gıda Teknolojisi, Türkiye

**Prof. Dr. Oya Işık**

Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Ozan Gürbüz**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Ömer Utku Çopur**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

\*İsimler, unvanlara göre alfabetik sırada yazılmıştır.  
Names are written in alphabetical order according to titles.



## YAYIN KURULU\*

### (Editorial Board)

**Prof. Dr. Özlem Turgay**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Ramazan Gökçe**

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Saliha Şahin**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Semih Ötleş**

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Seran Temelli**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

**Prof. Dr. Serkan Selli**

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Sibel Soycan Önenç**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Zootečni Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Sine Özmen Toğay**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Şebnem Budak**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Şebnem Pamuk**

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

**Prof. Dr. Şefik Kurultay**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Şerife Şule Cengiz**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

**Prof. Dr. Şerife Tütüncü**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Şule Turhan**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Tanay Bilal**

İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

**Prof. Dr. Uğur Günşen**

Bandırma Onyedil Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Yasemin Şahan**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Zehra Büyüktuncer Demirel**

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. Zeki Gürler**

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

**Prof. Dr. Zeynel Dalkılıç**

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Ali İhsan Atalay**

İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Alper Kaşgöz**

Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Alya Aslaner**

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Ayşe Kalemtaş**

Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Ayşe Neslihan Dündar**

Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Çağrı Özgür Özkan**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Göksun Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Çisem Bulut Albayrak**

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Fatih Göger**

Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Eczacılık Meslek Bilimleri, Farmasötik Botanik Anabilim Dalı, Türkiye

**Assoc. Professor Gabriela Iordachescu**

Dunarea De Jos University, Faculty of Food Science and Engineering, Food Science, Food Engineering Biotechnologies and Aquaculture Department, Romania

**Doç. Dr. Gamze Toydemir Şen**

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Türkiye

**Doç. Dr. Furkan Türker Sarıcaoğlu**

Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Halil Yalçın**

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Hasan Cankurt**

Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Gıda Teknolojisi Programı, Türkiye

**Doç. Dr. İlkey Yılmaz**

Başkent Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Programı, Türkiye

**Doç. Dr. İlkem Demirkese Mert**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Türkiye

**Doç. Dr. İncilay Gökbulut**

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Köksal Karadaş**

İğdir Üniversitesi, İğdir Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Türkiye

**Assoc. Professor Liliana Mihalcea**

Universitatea Dunarea De Jos Galati, Department of Food Science, Food Engineering and Applied Biotechnology, Romania

**Doç. Dr. Merve Tomaş**

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

**Doç. Dr. Mesut Ertan Güneş**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Türkiye

**Doç. Dr. Murat Zorba**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**YAYIN KURULU\***  
(Editorial Board)

**Doç. Dr. Mustafa Yaman**

İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Assoc. Lecturer Dr. Mustafa Zafer Özel**

Green Chemistry, Department of Chemistry, University of York, UK

**Doç. Dr. Oktay Yerlikaya**

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Oya İrmak Cebeci**

Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Özlem Esmer**

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Perihan Yolcu Ömeroğlu**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Senem Kamiloğlu Beştepe**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Serap Duraklı Velioglu**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Tuba Dursun Çapar**

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Gıda Teknoloji Ana Bilim Dalı, Türkiye

**Doç. Dr. Tuba Şanlı**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Yekta Gezginç**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Yılmaz Uçar**

Çukurova Üniversitesi, Aladağ Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Adnan Fatih Dağdelen**

Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Aşkın Birgül**

Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Betül Karşoğlu**

Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, Gastronomi Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Celale Kırkın Gözükmızı**

İstanbul Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Çağla Özbek**

Toros Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Elif Savaş**

Balıkesir Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Elif Yıldız**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Keles Meslek Yüksek Okulu, Gıda Teknolojileri Programı, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Emre Kabil**

Yalova Üniversitesi, Armutlu Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Ercan Sarıca**

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Fatma Cebeci**

Bayburt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Fatma Kübra Sayın**

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Funda Yılmaz Eker**

İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Gökhan İnät**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Hacer Akpolat**

Bayburt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Halime Uğur**

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Harun Hurma**

Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ekonomi Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Hatice Ahu Erdem Kahraman**

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Hilal Demirkessen Bıçak**

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Hulusi Akçay**

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Zootekni Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi İnci Doğan**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Kübra Eryaşar Örer**

Bolu İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Genç**

Beykoz Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Mevhibe Terkuran**

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadiri Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Mukaddes Kılıç Bayraktar**

Karabük Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Oya Sipahioğlu**

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Pınar Uzun**

İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Gelendost Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Rahmi Uyar**

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Reyhan Selin Uysal Afacan**

İstanbul Bilgi Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Sema Konyalı**

Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Sevgi Dıblan**

Tarsus Üniversitesi, Mersin Tarsus Organize Sanayi Bölgesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Türkiye

**YAYIN KURULU\***  
(Editorial Board)

**Dr. Öğr. Üyesi Sibel Bölek**

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye Sultan Tiske İnan**

Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Tuğba Özdal**

İstanbul Okan Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Yalçın Güçer**

Ankara Üniversitesi, Bepazarı Meslek Yüksekokulu, Otel-Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Aşçılık Programı, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Yavuz Yüksel**

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Zehra Gülsünoğlu Konuşkan**

İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Öğr. Gör. Dr. Berrak Delikanlı Kıyak**

Bursa Uludağ Üniversitesi, İznik Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Türkiye

**Öğr. Gör. Dr. Cumhuriyet Berberoğlu**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Karacabey Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, Türkiye

**Öğr. Gör. Dr. Ergün Ayanoglu**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Karacabey Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim, Türkiye

**Öğr. Gör. Dr. Hacer Akpolat**

Bayburt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye

**Öğr. Gör. Dr. Hüseyin Can Alpsoy**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Yenişehir İbrahim Orhan Meslek Yüksek Okulu, Türkiye

**Dr. Öğr. Gör. Kader Çetin**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Karacabey Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, Türkiye

**Öğr. Gör. Dr. Yalçın Güçer**

Ankara Üniversitesi, Kalecik Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, Türkiye

**Dr. Ali Tekin**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Angel Martinez Sanmartin**

Food and Canning Industry, National Technological Centre, CTC, Spain

**Dr. Aysun Öztürk**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Buket Çetiner**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Çiğdem Kurtar**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Gıda ve Kontrol Laboratuvarlar Daire Başkanlığı, Türkiye

**Dr. Çiğdem Mecitoğlu Güçbilmez**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Demet Yıldız Turgut**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Elif Savaş**

Balıkesir Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Fatma Güngör Boynueyri**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Halil Rıza Avcı**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Huriye Özgül Uçurum**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Mehmet Cengiz Arslanoğlu**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Musa Caner Sayın**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Pendik Veteriner Kontrol Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Mustafa Zafer Özel**

Analytical Chemistry Lecturer, University of Hertfordshire, School of Life and Medical Sciences, Department of Clinical Pharmaceutical and Biological Sciences Division of Pharmaceutical Chemistry, UK

**Dr. Oğuz Acar**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Pervin Uzun**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Ramazan Konak**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, İncir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Sebahattin Kutlu**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Seda Kayahan**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Serpil Tural**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Samsun Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Tuğba Gezgin**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Konya Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü, Türkiye



# İÇİNDEKİLER / CONTENTS

## Özgün Araştırmalar / Original Articles

Sayfa No

- Glutensiz maş fasulyesi krakerlerinin formülasyonu ve fiziko-kimyasal özellikleri** 10-20  
The formulation and physicochemical properties of gluten free mung bean crackers  
*Atefeh Karimidastjerd, Hasan Buğra Geçici, Diren Duran, Ece Ercan, Lara İldan, Zehra Esin Pehlivan, Ömer Said Toker, Serdar Maraşlı*
- Unraveling the unique fatty acid signatures of blended butters: A gas chromatography study** 32-39  
Karışım tereyağlarının benzersiz yağ asidi profillerinin belirlenmesi: Bir gaz kromatografi çalışması  
*Erdem Artuvan, Salih Aksay*
- Goose meat: Salting/drying effect on nutritional value, physicochemical properties, and sensory properties** 40-50  
Kaz eti: Tuzlama/kurutmanın besin değeri, fizikokimyasal özellikler ve duyu özellikleri üzerindeki etkisi  
*Hürriyet Çimen, Pınar Kızılkaya, Bilge Sayın, Duygu Alp Baltakesmez, Feyza Kırmacı*
- The effect of probiotic culture on quality characteristics of sucuk** 51-61  
Probiyotik kültürün sucuğun kalite karakteristikleri üzerine etkisi  
*İrem Ece Kaya, Güzin Kaban, Barış Yalınkılıç*

## Derleme Makaleler / Review Papers

- Geleneksel tarhana fermentasyonu mikrobiyomunun incelenmesi için kullanılabilecek omik yaklaşımlar** 1-9  
Omic approaches that can be used for the analysis of the microbiome in traditional tarhana fermentation  
*Özlem Işık Doğan, Remziye Yılmaz*
- Genetik modifiye gıda bitkilerinin moleküler ve kimyasal karakterizasyonu için omik yaklaşımın kullanımı** 21-31  
The use of omics approach for molecular and chemical characterization of genetically modified food crops  
*Begüm Zeynep Hançerlioğulları, Remziye Yılmaz*





## Derleme Makale/Review Paper

### Geleneksel tarhana fermentasyonu mikrobiyomunun incelenmesi için kullanılabilecek omik yaklaşımlar

### Omic approaches that can be used for the analysis of the microbiome in traditional tarhana fermentation

Özlem Işık Doğan<sup>1,3\*</sup>, Remziye Yılmaz<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Dr., Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, BURSA, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, ANKARA, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Gıda Mühendisliği Bölümü, FoodOmics Laboratuvarı, Hacettepe Üniversitesi, ANKARA, TÜRKİYE  
(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0001-7139-0147, Dr

ORCID ID: 0000-0003-2041-1205, Prof. Dr.

\*Sorumlu yazar/Corresponding author: ozlemisik@tarimorman.gov.tr

Geliş Tarihi : 21.02.2024

Kabul Tarihi : 05.08.2024

## Öz

**Amaç:** Geleneksel Türk gıdası olan tarhana; tahıllar, yoğurt, sebzeler ve çeşitli baharatlardan elde edilen karışımın laktik ve alkolik fermentasyonu sonucu hazırlanmaktadır. Tarhana, kültürel mirasın bir parçası olarak yıllar boyunca kullanılan malzemeler ve fermentasyon prosesi açısından hazırlandığı yörelere özgü farklılıklar kazanmıştır. Fermentasyon mikrobiyomu tarhananın besinsel ve duyuşal özelliklerini etkilerken, oluşan ürünün pre-biyotik ve post-biyotik karakterlerini de fermentasyon süreci belirlemektedir.

**Sonuç:** Bilimsel gelişmelere paralel olarak içerdiği analitik tekniklerle biyolojik sistemlerin fonksiyonlarını hatasız ve kesin şekilde ortaya koymayı sağlayan omik yaklaşımlar, fermentasyon prosesinin incelenmesi ve anlaşılmasında yeni olanaklar sağlamaktadır. Bu derleme çalışması ile tarhana fermentasyonunun araştırılmasında kullanılabilecek omik teknolojiler incelenmeye çalışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Tarhana; fermentasyon; omik bilimi

## Abstract

**Objective:** Tarhana is a traditional product prepared by mixing cereals, dairy products, various vegetables, and spices, followed by the lactic and alcoholic fermentation of the resulting dough. As a part of the cultural heritage, it has gained region specific differences in terms of the materials used and the fermentation process over the years. While the fermentation microbiome affects the nutritional and sensory properties of tarhana, the fermentation process determines the pre-biotic and post-biotic characteristics of the resulting product.

**Conclusion:** In parallel with scientific developments, Omics approaches, which enable to reveal the functions of biological systems accurately and precisely with the analytical techniques they contain, provide new opportunities in examining and understanding the fermentation process. With this review study, we tried to examine Omic Technologies that can be used in researching tarhana fermentation.

**Keywords:** Tarhana; fermentation; omics science

## 1. Giriş

Son yirmi yılda geleneksel fermente gıdalar; kendi mikrobiyotasına bağlı olarak sağlığa olumlu etki eden potansiyel olarak faydalı mikroorganizmalar, mikrobiyal metabolitler ve diğer biyoaktif maddeleri içermeleri sebebi ile yeniden araştırma konusu olmuştur. Bu inceleme; geleneksel bir fermente ürün olan tarhana için kullanılan hammaddeler ve fermentasyon ile elde edilen ürünlerde, mikroorganizma ve metabolik profilin yeni omik yaklaşım ile araştırılması olanaklarını özetlemektedir. Bu kapsamda fermentasyon mikrobiyotasının belirlenmesinde kullanılabilecek kültüromik ve metagenomik yaklaşımlar ile fermentasyon sırasında oluşan metabolitlerin incelenmesinde yararlanılabilecek metabolik yaklaşımlar incelenmiştir. Ayrıca elde edilen verilerin bütüncül yaklaşımlarla değerlendirilmesinde kullanılabilecek araçlardan bahsedilmiştir.

## 2. Fermentasyon

Fermentasyon prosesi; bozulabilir hayvansal ve bitkisel gıdaları korumak, gıda materyalinin hacmini azaltmak, çiğ ürünlerdeki istenmeyen özellikleri uzaklaştırmak, gıda ürününün besinsel değerini arttırmak ve daha güvenli bir gıda sağlamak özellikleri ile M.Ö. 6000 yıllarından bu yana dünyanın birçok yerinde gıda üretiminde önemli bir yer teşkil etmiştir (Caplice ve Fitzgerald, 1999; Dağlıoğlu, 2000). Fermentasyon prosesinin temel amacı gıdaları korumak olsa da günümüzde bu proses kazandırdığı tat, aroma ve tekstür özellikleri nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Mikroorganizmaların fermentasyon prosesindeki rolü bilinmeden önce, zanaatkarlar tarafından yerel tariflerle küçük işletmelerde üretilen fermente gıdalar; 19. yüzyılda endüstri devrimi ve mikrobiyoloji alanında görülen gelişmelerle daha kontrollü ve etkin bir şekilde üretilmeye başlanmıştır (Caplice ve Fitzgerald, 1999).

Geleneksel bir gıda, belirli bir coğrafik bölgede yaşayan insanların tarihi-kültürel mirasının bir parçasıdır. Tarhana geleneksel bir Türk fermente tahıl ürünüdür. Tarhana tahıl unları, yoğurt, çeşitli sebzeler gibi bileşenler ile vitaminler, mineraller, organik asitler ve serbest amino asitler gibi önemli besin öğeleri içerdiğinden her yaş grubunun beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Geleneksel olarak farklı bölgelerde farklı tariflerle, farklı

fermentasyon sürelerinde ve sıcaklıklarında üretilen tarhana fermentasyonunda hem laktik asit bakterileri (LAB) hem de mayalar görev almakta ve laktik asit ve alkolik fermentasyon aynı anda gerçekleşmektedir.(Dağlıoğlu, 2000).

Geleneksel fermente ürünlerin oluşumunda daha çok hammaddeden ya da çevreden kaynaklanan doğal suşlar görev almaktadır. Bu doğal suşlar hem starter kültürlerden hem de starter olmayan laktik asit bakterilerinden oluşmaktadır. Tarhana gibi birçok farklı bileşen içeren fermente bir gıdanın besleyici ve duysal karakterlerinin oluşmasında kompleks bir mikrobiyota rol oynayacağından bu özelliklerin değerlendirilmesinde mikrobiyotanın tam ve net olarak ortaya konularak fermentasyon sürecinde gerçekleşen ilişkilerin incelenmesi önem arz etmektedir.

### 2.1. Tahıl fermentasyonları

Tahıl temelli gıdalar dünya nüfusunun üçte birinin beslenmesinde yer almakta ve bu tür gıdaların en popüler olanları ekmek ve bira olarak sayılabilmektedir (Tangüler, 2014). Depolanmış durumdaki tahıl taneleri, düşük su aktivitesiyle kontrol edilen dinlenme durumunda gıda ürünleri olduğundan, mikroorganizma faaliyetleri açısından uygun substratlar değildirler. Tahıllarda bulunan fermente edilebilir karbonhidratların ortaya çıkması için ihtiyaç duyulan hidrolitik aktivitelerin yönetilmesinde kullanılan dört temel yaklaşım maltlama, koji teknolojisi, harici enzim kaynakları ve hamur fermentasyonu olarak sayılabilmektedir (Hammes vd., 2005).

Tahıllara mikrobiyal fermentasyon işlemi uygulanması ile bu ürünlerin besinsel değeri, lezzeti, görünüş özellikleri ve mikrobiyolojik güvenliği artmaktadır (Hammes vd., 2005; Petrova, 2020). Bu yolla fitik asit gibi besleyici özellikte olmayan bileşenler azalarak minerallerin biyo-alımı artarken, doğal bir şekilde esansiyel amino asitler ve vitaminler sentezlenmektedir (O’Callaghan vd., 2019; Petrova, 2020; Şimşek vd, 2017). Bunun yanı sıra kullanılan tahılın türü, fermente edilen karbonhidratların miktarı ve kalitesi, nitrojen kaynakları ve mikroorganizmaların kullandığı diğer besin öğelerini etkilemektedir.

### 3. Tarhana

Tarhana geleneksel bir Türk fermente gıda ürünüdür. Tarhana hamuru; un, yoğurt, tuz, ekmek mayası, çeşitli sebzeler ve baharatların karıştırılıp yoğurulmasından sonra 1-7 gün arasında laktik ve alkolik fermentasyona bırakılmasıyla hazırlanır (Dağlıoğlu, 2000; Özdemir vd., 2018). Bileşime yoğurt eklenmesiyle temelde laktik asit fermentasyonu gerçekleşirken; bazı yörelerde ekmek mayası ilave edilmesiyle gerçekleşen alkolik fermentasyon ise son üründe arzu edilen tarhanaya özgü bileşiklerin oluşmasını sağlar. Fermentasyon süresi sonunda elde edilen ürün 'ıslak tarhana' olarak adlandırılır ve güneş altında ya da kurutucularda topak, külçe ya da ince tabaka haline getirilerek nem içeriği %6-10 aralığına gelecek şekilde kurutulur. Ardından, 1 mm'den küçük olacak şekilde toz haline getirilerek saklanır (Tangüler, 2014). Tarhana asidik ve ekşi bir tada sahiptir. Fermentasyon sonunda kurutulmadan, kurutma sonrasında toz haline getirilmeden ya da toz formuna getirildikten sonra çorba haline getirilerek tüketilebilir. (Özdemir vd., 2018)

Tarhana, TS 2282 (2004)'ye göre "buğday unu, kırması, ırmik veya bunların karışımı ile yoğurt, biber, tuz, soğan, domates, tat ve koku verici, sağlığa zararsız bitkisel maddelerin karıştırılıp yoğurulduktan ve fermente edildikten sonra kurutulması, öğütülmesi ve elenmesiyle elde edilen bir besin maddesidir" şeklinde tanımlanmıştır. Türk Standartlarına göre göce tarhanası, ırmik tarhanası, un tarhanası ve karışık tarhana olmak üzere 4 gruba ayrılan tarhana çeşitlerinin sahip olması gereken özellikler aşağıdaki gibidir:

- Protein miktarı kuru maddede en az %12 olmalı,
- Rutubet miktarı en fazla %10 olmalı,
- Tuz miktarı kuru maddede en fazla %10 olmalı,
- %67'lik etil alkole geçen asitlik derecesi en az 15 en fazla 40 olmalı,
- Külün %10'luk hidroklorik asitle çözünmeyen kısmı, tuz hariç en fazla %0,2 olmalı,
- Tarhanalar kendine özgü sarıdan kırmızıya değişen renk tonlarında, koku, tat ve görünüşte olmalı, acılaşmış, kokuşmuş, küflenmiş olmamalı, yabancı bir tat ve koku içermemelidir (TS 2282, 2004).

Tarhananın Türk mutfağı açısından tarihinin Orta Asya'da 'kurut' adı verilen, çökelek, tuz, un, kurutulmuş et ile hazırlanan kışlık bir yiyeceğe dayandığı belirtilmektedir. Orta Asya'dan Anadolu'ya gelişinin Türkler ve Moğollar sayesinde olduğu ve Osmanlı Devleti döneminde ise başka ülkelere ve kültürlere yayıldığı kabul edilmektedir (Coşkun, 2014). Tarhana benzeri ürünler Mısır, Suriye ve Lübnan'da kishk, Irak'da kushuk, Yunanistan'da trahana ve Macaristan ve Finlandiya'da tahonya/talkuna olarak adlandırılmaktadır (Dağlıoğlu, 2000).

Tarhana hamurunun içeriği ve hazırlanmasında standart bir prosedür olmayıp, yörelere özgü geleneksel tariflerle üretilmekte; besinsel ve kimyasal özellikleri de bu prosedürlere göre değişmektedir. Bunun yanında fermentasyon süresi, fermentasyon sonrası kurutma işleminin süresi ve sıcaklığı da son ürünün özelliklerini etkilemektedir (Dağlıoğlu, 2000).

Tarhana son dönemlerde ticari olarak üretilip satışa sunulsa da halen çoğunlukla geleneksel tariflerle ev ölçekli olarak üretilmektedir. Örneğin; Çorum, Amasya, Kahramanmaraş, Nevşehir, Gaziantep, Aydın, Afyon, Muğla gibi şehirlerde kabuğu uzaklaştırılmayan buğday kırması kullanılırken, birçok başka şehirde buğday unu ile tarhana hazırlanmaktadır. Diğer yandan Tekirdağ, Edirne, Sinop, Tokat gibi bazı şehirlerde hamura süt katılırken, bazı Ege Bölgesi şehirlerinde hamura un yanında bazı kuru baklagiller eklenmekte ve bazı diğer şehirlerde de hamura ekşi maya katılmaktadır (Köten vd., 2019).

Tarhana hamurunda bulunan gıda bileşenlerinin çeşitliliği tarhananın B vitaminleri, mineraller, organik asitler ve serbest amino asitler açısından zengin olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, tarhana üretimi sırasında organik asitlerin oluşumu ve nem oranının %10'nun altına düşmesi bakteriyostatik etki göstermekte ve raf ömrünün uzamasını sağlamaktadır. Tarhananın raf ömrü çeşide göre değişse de genel olarak 2-3 yıl bozulmadan kaldığı daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Tangüler, 2014).

#### 3.1. Tarhana fermentasyonu

Homo- ve heterofermantatif laktik asit bakterileri (LAB) ile mayaların birlikte gerçekleştirdiği fermentasyon ile hazırlanan tarhananın besinsel özellikleri, aroma ve lezzeti bu mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri sonucu



oluşmaktadır. Gıda zincirleri gibi besinsel etkileşimler birçok grup organizmanın sınırlı kaynaklar üzerinde bile hayatta kalmasını sağlamak ve doğal döngüleri yürüterek komünitenin çeşitliliğini arttırmaktadır (Ponomarova vd., 2017). Tarhana hamuru fermantasyonunun doğal fermantasyon yolu ile gerçekleşmesi, sürecin hammaddelerde bulunan mikroorganizma çeşitliliği ve bunların ilk yükünden etkilenmesine neden olmaktadır. Bu sebeple bazı yörelerde tarhanaların üretiminde bir önceki seneden kalan tarhana hamura eklenerek fermantasyon kontrol edilmeye çalışılmaktadır (Şimşek vd., 2017).

Tarhana hamuru mikrobiyotasında baskın olarak yer alan LAB; *Lactiplantibacillus plantarum*, *Companilactobacillus alimentarius*, *Companilactobacillus farciminis*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Pediococcus acidilactici*, *Leuconostoc pseudomesenteroides* ve *Weissella cibaria* ve mayalar da *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida humilis*, *Candida glabrata* ve *Pichia kudriavzevii* olarak belirlenmiştir. Fermantasyon sırasında mikroorganizmaların proteolitik, lipolitik ve amilolitik enzim aktiviteleri sonucu oluşan metabolitler, meydana gelen gıda ürünün özelliklerini belirlemektedir. Fermantasyon prosesinin başlangıcında tarhana hamurunda yer alan yoğurt ve sebzeler sebebiyle önemli miktarda organik asit bulunmakla birlikte tarhananın aroma ve lezzeti fermantasyon sonucu oluşan organik asitler, serbest amino asitler ve karbonil bileşiklerinden etkilenmektedir (Özdemir vd., 2018).

Settanni (2011), 40°C’de fermente edilen hamurlarda fermantasyon sonunda *Pediococcus acidilactici* türü laktobasillere baskınken, 30°C’de fermente edilen hamurlarda *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* suşlarının diğer türlere baskın olduğunu belirlemiştir. Başka bir çalışmada ise farklı bölgelerden alınan tarhana hamurlarında yer alan homofermantatif kokların, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus*, *Streptococcus thermophilus* ve *Enterococcus faecium*; homofermantatif çubukların, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lacticaseibacillus casei* ve *Lactiplantibacillus plantarum* ve heterofermantatif çubukların, *Limosilactobacillus fermentum*, *Leuconostoc pseudomesenteroides*, *Leuconostoc*

*citreum* ve *Weissella cibaria* suşları olduğu saptanmıştır. Ayrıca, tarhanada yer alan LAB çeşitliliğinin hammadde, fermantasyon süresi ve üretimde kullanılan teknikten etkilendiği belirlenmiştir (Sengun vd., 2009).

#### 4. Fermente gıdalarda laktik asit bakterileri (LAB) ve mayalar arasındaki etkileşimler

Birçok fermente gıdanın üretiminde, mayalar ve LAB arasındaki metabolik etkileşimlerden yararlanılmaktadır. Fermente gıdaların mikrobiyotasında bulunan LAB, organik asitler üreterek pH değerini düşürüp patojen mikroorganizmaların gelişimini önlerken maya gelişimini ise teşvik etmektedir. Mayalar ise LAB için amino asitler ve vitaminler gibi zorunlu gelişim metabolitlerini sağlamak, metabolizma sonucu üretilen toksik son ürünleri uzaklaştırmak, pH değerini düşürerek istenmeyen mikroorganizmaları yok etmek, karbondioksit ve alkol üreterek ya da organik asitleri kullanarak pH değerini yükseltmeleri sonucu starter kültür gelişimini desteklemek gibi özellikler göstermektedir. Örneğin, *Saccharomyces cerevisiae* ve *Lacticaseibacillus casei* ürün mikrobiyotasında birlikte bulunduğu; *Saccharomyces cerevisiae*, *Lacticaseibacillus casei* gelişimi için elzem olan riboflavini sağlamaktadır (Viljoen, 2006).

Doğal fermente tahıl temelli gıdalarda metabolik aktivite; LAB, mayalar ve küfler gibi farklı türler ya da mikrobiyal grupların tek tek ya da kompleks metabolik kapasitelerini ve prosesin teknolojik özelliklerini yansıtarak meydana gelen gıdanın duyuşal özelliklerini etkilemektedir (Chaves-López vd., 2020). Tarhana fermantasyonu sırasında da karışık kültürler arasında gerçekleşen mikrobiyal etkileşimler son ürünün özellikleri üzerinde çok çeşitli etkilere sahip olabilmektedir. Tarhana fermantasyonu mikrobiyotasının ve fermantasyon sırasında oluşan metabolitlerin incelenmesinde kullanılabilecek bazı omik yaklaşımlar şu şekildedir.

##### 4.1. Matris destekli lazer desorpsiyon/ionizasyon spektrometresi (MALDI TOF MS)

Mikroorganizmaların geniş çeşitliliği ve bilimin farklı dallarındaki gelişmelerle birlikte mikrobiyolojik tanımlama analizlerinde farklı metotların gelişmesi sağlanmıştır. Bu yöntemler en başta fenotipik olarak mikroskobik/makroskobik

metotlar olmak üzere kültür temelli metotlar ve fizyolojik/biyokimyasal metotlar olarak sıralanabilir. Kültüromik yaklaşımın ortaya çıkmasıyla ise modern mikrobiyotara araştırmalarında iddiasız ve karmaşık mikrobiyolojik gelenek yerine genomik ve yapısal çalışmalar kullanılmaya başlanmıştır. Kültüromik yaklaşımın genomik araçları metagenomik çalışmalar alanında yer alırken; yapısal çalışmalar MALDI TOF MS cihazıyla gerçekleştirilmektedir (Lv vd., 2019).

Mikroorganizmaların tanımlanmasında kullanılan metotlar basit, güvenilir, yüksek derecede spesifik olmalı, çeşitli mikroorganizma gruplarının analizinde birlik göstermeli ve mümkün olduğunca uygun maliyetli olmalıdır (Nacef vd., 2017). Rutin olarak kullanılan geleneksel kültüre bağlı yöntemler en az iki gün sürerken; yüksek derecede hassas ve spesifik yöntemler olan genotipik tanımlama analizleri de yüksek maliyetli olmanın yanında büyük ölçüde uzmanlık gerektirmektedir. Bu iki farklı yaklaşımın arasında MALDI TOF MS ile bakteriyel tanımlama hem güvenilirliği hem de rutin analizlere eklenebilmesiyle önem taşımaktadır.

Mikroorganizmaların kütle spektroskopisine dayanan tanımlanması, belirli bir anda bir hücrede bulunan proteinlerin tam seti anlamına gelen proteoma bağlı olarak gerçekleşmektedir. Ribozomal proteinlerin farklı kütleleri, güdümsüz hiyerarşik kümelenme yaklaşımlarının uygulanmasını ya da model inşa metotlarının uygulanmasını sağlayan spesifik parmak izleri oluşturmayı sağlamaktadır. Ancak, bir hücrenin proteomu farklı büyüme koşullarına göre farklılıklar gösterdiğinden bu yöntemle çalışılırken tekrar edilebilir sonuçlar alabilmek için inkübasyon sıcaklığı, besiyeri ve inkübasyon süresi gibi değişkenlerin mümkün olduğunca sabit tutulması gerekmektedir (Pavlovic vd., 2013).

Tipik bir kütle spektroskopisi; bir iyon kaynağı, bir kütle analiz edici ve bir dedektör olmak üzere 3 parçadan oluşmaktadır. MALDI, biyomolekülleri bozulmaya uğratmadan, onları küçük organik bileşiklerin (2,5-dihidroksibenzoik (DHBA)  $\alpha$ -siyano-4-hidroksisinamik asit (CHCA) ya da 3,5-dimetoksi-4- hidroksisinamik asit (sinapinic acid, SA) kristallerine gömerek iyonize etmektedir. Bu küçük organik molekül UV lazerden radyasyonu absorbe eder ve enerjisini proteinlere taşır. Böylece proteinler bozulmadan iyonize olur. MALDI'deki

iyonizasyon aşaması birincil ve ikincil iyonizasyon olarak 2 adımlı bir mekanizma olarak açıklanabilir. Lazer atışındaki enerji sadece matriks tarafından absorbe edilirken; matriks buharlaşır ve iyonları analite transfer eder. Bu da analitin desorpsiyonuna neden olur. Bu iyonizasyon her tür molekülden sadece tek yüklü iyonlar oluşturur. Gaz fazına geçtikten sonra, yüklü moleküller elektrik alan içerisinde hızlanır ve kütle/yük oranına göre kütle analiz edicide ayrılır ve son olarak dedektör tarafından değerlendirilir. Tespit edilen her molekül; moleküler kütlesi, yükü, kütle/yük oranı ve sinyalin bağlı yoğunluğu açısından değerlendirilir (Pavlovic vd., 2013).

#### 4.2. Metagenomik amplikon dizileme analizleri

Kompleks bakteriyel komünitelerin ortaya konmasında standart mikrobiyolojik ekim yöntemlerinin yetersiz kaldığı gerçeği, "Great Plate Count Anomaly" olarak isimlendirilmekte ve dünya üzerindeki bakterilerin yaklaşık sadece %1'nin *in vitro* olarak kültüre edilebildiğini ifade etmektedir (Satam vd., 2023). Metagenom terimi ilk kez 1998 yılında, daha önce tek genomların çalışılmasında kullanılan yaklaşımların çevresel toprak örneklerindeki mikroorganizmaların toplam genomunun ifade edilmesi için kullanılmıştır (Bharucha vd., 2020; Thomas vd., 2014). Bir başka deyişle metagenomik bir örnekte bulunan hem dominant hem de düşük yoğunluktaki bütün organizmaların genomik materyalinin aynı anda tanımlanması için kullanılan dizileme yöntemleridir (Bharucha vd., 2020; Escobar-Zepeda vd., 2016). Metagenom verileri, yüksek çıktılı dizileme metotları (HTS) kullanılarak elde edilir.

Carl Woese'nin 1985 yılında ribozomal RNA (rRNA) genlerinin evrimsel kronometreler olduğunu gösteren öncü çalışmasının ardından, 5S ve 16S rRNA gen dizilerinin doğrudan analiz edilmesiyle kültüre etme yöntemleri kullanılmadan çevresel bir örnekteki mikroorganizma çeşitliliğinin ortaya konması sağlanmıştır (Satam vd., 2023). Bu çalışmalar Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) teknolojisinin ilerlemesi ve neredeyse tüm genin çoğaltılması için primerlerin dizayn edilebilmesiyle çok daha ileri bir noktaya gelmiş ve 1990'ların ortalarında sırasıyla 'pyrosequencing' ve 'paralelmiş bağlanma aracılığı ve boncuk-temelli dizileme' metotlarının oluşturulmasıyla Yeni Nesil Sekanslama (NGS) teknolojileri geliştirilmiştir (Kergourlay vd., 2015;

Satam vd., 2023). Bu teknolojiye görülen ilerlemeler son yıllarda mikrobiyal ekosistemlerin incelenmesinde önemli bir aşama olan HTS yöntemlerinin oluşturulmasını sağlamıştır.

Birçok metagenomik çalışma rastgele çoğaltılmış DNA parçalarının dizilenmesinden ziyade bakteriyel türlerin tanımlanmasında önemli bir araç olan 16S rRNA geninin analizine dayanmaktadır. Gıda mikrobiyotasında önemli bir yer tutan mayalar ve küflerin tanımlanmasında ise kromozomlarda yer alan ribozomal rRNA'ların küçük alt birim ve büyük alt birim genleri arasında yer alan 'internal transcribed spacer (ITS)' bölgesi hedeflenmektedir. Çevresel bir örneğin mikrobiyotası hakkında derinlemesine bilgi sahibi olmayı sağlayan bu yöntemin gıda alanında kullanımı ise geleneksel fermente gıdaların karakterizasyonu, bir gıda ürünüde mikrobiyal komünitenin gelişim ve değişiminin gözlenmesi, bakteriyel bozulmanın tespiti ve durdurulması olarak sayılabilir (Kergourlay vd., 2015).

Örnek hazırlama aşaması, herhangi bir metagenomik çalışmanın ilk ve en önemli kısmıdır. Ekstrakte edilen DNA, örnekte bulunan tüm hücreleri temsil etmeli ve ardından gelen kütüphane hazırlama ve dizileme aşamalarında kullanılacak olan yeterli miktarda yüksek kalitede nükleik asitler içermelidir. Günümüzde ekstraksiyonun yapılacağı çevresel örnek tipine göre farklı ekstraksiyon kitleri bulunmaktadır. Hedef komünitenin bir bitki ya da hayvan gibi host ile ilişkili olma durumuna göre fraksiyonlama ya da seçici lizis işlemi uygulanabilmektedir (Thomas vd., 2014). Böylece host genomun geniş olduğu durumlarda, bu genomun mikrobiyal komüniteyi alt etmesi önlenmektedir.

DNA elde edilmesinin ardından, cihaz tipine bağlı olarak değişen şekilde, DNA ön işleme adımı uygun bir kütüphane içerisine uygulanır. Genel olarak ilk önce yüksek molekül ağırlıklı DNA uygun platforma spesifik boyutta kesilir (Dijk vd., 2014). Daha sonra kör uçlu DNA parçaları elde etmek için DNA uçlarına bir parlatma işlemi uygulanır ve spesifik adaptörler bu parçalara bağlanır. Fonksiyonel bir kütüphane, 3' ve 5' uçlarına bağlanmış spesifik adaptör dizileri gerektirmektedir (Buermans ve den Dunnen, 2014). Adaptör bağlama aşamasından sonra hazırlanan kütüphane hemen dizileme işlemine alınabileceği gibi PCR kullanılarak bir ön çoğaltma işlemi de uygulanabilir.

Metagenomik yöntemlerin klasik yöntemlere göre sahip olduğu tüm üstünlüklere karşın çalışmalar sırasında doğru ve güvenilir sonuçlar elde edebilmek için dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. Öncelikle, belirli bir gıda ürünüde yer alan mikroorganizmaların ve bunların miktarlarının doğru bir profilini oluşturmak için çalışılan numunenin ürünü doğru şekilde yansıttığından emin olunmalıdır. Örnek alındıktan sonra hem nükleik asit ekstraksiyonundan önce hem de sonrasında taşıma, depolama, aerobik ya da anaerobik saklama koşullarına dikkat edilerek mikroorganizma miktarlarının koşullardan etkilenmemesi sağlanmalıdır. Ayrıca analizler sırasında farklı mikrobiyal türler, hücre duvarı yapısındaki farklılıklardan dolayı litik ajanlardan farklı hassasiyette etkilendiğinden ekstrakte edilen nükleik asitlerin saflığı farklı olabilmektedir. Bunların yanında gıda gibi ürünlerinde matriks oldukça kompleks olabildiğinden PCR amplifikasyon aşamasını etkileyen safsızlıklar, analizleri etkileyebilmektedir. Ayrıca, PCR ile amplifikasyon aşaması sonuçlarda sapma yaratarak mikroorganizmaların miktarlarını orijinal örnektekinden farklı gösterebilmektedir (Ercolini, 2013). Dizileme aşamasında göz önüne alınması gereken bu konularla birlikte, elde edilen verilerin uygun biyoinformatik programlarla doğru ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi metagenomik çalışmaların kritik bir aşamasıdır.

#### 4.3. Metabolomik yaklaşımlar ve tarhananın organik asit ve etanol içeriği

Laktik asit bakterileri, karbonhidrat metabolizması sırasında şekerleri kullanarak organik asit oluşturmakta ve oluşan çeşitli metabolitler bu mikroorganizmaların gelişimi sırasında kullanılmaktadır. Dolayısıyla LAB fermantasyonu; insan sağlığına faydalı gıda biyoaktif bileşenlerinin, fonksiyonel ve organoleptik özelliklerinin ve biyolojik kullanılabilirliğinin zenginleşmesi için kullanışlı bir teknik olarak kabul edilmektedir (Zheng vd., 2023). Metabolomik ise biyolojik örneklerde yer alan çok sayıda metabolitlerin tespit edilmesi ve karşılaştırılması için kullanılan analitik teknikleri kapsamaktadır (Garcia-Canas ve Simo, 2019; Manchester ve Anand, 2017). Fermente gıdalarda bakteriyel aktivite sonucu oluşan metabolitlerin miktar ve değişimlerinin belirlenmesi için çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Balcázar-Zumaeta vd., 2023; Ran vd., 2023; Xu vd., 2023; Zheng vd., 2023). Tarhana fermantasyonu sırasında LAB ve

maya metabolizmaları ve bunların ilişkileri ile oluşan organik asitler ve etanol miktarları ve bunların fermantasyon süreci boyunca değişimleri Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) ve Gaz Kromatografisi (GC) gibi analitik tekniklerle incelenebilmektedir (Ran vd., 2023).

Mikrobiyal metabolizmanın tipik bir ürünü olan organik asitler, yapıları karbon iskeletine dayanan ve doğal olarak çeşitli bitkisel ve hayvansal maddelerin yapısında bulunan moleküllerdir. Fermente gıdaların aroma ve lezzetinin; gıdada oluşan organik asitler, serbest amino asitler, ve asetaldehit ve diasetil gibi karbonil bileşiklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Özdemir vd., 2018).

Tarhana hamurunda LAB tarafından oluşturulan laktik, asetik ve propiyonik asit gibi organik asitlerin antimikrobiyal etkisi olduğu bilinmektedir. Bu antogonistik etki asitlerin, membran potansiyelinin korunması ile etkileşime giren ve aktif transportu engelleyen bakteriyel sitoplazmik membran üzerindeki aktivitesinden kaynaklanmaktadır. Asetik asit mayalar, küfler ve bakteriler için inhibe edici özellikte iken, propiyonik asit mayalar ve bakterilere karşı antimikrobiyal özellik göstermektedir. Bunlara karşın asetaldehit ve etanolün fermente gıdalarda oluşan miktarı, antimikrobiyal etki açısından minimal değerdedir (Caplice ve Fitzgerald, 1999).

Tarhana fermantasyonu sırasında hamurda yer alan ana organik asitin laktik asit olduğu; asetik, propiyonik, sitrik ve pürivik asitlerin küçük miktarlarda bulunduğu tespit edilmiştir. Tarhana hamurunda yer alan laktik, asetik ve propiyonik asit varlığı; yoğurtta yer alan homo- ve heterofermantatif LAB ile unda yer alan laktik, asetik ve propiyonik asit bakterileri ve oluşan laktik asiti substrat olarak kullanan propiyonik asit bakterilerine bağlanmıştır. Ayrıca LAB laktozdan laktik asit üretirken minör miktarlarda asetik, bütirik, propiyonik, izovalerik, kaprik ve kaproik asitlerin de meydana geldiği belirtilmiştir (Özdemir vd., 2018).

Omik bilimi, kapsadığı analitik tekniklerin hatasız ve kesin sonuçları sayesinde çalışılan bir biyolojik sistemin fonksiyonlarının anlaşılmasını sağlamaktadır (Balcázar-Zumaeta vd., 2023). Bu

çalışmanın amacı farklı geleneksel tarhana çeşitlerinin fermantasyon süreçleri boyunca mikrobiyota değişimlerinin incelenmesi ve bu değişimlerin örneklerde tespit edilen metabolitlerle ilişkisinin değerlendirilmesi süreçlerinde çeşitli omik teknolojilerin kullanım fırsatlarının incelenmesidir.

## 5. Sonuç

Hazırlanan bu çalışmada önerilen araştırma yönteminin ilk basamağı farklı geleneksel reçetelere uygun olarak ve yerel hammaddeler kullanılarak tarhana hamurlarının hazırlanması ve fermantasyona bırakılmasıdır. Fermantasyon süreçlerinin izlenmesi amacıyla da pH, titrasyon asitliği ve diğer kimyasal analizler yapılması tavsiye edilir. Ardından fermantasyonun amaca uygun olarak belirlenen aşamalarında hamurlardan örnekler alınarak klasik mikrobiyolojik yöntemlerle farklı besiyerlerine ekimler yapılarak mikroorganizma yüklerindeki değişimler gözlenirken MALDI TOF MS analizleri için de saf izolatlar elde edilebilmektedir. Bu saf kültürler MALDI TOF MS sistemi ile kültüromik yaklaşımlar kullanılarak tanımlanabilir. Bunun yanında tarhana hamurlarının bakteriyel ve fungal mikrobiyotalarının fermantasyon prosesi boyunca değişimi metagenomik yaklaşımlar kapsamında yüksek çıktılı dizileme yöntemleri ve biyoinformatik analizlerle ortaya koyulabilmektedir. Tarhana hamurlarının mikrobiyotalarındaki değişimlere paralel olarak bu hamurlarda oluşan metabolitlerin değişimlerinin izlenmesi için HPLC ve GC cihazları metabolik yaklaşım kapsamında kullanılarak organik asit ve etanol miktarları belirlenebilecektir. Elde edilen verilerin bütünleştirici analizlerle değerlendirilebilmesi için kullanılabilecek çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu kapsamda metagenomik verilerin incelenmesi için temel bileşen analizleri, metabolitlerin tarhana çeşidi ve örnek alınan zamana göre değişimlerinin değerlendirilmesi için ısı haritaları oluşturulması ve mikrobiyota-metabolit ilişkilerinin ortaya koyulabilmesi için korelasyon analizleri önerilmektedir. Böylece, geleneksel reçete ve hammaddeler kullanılarak hazırlanan tarhana çeşitlerinin kimyasal, mikrobiyolojik ve metabolik açıdan karakterizasyonu ve incelenen parametrelerin fermantasyon boyunca değişimleri belirlenebilecektir.



## 6. Kaynaklar

- Balcázar-Zumaeta, C. R., Castro-Alayo, E. M., Cayo-Colca, I. S., Idrogo-Vásquez, G., & Muñoz-Astecker, L. D. (2023). Metabolomics during the spontaneous fermentation in cocoa (*Theobroma cacao* L.): An exploratory review. *Food Research International*, 163(September 2022).
- Bharucha, T., Oeser, C., Balloux, F., Brown, J. R., Carbo, E. C., Charlett, A., Chiu, C. Y., Claas, E. C. J., de Goffau, M. C., de Vries, J. J. C., Eloit, M., Hopkins, S., Huggett, J. F., MacCannell, D., Morfopoulou, S., Nath, A., O'Sullivan, D. M., Reoma, L. B., Shaw, L. P., Field, N. (2020). STROBE-metagenomics: a STROBE extension statement to guide the reporting of metagenomics studies. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(10), e251–e260.
- Buermans, H. P. J., & den Dunnen, J. T. (2014). Next generation sequencing technology: Advances and applications. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Basis of Disease*, 1842(10), 1932–1941.
- Caplice, E., & Fitzgerald, G. F. (1999). Food fermentations: Role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 50(1–2), 131–149.
- Chaves-López, C., Rossi, C., Maggio, F., Paparella, A., & Serio, A. (2020). Changes Occurring in Spontaneous Maize Fermentation: An Overview. *Fermentation*, 6(1), 36.
- Coşkun, F. (2014). Tarhananın Tarihi ve Türkiye ' de Tarhana Çeşitleri History of Tarhana and Varieties of Tarhana in Turkey. 2014(3), 69–79.
- Dağlıoğlu, O. (2000). Tarhana as a traditional Turkish fermented cereal food. Its recipe, production and composition. *Nahrung/Food*, 44(2), 85–88.
- Dijk, E., Auger, H., Jaszczyszyn, Y., & Thermes, C. (2014). Ten years of next-generation sequencing technology. *Trends in Genetics : TIG*, 30(9), 418–426.
- Ercolini, D. (2013). High-throughput sequencing and metagenomics: Moving forward in the culture-independent analysis of food microbial ecology. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(10), 3148–3155.
- Escobar-Zepeda, A., Sanchez-Flores, A., & Quirasco Baruch, M. (2016). Metagenomic analysis of a Mexican ripened cheese reveals a unique complex microbiota. *Food Microbiology*, 57, 116–127.
- Garcia-Canas, V., & Simo, C. (2019). Food Metabolomics—An Overview. Reference Module in Food Science.
- Hammes, W. P., Brandt, M. J., Francis, K. L., Rosenheim, J., Seitter, M. F. H., & Vogelmann, S. A. (2005). Microbial ecology of cereal fermentations. *Trends in Food Science and Technology*, 16(1–3), 4–11.
- Kergourlay, G., Taminiau, B., Daube, G., & Champomier Vergès, M.-C. (2015). Metagenomic insights into the dynamics of microbial communities in food. *International Journal of Food Microbiology*, 213, 31–39.
- Köten, M., Karahan, A. M., Karahan, L. E., & Yazman, M. M. (2019). Tarhananın Besinsel Önemi ve Fonksiyonel Bileşenlerce Zenginleştirilmesi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(3), 120–129.
- Lv, J., Li, C., Li, S., Liang, H., Ji, C., Zhu, B., & Lin, X. (2019). Effects of temperature on microbial succession and quality of sour meat during fermentation. *Lwt*, 114(July), 108391.
- Manchester, M., & Anand, A. (2017). Metabolomics: Strategies to Define the Role of Metabolism in Virus Infection and Pathogenesis. In *Advances in Virus Research* (pp. 57–81).
- Nacef, M., Chevalier, M., Chollet, S., Drider, D., & Flahaut, C. (2017). MALDI-TOF mass spectrometry for the identification of lactic acid bacteria isolated from a French cheese: The Maroilles. *International Journal of Food Microbiology*, 247, 2–8.
- O'Callaghan, Y. C., Shevade, A. V., Guinee, T. P., O'Connor, T. P., & O'Brien, N. M. (2019). Comparison of the nutritional composition of experimental fermented milk:wheat bulgur blends and commercially available kishk and tarhana products. *Food Chemistry*, 278, 110–118.
- Özdemir, N., Yazıcı, G., Şimşek, Ö., Özkal, S. G., & Çon, A. H. (2018). The effect of lactic acid bacteria and yeast usage on aroma development during tarhana fermentation. *Food Bioscience*, 26, 30–37.



- Pavlovic, M., Huber, I., Konrad, R., & Busch, U. (2013). Application of MALDI-TOF MS for the Identification of Food Borne Bacteria. *The Open Microbiology Journal*, 7(1), 135–141.
- Petrova, P. (2020). Lactic Acid Fermentation of Cereals and Pseudocereals: Ancient Nutritional Biotechnologies. *Nutrients*, 12(2017), 1–26.
- Ponomarova, O., Gabrielli, N., Sévin, D. C., Mülleder, M., Zirngibl, K., Bulyha, K., Andrejev, S., Kafkia, E., Typas, A., Sauer, U., Ralser, M., & Patil, K. R. (2017). Yeast Creates a Niche for Symbiotic Lactic Acid Bacteria through Nitrogen Overflow. *Cell Systems*, 5(4), 345–357.e6.
- Ran, J., Su, Y., Wang, P., Yang, W., Li, R., Jiao, L., & Zhao, R. (2023). Effect of *Lactobacillus acidophilus* fermentation on bioaccessibility: The relationship between biotransformation and antioxidant activity of apple polyphenols based on metabolomics. *Lwt*, 190(September), 115360.
- Satam H, Joshi K, Mangrolia U, Waghoo S, Zaidi G, Rawool S, Thakare RP, Banday S, Mishra AK, Das G, Malonia SK. (2023). Next-Generation Sequencing Technology: Current Trends and Advancements. *Biology (Basel)*. 12(7).
- Sengun, I. Y., Nielsen, D. S., Karapinar, M., & Jakobsen, M. (2009). Identification of lactic acid bacteria isolated from Tarhana, a traditional Turkish fermented food. *International Journal of Food Microbiology*, 135(2), 105–111.
- Settanni, L., Tanguler, H., Moschetti, G., Reale, S., Gargano, V., & Erten, H. (2011). Evolution of fermenting microbiota in tarhana produced under controlled technological conditions. *Food Microbiology*, 28(7), 1367–1373.
- 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.
- Tangüler, H. (2014). Traditional Turkish Fermented Cereal Based Products: Tarhana, Boza and Chickpea Bread #. In *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* (Vol. 2, Issue 3). [www.agrifoodscience.com](http://www.agrifoodscience.com),
- Thomas, T., Gilbert, J., & Meyer, F. (2014). Metagenomics: A guide from sampling to data analysis. *The Role of Bioinformatics in Agriculture*, Figure 1, 357–383.
- TS 2282, (2004). <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?08111805111510805110411911010405504806508207705510307607605608410311811010012207604307611410608204706805310105511211010305711511510311605506908508305308510710810207412008308210208409008007005711012>
- Viljoen, B. (2006). Yeast Ecological Interactions. Yeast'Yeast, Yeast'Bacteria, Yeast'Fungi Interactions and Yeasts as Biocontrol Agents. In A. Querol & G. Fleet (Eds.), *Yeasts in Food and Beverages* (1st ed., pp. 83–110). Springer Berlin Heidelberg.
- Xu, W., Dong, Q., Zhao, G., & Han, B. (2023). Analysis of metabolites of bactrain camel milk in Alxa of China before and after fermentation with fermenting agent TR1 based on untargeted LC-MS/MS based metabolomics. *Heliyon*, 9(8), e18522.
- Zheng, Z., Wei, L., Zhu, M., Qian, Z., Liu, J., Zhang, L., & Xu, Y. (2023). Effect of lactic acid bacteria co-fermentation on antioxidant activity and metabolomic profiles of a juice made from wolfberry and longan. *Food Research International*, 174.

## Özgün Araştırma/Original Article

### Glutensiz maş fasulyesi krakerlerinin formülasyonu ve fiziko-kimyasal özellikleri

### The formulation and physicochemical properties of gluten free mung bean crackers

Atefeh Karimidastjerd<sup>1</sup>, Hasan Buğra Geçici<sup>2</sup>, Diren Duran<sup>2</sup>, Ece Ercan<sup>2</sup>, Lara İldan<sup>2</sup>,  
Zehra Esin Pehlivan<sup>2</sup>, Ömer Said Tokar<sup>1</sup>, Serdar Maraşlı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği bölümü, İSTANBUL, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Eti Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş., ESKİŞEHİR, TÜRKİYE

(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0003-2163-2608, Post Doc. Araştırmacı

ORCID ID: 0009-0005-7450-525X, Lisans mezunu

ORCID ID: 0009-0001-1525-7111, Lisans mezunu

ORCID ID: 0009-0000-1281-7630, Lisans mezunu

ORCID ID: 0009-0003-0006-9446, Lisans mezunu

ORCID ID: 0009-0004-0390-9217, Lisans mezunu

ORCID ID: 0000-0002-7304-2071, Doç. Dr.

ORCID ID: 0000-0002-5044-0595, Yüksek Lisans mezunu

\*Sorumlu yazar/Corresponding author: [stoker@yildiz.edu.tr](mailto:stoker@yildiz.edu.tr)

Geliş Tarihi : 04.12.2023

Kabul Tarihi : 10.07.2024

## Öz

**Amaç:** Günümüzün tüketici talepleri göz önünde bulundurulduğunda, sağlık problemleri nedeniyle veya bir tercih olarak bireylerde vegan, sağlıklı ve glutensiz ürünlerin tüketilmesine yönelik bir eğilim mevcuttur. Bu nedenle, bu çalışmada maş fasulyesi unu kullanılarak, gluten duyarlılığı olan çölyak hastalarının tüketimlerine uygun glutensiz ve vegan kraker formülasyonlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

**Materyal ve yöntem:** Maş fasulyesi unu, kraker formülasyonlarında %100, %75, %50, %25 ve %0 oranlarında proteini azaltılmış glutensiz nişastalı karışım (PAGNK) ile birlikte ikame edilmiştir. Tüm örneklerin kompozisyonu (toplam kuru madde, protein, yağ ve kül) su aktivitesi, gluten içeriği, tekstür ve duyuşal özellikleri incelenmiştir.

**Tartışma ve sonuç:** Protein ve kül içeriği maş fasulyesi unundan üretilmiş örneklerde yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Sertlik değerlerine bakıldığında maş fasulyesi unu içeren krakerlerde kontrol örneğine kıyasla daha az sertlik değerleri elde edilmiştir ( $p<0,05$ ). Kırılganlık değerlerinde bir farklılık gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Krakerlerin maş fasulyesi unu oranı arttıkça daha koyu bir renge sahip olduğu belirlenmiştir. Duyuşal analiz sonuçlarına göre en yüksek genel beğeni alan örnekler kontrol örneği ile %25 ve %50 maş fasulyesi unu kullanılarak hazırlanmış olan krakerler olmuştur. Sonuç olarak çalışmada, %25 maş fasulyesi unu ve PAGNK ile üretilen kraker ticarileşme potansiyeline sahip olan bir ürün olarak kabul edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Çölyak hastalığı; glutensiz; kraker; maş fasulyesi unu; vegan

## Abstract

**Objective:** Nowadays due to health problems and also personal choices of customers, there is an increase in demanding vegan, healthier and gluten free products. Therefore, in this study gluten-free and vegan cracker formulations were developed by using mung bean flour. Crackers were formulated with consideration for consumption by patients with Celiac disease and sensitive individuals to gluten.

**Materials and methods:** Mung bean flour was substituted in cracker formulations at ratios of 100%, 75%, 50%, 25%, and 0% with a protein-reduced gluten-free starchy mixture (PAGNK). The composition of all samples (total dry matter, protein, oil, and ash), water activity, gluten content, texture, and sensory properties were examined.

**Results and conclusion:** Protein and ash contents of mung bean flour substituted crackers were found higher than control sample ( $p<0.05$ ). The hardness values of the mung bean flour substituted crackers were found significantly lower than control ( $p<0.05$ ), while no difference ( $p>0.05$ ) was observed in the rigidity values. The mung bean cracker samples were found darker as  $L^*$  were less than (69.7), redder as  $a^*$  values were less than (1.5) and bluer as  $b^*$  was less than (22.3) in compare to control sample. It seems these results were due to darker color of mung bean flour. As a result of the sensory analyses, control sample and the two samples with 25% and 50% mung bean flour contents were got the highest general acceptability scores. As a conclusion, 25% mung bean flour substituted cracker can be promising to develop a commercial product with a high protein content and acceptability in textural, color and organoleptic properties.

**Keywords:** Celiac disease; cracker; gluten free; mung bean flour; vegan

## 1. Giriş

Gelişen ve değişen Dünyaya bakıldığında atıştırmalık gıdalara olan ilgi artmaktadır. Bununla beraber atıştırmalık gıda arayışının bir yönünü de sağlıklı atıştırmalıklar oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda “gluten içermeyen” ve “vegan” gıdaları seçen, bilinçli bir tüketici grubunun olduğu saptanmıştır. Bu yüzden de atıştırmalık gıda pazarına olan ilgi ve önem hızla büyümeye devam etmektedir. Ayrıca bir atıştırmalık gıda olan krakere olan talep de oldukça fazladır ve bunun yanında gün geçtikçe bu ürünle alakalı yeni markalar ve çeşitler gıda pazarına girmektedir (Küçükazman vd., 2008; Alpat ve Dumlu Bilgin, 2018; Aksüremeli ve Beşirli, 2019; Gökçen, Aksoy ve Özcan, 2019 ve Ulusoy ve Rakıcıoğlu, 2019). Buna ilave olarak günümüzde tüketiciler düşünüldüğünde bireylerin farkındalıklarının ve bilinçlerinin artması ile sağlık problemleri ya da kendi tercihleri sebebiyle çeşitli beslenme tarzları ortaya çıkmıştır (Alpat ve Dumlu Bilgin, 2018). Glutene hassasiyeti artan gruplar ve glutensiz beslenmek zorunda olan tüketiciler yeni üretilen glutensiz ürünlerin asıl hedef kitesidir (Fathonah vd., 2020).

Çölyak hastalığı, tahıl proteini olan glutene karşı bağışıklık sistemi tarafından verilen anormal yanıt sonucu oluşan otoimmün bir hastalıktır. Günümüzde, otoimmün hastalıkları, otizm bozuklukları, çölyak hastalığı ve gluten duyarlılığının bireylerde görülme sıklığı artış göstermektedir (Rosiana vd., 2021). Çölyak hastalığının bilinen bir tedavisi olmamakla beraber, bireylerin gluten tüketmemeleri gerekmektedir. Çölyak hastaları tarafından seçilen glutensiz ürünler günümüzde çölyak hastalığı olmayan bireyler tarafından da talep görmektedir (Küçükazman vd., 2008; Süremeli ve Karabudak, 2019). Gıda pazarında glutenli gıdalarla yapılan kıyaslamada glutensiz ürünler daha dar bir yelpazeye sahiptir. Glutensiz ürün üretiminde glutenin gıdadan uzaklaştırılmasıyla besin değerinin azalması önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu işlem yapılırken besin değerinin korunması da göz önünde bulundurulmalıdır (Taşkın, 2019). Kurubaklagiller ve bu grupta yer alan maş fasulyesi bu değeri korumak için iyi bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır (Sharma vd., 2017).

Maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.) yaygın olarak Asya, Güney Avrupa ülkeleri, Amerika ve Kanada'nın sıcak bölgelerinde üretilmektedir (Yi-Shen vd., 2018). Genel olarak yeşil veya sarı renklerde bulunan yüksek protein içeren (%22,9) ve besleyici değeri yüksek baklagillerdendir

(Sharma vd., 2017; Taşkın, 2019; Rosiana vd., 2021). Maş fasulyesi yetiştirilmesinin kısa sürmesi ve düşük maliyetli olması, onu önemli bir baklagil yapmaktadır. Ayrıca, farklı toprak yapılarında ekiminin yapılabilmesi ve iklim koşullarından fazla etkilenmemesinden dolayı Dünya'da çeşitli gıdaların kullanımında yaygın bir üründür. Baklagiller, insan beslenme rutininde oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Sharma vd., 2017). Türkiye'de dikim ve hasat işlemlerinin düşük maliyetli olmasından dolayı ağırlıklı olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Topaloğlu, 2019). Dünya çapındaki birçok sağlık kuruluşu tarafından bitki bazlı fonksiyonel gıdaların çeşitliliği tavsiye edilmiş, bu da beslenme düzenlerinde ciddi değişiklikler yapılması çağrısını başlatmıştır. Buna bağlı olarak, maş fasulyesinin eskisine oranla gıda pazarında daha fazla yer alabildiği görülmektedir (Hou vd., 2019; Taşkın, 2019; Topaloğlu, 2019). Türkiye'de yılda yaklaşık 2 bin ton üretilen maş fasulyesi, eskiye oranla marketlerde daha çok görülmektedir (Topaloğlu, 2019). Bunun yanında, maş fasulyesi; yüksek protein içeriği (lisin, lösin ve treonin açısından zengin, %23,0), lifli (%3,5-4,5) ve düşük yağlı (%1,0-1,5) olması nedeniyle vegan ve glutensiz beslenmeyi tercih eden kişiler için uygun bir ürün olabilir (Rosiana vd., 2021; Topaloğlu, 2019; Yu vd., 2023). Ayrıca, maş fasulyesinin mineraller, fenolik bileşikler ve polisakkaritler gibi diğer faydalı sağlık bileşenlerini de içerdiği kanıtlanmıştır (Hou vd., 2019). Maş fasulyesi ununun kalite ve prosesinde en önemli bileşenlerden biri olan nişasta granülleri genel olarak oval yuvarlak yapıdadır. Maş fasulyesi ununun amiloz oranı yüksek olup, bu sebepten dolayı zayıf jelatinizasyon, zayıf stabilite (depolama süresinde) ve yüksek sinereze (jel gibi ürünlerde sıvı ve katı bileşenlerin ayrılmasıyla sonuçlanan sinerez) sahiptir. Buna ilaveten, amiloz oranının yüksek olması, elde edilen son ürünün kalitesi ve termal işleme özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Hoover vd., 1997; Yu vd., 2023 ve Dhull vd., 2024). Genel olarak sağlık açısından baklagillerin tüketiminin önemli olduğu bulunmuştur, örneğin; anti-diyabetik, antioksidatif, anti-inflamatuvar, kanser önleyici, LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterol düşürücü ve kemik erimeye karşı gibi etkiler gösteren birçok biyoaktif bileşen içermektedirler (Sharma vd., 2017).

Hafidh vd. (2015), maş fasulyesi ekstraktının sitotoksik etkilerini detaylı olarak araştırmıştır. Çalışmaları sonucunda, maş fasulyesi özütünün insan rahim ağzı kanseri hücrelerine ve insan hepatokarsinom hücrelerine karşı uyguladığı

önemli sitotoksik etkileri gösterilmiş, maş fasulyesi özütünün antikanser kemoterapisinde bilinen veya yeni hedefleri etkileyerek oldukça umut verici bir sitotoksik ajan olduğunu görmüşlerdir. Bu antikanser aktivitelerinin, maş fasulyesi ekstraktının güçlü, çoklu mekanizma ve sinerjik antikanser ve/veya immünomodülatör etkiler uygulama şansı veren birden fazla bileşen tarafından yönlendirildiğini düşünmüşlerdir. Yi-Shen vd. (2018)'de yaptığı çalışmalar sonucunda, maş fasulyesi proteinleri ve hidrolizatlarının, gıdalarda, farmasötiklerde, diğer ürünlerde ve işlemlerde önemli besinsel, fonksiyonel ve biyoaktif potansiyel kullanımları olan bileşiklerin kaynakları olarak büyük umut vadettiklerini belirtmişlerdir. Duh vd. (1997), yaptığı çalışmalar sonucunda maş fasulyesi kabuğunun, belirgin antioksidan aktiviteleri nedeniyle potansiyel bir doğal antioksidan olduğunu belirtmişlerdir. Shi vd. (2016), çalışmalarında günlük diyetler için fasulye çeşitlerinin seçiminde veya kanser, kardiyovasküler gibi hastalıkların tedavisinde kullanım için potansiyeli olan fonksiyonel gıdaların tasarımıyla yardımcı olmak için kullanılabilir olacağını belirtmişlerdir. Maş fasulyesi, fosfor, demir, kalsiyum, çinko, selenyum, bazı vitaminler ve fenolik bileşenler içermektedir. Buna ilave, lif açısından zengindir ve esas olarak diyet lifi (nişasta olmayan) birkaç polisakaritten oluşur (Hou vd., 2019; Seyhan vd., 2024). Bu diyet lifi, ortalama 4,6 g/100 g kuru maddede bulunmaktadır (Taşkın, 2019). Gıdalarda su bağlama endeksi gibi fonksiyonel özellikler; protein, nişasta ve buna ilave lif oranına bağlıdır (Liu vd., 2015). Bu sebeple, glutensiz ürün formülasyonlarında pirinç, badem, hindistan cevizi, çığ nohut ve mısır unu yerine veya farklı oranlarda diyet lifi içeren maş fasulyesi unu kullanılmaktadır (Seyhan vd., 2024). Luo vd.

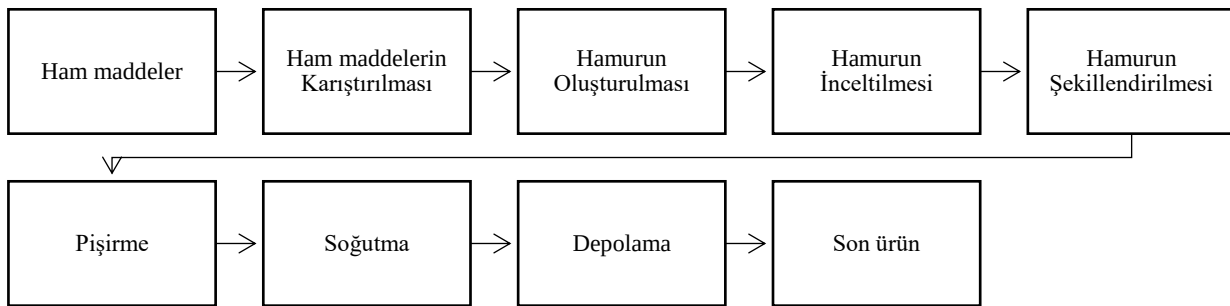
(2016) raporuna göre, maş fasulyesi ununun antioksidan gibi fonksiyonel bileşenler içerdiği için anti-inflamatuar ve antidiyabetik etkileri olabilmektedir. Çölyaklı bireyler için hazırlanan ürünlerde maş fasulyesi unu besleyici ve sağlıklı bir alternatif olarak kullanılmaktadır.

Belirtilen nedenler göz önünde bulundurulduğunda çalışma kapsamında maş fasulyesi unu kullanarak yüksek besin değeri olan, glutensiz ve vegan bir kraker üretimi amaçlanmıştır. Bu amaçla maş fasulyesi unu ile PAGNK, farklı oranlarda kullanılarak krakerlerin üretimi sağlanmıştır. Beş farklı formülasyonla üretilen krakerlerin kalite özellikleri, fizikokimyasal analizleri, gluten içeriği, su aktivitesi, tekstür, renk ve duyu özellikleri araştırılmıştır. Maş fasulyesi unu ile krakerlerin besin değerlerinin geliştirilmesi, glutensiz ürün çeşitliliğinin artırılması ve organoleptik özelliklerinin beğenilmesi hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Maş fasulyesi unu (Aktarix, Antalya, Türkiye), proteini azaltılmış glutensiz nişastalı karışım (PAGNK) (İstanbul Halk Ekmek, İHE, GNK, İstanbul, Türkiye), şeker, tuz, kabartma tozu, ayçiçek yağı lokal bir marketten temin edilmiştir. PAGNK'nın içeriği her besin g/100 g karışımında; %0,7 yağ, %84,5 karbohidrat, %3,7 lif, %0,2 tuz ve %6,8 şeker, 4,1% protein olarak ürün etiketinde beyan edilmiştir. PAGNK ununun nişastası mısır, glutensiz buğday ve pirinçten oluşmaktadır. PAGNK unu, krakerlerde glutensiz un olarak beyan edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır ve hepsi Merck Kimya (Darmstadt, Almanya) tarafından temin edilmiştir.



Şekil 1. Maş fasulyesi unu içeren krakerlerin üretim şeması



## 2.2. Kraker üretimi

Glutensiz vegan kraker örneklerinde bağımsız değişken maş fasulyesidir. Krakerlerin üretim süreci şekil 1'de verilen akış şeması ile gösterilmiştir. Maş fasulyesi oranlarındaki değişimlere bağlı olarak ürünün fiziksel ve kimyasal açıdan gösterdiği farklılıkların incelenmesi amaçlanmıştır. %0, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında maş fasulyesi unu kullanılarak 5 farklı formülasyonda kraker örnekleri hazırlanmıştır. Maş fasulyesi unu içermeyen kontrol örneği, Han vd. (2010)

yöntemine göre hazırlanmıştır. Gereken formülasyonlarda maş fasulyesi ununu destekleyici un olarak İstanbul Halk Ekmek markalı PAGNK unu kullanılmıştır. Formülasyonlarda yalnızca un oranlarının değişiklik gösterdiği ürün içerikleri Çizelge 1'de yer almaktadır. Tablolarda örneklerin daha kısa yazılabilmesi için kodlamalar yapılmıştır: K: %100 glutensiz un içeren kraker, K1: %25 maş fasulyesi unu içeren kraker, K2: %50 maş fasulyesi unu içeren kraker, K3: %75 maş fasulyesi unu içeren kraker ve K4: %100 maş fasulyesi unu içeren kraker olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 1.** Maş fasulyesi içeren krakerlerin üretim formülasyonları ve içerikleri

| Formülasyonlar* | Ham madde             |                  |                   |         |           |                |         |
|-----------------|-----------------------|------------------|-------------------|---------|-----------|----------------|---------|
|                 | Maş fasulyesi unu (g) | Glutensiz un (g) | Kabartma tozu (g) | Tuz (g) | Şeker (g) | Sıvı yağı (mL) | Su (mL) |
| K               | 0                     | 100              | 0,75              | 3,5     | 3,5       | 25             | 30      |
| K1              | 25                    | 75               | 0,75              | 3,5     | 3,5       | 25             | 30      |
| K2              | 50                    | 50               | 0,75              | 3,5     | 3,5       | 25             | 30      |
| K3              | 75                    | 25               | 0,75              | 3,5     | 3,5       | 25             | 30      |
| K4              | 100                   | 0                | 0,75              | 3,5     | 3,5       | 25             | 30      |

K: kontrol örnek (%100 glutensiz un içeren kraker), K1: %25 maş fasulyesi unu içeren kraker, K2: %50 maş fasulyesi unu içeren kraker, K3: %75 maş fasulyesi unu içeren kraker ve K4: %100 maş fasulyesi unu içeren kraker.

## 2.3. Fizikokimyasal analizler

Tüm besin ögeleri kompozisyonu AOAC resmi metotları esas alınarak belirlenmiştir. Toplam kuru madde miktarının 925.10 numaralı metoda göre belirlenmesi için, 105°C etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutma işlemi devam etmiştir (AOAC,1990). Kül içeriğinin belirlenmesi için 923.03 numaralı AOAC yöntemine göre, kül fırının sıcaklığı 500°C'ye ayarlanmıştır ve örnekler bu sıcaklıkta bekletilmiştir (AOAC, 1990). Soxhlet ekstraksiyonu 920.39 numaralı yöntemi ile yağ miktarı ölçülmüştür (AOAC, 2000). Toplam protein miktarının belirlenmesinde Kjeldahl yöntemi 984.13 numaralı metot kullanılmıştır (AOAC, 1990). Kjeldahl yönteminde kullanılan standart protein faktörü 6,25 olarak alınmıştır.

## 2.4. Gluten içeriğinin belirlenmesi

Gluten analizi için ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay) (TS EN ISO 21415-1, 2008; Özcan vd., 2020) yöntemiyle ppm düzeyinde bir analiz yapılmıştır.

Homojen örneklerden 0,25 g alınarak üzerine 2,5 mL koktail solüsyonu iyice çalkalanarak eklenir ve kapaklar sıkıca kapatılarak karıştırılır. 50°C'de 40 dakika su banyosunda inkübasyona bırakılır. Sonra oda sıcaklığına soğutulur. Daha sonra 7,5 mL %80'lik etanolden ilave edilir. 1 saat oda sıcaklığında aşağı-yukarı sarsakta karıştırılır. 4000 rpm'de 10 dakika oda sıcaklığında santrifüj edilir.

Üstte berraklaşan sıvı (supernatant) cam vidalı kapaklı viallere alınır. 1:12,5 (100 µL örnek supernatant+1,5 µL seyreltilmiş örnek seyreltme çözeltisi) oranında seyreltilir (toplam seyreltme faktörü 1:500 (1:40 x 1:12,5) olur). Ürün içindeki gluten miktarı bilinmediği için farklı seyreltme oranlarında çözeltiler hazırlanır. Daha iyi karışmanın sağlanması için fazla miktarda olan örnek seyreltme çözeltisi, ependorf tüpüne önce konulur sonra az miktarda olan supernatant ilave edilip vortekslenir. Daha sonra bu karışımdan her kuyucuğa 100 µL konulur. Kuyucuk [(6 standart+örnek) x paralel sayısı]+100 µL örnek homojen dağılması sağlanır. Kontaminasyonu engellemek için kuyucukların üzeri kapatılarak 30 dakika oda sıcaklığında beklemeye bırakılır.

Süre sonunda sert şekilde 3 kere silkeleme hareketi yapılarak ve havlu kâğıt üzerine birkaç kere sertçe vurularak sıvı, kuyucuklardan uzaklaştırılır. 250 µL seyreltik yıkama solüsyonundan kuyucuklara konur ve 3 kere yıkama işlemi tekrar edilir. Her seferinde sıvı, bir önceki basamakta anlatıldığı gibi uzaklaştırılır. Son yıkama işlemi sonrasında kuyucuklar, havlu kâğıt üzerine sertçe vurulur ve sıvı tamamen uzaklaştırılır. Her kuyucuğa 100µL seyreltik antibadi enzimatik konjugattan konur. Tırnakla kuyucukların kenarına hafif hafif vurularak iyice karışması sağlanır. Kuyucukların üzeri kapatılıp, oda sıcaklığında 30 dakika inkübasyona bırakılır.

Süre sonunda her kuyucuğa stop solüsyonu ilave edilir. Tırnakla kuyucukların kenarına hafif hafif vurularak iyice karışması sağlanır. Beklemeden 450 nm’de okuma yapılır. Programa seyreltme faktörü, örnek sayısı (paralleriyle birlikte) girilir, sonuç alınır. Alınan sonuç ppm düzeyinde gliadin miktarını vermektedir. Örnek içindeki gluten miktarının bulunması için çıkan sonuç 2 ile çarpılır.

## 2.5. Su aktivitesi içeriğinin belirlenmesi

Saf suyun su aktivitesi 1,00’dir. Üç paralel analizde, Novasina Labtouch su aktivitesi (aw) cihazı (Lachen, Neuheimstrasse, İsviçre) kullanılmıştır. 0 ile 1 arasında bir sonuç veren su aktivitesi cihazı, aşağıda yer alan formül ile gıdaların su aktivitesi hesaplanmaktadır.

P: gıdadaki suyun buhar basıncı ve P0: saf suyun buhar basıncı oraral bilinmektedir.

$$a_w = \frac{P}{P_0}$$

## 2.6. Renk özelliklerinin belirlenmesi

Kraker örneklerinin yüzeysel renk özellikleri, CR-400 el kolorimetresi (Konica Minolta, Tokyo, Japonya) ile belirlenmiş olup; örnekler L (açıklık-koyuluk), a (kırmızı-yeşil) ve b\* (sarı-mavi) parametreleri açısından değerlendirilmiştir.

## 2.7. Tekstürel özelliklerinin belirlenmesi

Tekstür analiz için TA.HD Plus C tekstür analiz cihazı (Boston, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılmıştır. Kraker örneklerinde sertlik ve kırılabilirlik özelliklerine bakılmıştır. Bu işlem için prob (üç noktalı bükme teçhizatı) kullanılmıştır. Analizler üretim yapıldıktan 24 saat sonra gerçekleştirilmiştir ve bu süre zarfında numuneleri oda koşullarında muhafaza edildi. Buna göre test öncesi mod 1,00 mm/sn olarak belirlenirken, test hızı 3,00 mm/sn ve test sonrası hız ise 10,00 mm/sn olarak ayarlanmıştır. Hedef modu gerilme (%30) ve tetik gücü 0,049 N olarak seçilmiştir (Ertaş ve Doğruer, 2010).

## 2.8. Duyusal analiz

Kraker örneklerinin duyusal analizi, eğitimsiz-yarı eğitimli 15 kadın ve 15 erkek olmak üzere toplam 30 panelist tarafından; koku, ağız hissi, renk, lezzet, tekstür ve genel beğeni açısından 9’lu hedonik skala ile değerlendirilmiştir. Analiz sırasında, her bir farklı formülasyondaki kraker için rastgele üç haneli kodlar belirlenmiştir. Duyusal analiz özellikleri, 1’den (aşırı kötü) 9’a (mükemmel) kadar puanlanan hedonik skala ile duyusal analiz formunda panelistlere sunulmuştur.

## 2.9. İstatistiksel analiz

3 paralel halinde gerçekleştirilen analizlerin sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ( $p < 0,05$ ) olup olmadığını bulabilmek için veriler varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testine göre değerlendirilmiş olup söz konusu istatistiksel analizler IBM SPSS Model 18.0 programı (Chicago, Illinois, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılarak yapılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Kimyasal kompozisyon

Kraker örneklerinin kimyasal özellikleri yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir. En yüksek kül miktarı  $5,80 \pm 0,60$  oranında %100 (K4) maş fasulyesi unundan üretilmiş örnekte belirlenmiştir. Kraker örneklerinde kül miktarı, maş fasulyesi unu artışıyla doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Bu artış, istatistiki olarak da anlamlı ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur (Çizelge 2). Benzer bir çalışmada, farklı oranlarda maş fasulyesi unu ve mısır unu ile yapılan kurabiyelerde, yüksek oranda maş fasulyesi unu içeren örneklerin daha yüksek kül içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Rosiana vd., 2021). Farklı oranlarda maş fasulyesi içeren krakerlerin ve maş fasulyesi ununun. Kjeldahl yöntemiyle belirlenen protein miktarları Çizelge 2’de verilmiştir. Maş fasulyesi ununun protein miktarı  $20,80 \pm 0,06$  olarak tayin edilmiştir. Bu sonuca göre maş fasulyesi ununun içerdiği protein oranı krakerlerde kontrol edilip doğrulanmıştır. Benzer bir çalışmada, maş fasulyesi ununun protein içeriği %18,05 olarak bulunmuştur (Rosiana vd., 2021). Kontrol krakerde (%100 glutensiz un içeren) protein bulunamamıştır (Çizelge 2). Kullanılan PAGNK, üretilen krakerlerin protein miktarını etkilememiştir. Sırasıyla %25, %50, %75 ve %100 maş fasulyesi unu içeren krakerlerin protein değerlerindeki artış anlamlı ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur. En yüksek protein miktarı, %100 maş fasulyesi unundan üretilmiş olan krakerde gözlemlenmiştir. Maş fasulyesi ununun kullanılması, krakerlerde ve diğer benzer ürünlerde toplam protein (lisin, lösin ve treonin aminoasitleri) açısından besin değerini artırmaktadır (Yen vd., 2023). Krakerlerin yağ miktarları Çizelge 2’de bildirilmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda yağ miktarı tüm örneklerde benzer çıkmıştır. Kraker örneklerindeki maş fasulyesi unu miktarının artmasıyla yağ değerinde anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p > 0,05$ ). Tüm formülasyonlarda aynı miktarda sıvı yağ kullanılması ve maş fasulyesinin yağ oranının düşük olması, bu sonuca sebep olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 2.** Maş fasulyesi içerikli krakerlerin toplam kuru madde, protein, kül, yağ, nem miktarı (%), gluten (ppm) ve su aktivitesi\*

| Kraker örnek | Toplam kuru madde      | Protein               | Kül                    | Yağ                   | Gluten (ppm)            | Su aktivitesi (a <sub>w</sub> ) | Nem miktarı              |
|--------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| K            | 92,0±0,2 <sup>b</sup>  | 0,0±0,0 <sup>e</sup>  | 2,9±0,0 <sup>b</sup>   | 18,4±0,3 <sup>a</sup> | 2,23±0,47 <sup>c</sup>  | 0,44±0,000 <sup>a</sup>         | 0,08±0,0160 <sup>a</sup> |
| K1           | 95,9±1,2 <sup>a</sup>  | 4,4±0,1 <sup>d</sup>  | 3,400±0,1 <sup>b</sup> | 22,6±0,5 <sup>a</sup> | 3,84±0,07 <sup>bc</sup> | 0,37±0,0005 <sup>b</sup>        | 0,04±0,0002 <sup>b</sup> |
| K2           | 94,20±0,6 <sup>a</sup> | 9,4±0,1 <sup>c</sup>  | 4,3±0,2 <sup>a</sup>   | 21,9±0,6 <sup>a</sup> | 5,91±0,23 <sup>b</sup>  | 0,36±0,0005 <sup>b</sup>        | 0,06±0,006 <sup>b</sup>  |
| K3           | 95,60±0,9 <sup>a</sup> | 13,9±0,1 <sup>b</sup> | 5,3±0,2 <sup>a</sup>   | 20,9±0,4 <sup>a</sup> | 8,18±0,080 <sup>a</sup> | 0,37±0,0035 <sup>b</sup>        | 0,04±0,0090 <sup>b</sup> |
| K4           | 94,80±0,4 <sup>a</sup> | 19,1±0,2 <sup>a</sup> | 5,6±0,2 <sup>a</sup>   | 20,5±0,6 <sup>a</sup> | 10,42±0,09 <sup>a</sup> | 0,36±0,0015 <sup>b</sup>        | 0,05±0,0040 <sup>b</sup> |

K: kontrol örnek (%100 glutensiz un içeren kraker), K1: %25 maş fasulyesi unu içeren kraker, K2: %50 maş fasulyesi unu içeren kraker, K3: %75 maş fasulyesi unu içeren kraker ve K4: %100 maş fasulyesi unu içeren kraker. \* istatistiksel olarak aynı sütündeki farklı olan örnekler farklı harfler ile belirlenmiştir

4 Ocak 2012 tarihinde “Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği” Resmî Gazete’de yayınlanan tebliğe göre “son tüketiciye sunulacak gıdadaki gluten seviyesinin 20 mg/kg (ppm)’yi aşmaması koşuluyla “glutensiz” ibaresi kullanılabilir” denmektedir (Yıldız, 2019). Ayrıca, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından “glutensiz” ürünlerde kabul edilebilir seviye 20 ppm altında olması gerektiği belirtilmiştir (Yen vd., 2023). Bu çalışmada üretilen krakerlerin glutensiz ürün kategorisine girip girmediği bu sınıra göre değerlendirilmiştir. Çalışmada, maş fasulyesi ununun gluten içeriği 1,85 ppm olup, tebliğe göre glutensiz kabul edilmektedir. Beş farklı oranda maş fasulyesi içeren krakerlerin gluten içeriği incelendiğinde, ppm düzeyinde en düşük sonuç 2,23 ppm K örneğine ait çıkmıştır (Çizelge 2). K örneğinde eser miktarda gluten tespit edilmiştir. Ayrıca K4 örneğinde 20 ppm altında gluten bulunmuştur. Glutensiz un üreten firmalarda gluten kalıntılarının prosten sonra tam olarak ortamdaki uzaklaştırılamaması çapraz kontaminasyona sebep olabilmektedir. En yüksek gluten miktarı K2 ve K4 krakerlerde tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, kullanılan maş fasulyesi unu safsızlık olarak gluten içermektedir. Tüm krakerlerin gluten içeriği sonuçları yayınlanan tebliğ ile kıyaslanmış ve bunun doğrultusunda “glutensiz” ibaresi kullanılması için uygun olduğu tespit edilmiştir.

Krakerlerin su aktivite (a<sub>w</sub>) sonuçları Çizelge 2’de gösterilmiştir. Bu verilere göre, en yüksek su aktivitesi değerinin K örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Diğer sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır (p>0,05). Maş fasulyesi ununun su aktivitesi ise 0,380±0,006 olarak ölçülmüştür. 0,60 a<sub>w</sub> değerinin altı düşük su aktivitesi olarak kabul edilmektedir ve bu değer altında bulunan gıdalarda mikroorganizma gelişmesi ve bazı biyokimyasal reaksiyonlar yavaşlamakta veya tamamen durmaktadır (Yıldırım vd., 2018). Çizelge 2’deki verilere göre üretilen krakerlerde mikrobiyal gelişme riski görülmemektedir. Bir diğer rapora göre, maş

fasulyesi ununun nem oranı %10’un altında bulunmuştur ve bu durumda uzun raf ömrü olması beklenmektedir (Rosiana vd., 2021). Kraker ve maş fasulyesi ununun nem miktarları (%) Çizelge 2’de gösterilmiştir. Bu veriler arasında en yüksek nem miktarı maş fasulyesi ununda %0,12 ± 0,02 bulunmuştur. Kraker örneklerinde ise nem oranı en yüksek miktarda K örneğinde görülürken (p<0,05), diğer krakerlerin ise istatistiksel olarak benzer olduğu tespit edilmiştir (p>0,05).

### 3.2. Renk özellikleri

Gıdaların rengi kalite açısından çok önemlidir. Tüketicilerin tercihlerinde ürünün görünüşü ve rengi ilk sıralarda yer almaktadır (Karimidaşterd ve Kilic-Akyılmaz, 2021). Ürün rengi, tüketici tercihinde önemli bir yer teşkil etmesinin yanında ürünün içeriği hakkında tüketiciye bilgi vermektedir (Carvalho vd., 2017). Bu nedenle gıdanın kalite parametreleri belirlenirken renk özelliklerine de bakılmaktadır. Krakerlerin renk değerleri Çizelge 3’te verilmiştir. Krakerlerin rengi, ürünün görsel çekiciliğini ve buna bağlı olarak tüketici tarafından tercih edilme oranını etkileyen önemli bir faktördür. Krakerlerin renk değerleri incelendiğinde, L\* değerleri kontrol örneğiyle (69,6) kıyaslandığında önemli bir şekilde azalma göstermiştir (p<0,05) (Çizelge 3). Analizler sonucuna göre, maş fasulyesi unu ilavesinin artmasıyla kraker renginde kahverengileşme görüldüğü ve L\* değerlerinin düştüğü belirlenmiştir.

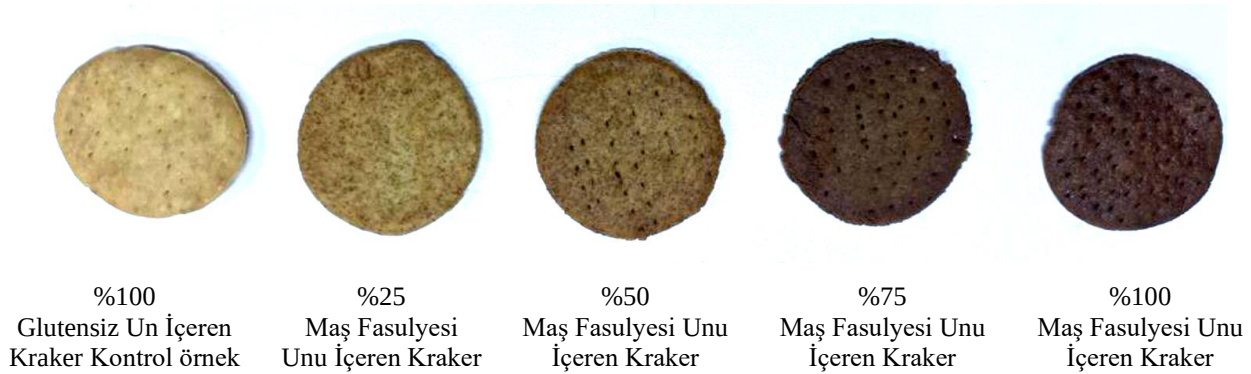
Maş fasulyeli krakerlerin a\* değerleri, 3,9 ile 7,2 arasında değişiklik göstermektedir. Krakerlerin a\* değerleri kontrol örneği olan K’dan (a\*=1,5) yüksek bulunmuştur. Krakerlere ilave edilen maş fasulyesi unu oranı arttıkça, a\* değerlerinin yani kırmızılığın arttığı tespit edilmiştir. Ancak istatistiksel olarak %50, %75 ve %100 maş fasulyesi unu olan krakerlerde anlamlı bir fark yoktur (p>0,05). Krakerlerin b\* değerleri (4,5-19,0), kontrol örneğinden (K, b\*=22,3) belirgin düzeyde düşük bulunmuştur. Krakerlere ilave edilen maş fasulyesi unu oranının artması sonucu,

L\* ve b\* değerlerinin azaldığını, a\* değerinin ise anlamlı bir artış yoktur (Çizelge 3 ve Şekil 2). Krakerlerde gözlemlenen renk farklılıkları (Şekil 2), maş fasulyesi unu renginden, kaynaklanmaktadır. Kontrol örneğinde kullanılan PAGNK beyaz renge sahipken, maş fasulyesi unu açık yeşil bir renge sahip olduğundan renk farklılıklarının gözle bile fark edilebilir olduğu tespit edilmiştir. Maş fasulyesi unu yüksek protein içerdiği için pişirme esnasında Maillard reaksiyonu gerçekleşmekte ve bunun sonucunda hem renk ve hem duyuşsal sonuçlara göre ağızda hissedilen tatlılık artmaktadır (Rosiana vd., 2021).

**Çizelge 3.** Maş fasulyesi unu içeren kraker örneklerinin renk parametreleri\*

| Kraker Örnek | L*                    | a*                   | b*                     |
|--------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| K            | 69,6±2,1 <sup>a</sup> | 1,5±0,5 <sup>c</sup> | 22,3±2,3 <sup>a</sup>  |
| K1           | 60,9±2,8 <sup>b</sup> | 3,9±0,9 <sup>b</sup> | 19,0±2,2 <sup>ab</sup> |
| K2           | 54,7±1,5 <sup>b</sup> | 7,0±0,5 <sup>a</sup> | 17,3±1,4 <sup>b</sup>  |
| K3           | 47,6±1,2 <sup>c</sup> | 7,2±0,5 <sup>a</sup> | 10,5±0,8 <sup>c</sup>  |
| K4           | 41,8±1,2 <sup>d</sup> | 6,9±0,5 <sup>a</sup> | 4,5±1,1 <sup>d</sup>   |

K: kontrol örnek (%100 glutensiz un içeren kraker), K1: %25 maş fasulyesi unu içeren kraker, K2: %50 maş fasulyesi unu içeren kraker, K3: %75 maş fasulyesi unu içeren kraker ve K4: %100 maş fasulyesi unu içeren kraker.\* İstatistiksel olarak farklı olan örnekler aynı sütunda farklı harfler ile gösterilmiştir ( $p<0,05$ ).



**Şekil 2.** Farklı formülasyonlarda üretilen maş fasulyesi unlu krakerlerin görselleri

### 3.3. Tekstürel özellikleri

Üretim formülasyonu geliştirilen krakerlerin tekstür analizi ile sertlik ve kırılabilirlik parametreleri incelenmiştir. Tüketicinin tazelik algısıyla ürünlerin tekstürel özellikleri arasında önemli bir ilişki vardır (Ahlborn vd., 2005). Elde edilen sertlik ve kırılabilirlik değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.** Maş fasulyesi unu içeren krakerlerin sertlik (g) ve kırılabilirlik (mm) değerleri ortalama ± ss.\*

| Kraker örneği | Sertlik(g)                | Kırılabilirlik(mm)    |
|---------------|---------------------------|-----------------------|
| K             | 4014,0±302,0 <sup>a</sup> | 36,0±1,0 <sup>a</sup> |
| K1            | 944,2±110,1 <sup>d</sup>  | 36,8±0,5 <sup>a</sup> |
| K2            | 1880,5±99,4 <sup>b</sup>  | 36,4±1,1 <sup>a</sup> |
| K3            | 1923,5±105,6 <sup>b</sup> | 36,0±1,4 <sup>a</sup> |
| K4            | 1618,1±258,7 <sup>c</sup> | 37,1±1,2 <sup>a</sup> |

K: Kontrol örnek (%100 glutensiz un içeren kraker), K1: %25 maş fasulyesi unu içeren kraker, K2: %50 maş fasulyesi unu içeren kraker, K3: %75 maş fasulyesi unu içeren kraker ve K4: %100 maş fasulyesi unu içeren kraker.\* İstatistiksel olarak farklı olan örnekler aynı sütunda farklı harfler ile gösterilmiştir ( $p<0,05$ ).

Farklı oranlarda maş fasulyesi unu ikamesiyle üretilen krakerlerin sertlik değerleri incelendiğinde, kontrol örneği olan %100 glutensiz un içeren krakerin sertlik değerlerinin, diğer örneklerle kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterdiği tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). İstatistik sonuçlarına göre, krakerlerde maş fasulyesi unu oranı ile sertlik değerinin arasında anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır (Çizelge 4).

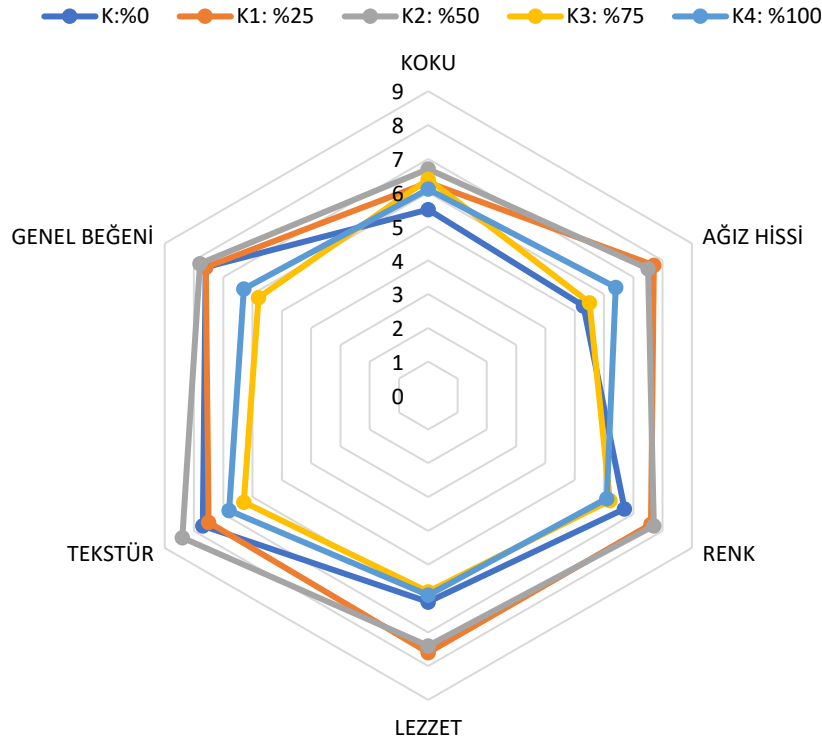
Bir üründe tekstür olarak sertlik, gluten ve lif oranı ile değişmektedir (Nazari ve Gharekhani, 2021; Rosiana vd., 2021). En az maş fasulyesi unu içeren kraker K1 en düşük sertlik özelliği olan ürün olarak bulunmuştur (Çizelge 4). Kontrol örnekle kıyaslandığında, tekstürel açıdan kırılabilirlik tüm örneklerde benzer çıkmıştır ( $p>0,05$ ). Kontrol krakerin hamurunun glutensiz olması sebebiyle üretim aşamasında elastikliğinin düşük ve kırılabilirliğinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu özellik ekmeklerde istenmeyen bir özellik olmasına rağmen kraker gibi ürünlerde istenilmektedir (Nazari ve Gharekhani, 2021; Rosiana vd., 2021; Yen vd., 2023).



### 3.4. Duyusal analiz

30 panelist tarafından gerçekleştirilen duyusal değerlendirmeye katılan panelistlerin yaş ortalaması 22'dir. Panelistlerden elde edilen veriler Şekil 3'te gösterilmiştir. Genel beğeni düzeyine bakıldığında en çok beğenilen üç kraker örneği K, K1 ve K2 maş fasulyesi unu kullanılarak hazırlanan kraker örnekleri olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre birbirine yakın koku, renk, tekstür, ağız hissi ve lezzet değerlerine sahip olan K1 ve K2 maş fasulyesi unu içeren örnekler koku dışında diğer duyusal özelliklerde 7 üzeri puan almıştır. İstatistiksel İstatistiksel değerlendirmeye göre, K1 ve K2 örnekleri arasında tekstür dışında anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ). K3 ve K4 maş

fasulyesi unu içeren krakerler ise genel beğeni düzeyinde panelistlerden istatistiki olarak aynı puanları almıştır ( $p>0,05$ ). Ekmek örneklerinde yapılan bir çalışmada, %10 maş fasulyesi unu içeren örneklerin genel beğeni puanları, kontrol örneğinden farklı bulunmamıştır (Nazari ve Gharekhani, 2021). Rosiana vd. (2021)'nin çalışmasında, maş fasulyesi ve mısır unu ile üretilen atıştırmalıkların 60 otizm rahatsızlığı olan kişiye tattırılarak renk açısından %60 maş fasulyesi içeren atıştırmalığın beğenildiği rapor edilmiştir. Benzer çalışmalarda kullanılan maş fasulyesi ununun yüzde oranı farklılık göstermekle birlikte, duyusal analiz sonuçları maş fasulyesi ununun potansiyel bir un olarak gıdalarda kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 3. Kraker örneklerine ait duyusal değerlendirme sonuçları

### 4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında protein içeriği yüksek, vegan ve Türk gıda kodeksi (sayı numaralı 2816) gluten intoleransı olan bireylere uygun gıdalar tebliğine göre “glutensiz” beyanı içerebilen krakerler formüle edilmiştir. Kraker hem her yaştan insanın tüketebileceği bir atıştırmalık olmasıyla hem de üretiminin kolay ve standardizasyonun yüksek olan bir ürün olarak seçilmiştir. Bu doğrultuda biri kontrol grubu olmak üzere 5 farklı formülasyonda krakerler hazırlanmıştır. Krakerlerde maş fasulyesi unu

artıkça kül ve protein miktarı artış göstermektedir. Bu durum, maş fasulyesinin mineral ve proteinden zengin olması ile açıklanabilmektedir. Renk açısından %25 ve %50 maş fasulyesi unu içeren örneklerden, kontrol örneğine yakın sonuçlar elde edilmiştir daha yüksek maş fasulyesi unu daha koyu renk ürün ortaya çıkartmıştır. Tekstür sonuçlarına göre %25 maş fasulyesi unu içeren kraker en düşük sertliğe sahipken, en yüksek sertlik %100 glutensiz un içeren krakerde tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, yüksek protein ve lif içeren un ile hazırlanan hamurlarda daha sert hamur ve ürünler elde edilebilir demektir.



Genel beğeniden, kontrol örneği ile %25 ve %50 maş fasulyesi unu kullanılarak hazırlanan krakerler en yüksek puanı almıştır. Sonuç olarak %25 maş fasulyesi unu içeren kraker diğer krakerlere göre ticari bir ürün olarak üretilir. Maş fasulyesi unu, proteini yüksek ve glutensiz bir özelliğe sahiptir. Bu yüzden üründe kullanılan maş fasulyesi unu arttıkça, doğrusal olarak protein artışı gözlemlenmektedir. Gluten içeriği artsa bile, ürün hâlâ 'glutensiz' olarak kabul edilmektedir. Paketleme, raf ömrü ve fonksiyonel özellikler

analizi, ürünün geliştirilmesi için büyük önem taşımaktadır.

## 5. Teşekkür

Bu proje, TÜBİTAK tarafından 2209-B Sanayiye Yönelik Lisans Araştırma Projeleri Destek Programı kapsamında desteklenmiştir.

## 6. Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

## 7. Kaynaklar

Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix S. B., Hess, and W. M., Huber, C. S. (2005). Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free breads. *Cereal Chemistry*, 82, 328-335. <https://doi.org/10.1094/CC-82-0328>.

Aksürmeli, Z. S. T., ve Beşirli, H. (2019). Vegan kimliğin oluşumu: vegan olmak ve vegan kalmak. *Akademik Hassasiyetler*, 6(12), 223-249.

Alpat, İ., ve Dumlu Bilgin, G. (2018). Glutensiz diyet: trend mi yoksa tedavi yöntemi mi?. *International Peer-Reviewed Journal of Nutrition Research*, (12).

AOAC. (1990). Official methods and recommended practices of the American oil chemists society. 15th Ed., Washington.

AOAC. (2000). Official methods and recommended practices of the American oil chemists society. 17th Ed., Washington.

Carvalho, F. R., Moors, P., Wagemans, J., and Spence, C. (2017). The influence of color on the consumer's experience of beer. *Frontiers in Psychology*, 8, 2205. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02205>

Dhull, S. B., Tanwar, M., Khatkar, S. K., Chandak, A., Chawla, P., and Goksen, G. (2024). Exploring the effects of thermal and non-thermal modification methods on morphological, functional, and pasting properties of mung bean starch. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 92, 103581. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103581>

Duh, P. D., Yen, W. J., Du, P. C., and Yen, G. C. (1997). Antioxidant activity of mung bean hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74(9), 1059-1063. <https://doi.org/10.1007/s11746-997-0025-0>

Ertaş, N., ve Doğruer, Y. (2010). Besinlerde tekstür. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7(1), 35-42.

Fathonah, S., Amalia, B., and Humaizah, S. (2020). The formulation of alternative gluten-free mung bean biscuits. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1444(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1444/1/012004>

Gökçen, M., Aksoy, Y. Ç., ve Özcan, B. A. (2019). Vegan beslenme tarzına genel bakış. *Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2), 50-54.

Hafidh, R. R., Abdulamir, A. S., Abu Bakar, F., Sekawi, Z., Jahansheri, F., and Jalilian, F. A. (2015). Novel antiviral activity of mung bean sprouts against respiratory syncytial virus and herpes simplex virus-1: an in vitro study on virally infected Vero and MRC-5 cell lines. *BMC Complementary and Alter Medicine*, 15(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12906-015-0688-2>

Han, J. J., Janz, J. A., and Gerlat, M. (2010). Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. *Food Research International*, 43(2), 627-633. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.015>

Hou, D., Yousaf, L., Xue, Y., Hu, J., Wu, J., Hu, X., ... and Shen, Q. (2019). Mung bean (*Vigna radiata* L.): Bioactive polyphenols, polysaccharides, peptides, and health benefits. *Nutrients*, 11(6), 1238. <https://doi.org/10.3390/nu11061238>

Hoover, R., Li, Y. X., Hynes, G., and Senanayake, N. (1997). Physicochemical characterization of mung bean starch. *Food Hydrocolloids*, 11(4), 401-408. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(97\)80037-9](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(97)80037-9)

Karimidastjerd, A., and Kilic-Akyilmaz, M. (2021). Formulation of a low-protein rice drink fortified with caseinomacropptide concentrate.

*Food and Bioproducts Processing*, 125, 161-169.  
https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.11.004

Küçükazman, M., Ata, N., Dal, K., ve Nazlıgül, Y. (2008). Çölyak hastalığı. *Dirim Tıp Gazetesi*, 83, 85-92.

Lawless, H. T., and Heymann, H. (2010). Sensory evaluation of food: principles and practices (Vol. 2). New York: Springer.

Liu, Y., Xu, M., Wu, H., Jing, L., Gong, B., Gou, M., ... and Li, W. (2018). The compositional, physicochemical and functional properties of germinated mung bean flour and its addition on quality of wheat flour noodle. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 5142-5152.  
https://doi.org/10.1007/s13197-018-3460-z

Luo, J., Cai, W., Wu, T., and Xu, B. (2016). Phytochemical distribution in hull and cotyledon of Adzuki Bean (*Vigna Angularis* L.) and mung bean (*Vigna Radiata* L.), and their contribution to antioxidant, anti-inflammatory and anti-diabetic activities. *Food Chemistry*, 201, 350-360.  
https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.101

Nazari, E., and Gharekhani, M. (2021). Effect of replacement of rice flour with raw and sprouted mung bean Flour on phenolic compounds and physicochemical properties of gluten-Free Bread. *Journal of Food Research*, 31(2), 17-33.  
https://doi.org/10.22034/FR.2021.34235.1677

Özcan, A., İsmail, A. Z. A. R., Yavuz, A., Yavaş, H., Tokat, E., ve Çetin, V. (2020). Gluten analizinde HPLC, LC-MS/MS yöntemlerinin ELISA ile karşılaştırılması. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (24), 30-54.

Özkaya, F., Güner, D., Akbiyuk, T., ve Siner, N. (2022). Vegan diyeti kapsamında geliştirilen kurabiye ve tüketici algısı. *Gastroia: Journal of Gastronomy and Travel Research*, 6(1), 48-60.

Rosiana, N. M., Susianti, K. C., and Suryana, A. L. (2021). Chemical and organoleptic properties of cookies from corn flour and mung bean as a gluten-free snacks. *Journal Pangan dan Agroindustri*, 9(3), 181-187.  
https://doi.org/10.21776/ub.jp.a.2021.009.03.6

Seyhan, S., Nakilcioğlu, E., ve Ötleş, S. (2024). Geleceğin alternatif protein kaynakları: bitkiler. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 12(1), 153-174.

Sharma, C., Singh, B., Hussain, S. Z., and Sharma, S. (2017). Investigation of process and product parameters for physicochemical properties of rice and mung bean (*Vigna radiata*) flour based extruded snacks. *Journal of Food Science and*

*Technology*, 54, 1711-1720.  
https://doi.org/10.1007/s13197-017-2606-8

Shi, Z., Yao, Y., Zhu, Y., and Ren, G. (2016). Nutritional composition and antioxidant activity of twenty mung bean cultivars in China. *The Crop Journal*, 4(5), 398-406.  
https://doi.org/10.1016/j.cj.2016.06.011

Sürmeli, N., ve Karabudak, E. (2019). Çölyak olmayan gluten duyarlılığı. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 47(1), 66-72.

Taşkın, B. (2019). Maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.) ve glutensiz gıdalarda kullanım potansiyeli. *Akademik Gıda*, 17(4), 546-552.

Topaloğlu, K. (2019). Glutensiz bisküvi üretimi, Doktora Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Türkiye.

TS EN ISO 21415-1. (2008). Buğday ve buğday unu- Gluten içeriği- Bölüm 1: Elle yıkama metodu ile yaş gluten tayini.

Ulusoy, H. G., ve Rakıcıoğlu, N. (2019). Glutensiz diyetin sağlık üzerine etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 47(2), 87-92.

Yen, N. T. H., Huong, N. T. M., Hoa, P. N., and Van Hung, P. (2023). Incorporation of germinated mung bean flour with rice flour to enhance physical, nutritional and sensory quality of gluten-free cookies. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(1), 423-431.  
https://doi.org/10.1111/ijfs.15982

Yıldırım, A., Duran, M., ve Koç, M. (2018). Su aktivitesinin ve farklı kurutma sistemlerinin biyoaktif bileşenlerin stabiliteleri üzerine etkisi. *GIDA/The Journal of FOOD*, 43(3), 512-522.

Yıldız, E. (2019). Glutensiz bisküvi üretiminde badem unu ve stevya kullanımı, Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Türkiye.

Yi-Shen, Z., Shuai, S., and FitzGerald, R. (2018). Mung bean proteins and peptides: nutritional, functional and bioactive properties. *Food & Nutrition Research*, 62. <https://doi.org/10.29219/fnr.v62.1290>

Yu, S., Wu, Y., Li, Z., Wang, C., Zhang, D., and Wang, L. (2023). Effect of different milling methods on physicochemical and functional properties of mung bean flour. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1117385.  
https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1117385

## Derleme Makale/Review Paper

### Genetik modifiye gıda bitkilerinin moleküler ve kimyasal karakterizasyonu için omik yaklaşımın kullanımı

### The use of omics approach for molecular and chemical characterization of genetically modified food crops

Begüm Zeynep Hançerlioğulları<sup>1,2</sup>, Remziye Yılmaz<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>FoodOmics Laboratuvarı, Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Hacettepe Üniversitesi, ANKARA, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Biyoloji Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, KIRIKKALE, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Uluslararası Gıda Biyogüvenlik ve Biyoteknoloji Araştırma ve Yayın Merkezi (IFBBC), Hacettepe Üniversitesi, ANKARA, TÜRKİYE  
(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0003-3058-6113, Dr.

ORCID ID: 0000-0003-2041-1205, Prof. Dr.

\*Sorumlu yazar/Corresponding author: remziye@hacettepe.edu.tr

Geliş Tarihi : 17.07.2024

Kabul Tarihi : 17.10.2024

## Öz

**Amaç:** Bu derleme çalışmasında, omik teknolojilerinin genetik modifiye (GM) gıda bitkilerinin moleküler ve kimyasal karakterizasyonunda kullanımına ilişkin temel bilgiler verilmiştir. “Gıda omikleri” olarak adlandırılan bu yeni alanda kullanılabilecek genomik, transkriptomik, metabolomik, lipidomik ve proteomik gibi temel başlıklar tanımlanmıştır. Ayrıca, GM mısırın moleküler ve kimyasal karakterizasyonunun ilgili yaklaşımlarla gerçekleştirilmesi ve bu teknolojilerin risk değerlendirmesinde kullanım potansiyeli açıklanmıştır.

**Sonuç:** Gıda biyoteknolojisi ve gıda güvenliği gibi iki temel başlık altında araştırmalarını sürdüren bilim insanları için omik teknolojilerin kullanımı önem arz etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Omik teknolojisi; moleküler ve kimyasal karakterizasyon; genetik modifiye organizmalar (GMO); mısır; risk değerlendirme

## Abstract

**Objective:** In this review, fundamental information has been provided regarding the use of omics technologies in the molecular and chemical characterization of genetically modified (GM) food crops. Fundamental topics such as genomics, transcriptomics, metabolomics, lipidomics, and proteomics that can be utilized in this new field referred to as “Foodomics” have been defined. Additionally, the implementation of relevant approaches for the molecular and chemical characterization of GM maize, and the potential for use of these technologies in risk assessment has been explained.

**Conclusion:** The use of omics technologies is important for researchers conducting studies under two main headings such as food biotechnology and food security.

**Keywords:** Omics technology; molecular and chemical characterization; genetically modified organisms (GMO); maize; risk assessment

## 1. Giriş

Gıda biliminde moleküler ve kimyasal düzeyde karakterizasyon, gıdanın çeşitli yönlerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini ve tanımlanmasını içermekle birlikte teknolojik süreçlerin kontrolünü ve bunların gıda üzerindeki etkilerini, gıda bileşiminin tanımlanmasını, gıda besin değerinin belirlenmesini de kapsamaktadır. Özellikle gıda biyoteknolojisinde yaşanan hızlı bilimsel gelişmeler ve biyoteknolojik yeni gıda bitkilerinin ortaya çıkması ve bunların karakterizasyonu, tüm gıda tedarik zinciri boyunca gıda özelliklerinin anlaşılmasında ve optimize edilmesinde rol oynamaktadır. Gıda biliminde omik yaklaşımı, gıda bileşenlerini ve besin maddelerini incelemeye, karakterize etmeye ve değerlendirmeye olanak sağlayan genomik, transkriptomik, metabolomik, lipidomik, proteomik ve metagenomik gibi farklı omik teknolojilerinin uygulanmasını ve entegrasyonunu kapsayan güçlü bir disiplin olarak tanımlanmıştır (Valdés vd., 2021). Yeni gıdaların gıda kalitesini ve gıda izlenebilirliğini iyileştirmek, gıda güvenliği sorunlarının çözümünü hızlandırmak ve gıda işleme yöntemlerini değerlendirmek için uygulandığı gibi özellikle biyoteknoloji yolu ile üretime kazandırılan genetik modifiye (GM) gıda bitkilerinin risk değerlendirmesi için de bu analizler uygulanmaktadır (Valdés vd., 2017; Benevenuto vd., 2022; Benevenuto vd., 2023). Bu konu, gıda ve beslenme alanlarını omik teknolojilerin uygulanmasıyla inceleyen bir disiplin olan “Gıda omikleri (Foodomics)” adı verilen gıda biliminde büyük ölçekli veri elde edilen yaklaşımı tanımlayan yeni bir alandaki büyümeye de işaret etmektedir (Cifuentes, 2009).

Gıda biliminde “omik” terimi, Latince “her şey”, bütünlük ve tüm anlamına gelen “omne” kelimesinden türetilmiş olup, disiplinler arası etkileşimlere atıfta bulunarak ek olarak kullanılmaktadır ve ilk olarak 2009’da ortaya çıkmıştır (Balkir vd., 2021). Gıda biliminde omik terimini daha iyi anlayabilmek için, onu oluşturan tüm omik disiplinlerin detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

## 2. Genomik uygulamalar: Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) ve DNA dizileme

“Genomik” terimi, bir organizmanın DNA’sında depolanan kalıtsal bilgilerin eksiksiz koleksiyonunu ifade etmektedir. Modern genomik teknolojileri, bu bilgileri incelemek ve bireyler, popülasyonlar ve türler arasındaki genom içeriğindeki farklılıkları ortaya çıkarabilmek için çeşitli araçlar sunmaktadır (Casas ve Saborido-Rey, 2023). Genomik çalışmalarda kullanılan

teknolojilere örnek olarak; elektroforez ve saflaştırma sistemleri kullanılarak DNA şablonlarını hazırlama, polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), dizileme araçları kullanılarak DNA baz kodunun dizisini ve haritasını belirleme, mikrodiziler (mikroarrayler) ve tüm genomları analiz etmek için yeni nesil dizileme/sekanslama (next-generation sequencing, NGS) cihazları verilebilir (Biocompare, 2024).

1983 yılında Kary Mullis tarafından keşfedilen PCR, bir DNA şablonundan hedef dizilerin çoğaltılması için kullanılan güçlü bir amplifikasyon tekniğidir (Caetano-Anollés, 2013). Gerçek zamanlı PCR (Real-time PCR) ise literatürde aynı zamanda kantitatif PCR (qPCR) olarak da isimlendirilmekte ve geleneksel PCR’da kullanılan DNA amplifikasyon koşullarını benimsemektedir. Kantitatif PCR teknolojisi, PCR’ın kinetik kazanımına dayanarak ortaya çıkmış ve geleneksel PCR’ın sınırlarını genişleterek bir dizi laboratuvar zorluğuna çözüm getirmiştir. qPCR teknolojisi, DNA örneklerini kalitatif ve kantitatif olarak analiz etmek amacıyla kullanılabilir; bu özellik, onu geniş bir uygulama yelpazesi için daha esnek ve dinamik kılmaktadır (Tang, 2023). DNA, proteinler gibi diğer moleküllere göre fiziksel ve kimyasal gıda işleme teknolojilerine karşı daha stabil olduğundan, DNA bazlı tekniklerin gıda maddeleri üretiminde kullanılan türlerin kimliğini doğrulamak için çok yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Özellikle qPCR, tüm süreç boyunca floresans tespiti yoluyla ürün artışı izleyerek nükleik asitlerin miktarının belirlenmesine yönelik güçlü, spesifik, doğru ve hassas bir araç olduğu için çeşitli bitki türlerinin (mısır, soya, pirinç, kanola, pamuk, domates ve patates) analizinde, gıda ve yemlerdeki genetik modifiye organizmaların (GMO) tespiti ile miktarlarının belirlenmesinde (Hernández vd., 2005; Peng vd., 2016; Zhang vd., 2018) ve ayrıca GMO içeren gıda ürünlerinde çeşitli düzenleyici genetik elementlerin kalitatif olarak tespit edilmesinde kullanılmıştır (Safaei vd., 2020; Hançerlioğulları ve Yılmaz, 2023).

Genomik, dizileme tekniklerinin kullanımı ile gıda güvenliği ve güvenilirliği konusunda çalışan araştırmacıların yararlanabileceği birçok güçlü uygulamaya sahiptir. Genom dizi bilgisi, yüksek verimli analizler ve en yeni biyoinformatik araçlarla birlikte gıdaların moleküler karakterizasyonu hakkında önemli bir bakış açısı sağlamaktadır (Smid ve Hugenholtz, 2010). Yeni nesil dizileme/sekanslama (NGS) teknolojisi, GM gıda bitkilerinin karakterizasyonunda kullanılan en



güncel DNA dizileme teknolojisini temsil etmekte ve etkili, sağlam ve hassas bir yöntem olduğu için giderek daha aktif bir şekilde geleneksel yöntemlerin yerini almaktadır (Liang vd., 2024).

### 3. Transkriptomik çalışmalarda qPCR'ın rolü ve gen ekspresyon analizi

Transkriptomik, belirli bir hücre, doku, organ veya bütün organizmanın belirli bir zamana, gelişimsel aşamaya veya belirli fizyolojik koşullara karşılık gelen bütün transkript setlerinin detaylı bir analizini tanımlamaktadır (Yadav vd., 2018). Transkriptomik araçlar, günümüzde hücre ve dokuların moleküler bileşenlerinin incelenmesine ve mRNA (haberci RNA), miRNA (mikroRNA), lncRNA (uzun kodlamayan RNA) ve sRNA (küçük RNA) olmak üzere RNA moleküllerinin kapsamlı transkripsiyonel karakterizasyonunun sağlam ve başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır (Raghavachari ve Garcia-Reyero, 2018). Transkriptomik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan teknikler; gen ekspresyonunun seri analizi (SAGE), hibridizasyon tabanlı mikroarray, kantitatif PCR (qPCR), yeni nesil dizileme/sekanslama (NGS) tabanlı RNA sekanslama (RNA-seq) yöntemleri ve transkriptom analizi için biyoinformatik araçlardır (Yadav vd., 2018).

Gen ekspresyonu genetik bilginin gerçek proteine dönüştürülmesini ifade etmekte ve bu yönde yapılan analizler, belirli koşullar altında belirli dokuların transkripsiyon aktivitesine bir bakış sunduğundan çok önemli görülmektedir. Gen ekspresyonunun incelenmesi genellikle RNA ekstraksiyonu ve saflaştırılması, RNA miktarı ve kalite kontrolü, tamamlayıcı/komplementer DNA (complementary DNA, cDNA) sentezi ve revers transkriptaz-kantitatif polimeraz zincir reaksiyonu (RT-qPCR) performansı ve qPCR analiz sonrası veri işleme dahil olmak üzere çeşitli prosedür adımlarını gerektirmektedir (Pfaffl, 2007; Moebs vd., 2022). RT-qPCR analizleri sonrasında GM bitkilerin transkriptom profillerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve deneysel sonuçların güvenilir bir biçimde yorumlanması için, mutlak ve göreceli (bağıl) ölçüm yöntemleri yaygın bir şekilde kullanılmakta ve bu yöntemler araştırmacılara esneklik sağlamaktadır (Santos vd., 2021; Huang vd., 2024).

GM bitkiler ile ilgili karmaşık biyolojik süreçlerin altında yatan moleküler mekanizmalara ilişkin anlamlı bilgiler elde etmek için gen ekspresyonu araştırmalarında RT-qPCR yanı sıra mikrodizi tekniği kullanılmıştır (Benevenuto vd., 2022). Alternatif olarak, RNA dizilimi (RNA-Seq) olarak adlandırılan yeni dizileme metodolojileri artık tüm

genom çapında yüksek verimli transkriptomikler için yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu yüksek verimli teknolojiler, modern gıda bilimi ve biyolojik sistemlerde transkriptom karakterizasyonunu araştırma yaklaşımını değiştirmektedir (Valdés vd., 2014). Son yıllarda, özellikle RNA-Seq teknolojisinin biyoinformatikle birleşmesiyle birlikte gıda biliminde, araştırmacıların GM gıda bitkilerini incelemeye olan ilgisi artmaktadır (Simó ve García-Cañas, 2019).

### 4. Metabolomik ve metabolik profillemeye yöntemleri

Metabolomik, belirli bir zaman diliminde hücreler, biyosıvılar, dokular veya organizmalar içindeki, genellikle metabolitler olarak bilinen, 50-1500 dalton (Da) kütle aralığına sahip küçük moleküllerin büyük ölçekli çalışması olarak bilinmektedir. Metabolomik diğer omik yöntemlerin aksine, temel biyokimyasal aktiviteyi ve hücrelerin/dokuların durumunu doğrudan yansıtmaktadır (EMBL-EBI, 2024). Metabolitler, bir organizmanın metabolik reaksiyonlarının bir parçası olan ve hücresel fonksiyonların sürdürülmesi için gerekli olan küçük moleküller olup, onları üreten metabolizmaya bağlı olarak birincil ve ikincil metabolitler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Pedrosa vd., 2021). Birincil metabolitler (amino asitler, organik asitler, şekerler gibi) canlılık için esastır, organizmaların temel faaliyetlerinde (büyüme, gelişme ve üreme) doğrudan rol oynayan ve her tür organizmada bulunan moleküllerdir. İkincil metabolitler (fitosteroller, fenolik bileşikler, terpenoidler gibi) ise, organizmanın koruyucu işlevlerine katılan, birincil metabolizma yollarının ana ürünlerinden özel metabolik yollarla üretilen moleküllerdir (Aharoni ve Galili, 2011; Canarini vd., 2019; Dwivedi ve Sisodia, 2019).

Metabolomik, GM gıda bitkileri başta olmak üzere farklı organizmalarda doğru metabolit profili oluşturma yolunu açarak bilim dünyasındaki en önemli atılımlardan biri olarak tanınmıştır (Bedair ve Glenn, 2020). Metabolik profillemeye teknikleri, belli bir zamanda (canlı) organizmaların biyokimyasal bileşimini daha kapsamlı bir biçimde anlamamıza yardımcı olmak için kullanılmaktadır. Temelde hedefe yönelik olmayan bir şekilde uygulanan bu teknikler, genellikle gaz kromatografisi (GC) veya sıvı kromatografisi (LC) ile bağlantılı kütle spektrometresi (MS) kullanarak, bitkilerden ekstrakte edilen metabolitlerin karmaşık karışımlarını kromatografik olarak ayırarak hassas bir şekilde analiz etmeye dayanmaktadır (Farg vd., 2012). Metabolik



profilleme tekniklerinin kullanıldığı, bitki metabolik çeşitliliğinin karakterizasyonuna dayanan ilk çalışmalarda, *Arabidopsis* mutantlarının metabolizması incelenmiş ve transgenik patates yumruları karakterize edilmiştir (Shen vd., 2023). MS yöntemleri güçlü ayırma yetenekleri gibi avantajlar sunsa da metabolitlerin analitik duyarlılığını arttırmak ve güvenilir bir şekilde karakterize edilebilmesi için türevlendirme (derivatizasyon) işlemine başvurmak gerekebilir (Feizi vd., 2021; Fraga-Corral vd., 2022). MS dışında alev iyonizasyon dedektörü (FID) gibi evrensel bir dedektöre sahip GC sistemi, karbon içeren bileşiklerin yüksek verimli analizini kapsayabilen uygun maliyetli bir analitik sistem olarak kendisini kanıtlamıştır (Jumhawan vd., 2015). GM pirinçte bulunan *sck* ve *cryIAC* genlerinin metabolik düzeydeki istenmeyen etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, GC-FID ve çok değişkenli analiz yöntemlerine dayalı metabolik profilleme çalışması gerçekleştirilmiştir (Zhou vd., 2009). GM gıda bitkilerinin yanı sıra çeşitli bitkilerin ve yeşil çay gibi gıda ürünlerinin kalite kontrolü için metabolomik çalışmalarda GC-FID'nin birkaç uygulaması rapor edilmiştir (Jumtee vd., 2009; Kobayashi vd., 2012).

Metabolomik analizler sonunda tespit edilen metabolitlerin sayısı fazla olduğu için elde edilen veri setlerinin daha anlamlı hale getirilmesinde ve veri analizi sürecinin daha etkili bir şekilde gerçekleştirilmesinde denetimsiz (unsupervised) kemometrik yöntemler olan Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HCA) ve Temel Bileşen Analizi (PCA) ile denetimli (supervised) yöntemlerden biri olan Kısmi En Küçük Kareler-Diskriminant Analizi (PLS-DA) gibi çok değişkenli analiz yöntemleri kullanılmaktadır (Sevim vd., 2017; Windarsih vd., 2024). Özellikle gıda bilimi alanında metabolomik veri setlerinin analiz edilmesi ve yorumlanmasında, HCA ve PCA en çok kullanılan yöntemler olarak öne çıkmaktadır (Granato vd., 2018; Hançerlioğulları vd., 2024).

## 5. Lipidomik kapsamında yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi

Lipidomik, metabolomun tam anlamıyla karakterize edilmesine olanak tanıyan bir alt alan olarak öne çıkmaktadır (Lydic ve Goo, 2018). Hücrelerden, biyolojik sıvılardan, dokulardan veya hatta bütün organizmalardan elde edilen organik ekstraktlardaki yağların kapsamlı analizini sağlayan lipidomik, özellikle GM bitkilerde lipid profili oluşturmayı mümkün kılmaktadır (Lydic ve Goo, 2018; da Costa vd., 2021; Swinnen ve Dehairs, 2022).

Lipidomik alanını geliştirmeyi hedefleyen ve 2003 yılında lipidleri incelemek için Amerikan Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH) hibesinin büyük bir parçası olarak kurulan LİPİT Metabolitleri ve Yolakları Stratejisi (LIPID MAPS) konsorsiyumu, çok sayıda yazılım aracı ve eğitim kaynağına ek olarak farklı karakterizasyon seviyelerinde lipidlerin kataloglanmasına, yeni lipid yapılarının tanımlanmasına ve lipid yapıları hakkındaki verilerin zenginleştirilmesine yönelik katkı sağlamıştır (Conroy vd., 2024). Bu konsorsiyumun önerdiği sınıflandırma ve isimlendirme sistemine göre lipid molekülleri, kimyasal ve moleküler yapıları açısından geniş bir çeşitlilik sergilemekte; yağ asitleri, yağ alkoller, yağ aldehytleri gibi fonksiyonel yapıları da içeren yağ asitleri başta olmak üzere gliserolipitler, gliserofosfolipitler, sfingolipitler gibi farklı ana kategorilerde gruplanmaktadır (Fahy vd., 2011). Lipit sınıfları arasındaki bu çeşitlilik, lipidlerin gliserol omurgalarına esterleştirilmiş yağ asitlerinin doymamışlık, karbon uzunluğu veya diğer modifikasyonlar bakımından çeşitliliği yansıtan geniş bir aralıkta kendini göstermektedir (Romsdahl vd., 2022). Literatürde karboksilik alifatik asitler olarak da isimlendirilen yağ asitleri, karbon (C) atomu sayısı ve zincirdeki çift bağların sayısı bakımından birbirlerinden farklılık göstermekte ve taksonlara göre büyük ölçüde değişen kompozisyonlara sahiptir (Brondz, 2005; Makhutova vd., 2022).

Biyolojik lipid ekstraktları, GM bitkilerde de karmaşık olup bu karmaşıklık, lipidlerin farklı sınıfları, alt sınıfları ve moleküler türlerdeki çeşitlilikten kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, lipid ekstraktlarının karmaşıklığını azaltmak, bileşik türlerini güvenilir ve doğru bir şekilde tanımlamak ve miktarlarını belirlemek karakterizasyon açısından önemlidir (Yang ve Han, 2016). Nükleer manyetik rezonans (NMR), MS ve diğer spektroskopik yaklaşımlar, lipid karakterizasyonu için güçlü yöntemler haline gelmiştir. Ayrıca, GC ve LC başta olmak üzere, süperkritik akışkan kromatografisi (SFC) ve kapiler elektroforez (CE) gibi çeşitli ayırma teknolojileri, kompleks örneklerde lipidlerin kapsamlı analizi için temel araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bunlar MS ile eşleştirildiğinde, farklı hibritleştirme teknikleri lipidomik üzerinde büyük miktarda bilgi sağlayabilmektedir (Li vd., 2014). GC'nin FID veya MS dedektörü ile birleştirildiğinde, özellikle metil esterleştirme gibi türevlendirmeye tabi tutulduktan sonra yağ asitlerinin kompozisyonunu analiz etmek için çok etkili olduğu bildirilmiştir (Chen vd., 2017). Yağ asitlerinin GC analizlerinde FID dedektörünün kullanımı günümüzde tercih

edilen bir yöntem olmakla birlikte, GM bitkilerin bileşimsel analizlerini kapsayan çalışmalarda da geniş bir uygulama alanı bulmaktadır (Li vd., 2023; Hançerlioğulları vd., 2024; Salimon vd., 2014).

## 6. Proteomik ve protein seviyelerinin değerlendirilmesi

Proteomik, biyolojik süreçlerin altında yatan mekanizmaları ve protein-protein etkileşim ağlarını anlamada önemli roller oynamış ve bu süreçlerin daha derinlemesine incelenmesine olanak sağlamıştır (Gong ve Wang, 2013). Proteinler, gen işlevinde kilit rol oynamakta ve metabolizma ile hücrel gelişimde doğrudan yer almakta, böylece transkriptom ve metabolom arasındaki merkezi köprüyü oluşturmaktadır. Ayrıca proteinler; toksinler, anti-besinler veya alerjenler olarak insan sağlığı üzerinde büyük etkileri olan rollere sahiptir. Bu nedenle proteomik çalışmalar, genetik modifikasyon sonrası biyolojik süreçlerdeki değişiklikleri anlamak için önemli bilgiler sağlamakta ve GM bitkilerin güvenlik değerlendirmesine katkıda bulunmaktadır. Özellikle, iki boyutlu jel elektroforezi (2-DE)-MS ve LC-tandem kütle spektrometresi (MS/MS) ile birleştirilmiş karşılaştırmalı proteomik stratejiler; GM mısır, patates, pirinç, soya ve buğday dahil olmak üzere çeşitli gıda bitkilerinin proteomlarının değerlendirilmesi için kullanılmaktadır (Gong ve Wang, 2013; Meriç vd., 2023).

Son zamanlarda, yüksek verimli jel içermeyen proteomik teknikler de giderek daha yaygın hale gelmiştir. Yüksek çözünürlüklü kütle spektrometresi (HR-MS) temelli yaklaşımlar, binlerce düşük yoğunluklu proteinin ayırt edilmesi, tanımlanması ve nicelendirilmesini sağlamıştır. HR-MS yaklaşımları kullanılarak yapılan birkaç çalışma, GM ve GM olmayan soya tohumlarında protein seviyelerini incelemiş ve farklı laboratuvar koşullarında yetiştirilen GM ve GM olmayan soya örnekleri arasında proteom düzeyinde çeşitli derecelerde benzerlikler olduğunu vurgulamıştır (Benevenuto vd., 2022; Varunekar vd., 2023). Brezilya'da gerçekleştirilen başka bir çalışmada, iki GM mısır çeşidi ile geleneksel muadillerinin proteomu, 2-DE jel ve jel içermeyen (bottom-up shotgun) proteomik araçlar kullanılarak değerlendirilmiş ve örnekler arasında bileşimsel eşdeğerlik açısından önemli ölçüde farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır (dos Santos-Donado vd., 2024).

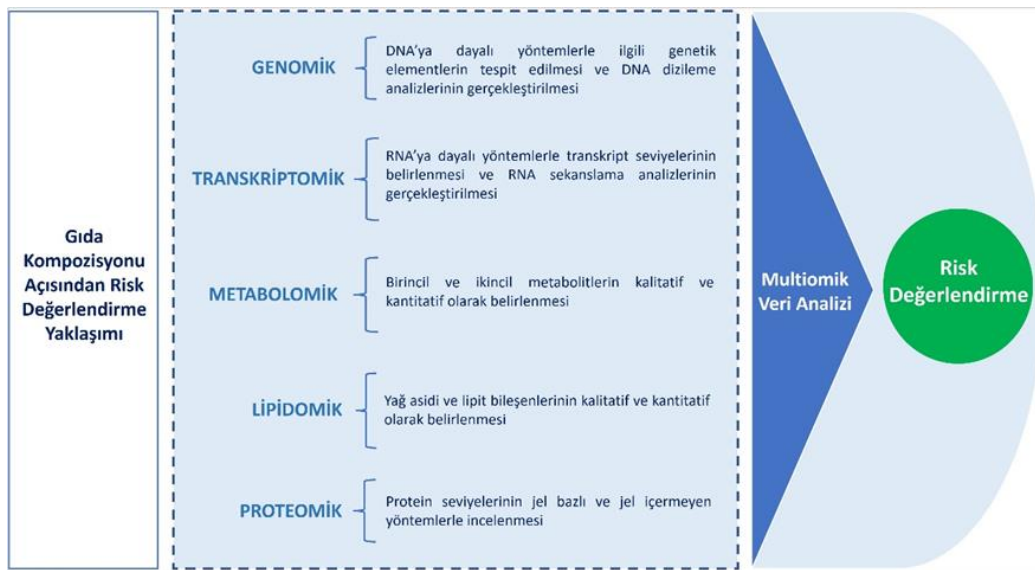
## 7. Genetik modifiye (GM) mısır için moleküler ve kimyasal karakterizasyonun risk değerlendirmesi amacıyla kullanımı

Gıdaya, biyoenerjiye ve özel ürünlere yönelik küresel talebin artması, çeşitli çevresel değişikliklerin yarattığı etkiyle birlikte tarımsal üretim için önemli zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Bitki biyoteknolojisi kullanılarak elde edilen GM bitkiler, bu zorlukların üstesinden gelmek için umut verici bir yol sunmakta ve yeni gıda ürünlerinin hızlı bir şekilde geliştirilmesi için önemli bir potansiyel sağlamaktadır (Harfouche vd., 2021). 2023 yılında, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Brezilya ve Arjantin başta olmak üzere 27 ülke toplam 206,3 milyon hektar alanda biyoteknoloji ürünü bitkiler yetiştirmiş, en çok yetiştirilen ürünler sırasıyla soya (100,9 milyon hektar) ve mısır (69,3 milyon hektar) olmuştur. Güncel verilere bakıldığında, toplamda 27 farklı GM bitkinin çeşitli ülkelerde ekim için onay aldığı bildirilmiştir. GM mısır çeşitlerinin tüm ekim onaylarının %39,4'ünü oluşturduğu belirtilmiştir; bu durumun mısırın geniş coğrafi yayılımı ve yüksek teknolojik düzeyiyle ilişkili olduğu ifade edilmiştir (AgbioInvestor, 2024). Türkiye'de, 5977 sayılı Biyogüvenlik Kanunu'nun 26 Mart 2010 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanmasının ardından (Anonim, 2010), toplamda 21 GM mısır çeşidinin kullanımına kanun kapsamında izin verilmiştir (Anonim, 2024). Bu çeşitler, sadece hayvan yemi uygulamaları için son ürün olarak ithal edilmekte olup, Türkiye'de tarla denemelerinin yapılması ve GM bitkilerinin yetiştirilmesi yasaktır.

Dünya genelinde GM bitkilerinin gıda ve yemde kullanımının güvenliğini değerlendirmek için Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) başta olmak üzere uluslararası kuruluşlar tarafından belirli stratejiler benimsenmiş ve bu stratejiler ile risk değerlendirme metodolojileri geliştirilmiştir (Garcia-Alonso, 2013). Risk analizini oluşturan bileşenlerden biri olan risk değerlendirme süreci, vaka bazında adım adım gerçekleştirilmekte ve genetik modifikasyondan kaynaklanabilecek potansiyel riskleri tanımlamayı, karakterize etmeyi ve değerlendirmeyi amaçlamaktadır (Yılmaz ve Bayraç, 2017). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından sağlanan ilgili rehberlere göre, GMO'ların risk değerlendirmesinin temel unsurlarından biri bileşimsel ve tarımsal özelliklerinin karşılaştırmalı analizidir. EFSA rehber dokümanları, GMO risk değerlendirmesinin dört temel unsura dayandığını belirtmiştir: (i) moleküler karakterizasyon; amaçlanan değişikliğin moleküler yapısının yanı sıra GMO'da meydana gelen istenmeyen herhangi bir değişikliğin değerlendirilmesi, (ii) karşılaştırmalı analiz; bileşimsel, besinsel ve tarımsal özelliklere

odaklanan bir değerlendirme, (iii) potansiyel toksisite ve alerjenite değerlendirmesi ve (iv) GMO'nun potansiyel çevresel etkisinin değerlendirmesi (Anonim, 2011). GMO'ların risk değerlendirmesinde başlangıç noktası, değerlendirmeye alınan GMO'nun geleneksel çeşitlerle karşılaştırılmasını içeren "temel eşdeğerlik (substantial equivalence)" kavramına dayanmaktadır. Temel eşdeğerlik değerlendirmeleri genellikle, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) belgelerindeki önerilere uygun olarak, doğal toksinler, makro, mikro ve anti-besinleri içeren önceden tanımlanmış bileşiklerin hedefe yönelik analizi kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Shepherd vd., 2006; Simó vd., 2014). Ayrıca, GMO'ların risk değerlendirmesinde karşılaştırmalı bileşimsel analizlerin kapsamını genişletme potansiyeline sahip omik teknolojileri gibi yeni ve gelişen analiz tekniklerinin kullanımı da artmaktadır (Simó vd., 2014). EFSA, Nisan 2018'de 24. Bilimsel Kolokyumu'nu düzenlemiş ve kolokyumdaki görüşler, bilimsel güvenlik değerlendirmesini desteklemek için omik araçların potansiyel kullanımının keşfedilmesini ve omik veri setlerinin kullanımına olan güveni arttırmak için test edilebilecek vaka örneklerinin kullanılmasını önermiştir (Benevenuto vd., 2023; EFSA vd., 2018). EFSA'ya benzer şekilde ABD Ulusal Bilim, Mühendislik ve Tıp Akademileri (NASEM) de bitki biyoteknolojisi çalışmalarında karakterizasyon ve risk değerlendirme amaçlı omik teknolojilerinin yararlılığını kabul etmektedir (Anonim, 2016).

Omik yaklaşımların risk değerlendirme prosedürlerine katkı sağladığı bildirilen çalışmalarda, omik teknolojilerinin hem GM hem de geleneksel mısır örneklerinin sistematik karakterizasyonu için kullanıldığı ve bitki materyali hakkında ayrıntılı analitik bilgi sağladığı vurgulanmıştır (Corujo vd., 2019; Liu vd., 2021). Gıda prosesi etkisine bağlı olarak GM mısır ununun moleküler ve kimyasal kompozisyonlarında meydana gelebilecek olası değişimlerin gözlemlenmesi için omik teknolojilerin kullanılabileceği konusunda gerçekleştirilen başka bir çalışmada, gıda kompozisyonu açısından risk değerlendirme amaçlı süreçlerde göz önünde bulundurulması gereken ve omik araçların kullanımına olanak tanıyabilecek sonuçlar ortaya konulmuş ve bu doğrultuda bir karakterizasyon yaklaşımı sunulmuştur (Hançerlioğulları, 2024). Bu yaklaşım, uygulanan gıda prosesi sonrasında, DNA'ya dayalı genomik analizler aracılığıyla GM gıda ürünlerindeki genetik elementlerin tespit edilebileceğini, RT-qPCR ile gerçekleştirilecek transkriptomik analizler sayesinde uygulamaya bağlı gen ekspresyon profillerinin belirlenebileceğini, ayrıca metabolomik ve lipidomik analizler ile bileşimsel karakterizasyonun yapılabileceğini ve elde edilen sonuçların multiomik veri analizi sonrasında gıda kompozisyonu açısından risk değerlendirmesinde de kullanılabileceğini desteklemektedir. GM gıda ürünlerinin kompozisyon analizine yönelik risk değerlendirme süreçlerinde kullanılabilecek ve uygulamaları destekleyecek olan öngörüye ait yaklaşım, modifiye edilerek Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1. Gıda Kompozisyonu Açısından Risk Değerlendirme Yaklaşımı**

Bu yaklaşım, kompozisyon analizi açısından risk değerlendirmesi için amaç ve iş süreçlerinin bazılarını kapsamaktadır. Uygulama, veri elde etme ve değerlendirme süreçlerini gerçekleştirecek insan kaynağının belirlenmesi, bu çalışmaların yapılabilmesi için yüksek teknoloji içeren altyapının sağlanması ve sürdürülebilirliğin devam etmesi açısından finansal konuların tanımlanması gerekmektedir.

## 8. Sonuç

Gıda bilimi alanında kullanılmaya başlanan omik teknolojileri, gıda biyoteknolojisi ve gıda güvencesi konularına yeni ve modern bir yaklaşım getirmektedir. “Gıda omikleri” yeni bir terim olmakla birlikte, yeni gıdalar ve gıda bileşimlerinin moleküler ve kimyasal karakterizasyonu için omik teknolojilerinin kullanımıyla birçok başlıkta geniş ve derin bir bakış açısı sunmaktadır. Bununla birlikte, GM ve GM olmayan yeni gıdaların risk

değerlendirme süreçleri için öncelikle var olan yasal düzenlemelerin dikkate alınması gerekliliği, çalışmaların yürütülmesi açısından önemle vurgulanmalıdır. İlgili yasal düzenlemeler, bilimsel risk değerlendirme yapılabilmesi açısından, yüksek teknolojiye bağlı çıktılarının eldesine ve değerlendirmesine izin verecek ilkeleri ve revizyonları içermelidir.

## 9. Teşekkür

Bu derleme çalışması, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından yürütülmüş ve tamamlanmış olan “Mikrodalga Uygulanan MIR604 ve MON810 Mısır Unlarının Omik Yaklaşım ile Karakterizasyonu” başlıklı doktora tez çalışmasından türetilmiştir. Çalışma, FHD-2021-19443 numaralı proje ile Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

## 10. Kaynaklar

AgbioInvestor. (2024). Global GM crop area 2023 review. AgbioInvestor GM Monitor, <https://gm.agbioinvestor.com/downloads/9> (Erişim Tarihi/Access Date 01.12.2024).

Aharoni, A., and Galili, G. (2011). Metabolic engineering of the plant primary-secondary metabolism interface. *Current Opinion in Biotechnology*, 22(2), 239-244. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2010.11.004>

Anonim (2010). 5977 Sayılı Biyogüvenlik Kanunu. T. C. Resmî Gazete, Sayı: 27533, 26 Mart 2010, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5977.pdf> (Erişim Tarihi/Access Date 01.12.2024).

Anonim (2011). EFSA Panel on Genetically Modified Organisms (GMO). Guidance for risk assessment of food and feed from genetically modified plants. *EFSA Journal*, 9(5), 2150.

Anonim (2016). Committee on Genetically Engineered Crops, *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*, National Academies Press, Washington DC, <http://www.nap.edu/catalog/23395/genetically-engineered-crops-experiences-and-prospects> (Erişim Tarihi/Access Date 01.12.2024).

Anonim (2024). Türkiye Biyogüvenlik Bilgi Değişim Mekanizması. Onaylı GDO listesi, <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/TBBDM/TBBDM.zip> (Erişim Tarihi/Access Date 01.12.2024).

Balkir, P., Kemahlioglu, K., and Yucel, U. (2021). Foodomics: A new approach in food quality and safety. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 49-57. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.028>

Bedair, M., and Glenn, K. C. (2020). Evaluation of the use of untargeted metabolomics in the safety assessment of genetically modified crops. *Metabolomics*, 16(10), 111. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11306-020-01733-8>

Benevenuto, R. F., Venter, H. J., Zanatta, C. B., Nodari, R. O., and Agapito-Tenfen, S. Z. (2022). Alterations in genetically modified crops assessed by omics studies: systematic review and meta-analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 325-337. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.002>

Benevenuto, R. F., Zanatta, C. B., Waßmann, F., Eckerstorfer, M. F., and Agapito-Tenfen, S. Z. (2023). Integration of omics analyses into GMO risk assessment in Europe: A case study from soybean field trials. *Environmental Sciences Europe*, 35(1), 14. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00715-6>

Biocompare (2024). Genomics Tools, <https://www.biocompare.com/Lab-Equipment/7184-Genomics-Tools/> (Erişim Tarihi/Access Date 01.12.2024).

Brondz, I. (2005). Lipids | Fatty acids. *Encyclopedia of Analytical Science*, Elsevier, 76-88 s.



- Caetano-Anollés, D. (2013). Polymerase chain reaction. *Brenner's Encyclopedia of Genetics*, Academic Press, 392-395 s.
- Canarini, A., Kaiser, C., Merchant, A., Richter, A., and Wanek, W. (2019). Root exudation of primary metabolites: Mechanisms and their roles in plant responses to environmental stimuli. *Frontiers in Plant Science*, 10, 157. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00157>
- Casas, L., and Saborido-Rey, F. (2023). A review of genomics methods and bioinformatics tools for the analysis of close-kin mark-recapture. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1113870. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1113870>
- Chen, H., Wei, F., Dong, X. Y., Xiang, J. Q., Quek, S. Y., and Wang, X. (2017). Lipidomics in food science. *Current Opinion in Food Science*, 16, 80-87. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.08.003>
- Cifuentes, A. (2009). Food analysis and foodomics. *Journal of Chromatography A*, 1216 (43) 7109. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.09.018>
- Conroy, M. J., Andrews, R. M., Andrews, S., Cockayne, L., Dennis, E. A., Fahy, E., ... and O'Donnell, V. B. (2024). LIPID MAPS: update to databases and tools for the lipidomics community. *Nucleic Acids Research*, 52(D1), D1677-D1682. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/nar/gkad896>
- Corujo, M., Pla, M., van Dijk, J., Voorhuijzen, M., Staats, M., Slot, M., ... and Kok, E. (2019). Use of omics analytical methods in the study of genetically modified maize varieties tested in 90 days feeding trials. *Food Chemistry*, 292, 359-371. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.109>
- da Costa, L. F., Tormena, C. F., and Arruda, M. A. Z. (2021). Ionomics and lipidomics for evaluating the transgenic (*cp4-EPSPS* gene) and non-transgenic soybean seed generations. *Microchemical Journal*, 165, 106130. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106130>
- dos Santos-Donado, P. R., Donado-Pestana, C. M., Rondán-Sanabria, G. G., Pauletti, B. A., Kawahara, R., Palmisano, G., and Finardi-Filho, F. (2024). Two-dimensional gel and shotgun proteomics approaches for the comparative evaluation of genetically modified maize. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-21. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02397-x>
- Dwivedi, G. R., and Sisodia, B. S. (2019). Secondary metabolites: metabolomics for secondary metabolites. new and future developments in microbial biotechnology and bioengineering, Elsevier, 333-344 s.
- EFSA, Aguilera, J., Aguilera-Gomez, M., Barrucci, F., Cocconcelli, P. S., Davies, H., ... and Wright, M. C. (2018). EFSA Scientific Colloquium 24-'Omics in risk assessment: State of the art and next steps. *EFSA Supporting Publications*, 15(11), 1512E. Retrieved from <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2018.EN-1512>
- EMBL-EBI (2024). Metabolomics: An introduction, EMBL-EBI training, <https://www.ebi.ac.uk/training/online/courses/metabolomics-introduction/> (Erişim Tarihi/Access Date 01.12.2024).
- Fahy, E., Cotter, D., Sud, M., and Subramaniam, S. (2011). Lipid classification, structures and tools. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1811(11), 637-647. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2011.06.009>
- Farag, M. A., Porzel, A., and Wessjohann, L. A. (2012). Comparative metabolite profiling and fingerprinting of medicinal licorice roots using a multiplex approach of GC-MS, LC-MS and 1D NMR techniques. *Phytochemistry*, 76, 60-72. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.12.010>
- Feizi, N., Hashemi-Nasab, F. S., Golpelihi, F., Saburouh, N., and Parastar, H. (2021). Recent trends in application of chemometric methods for GC-MS and GC×GC-MS-based metabolomic studies. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 138, 116239. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116239>
- Fraga-Corral, M., Carpena, M., Garcia-Oliveira, P., Pereira, A. G., Prieto, M. A., and Simal-Gandara, J. (2022). Analytical metabolomics and applications in health, environmental and food science. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 52(4), 712-734. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/10408347.2020.1823811>
- Garcia-Alonso, M. (2013). Safety assessment of food and feed derived from GM crops: Using problem formulation to ensure “fit for purpose” risk assessments. *Collection of Biosafety Reviews*, 8(01), 72-101.
- Gong, C. Y., and Wang, T. (2013). Proteomic evaluation of genetically modified crops: current status and challenges. *Frontiers in Plant Science*, 4,



41. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00041>
- Granato, D., Santos, J. S., Escher, G. B., Ferreira, B. L., and Maggio, R. M. (2018). Use of principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) for multivariate association between bioactive compounds and functional properties in foods: A critical perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 83-90. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.006>
- Hançerlioğulları, B. Z. (2024). Mikrodalga uygulanan MIR604 ve MON810 mısır unlarının omik yaklaşım ile karakterizasyonu, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hançerlioğulları, B. Z., and Yılmaz, R. (2023). Screening of P-35S, P-FMV, and T-NOS genetic elements in microwave-treated genetically modified cereal flours. *Molecular Biology Reports*, 50(6), 4813-4822. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11033-023-08408-2>
- Hançerlioğulları, B. Z., Toprak, U., and Yılmaz, R. (2024). Analyses of metabolites in microwave-treated maize flours. *Food and Bioprocess Technology*, 17(3), 686-696. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03164-4>
- Harfouche, A. L., Petousi, V., Meilan, R., Sweet, J., Twardowski, T., and Altman, A. (2021). Promoting ethically responsible use of agricultural biotechnology. *Trends in Plant Science*, 26(6), 546-559. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.12.015>
- Hernández, M., Esteve, T., and Pla, M. (2005). Real-time polymerase chain reaction based assays for quantitative detection of barley, rice, sunflower, and wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(18), 7003-7009. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/jf050797j>
- Huang, C., Wang, Z., Zhu, P., Xu, W., Du, Z., Qian, Y., and Fu, W. (2024). RNAi-based genetically engineered rice resistant to black-streaked dwarf virus does not show adverse genetic effects: A multi-omics analysis. *Plants, People, Planet*, 6, 622-639. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/ppp3.10477>
- Jumhawan, U., Putri, S. P., Bamba, T., and Fukusaki, E. (2015). Application of gas chromatography/flame ionization detector-based metabolite fingerprinting for authentication of asian palm civet coffee (kopi luwak). *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 120(5), 555-561. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.03.005>
- Jumtee, K., Bamba, T., and Fukusaki, E. (2009). Fast GC-FID based metabolic fingerprinting of Japanese green tea leaf for its quality ranking prediction. *Journal of Separation Science*, 32(13), 2296-2304. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/jssc.200900096>
- Kobayashi, S., Putri, S. P., Yamamoto, Y., Donghyo, K., Bamba, T., and Fukusaki, E. (2012). Gas chromatography-mass spectrometry based metabolic profiling for the identification of discrimination markers of *Angelicae Radix* and its application to gas chromatography-flame ionization detector system. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 114(2), 232-236. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2012.03.022>
- Li, M., Yang, L., Bai, Y., and Liu, H. (2014). Analytical methods in lipidomics and their applications. *Analytical Chemistry*, 86(1), 161-175. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/ac403554h>
- Li, Q., Cai, S., Xu, D., Lin, J., Shen, G., and Feng, J. (2023). Comparative analysis of nutritional composition between GM and non-GM soybeans and soybean oils by NMR and GC-FID techniques. *Food Analytical Methods*, 16(3), 478-490. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02435-8>
- Liang, Z., Ding, L., Tang, M., Wang, X., Chen, X., Xu, J., ... and Peng, C. (2024). Review on the evolution in DNA-based techniques for molecular characterization and authentication of GMOs. *Microchemical Journal*, 198, 110176. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.110176>
- Liu, W., Zhao, H., Miao, C., and Jin, W. (2021). Integrated proteomics and metabolomics analysis of transgenic and gene-stacked maize line seeds. *GM Crops & Food*, 12(1), 361-375. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/21645698.2021.1934351>
- Lydic, T. A., and Goo, Y. H. (2018). Lipidomics unveils the complexity of the lipidome in metabolic diseases. *Clinical and Translational Medicine*, 7, 1-13. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s40169-018-0182-9>
- Makhutova, O. N., Sushchik, N. N., and Gladyshev, M. I. (2022). Fatty acid-markers as foodweb tracers in inland waters. *Encyclopedia of Inland Waters*, Elsevier, 713-726 s.
- Meriç, S., Ayan, A., Atak, Ç., and Arı, Ş. (2023). Profile-based proteomic investigation of unintended effects on transgenic and gamma radiation induced mutant soybean plants. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 70(7), 2077-2095.

Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10722-023-01560-5>

Moebes, M., Kuhlmann, H., Demidov, D., and Lermontova, I. (2022). Optimization of quantitative reverse transcription PCR method for analysis of weakly expressed genes in crops based on rapeseed. *Frontiers in Plant Science*, 13, 954976. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.954976>

Pedrosa, M. C., Lima, L., Heleno, S., Caroch, M., Ferreira, I. C., and Barros, L. (2021). Food metabolites as tools for authentication, processing, and nutritive value assessment. *Foods*, 10(9), 2213. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/foods10092213>

Peng, C., Wang, P., Xu, X., Wang, X., Wei, W., Chen, X., and Xu, J. (2016). Development of a qualitative real-time PCR method to detect 19 targets for identification of genetically modified organisms. *Springer Plus*, 5, 1-6. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2395-y>

Pfaffl, M. W. (2007). Relative quantification. *Real-time PCR*, Taylor & Francis, 89-108 s, London.

Raghavachari, N., and Garcia-Reyero, N. (2018). Overview of gene expression analysis: transcriptomics. *Methods in Molecular Biology*, Humana Press, 1-6 s, New York.

Romsdahl, T. B., Cocuron, J. C., Pearson, M. J., Alonso, A. P., and Chapman, K. D. (2022). A lipidomics platform to analyze the fatty acid compositions of non-polar and polar lipid molecular species from plant tissues: Examples from developing seeds and seedlings of pennycress (*Thlaspi arvense*). *Frontiers in Plant Science*, 13, 1038161. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1038161>

Safaei, P., Rezaie, S., Alimohammadi, M., Agha Kuchak Afshari, S., Mehdizadeh, M., and Molaee Aghaee, E. (2020). Qualitative PCR-based detection of genetically modified soy and maize products in Iran. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 459-469. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1734613>

Salimon, J., Omar, T. A., and Salih, N. (2014). Comparison of two derivatization methods for the analysis of fatty acids and trans fatty acids in bakery products using gas chromatography. *The Scientific World Journal*, 2014. Retrieved from <https://doi.org/10.1155/2014/906407>

Santos, M. C., Von Pinho, É. V. D. R., dos SANTOS, H. O., Vilela, D. R., Neta, I. C. S., de ABREU, V. M., and de Castro Vasconcellos, R. C.

(2021). Enzymatic activity and gene expression related to drought stress tolerance in maize seeds and seedlings. *Bioscience Journal*, 37, e37079. Retrieved from <https://doi.org/10.14393/BJ-v37n0a2021-53953>

Sevim, D., Köseoğlu, O., ve Özdemir, D. (2017). Determination of triacylglycerol composition of Ayvalık and Memecik olive oils during storage by chemometric methods. *Sakarya University Journal of Science*, 21(6), 1497-1504. Retrieved from <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.284473>

Shen, S., Zhan, C., Yang, C., Fernie, A. R., and Luo, J. (2023). Metabolomics-centered mining of plant metabolic diversity and function: past decade and future perspectives. *Molecular Plant*, 16(1), 43-63. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.molp.2022.09.007>

Shepherd, L. V., McNicol, J. W., Razzo, R., Taylor, M. A., and Davies, H. V. (2006). Assessing the potential for unintended effects in genetically modified potatoes perturbed in metabolic and developmental processes. Targeted analysis of key nutrients and anti-nutrients. *Transgenic Research*, 15, 409-425. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11248-006-0012-5>

Simó, C., and García-Cañas, V. (2019). Food transcriptomics-An overview. *Reference Module in Food Science*, Elsevier.

Simó, C., Ibáñez, C., Valdés, A., Cifuentes, A., and García-Cañas, V. (2014). Metabolomics of genetically modified crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(10), 18941-18966. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ijms151018941>

Smid, E. J. and Hugenholtz, J. (2010). Functional genomics for food fermentation processes. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1, 497-519. Retrieved from <https://doi.org/10.1146/annurev.food.102308.124143>

Swinnen, J. V., and Dehairs, J. (2022). A beginner's guide to lipidomics. *The Biochemist*, 44(1), 20-24. Retrieved from [https://doi.org/10.1042/bio\\_2021\\_181](https://doi.org/10.1042/bio_2021_181)

Tang, J. Y. (2023). Detection of microbiological hazards. *Food Safety Management*, Academic Press, 835-850 s.

Valdés, A., Álvarez-Rivera, G., Socas-Rodríguez, B., Herrero, M., Ibanez, E., and Cifuentes, A. (2021). Foodomics: Analytical opportunities and challenges. *Analytical Chemistry*, 94(1), 366-381.

- Retrieved from <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.1c04678>
- Valdés, A., Cifuentes, A., and León, C. (2017). Foodomics evaluation of bioactive compounds in foods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 96, 2-13. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.06.004>
- Valdés, A., Simó, C., Ibáñez, C., and García-Cañas, V. (2014). Emerging RNA-Seq applications in food science. *Comprehensive Analytical Chemistry*, Elsevier, 107-128 s.
- Varunjikar, M. S., Bøhn, T., Sanden, M., Belghit, I., Pineda-Pampliega, J., Palmblad, M., ... and Rasinger, J. D. (2023). Proteomics analyses of herbicide-tolerant genetically modified, conventionally, and organically farmed soybean seeds. *Food Control*, 151, 109795. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109795>
- Windarsih, A., Arifah, M. F., Utami, I. D., Suratno, and Rohman, A. (2024). Detection of goat milk adulteration in horse milk using LC-HRMS-based non-targeted metabolomics and chemometrics. *Chemical Papers*, 78(2), 809-821. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11696-023-03123-5>
- Yadav, D., Tanveer, A., Malviya, N., and Yadav, S. (2018). Overview and principles of bioengineering: the drivers of omics technologies. *Omics Technologies and Bio-Engineering*, Academic Press, 3-23 s.
- Yang, K., and Han, X. (2016). Lipidomics: techniques, applications, and outcomes related to biomedical sciences. *Trends in Biochemical Sciences*, 41(11), 954-969. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tibs.2016.08.010>
- Yılmaz, R., ve Bayraç, C. (2017). Türkiye ulusal biyogüvenlik çerçevesi uygulama projesi, genetik mühendisliği ürünü bitki, gıda ve yem için risk değerlendirme teknik rehberi, TAGEM, Ankara.
- Zhang, F. L., Niu, B., Chang, L. J., Yin, Q., Luo, P., Wang, D., ... and Deng, Q. (2018). A new construct specific real-time PCR method for screening GMO ingredients with *gat-tpinii* cassette in foods, feeds and seeds. *Food Control*, 86, 266-274. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.11.035>
- Zhou, J., Ma, C., Xu, H., Yuan, K., Lu, X., Zhu, Z., ... and Xu, G. (2009). Metabolic profiling of transgenic rice with *cryIac* and *sck* genes: An evaluation of unintended effects at metabolic level by using GC-FID and GC-MS. *Journal of Chromatography B*, 877(8-9), 725-732. Retrieved

## Original Article/Özgün Araştırma

### Unraveling the Unique Fatty Acid Signatures of Blended Butters: A Gas Chromatography Study

#### Karışım Tereyağlarının Benzersiz Yağ Asidi Profillerinin Belirlenmesi: Bir Gaz Kromatografi Çalışması

\*Erdem Artuvan<sup>1</sup> , Salih Aksay<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Mersin Food Control Laboratory Directorate, 33130, Mersin/Türkiye

<sup>2</sup>Mersin University, Food Engineering Department, 33100, Mersin/Türkiye  
(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0001-7318-0514 Food Engineer Dr.

ORCID ID: 0000-0002-6068-6628 Doç. Dr.

\*Sorumlu yazar/Corresponding author: [erdem\\_artuvan@yahoo.com](mailto:erdem_artuvan@yahoo.com)

Geliş Tarihi : 16.08.2024

Kabul Tarihi : 14.11.2024

#### Abstract

**Objective:** This study aimed to analyze the changes in the fatty acid profile of butter obtained by mixing goat butter and cow butter at different ratios (25%, 50%, 75% w/w) using gas chromatography and to identify the key fatty acids that can be used to detect goat butter adulterated with cow butter.

**Materials and methods:** The purity of the fats used was determined by Real-Time PCR. Fatty acid composition analyses were performed using a Gas Chromatograph (GC) device.

**Discussion and results:** The results showed that as the proportion of goat butter increased, the amount of capric acid increased significantly, and the total percentage of unsaturated fatty acids decreased. Capric acid was found to be dominant in goat butter, while the highest saturated fatty acid content was determined in cow butter. As a result of the study, it was determined that caproic acid (6:0), caprylic acid (8:0), capric acid (10:0), lauric acid (12:0), myristoleic acid (14:1), linoleic acid (18:2), linolenic acid (18:3), and eicosenoic acid (20:1) content in goat and cow butter mixtures can be used as marker acids.

**Keywords:** Fatty Acid; butters; adulteration; GC-FID; RT-PCR

#### Öz

**Amaç:** Bu çalışmada, keçi tereyağı ile inek tereyağının farklı oranlarda (%25, 50, 75 w/w) karıştırılmasıyla elde edilen tereyağının yağ asidi profilindeki değişimlerin gaz kromatografisi kullanılarak analiz edilmesi ve inek tereyağı ile tağış edilmiş keçi tereyağlarının saptanmasında belirleyici yağ asitlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

**Materyal ve yöntem:** Kullanılan yağların saflığı Real-Time PCR ile belirlenmiştir. Yağ asitleri kompozisyonu analizleri Gaz Kromatografi (GC) cihazı ile yapılmıştır.

**Tartışma ve sonuç:** Çalışma sonucunda, keçi tereyağı oranı arttıkça kaprik asit miktarının önemli ölçüde arttığı ve doymamış yağ asitlerinin toplam yüzdesinin azaldığı gözlenmiştir. Kaprik asidin keçi tereyağında baskın olduğu, en yüksek doymuş yağ asidi içeriğinin inek tereyağında belirlendiği görülmüştür. Çalışma sonucunda keçi ve inek tereyağı karışımlarında kaproik asit (6:0), kaprilik asit (8:0), kaprik asit (10:0), laurik asit (12:0), miristoleik asit (14:1), linoleik asit (18:2), linolenik asit (18:3) ve eikosenoik asit (20:1) içeriğinin belirleyici asit olarak kullanılabileceği saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yağ asitleri; tereyağı; tağış; GC-FID; RT-PCR



## 1. Introduction

Goat butter has been gaining increasing attention due to its nutritional value, digestibility, and positive health effects. Its high nutritional value stems from being a rich source of minerals and containing vitamins A, D, E, and K, which support the immune system, improve bone health, and maintain skin health. Goat butter is rich in essential minerals such as calcium and phosphorus. Goat milk and butter contain smaller fat globules compared to cow milk, which facilitates digestion and absorption. Goat milk has a lower lactose content than cow milk. This means that individuals with lactose intolerance experience fewer digestive problems. While cow milk contains approximately 4.8% lactose, goat milk contains approximately 4.1% lactose. This difference helps many lactose intolerant individuals tolerate goat milk better (Haenlein, 2004; Mora Garcia & Clark, 2017).

Short-chain fatty acids in goat butter support gut health and reduce inflammation. Monounsaturated fatty acids improve heart health and lower levels of bad cholesterol (Mansour & Sinclair, 1993). Goat butter contains natural anti-inflammatory compounds, making it a valuable aid in managing inflammatory conditions such as joint pain and arthritis. Its unique flavor profile makes goat butter a preferred choice in gourmet cooking and baking. With a lower melting point, it imparts a creamier texture to dishes (Konar, 2001; Mora Garcia & Clark, 2017; He, et al., 2023).

The valuable properties and increasing market value of goat butter have made it a prime target for adulteration. Goat butter can be adulterated with cow milk or butter to reduce costs. This diminishes the unique flavor and nutritional value of goat butter, while posing health risks for individuals with lactose intolerance or cow milk allergy. Cheaper vegetable oils can be added to goat butter to reduce production costs. This negatively impacts the nutritional value and health benefits of butter, and the addition of vegetable oils, especially those containing trans fats, can have adverse effects on heart health. Colorants and artificial flavors are used to mimic the natural color and taste of goat butter. These additives mislead consumers and jeopardize the naturalness of butter (Gimonkar, Van Fleet, & Boys, 2021; Baptista, Cunha, & Domingues, 2021).

Various analytical methods are employed to detect adulteration in goat butter. Gas chromatography (GC) is a prominent technique among these methods. GC is a widely used method to detect adulteration based on the fatty acid profile of butter. Since the fatty acid profiles of goat and

other milks differ, GC analyses can aid in the detection of adulteration. This method is carried out by converting fatty acids into their methyl esters and separating them using a GC instrument. Goat butter contains saturated fatty acids (palmitic acid, myristic acid, stearic acid), monounsaturated fatty acids (oleic acid, palmitoleic acid), and polyunsaturated fatty acids (linoleic acid, linolenic acid). GC analysis can determine the profile of these fatty acids, providing insights into the purity of goat butter. It also provides valuable information for adulteration detection and quality control. This method, with technical details such as column selection, temperature program, and standard use, offers accurate and reliable results (Diraman, 2006; Chen, et al., 2023).

Apart from GC, methods such as mass spectrometry, HPLC, and NMR spectroscopy are employed to identify specific components in goat butter and detect adulteration. In addition to these chromatography-based analyses, DNA-based analytical methods, which have become widespread in recent years for various food analyses, are also available. Real-Time PCR (RT-PCR) methods are at the forefront of these (Bansal, et al., 2017; Artuvan & Aksay, 2022).

The risk of adulteration in goat butter is a significant concern for consumer safety and food quality. Adulteration methods include mixing with cow milk or butter, adding vegetable oils, and using artificial additives. Strategies such as regulatory controls, producer certification, and consumer awareness can be implemented to prevent adulteration. These measures ensure the purity and quality of goat butter, providing consumers with safe and healthy products (Gimonkar, Van Fleet, & Boys, 2021; Baptista, Cunha, & Domingues, 2021; Sassi, Arena, & Scaloni, 2015).

The aim of this study was to investigate the changes in fatty acid profile of goat butter adulterated with different proportions of cow butter and to propose an alternative method for detecting adulteration with cow butter. During the study, the purity of butter samples was determined using RT-PCR, a DNA-based analytical method, effectively certifying the commercial butters obtained from the market.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Materials

The goat and cow butter used in this study were procured from the Mersin/Türkiye Market. A Maxwell® RSC PureFood GMO and

Authentication Kit (Promega Global, 2018) was utilized for nucleic acid isolation. For species identification analyses on the RT-PCR device, the following kits were procured from SNP Biotechnology: "Goat Species Identification Real-Time PCR Kit for Dairy Products," "Bovine Species Identification Real-Time PCR Kit for Dairy Products," "Ovine Species Identification Real-Time PCR Kit for Dairy Products," and "Buffalo Species Identification Real-Time PCR Kit for Dairy Products" (SNP Biyoteknoloji, 2019). KOH and Methanol, used in the GC analysis of fatty acid profile, were obtained from Sigma-Aldrich (Merck)

## 2.2. Methods

### 2.2.1. Butter blending processes

Pure cow butter and pure goat butter samples were subjected to a melting process at a controlled temperature of 40°C. The melted fats were then

blended to create mixtures with 25%, 50%, and 75% (w/w, goat butter/cow butter) fat ratios.

### 2.2.2. RT-PCR based species identification analysis

To perform species identification analyses on an RT-PCR device, DNA was extracted from 1 g samples of suspected 100% cow and goat butter using the Maxwell® RSC PureFood GMO and Authentication Kit (Promega Global, 2018). The extraction protocol involved an incubation step at 85°C for 120 minutes.

The concentration (ng/μl) and purity of the isolated DNA were determined spectrophotometrically using a Shimadzu Biospec-Nano device (Manchester, 1996). The DNA extracted from the mixed butter samples was subjected to RT-PCR analysis using a species identification kit provided by SNP Biotechnology, following the thermal cycling conditions outlined in Table 1.

**Table 1.** RT-PCR Thermal Profile

| Step | Stage                                  | T (°C) | t (s) | Measurement | Cycle |
|------|----------------------------------------|--------|-------|-------------|-------|
| 1    | Taq® Polymerase Activation             | 95     | 600   | No          | 1     |
| 2    | Denaturation                           | 95     | 15    | No          | 50    |
|      | Amplification<br>Annealing & Extension | 60     | 60    | Yes         |       |

### 2.2.3. Fatty acid profile analyses

To determine the fatty acid profile of the mixed butter samples, an analytical method based on the formation of fatty acid methyl esters and their subsequent analysis by GC, as described by the International Olive Council, was employed (International Olive Oil Council, 2001). The method was applied as follows:

- 11.2 g of KOH were dissolved in 100 ml of methanol to prepare a 2 N methanolic KOH solution.
- 0.1 g sample of the mixed fat was transferred to a 5 ml screw-cap vial.
- 2 mL of chromatographic grade hexane was added and the mixture was thoroughly mixed.
- 0.2 mL of 2 N methanolic KOH solution was added, and the vial was tightly capped and vortexed for 30 seconds.
- This mixture was allowed to stand for approximately 30 minutes until a clear phase formed at the top.

The hexane phase was collected and analyzed using an Agilent 6890 GC. The GC conditions are presented in Table 2.

**Table 2.** GC Conditions for Fatty Acid Profile Analysis (IOOC, 2001)

| Descriptions          | Conditions                                                                              |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Detector              | FID (Flame Ionization Detector)                                                         |
| Column                | DB-23<br>(50%-Cyanopropyl)-<br>methylpolysiloxane;<br>(60m×0,25mm×0.25μm)               |
| Thermal gradient      | 100 °C/5 min<br>5°C/min – 180°C<br>2°C/min – 200°C – 30 min<br>(61-minute programmable) |
| Injection volume      | 0,2 μl                                                                                  |
| Inlet temperature     | 220°C                                                                                   |
| FID Temperature       | 280°C                                                                                   |
| Carrier gas flow rate | 1 ml/min                                                                                |
| Split                 | 1/25                                                                                    |

## 2.2.4. Statistical analysis

Statistical analyses of fatty acid profile data were performed using IBM SPSS Statistics 20.0. Descriptive statistics (mean, standard deviation) were calculated. Normality tests were performed, followed by analysis of variance to compare groups and post-hoc tests Tukey HSD and Duncan Tests were applied.

## 3. Results and discussion

### 3.1. RT-PCR based species identification analysis

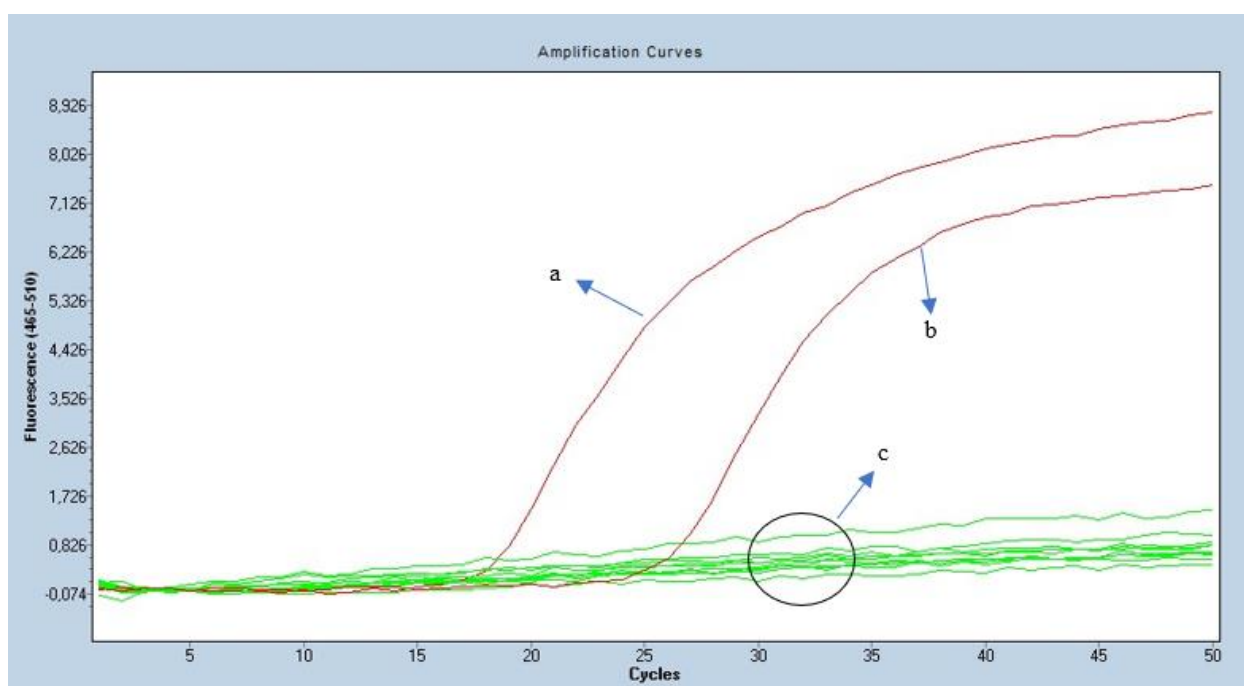
A search for national and internationally certified reference materials (CRMs) of 100% goat butter and 100% cow butter yielded no results. The survey revealed that the animal products produced by these certified manufacturers were primarily ground meat products. Due to the unavailability of certified products for the production of the mixed butter used in the study, goat and cow butters were procured from the Mersin, Türkiye market. To verify that these butters were indeed 100% goat and 100% cow butter, Real-Time PCR analyses were employed. For these analyses, DNA isolations were performed in triplicate. The quantity and quality of the extracted DNA are presented in Table 3.

**Table 3.** DNA Isolation Results from Pure Samples of Cow and Goat Butter

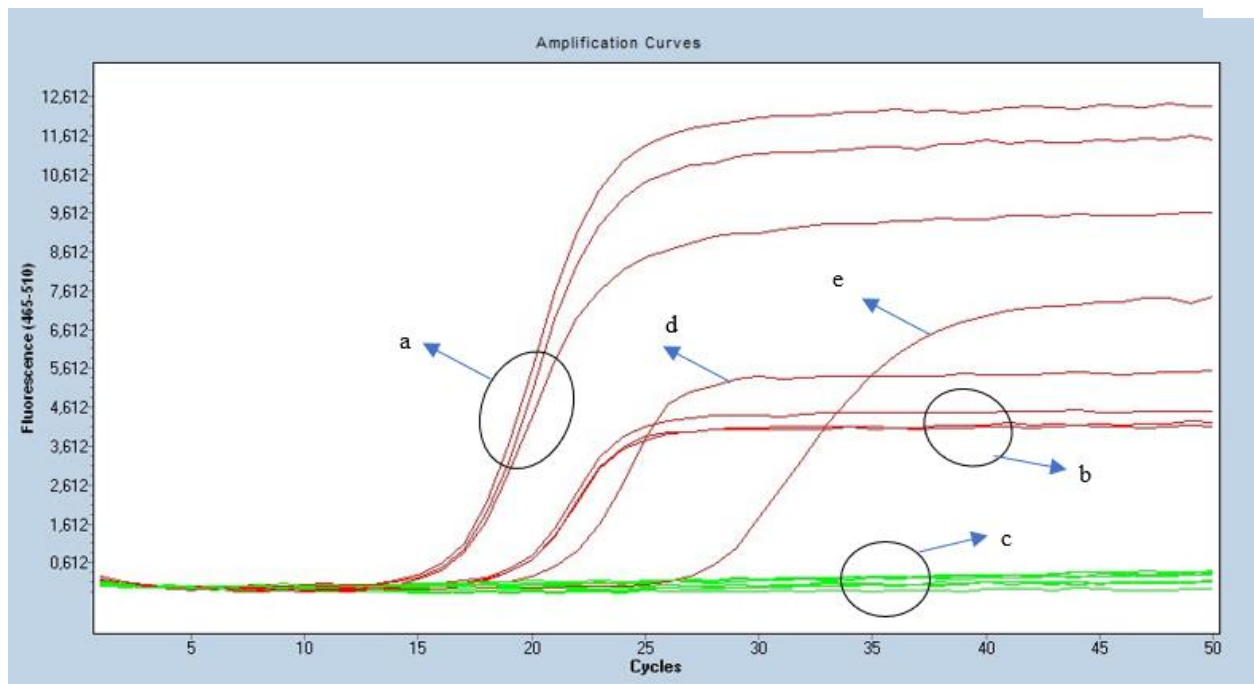
| Butter Sample    | DNA Concentration<br>(ng/μl) | DNA<br>Quality<br>(OD260/280) |
|------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 100% Goat Butter | 20,22±0,58                   | 2,05±0,07                     |
| 100% Cow Butter  | 111,50±11,26                 | 1,89±0,01                     |

Isolated DNA was analyzed by RT-PCR to detect the presence of adulterants in goat and cow butter samples. All samples were screened for buffalo, sheep, cow, and goat DNA. Triplicate PCR reactions were performed. Amplification curves for buffalo and sheep are depicted in Figure 1.

Amplification curves for cow and goat gene screening are presented in Figure 2. Analysis of Figure 1 revealed amplification only in positive control reactions for buffalo and sheep, with no amplification observed in butter samples or negative controls. In contrast, Figure 2 demonstrates that cow butter samples amplified only for cow genes and not for goat genes, while goat butter samples amplified only for goat genes and not for cow genes. These results indicate that no adulteration with milk from other sources was detected in the purchased cow and goat butter samples.



**Figure 1.** RT-PCR amplification curves for screening buffalo and sheep genes in samples (a: Sheep positive control curve, b: Buffalo positive control curve, c: Butter samples and negative control curves)



**Figure 2.** RT-PCR analysis amplification curves for Cow and Goat gene screening (a: cow gene amplification curves for cow butter, b: Goat gene amplification curves of goat butter, c: cow gene for goat butter, goat gene for cow butter and negative control amplification curves, d: Positive control amplification curve for bovine genes, e: Positive control amplification curve for caprine genes)

#### 4. Fatty acid profile analyses

Fatty acid profile analyses of the mixed butter samples were performed in triplicate using GC. Fatty acid profile analysis is a widely used method, especially for vegetable oils, to detect potential adulteration with other oils (Dıraman, 2006). In this context, GC-based fatty acid profile analysis has become a well-established and reliable method. Therefore, it was aimed to monitor changes in fatty acid profile after the mixing process in butter products.

Fatty acid profiling revealed a saturated fatty acid content of 68.87% in goat butter and 63.53% in cow butter. Unsaturated fatty acid content was correspondingly lower in goat butter (31.13%) compared to cow butter (36.40%).

When the total saturated and unsaturated fatty acid contents of cow and goat butter were compared, it was found that goat butter had a higher proportion of saturated fatty acids and a lower proportion of unsaturated fatty acids. In another study by Sağdıç et al. investigating the fatty acid profile of 100% goat and cow butter produced traditionally from cow, sheep, and goat milk, it was determined that cow milk had 6% less saturated fatty acids and 3% more unsaturated fatty acids compared to goat milk (Sagdic, Dönmez, & Demirci, 2004).

Fatty acid profiles of the mixed butter samples are summarized in Table 4. As the proportion of goat butter increased, there was a significant increase in short- and medium-chain saturated fatty acids and linoleic acid ( $p < 0.05$ ), while long-chain fatty acids decreased significantly ( $p < 0.05$ ). These results support previous findings suggesting a higher omega-6 fatty acid content in goat butter, which may have implications for cardiovascular health (Gonzales-Martin, et al., 2020; Sagdic, Dönmez, & Demirci, 2004).

Figure 3 shows a significant increase in capric acid (10:0) with increasing goat butter proportion. Conversely, total unsaturated fatty acid content decreased. Paszczyk and Luczynska's findings corroborate these results, indicating high levels of capric acid in goat cheese and lower unsaturated fatty acid content in sheep cheese (Paszczyk & Łuczynska, 2020).

Trans fatty acids are formed in dairy products, especially those from ruminants, as a result of biochemical hydrogenation carried out by rumen bacteria in the rumen (Çakmakçı & Tahmas-Kahyaoglu, 2012). An increase in the percentage of cow butter in goat butter blends was associated with an increase in saturated fatty acids content. A study conducted by Aro et al. in 1998 provides a good example of this. In their study, the fatty acid profile of cheese and butter products made from



cow, goat, and sheep milk in 14 European countries was examined. The results showed that trans-fat content was significantly different among dairy products from these three species (Aro, et al.,

1998). Goat butter, with its elevated linoleic acid content, is a prominent source for acquiring conjugated linoleic acid (Gürsoy, et al., 2021).

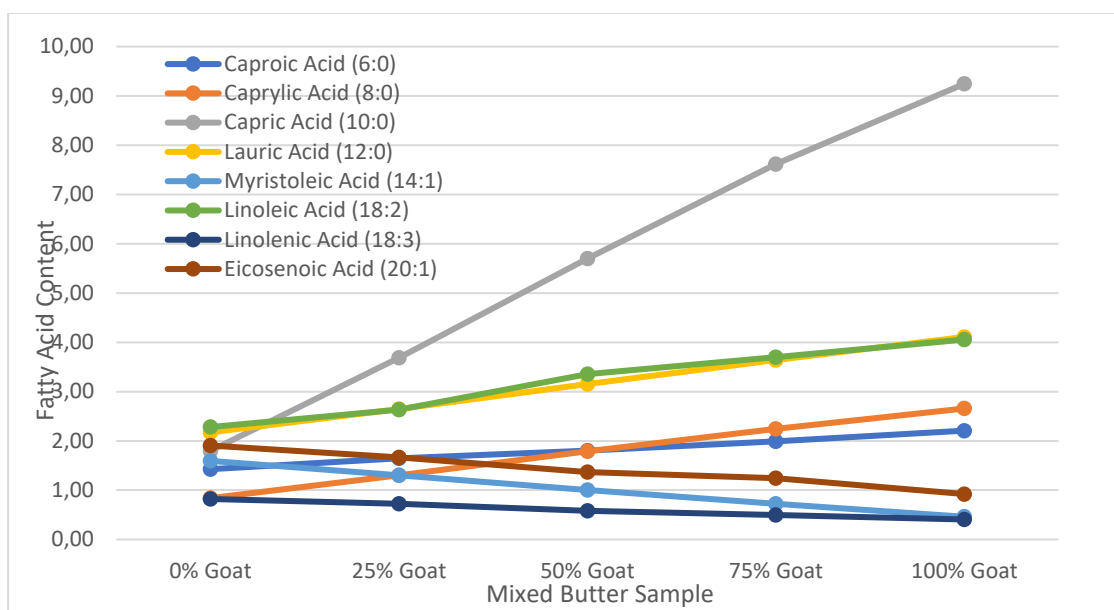
**Table 4.** Results of fatty acid profile analysis

| Butter Sample<br>(Goat/Cow, w/w) | 0%           | 25%          | 50%          | 75%          | 100%         |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Butyric Acid (4:0)               | 2,19 ± 0,07  | 2,05 ± 0,06  | 1,89 ± 0,03  | 1,68 ± 0,05  | 1,59 ± 0,03  |
| Caproic Acid (6:0)               | 1,43 ± 0,12  | 1,64 ± 0,01  | 1,80 ± 0,01  | 1,99 ± 0,04  | 2,21 ± 0,12  |
| Caprylic Acid (8:0)              | 0,84 ± 0,01  | 1,30 ± 0,01  | 1,79 ± 0,01  | 2,24 ± 0,01  | 2,66 ± 0,01  |
| Capric Acid (10:0)               | 1,80 ± 0,00  | 3,69 ± 0,02  | 5,70 ± 0,03  | 7,61 ± 0,02  | 9,24 ± 0,06  |
| Lauric Acid (12:0)               | 2,17 ± 0,01  | 2,65 ± 0,01  | 3,15 ± 0,01  | 3,64 ± 0,01  | 4,11 ± 0,03  |
| Myristic Acid (14:0)             | 9,76 ± 0,04  | 9,71 ± 0,02  | 9,75 ± 0,03  | 9,75 ± 0,03  | 9,77 ± 0,06  |
| Myristoleic Acid (14:1)          | 1,59 ± 0,01  | 1,30 ± 0,00  | 1,01 ± 0,00  | 0,72 ± 0,00  | 0,46 ± 0,00  |
| Pentadecanoic Acid (15:0)        | 1,47 ± 0,01  | 1,32 ± 0,00  | 1,18 ± 0,01  | 1,04 ± 0,00  | 0,94 ± 0,00  |
| 1-Pentadecanoic Acid (15:1)      | 0,42 ± 0,01  | 0,37 ± 0,00  | 0,40 ± 0,09  | 0,31 ± 0,03  | 0,23 ± 0,21  |
| Palmitic Acid (16:0)             | 30,02 ± 0,06 | 29,17 ± 0,18 | 28,50 ± 0,07 | 27,73 ± 0,06 | 27,21 ± 0,17 |
| Palmitoleic Acid (16:1)          | 2,24 ± 0,15  | 2,51 ± 0,22  | 2,23 ± 0,04  | 2,10 ± 0,13  | 1,81 ± 0,12  |
| Stearic acid (18:0)              | 12,39 ± 0,05 | 11,83 ± 0,02 | 11,26 ± 0,02 | 10,57 ± 0,01 | 10,10 ± 0,07 |
| Oleic Acid (18:1)                | 26,66 ± 0,02 | 25,70 ± 0,05 | 24,78 ± 0,04 | 24,10 ± 0,02 | 23,23 ± 0,15 |
| Linoleic Acid (18:2)             | 2,28 ± 0,03  | 2,63 ± 0,26  | 3,35 ± 0,03  | 3,70 ± 0,03  | 4,06 ± 0,02  |
| Arachidic Acid (20:0)            | 0,29 ± 0,04  | 0,26 ± 0,02  | 0,28 ± 0,02  | 0,26 ± 0,00  | 0,18 ± 0,16  |
| Linolenic Acid (18:3)            | 0,82 ± 0,01  | 0,73 ± 0,01  | 0,58 ± 0,06  | 0,50 ± 0,00  | 0,41 ± 0,01  |
| Eicosenoic Acid (20:1)           | 1,91 ± 0,02  | 1,67 ± 0,01  | 1,37 ± 0,06  | 1,24 ± 0,18  | 0,92 ± 0,00  |

Comparative studies on the fatty acid profiles of cow and goat butters reveal distinct compositional differences between the two types. For instance, the study conducted by Akgül et al. (2020) reported that goat butter is richer in saturated fatty acids (SFAs), whereas cow butter contains higher proportions of unsaturated fatty acids (UFAs). This finding aligns with the observed increase in SFA levels when goat butter is added to cow butter, suggesting consistency with existing literature (Akgül, Ceylan, & Atasoy, 2020). Similarly, research by Abdugamitova et al. (2024) showed an increase in SFA content in cheeses produced with cow and goat milk mixtures, while cheeses made with 100% goat milk displayed higher levels of oleic acid and polyunsaturated fatty acids. This outcome supports a similar trend of SFA enrichment upon the addition of goat butter to cow butter (Abdugamitova et al. 2024). Furthermore, Karaoğlu's (2024) study examined the effects of adding microencapsulated goat butter to cow butter on free fatty acid levels and other physicochemical

properties. This research suggests that the inclusion of goat butter may significantly alter the fatty acid composition of the resulting product. Findings in the literature collectively indicate that incorporating goat butter into cow butter could enrich the fatty acid profile and increase the SFA content (Karaoğlu, 2024).

Figure 3 clearly demonstrates a distinct fatty acid profile for goat butter compared to cow butter. The most notable distinction is the nearly nine-fold increase in capric acid content in goat butter, which serves as a defining characteristic of this dairy product. While linoleic ( $F=117,297$ ;  $p<0,05$ ), lauric ( $F=6740,930$ ;  $p<0,05$ ), caprylic ( $F=23587,323$ ;  $p<0,05$ ), and caproic ( $F=42,397$ ;  $p<0,05$ ) acids also showed elevated levels, eicosenoic ( $F=61,040$ ;  $p<0,05$ ), myristoleic ( $F=13402,85$ ;  $p<0,05$ ), and linolenic ( $F=126,839$ ;  $p<0,05$ ) acids were significantly lower in goat butter.



**Figure 3.** Changes in the percentage of signature fatty acids in goat and cow butter mixtures

In conclusion, GC analysis of the fatty acid profile in goat and cow butter blends revealed distinct fatty acid profiles for each butter type. Our study demonstrated that goat butter is rich in health-beneficial fatty acids such as linoleic acid and conjugated linoleic acid, while cow butter contains higher levels of saturated fatty acids. The analysis of the blends showed that the proportions of these fatty acids in butter vary, and the fatty acid profile of the blends presents a balanced profile combining the individual characteristics of both types. Notably, the RT-PCR method employed at the beginning of the study played a crucial role in determining the purity of the butters. The characteristic genetic profile of milk from different origins provided a sensitive indicator for assessing butter purity. These findings offer valuable tools for ensuring the purity and quality of butter

products. Future studies investigating the effects of different feeding regimes and processing methods on fatty acid profile could provide deeper insights into this field and potentially enhance the nutritional value of butter products. Our study represents a significant step towards a better understanding of the diversity in the composition of goat and cow butter and the potential health benefits associated with this diversity.

## 5. Acknowledgments

This study was supported by Mersin University Scientific Research Projects Unit (BAP) with project number 2021-1-TP3-4172 and by The Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) with project number 123O967 under the 1002b urgent support projects.

## 6. References

- Akgül, F. Y., Ceylan, H. G., & Atasoy, A. F. (2020). Determination of fatty acids profiles and volatile compounds of cows' and goats' butters. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 4(1), 7-13. doi:<https://doi.org/10.31015/jaefs.2020.1.2>
- Abdugamitova, A., Serikbayeva, A., Mateyeva, A., Orymbetova, G., Mateyeva, S., Matibaeyva, A., & Toleugazykyzy, A. (2024). Proximate and fatty acid analysis of goat and goat-cow mixed milk cheeses. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 807-813. doi:<https://doi.org/10.5219/2000>
- Aro, A., Antoine, J., Pizzoferrato, L., Reykdal, O., & van Poppel, G. (1998). Trans Fatty Acids in Dairy and Meat Products from 14 European Countries: The TRANSFAIR Study. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11, 150-160.
- Artuvan, E., & Aksay, S. (2022). In food safety control overview of using Real-Time PCR. *Biotech Studies*, 31(2), 53-60.

- Bansal, S., Singh, A., Mangal, M., Mangal, A., & Kumar, S. (2017). Food adulteration: Sources, health risks, and detection methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(6), 1174-1189.
- Baptista, M., Cunha, J., & Domingues, L. (2021). DNA-based approaches for dairy products authentication: A review and perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 386-397.
- Chen, Z., Fu, J., Dou, X., Deng, Z., Wang, X., Ma, F., . . . Zhang, L. (2023). Comprehensive adulteration detection of sesame oil based on characteristic markers. *Food Chemistry: X*, 18, 100745.
- Çakmakçı, S., & Tahmas-Kahyaoglu, D. (2012). An Overview of the Effects of Fatty Acids on Health and Nutrition. *Journal of Academic Food*, 10(1), 103-113.
- Diraman, H. (2006). An Study on The Determination of Probable Adulterations in Butter Milk And Virgin Olive Oil With Use of Cis Trans Isomers Levels of Fatty Acids by Means of A Capillary Gas Chromatography. *Journal of Academic Food*, 4(4), 3-10.
- Gimonkar, S., Van Fleet, E., & Boys, K. (2021). Dairy Product Fraud. R. Hellberg, K. Everstine, & S. Sklare, *Food Fraud* (s. 249-280). Kidlington: Academic Press.
- Gonzales-Martin, I., Vivar-Quintana, A., Revilla, I., & Salvador-Esteban, J. (2020). The determination of fatty acids in cheeses of variable composition (cow, ewe's, and goat) by means of near infrared spectroscopy. *Microchemical Journal*, 104854.
- Gürsoy, O., Fakı, R., Kocatürk, K., Esgin, G., & Yılmaz, Y. (2021). Fatty acid composition and conjugated linoleic acid content of cheeses produced with goat milk. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 27(7), 835-841.
- Haenlein, G. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51, 155-163.
- He, Y., Zeng, W., Zhao, Y., Zhu, X., Wan, H., Zhang, M., & Li, Z. (2023). Rapid detection of adulteration of goat milk and goat infant formulas using near-infrared spectroscopy fingerprints. *International Dairy Journal*, 137, 105536.
- International Olive Oil Council. (2001). Preparation of the fatty acid methyl esters from olive oil and olive-pomace oil. Madrid: International Olive Oil Council.
- Karaoğlu, A. A. (2024). Effect of Microencapsulated Goat Clarified Butter on Free Fatty Acids and Physicochemical Properties in Cow Butter Production. *Osmaniye Korkut Ata University Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(3), 1136-1152. doi:<https://doi.org/10.47495/okufbed.1378287>
- Konar, A. (2001). *Süt Teknolojisi*. Adana: Cukurova University Faculty of Agriculture Publications.
- Manchester, K. (1996). Use of UV Methods for Measurement of Protein and Nucleic Acid Concentrations. *BioTechniques*, 20, 968-970.
- Mansour, M., & Sinclair, A. (1993). The trans fatty acid and positional (sn-2) fatty acid composition of some Australian margarines, dairy blends and animal fats. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 3, 155-163.
- Mora Garcia, M., & Clark, S. (2017). A 100-Year Review: Advances in goat milk research. *Journal of Dairy Science*, 100, 10026-10044.
- Paszczyk, B., & Łuczynska, J. (2020). The Comparison of Fatty Acid Composition and Lipid Quality Indices in Hard Cow, Sheep, and Goat Cheeses. *Foods*, 9, 1667. doi:10.3390/foods9111667
- Promega Global. (2018). Maxwell® RSC PureFood GMO and Authentication Kit. At 11 30, 2019 accessed from <https://worldwide.promega.com/products/nucleic-acid-extraction/genomic-dna/maxwell-rsc-purefood-gmo-and-authentication-kit/?catNum=AS1600>
- Sagdic, O., Dönmez, M., & Demirci, M. (2004). Comparison of characteristics and fatty acid profiles of traditional Turkish yayik butters produced from goats', ewes' or cows' milk. *Food Control*, 15, 485-490.
- Sassi, M., Arena, S., & Scaloni, A. (2015). MALDI-TOF-MS Platform for Integrated Proteomic and Peptidomic Profiling of Milk Samples Allows Rapid Detection of Food Adulterations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 6157-6171.
- SNP Biyoteknoloji. (2019). Tür Tayin Real-Time PCR Kitleri. SNP Biyoteknoloji: Accessed from <http://www.snp.com.tr/Eklenti/1325,keci-tur-tayin-real-time-pcr-kitipdf.pdf?1>



## Original Article/Özgün Araştırma

### Goose meat: Salting/drying effect on nutritional value, physicochemical properties, and sensory properties

#### Kaz eti: Tuzlama/kurutmanın besin değeri, fizikokimyasal özellikler ve duyuşal özellikler üzerindeki etkisi

Hürriyet Çimen<sup>1</sup>, Pınar Kızılkaya<sup>2</sup>, \*Bilge Sayın<sup>1</sup>, Duygu Alp Baltakesmez<sup>1</sup>, Feyza Kırmacı<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ardahan University, School of Tourism and Hotel Management, Department of Gastronomy and Culinary Arts, 75000, Ardahan/Türkiye

<sup>2</sup>Ardahan University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Food Technology, 75000, Ardahan/Türkiye

(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0001-6107-2444 Assoc. Prof.

ORCID ID: 0000-0002-8420-7222 Dr.

ORCID ID: 0000-0002-1898-0428 Asst. Prof.

ORCID ID: 0000-0003-3268-9677 Asst. Prof.

ORCID ID: 0009-0004-6285-2003

\*Sorumlu yazar/Corresponding author: bilgesayin@ardahan.edu.tr

Received Date/Geliş Tarihi : 02.08.2024

Accepted Date/Kabul Tarihi : 20.11.2024

## Abstract

**Objective:** In Kars and Ardahan, where climatic conditions are suitable for goose farming, the consumption of goose meat has been an integral part of local cuisine for generations. In conventional production, salting and drying play pivotal roles in enhancing flavor and preserving goose meat. This study aimed to identify the nutritional, physicochemical, and sensory properties of goose meat subjected to different salting and drying levels.

**Materials and methods:** In this study, 16 naturally reared geese were collected from Hanak district of Ardahan province. Traditional cooking methods prevalent in the region, classical boiling and oven cooking, have been applied without the use of salt, spices, or food additives. Breast muscle samples were used for each treatment group. Subsequently, various analyses of physicochemical properties and nutritional parameters, including salt content, dry matter, pH, protein, fat, cooking loss, mineral content, and cholesterol level, were conducted for the raw and/or cooked samples. Sensory analysis was performed to assess the acceptability of the samples.

**Discussion and results:** According to the results obtained, the most abundant minerals in the goose meat samples were determined as sodium (Na), potassium (K), phosphorus (P), magnesium (Mg), and iron (Fe), respectively. The amount of salt and drying time significantly affected cooking loss ( $P < 0.01$ ). Additionally, it was found that different salting and drying levels significantly affected the overall consumer acceptability of goose meat ( $P < 0.01$ ). Finally, it was concluded that the optimization of traditional salting and drying techniques not only enhances the flavor and shelf life of meat, but also plays a crucial role in meeting consumer demands for quality and nutritional value.

**Keywords:** dry-cured; goose meat; nutrition; salting; sensory assessment; traditional meat product

## Öz

**Amaç:** Kaz yetiştiriciliği için iklim koşullarının uygun olduğu Kars ve Ardahan'da kaz eti tüketimi nesillerdir yerel mutfağın ayrılmaz bir parçası olmuştur. Geleneksel üretimde tuzlama ve kurutma, kaz etinin lezzetini artırmada ve korunmasında önemli rol oynamaktadır. Bu çalışma, farklı tuzlama ve kurutma seviyelerine tabi tutulan kaz etinin besinsel, fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini belirlemeyi amaçlamaktadır.

**Materyal ve yöntem:** Bu çalışmada, Ardahan ili Hanak ilçesinden doğal ortamda yetiştirilen 16 adet kaz toplanmıştır. Bölgede yaygın olan geleneksel pişirme yöntemleri, klasik kaynatma ve fırında pişirme, tuz, baharat veya gıda katkı maddeleri kullanılmadan uygulanmıştır. Her muamele grubu için göğüs kası örnekleri kullanılmıştır. Daha sonra, çiğ ve/veya pişmiş örnekler için tuz içeriği, kuru madde, pH, protein, yağ, pişirme



kaybı, mineral içeriği ve kolesterol seviyesi dahil olmak üzere çeşitli fizikokimyasal özellikler ve besin parametrelerinin analizleri yapılmıştır. Örneklerin kabul edilebilirliğini değerlendirmek için duyusal analiz uygulanmıştır.

**Tartışma ve sonuç:** Elde edilen sonuçlara göre kaz eti örneklerinde en bol bulunan mineraller sırasıyla sodyum (Na), potasyum (K), fosfor (P), magnezyum (Mg) ve demir (Fe) olarak belirlenmiştir. Tuz miktarı ve kurutma süresi pişirme kaybını önemli ölçüde etkilemiştir ( $P < 0,01$ ). Ayrıca farklı tuzlama ve kurutma seviyelerinin kaz etinin genel tüketici kabul edilebilirliğini önemli ölçüde etkilediği bulunmuştur ( $P < 0,01$ ). Son olarak, geleneksel tuzlama ve kurutma tekniklerinin optimizasyonunun sadece etin lezzetini ve raf ömrünü artırmakla kalmayıp, aynı zamanda tüketicilerin kalite ve besin değeri taleplerini karşılamada da önemli bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** kuru-kürleme; kaz eti; beslenme; tuzlama; duyusal değerlendirme; geleneksel et ürünleri

## 1. Introduction

Food processing methods, including salting, drying, smoking, sugaring, pasteurizing, and fermenting, play a crucial role in ensuring food safety (Fardet and Rock, 2020). Sodium chloride (NaCl) is a vital food ingredient that enhances the flavor of meat products (Ying et al., 2016). At the same time, NaCl has been used as a food preservative for millennia to inhibit the growth of foodborne pathogenic bacteria and other spoilage organisms by reducing water activity in food. Additionally, salt plays various essential roles, such as masking bitter tastes and facilitating the binding of proteins and other components to achieve desired textures (Doyle and Glass, 2010). On the other hand, drying is one of the oldest preservation methods (Knorr and Augustin, 2023). The drying process aims to reduce the water activity of a product and control its microbiological, biochemical, and chemical activities (Aykin Dinçer and Erbas, 2019). The drying process is not applied alone; it is usually applied together with other processes such as fermentation, frying, salting, and curing (Ahmat et al., 2015).

Lamb, pork, beef, turkey, and chicken are the most frequently consumed meat types. Conversely, the consumption of waterfowl poultry meat, including goose, is less preferred (Wereńska et al., 2023). Poultry meat is an important source of polyunsaturated fatty acids that are important for human nutrition (Nowicka et al., 2019). Among them, goose meat is rich in proteins and contains all essential amino acids necessary for the human body (Fu et al., 2022). It also contains low cholesterol, various vitamins, and minerals (Orkusz et al., 2021).

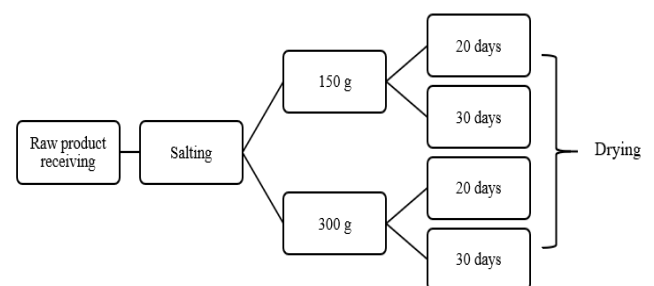
Salted and dried meat products are popular in numerous countries owing to their highly favorable sensory attributes (Mediani et al., 2022). Goose breeding is widely conducted under free-range breeding conditions in Turkey (Kalaycı and Yılmaz, 2014), and geese are slaughtered by families at the beginning of winter. After cutting, the internal organs of the goose are removed, and the carcass is salted and dried (Kamber and Yaman, 2016). From the past to the present, many families in the Ardahan-Kars province have consumed goose meat in their diet during the winter months (Kaban et al., 2020). Processing goose meat by salting and drying provides a better aroma and consumers perceive certain sensory characteristics more dominantly. However, there is no standard salting rate or drying time in this region. In the current work, the primary aim was to investigate

the effects of different salting rates and drying times on the sensory properties of goose meat. Additionally, various physicochemical properties and nutritional parameters (salt, dry matter, pH, protein, fat, cooking loss, mineral content, and cholesterol content) were evaluated.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Materials

Sixteen naturally fed geese were purchased from the Hanak district of the Ardahan province in December 2022 and used in this study. In the district where the continental climate prevails, winters are very harsh and cold, whereas summers are warm and rainy. The average temperature of the coldest month is reported as  $-35^{\circ}\text{C}$ , and the average temperature of the hottest month is  $+25^{\circ}\text{C}$  (Hanak District Governorate, 2024). Animals were raised in the same field, fed the same diet, and subjected to a single slaughter procedure, then the internal organs were removed. After this process, the carcasses were salted with two different amounts of rock salt (150 and 300 g) and stored in safe containers. The salted carcasses were then hung to dry for different times (20 and 30 days) in open-air conditions and exposed to winter sun. A flowchart of the production of salted-dried goose samples is shown in Figure 1.



**Figure 1.** Flowchart of the production of salted-dried goose samples

### 2.2. Methods

#### 2.2.1. Cooking methods of goose meat

In the present study, the most commonly used classical boiling and oven cooking methods in Ardahan, which do not contain salts, spices, or food additives, were preferred. Sixteen breast muscles were used for each heat treatment. Boiling was performed in an open cauldron for 3.5 hours. The decreasing amount of water was replenished continuously. Subsequently, oven cooking was performed in a domestic oven at  $200^{\circ}\text{C}$  for 15 min.

### 2.2.2. Determination of some nutritional and physicochemical properties of goose meat

For the detection of the mineral content of goose samples, AOAC Official Methods (2020) were used (AOAC 985.35 for Mg, K, and Na; AOAC 999.10 for Fe; AOAC 986.24 for P). Cholesterol analysis was performed according to the method described by Fenton and Sim (1991). Protein analysis was applied by the Kjeldahl method (AOAC 960.52, 2020). pH was measured by homogenizing 10 g of meat samples in 100 mL of distilled water using a pH meter (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland). Total dry matter (%) content was determined by drying the samples to a constant weight at  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ . The amount of NaCl diffused into the goose meat was determined by titrating the chloride anions in the sample solutions with silver nitrite using the Mohr method. The fat content (%) was analyzed using the Soxhlet method, employing petroleum ether extraction via a Soxhlet extractor.

### 2.2.3. Cooking loss of goose meat

Cooking loss was calculated using the following equation (1) after the samples were cooled to room temperature:  $W_b$  and  $W_p$  represent the weight of raw meat samples before cooking and the post-cooking weight of the samples, respectively.

$$\text{Cooking loss \%} = \frac{(W_b - W_p)}{(W_b \times 100)} \quad (1)$$

### 2.2.4. Sensory analysis of goose breast

Dry-cured goose samples were cut into slices (approximately  $3 \times 3 \times 2$  cm). The slices were then placed on numbered disposable plates and presented to the panel. Sensory analysis was performed by 15 panelists from the Food Engineering, Gastronomy, and Culinary Arts departments of Ardahan University. The sensory descriptions and score values of the sensory panel form used in the evaluation, and their corresponding expressions, are listed in Table 1.

**Table 1.** Descriptors used in the sensory assessment and definitions corresponding to the scores (Wereńska et al., 2023)

| Score | Flavor and aroma | Tenderness        | Juiciness        | Cohesiveness   | Springiness         | Overall palatability |
|-------|------------------|-------------------|------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| 0-2   | Absence          | Extremely tough   | Extremely dry    | Extremely low  | No elasticity       | Unacceptable         |
| 3-4   | Sufficiently     | Moderately tough  | Moderately dry   | Low            | Low elasticity      | Sufficient           |
| 5-6   | Pleasant-good    | Moderately tender | Moderately juicy | Moderately low | Moderate elasticity | Good                 |
| 7-8   | Very pleasant    | Tender            | Juicy            | High           | Elasticity          | Very good            |
| 9-10  | Excellent        | Extremely tender  | Very juicy       | Extremely high | Extreme elasticity  | Excellent            |

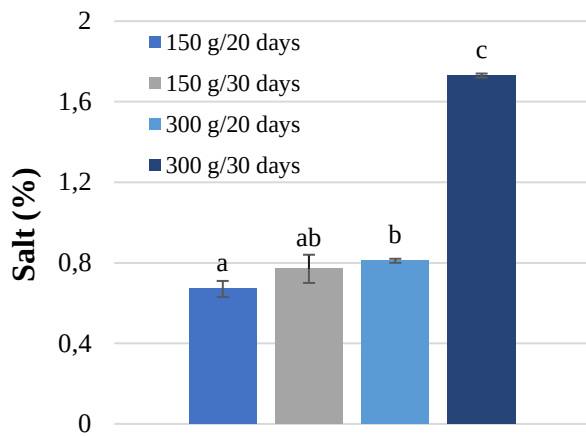
### 2.2.5. Statistical analysis

One-way ANOVA was used for statistical analyses of the results. The statistical significance of the differences between the groups was estimated using Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ). All statistical analyses were performed using SPSS version 24 software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The results of the statistical analysis are presented as mean values with standard deviations in the figures. The experiments were performed in duplicate.

## 3. Results and discussion

### 3.1. Salt content of the samples analysis

As shown in Figure 2, the degree of intramuscular salt transfer was not regularly affected by the level of NaCl and drying time. As expected, the salt content of the samples that were salted with 300 g and dried for 30 days reached its maximum and was determined to be  $1.73 \pm 0.01$ . The differences in the salt content between the samples were statistically significant ( $P < 0.01$ ).



**Figure 2.** Salt amount results of goose samples

a,b,c,d Values within a column with different superscripts differ significantly at  $P < 0.05$

### 3.2. Dry matter, pH, and cooking loss

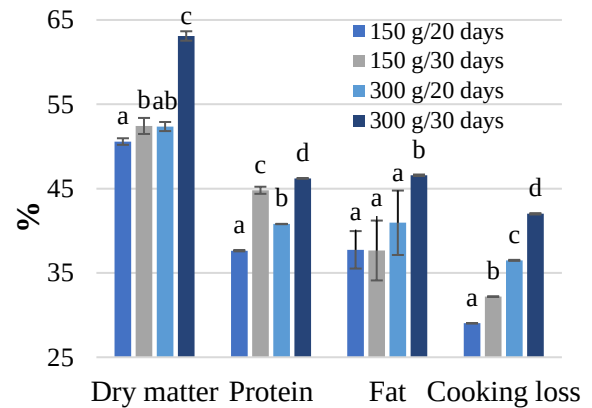
The results of dry matter, protein, fat, and cooking loss of salted-dried goose meat samples are shown in Figure 3. As the drying time increased in samples that had been salted to the same amount, a corresponding decrease in moisture content was observed, accompanied by an increase in dry matter content (Fig. 3). As expected, the samples with the highest dry matter content were highly salted and dried ( $63.10 \pm 0.56$ ). The pH values of the raw samples ranged from 6.07 to 6.36, whereas those of the cooked samples varied from 6.31 to 6.76. The differences in the dry matter and pH between samples were statistically significant ( $P < 0.01$ ).

The cooking loss increased with increasing salt content and drying time. The lowest and highest cooking losses were determined as  $29.03 \pm 0.01$  and  $42.01 \pm 0.08$ , respectively, in the samples that were 150 g salted/20 days dried and 300 g salted/30 days dried, respectively. Moreover, the differences in cooking loss between samples were statistically significant ( $P < 0.01$ ).

### 3.3. Protein and fat

The protein and fat content of the salted-dried goose meat samples are shown in Figure 3. The lowest protein content of the goose samples obtained after 150 g of salting and 20 days of drying was calculated as  $37.64 \pm 0.08$ . The highest protein content was determined as  $46.21 \pm 0.03$ , from the samples that were salted at 300 g and dried

for 30 days. The differences between the protein content of the samples were statistically significant ( $P < 0.01$ ). Considering the fat content of the goose samples, a statistically significant difference was observed between the 300 g salted and 30 days dried samples and the 150 g salted samples ( $P < 0.05$ ).



**Figure 3.** Dry matter, protein, fat, and cooking loss results of goose samples

a,b,c,d Values within a column with different superscripts differ significantly at  $P < 0.05$

### 3.4. Mineral content of the samples

The mineral content of the samples is shown in Fig. 5. The results demonstrated that the Na mineral content of goose samples increased by the quantity of salt used during salting. The maximum concentration of Na detected was  $19104.50 \pm 770.04$  mg/kg in the samples, salted with 300 g of salt and dried for 30 d. The K concentration was determined as  $2510.50 \pm 9.19$  mg/kg in the samples that were salted at 150 g and dried for 20 days and  $3322 \pm 22.63$  mg/kg with 30 days of drying. The K content in the 300 g salted samples were not significantly different ( $P > 0.05$ ). A significant difference was detected between the P content of 150 g salted and 20 days dried and that of the other samples ( $P < 0.05$ ). The highest Fe and P contents were determined as  $59.97 \pm 1.04$  mg/kg and  $1435 \pm 100.41$  mg/kg, respectively, in the samples salted with 300 g of salt and dried for 20 days. The highest Mg content was determined to be  $544.35 \pm 17.61$  mg/kg in the samples that were salted with 150 g of salt and dried for 30 days. The differences between the minerals in the samples were statistically significant ( $P < 0.01$ ) (Table 2).



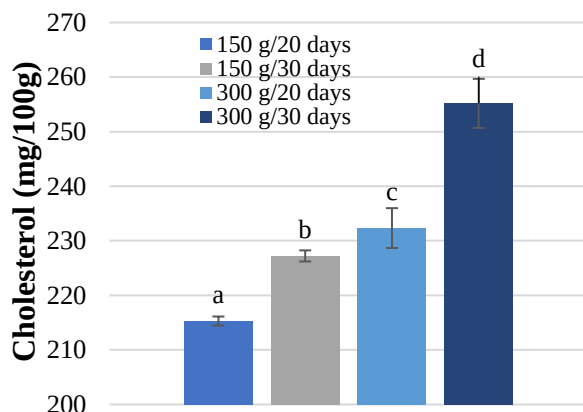
**Table 2.** Results of the mineral content of goose breast samples

| Mineral (mg/kg) | 150 g of salting              |                                | 300 g of salting               |                                | Sig. |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
|                 | 20 days of drying             | 30 days of drying              | 20 days of drying              | 30 days of drying              |      |
| Mg              | 386.95 ± 8.13 <sup>a</sup>    | 544.35 ± 17.61 <sup>d</sup>    | 448.45 ± 11.10 <sup>b</sup>    | 489.40 ± 5.23 <sup>c</sup>     | **   |
| K               | 2510.50 ± 9.19 <sup>a</sup>   | 3322 ± 22.63 <sup>c</sup>      | 2760.50 ± 17.68 <sup>b</sup>   | 2761 ± 18.38 <sup>b</sup>      | **   |
| Na              | 8441.50 ± 434.87 <sup>a</sup> | 10944.50 ± 919.95 <sup>b</sup> | 12866.50 ± 259.51 <sup>c</sup> | 19104.50 ± 770.04 <sup>d</sup> | **   |
| Fe              | 25.21 ± 0.46 <sup>a</sup>     | 49.05 ± 0.44 <sup>c</sup>      | 59.97 ± 1.04 <sup>d</sup>      | 44.20 ± 0.49 <sup>b</sup>      | **   |
| P               | 701 ± 117.38 <sup>a</sup>     | 1168.50 ± 106.77 <sup>b</sup>  | 1435 ± 100.41 <sup>b</sup>     | 1211 ± 103.24 <sup>b</sup>     | **   |

a,b,c,d Values within a row with different superscripts differ significantly at  $P < 0.05$

### 3.5. Cholesterol content of the samples

The cholesterol contents of the samples are shown in Figure 4. When the figure was examined, it was observed that the cholesterol values increased with increasing salting and drying rates. In addition, the highest cholesterol value was  $255.18 \pm 4.50$ , while the lowest value was  $215.29 \pm 0.83$ . Finally, the differences in cholesterol content between samples were statistically significant ( $P < 0.01$ ).

**Figure 4.** Cholesterol content of goose samples

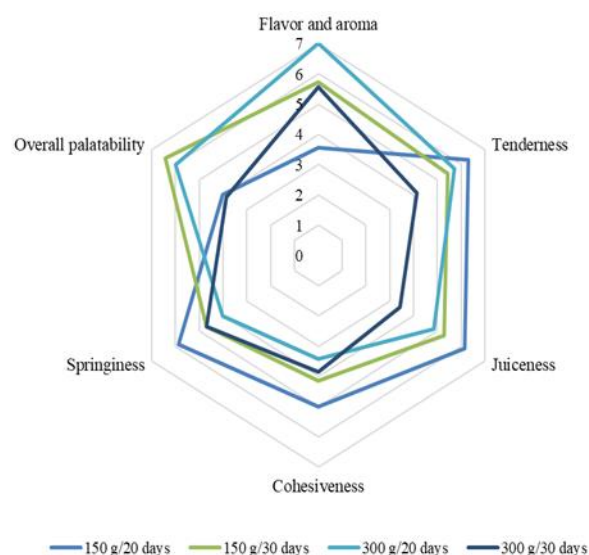
a,b,c,d Values within a column with different superscripts differ significantly at  $P < 0.05$

### 3.6. Sensory analysis

The results of the sensory analysis of the goose meat breast samples are shown in Figure 5. Cooking methods frequently used in this region were preferred for sensory evaluation. For this purpose, goose meat was boiled with skin and baked.

The salted-dried goose breast samples showed a statistically significant difference in the overall acceptability ( $P < 0.01$ ). For overall acceptability, the most popular goose breast meat samples were 150 g salted and 30 days dried, and 300 g salted and 20 days dried, although the differences between these results were not statistically significant ( $P > 0.05$ ). However, aroma and juiciness were significantly different between the samples ( $P <$

0.05). The differences between other descriptors were not statistically significant ( $P > 0.05$ ). Finally, it was noteworthy that 150 g of salt and 20 d of drying yielded the lowest results in terms of flavor and aroma.

**Figure 5.** Sensory evaluation of goose breast samples

## 4. Discussion

Slaughter, carcass, and quality of geese can differ based on factors such as sex, age, nutrition, production method, and fattening period. Among these factors, the production system is a significant non-genetic factor that influences these traits (Boz et al., 2017). Microbial growth can be reduced by salting and drying meat products; however, these processes also affect the texture of the meat products (Yalçın and Şeker, 2016). There are limited studies on the effects of drying and salting on goose meat quality. In this study, it was aimed to determine the effects of different salting and drying times on the physicochemical, nutritional, and sensory properties of meat.

Sodium salt is a crucial bacteriostatic agent in the food industry that plays an important role in

inhibiting the growth of spoilage and pathogenic bacteria. Its impact extends to reducing water activity (*aw*) and creating an inhospitable environment for microbial growth and reproduction in foods. Furthermore, NaCl can lower oxygen solubility and influence the enzyme activity in microbial cells. It can also compel microorganisms to expend a significant amount of energy to expel Na ions from their cells, thereby hindering their proliferation. The accumulation of harmful substances such as biogenic amines and bacterial toxins is favored in low-salt environments (Wang et al., 2023). In this study, the salt content of the samples that were salted at 300 g and 30 days dried reached its maximum and was determined to be  $1.73 \pm 0.01$ . The investigation revealed that as the amount of salt used and the duration of drying increased, there was an increase in the diffusion of salt into the muscles. Another preferred process in this region is to maintain the carcass in salt for a few days after salting. However, the samples used in this study dried immediately after salting. Therefore, the salt content may increase further with increasing salting time. Another option is to incorporate phosphates in low-salt meat products that reduce the salt content by up to 50%, boost the water and fat retention capacity, and enhance their sensory and physicochemical properties (Gómez et al., 2020). Such applications can be attempted if industrial-based goose production facilities are established in the region. Finally, in this way, the negative effects of excess salt on health could be reduced. Kokoszyński et al. (2022) reported that the salt content varied between 0.1-0.8% in goose breast samples.

As expected, the samples with the highest dry matter content were those that were the most salted and dried samples ( $63.10 \pm 0.56$ ). Lower results have been reported in other studies (Oz and Celik, 2015; Damaziak et al., 2016; Oz et al., 2016; Gumulka and Połtowicz, 2020). Goluch et al. (2021) found that the moisture content in goose breast samples was influenced by both the muscle type (with or without skin) and heat processing methods. They also determined that skinless muscles have higher moisture content than muscles with skin.

The pH level of meat is an effective parameter for assessing traits such as water-holding capacity, texture, color, cooking loss, and shelf life. Hence, meat with higher pH level has a shorter shelf life, which is primarily attributable to microbial factors (Boz et al., 2019). In this study, the pH values of the raw samples range from 6.07 and 6.36. Similar results have been reported in other studies (Gumulka et al., 2020; Liu et al., 2011). In previous

studies, lower values have been detected in goose breast meat samples (Kirmizibayrak et al., 2011; Yakan et al., 2012; Oz and Celik, 2015; Oz et al., 2016).

During the heat treatment process, the losses incurred during cooking, which are attributed to mass transfer, are contingent on various factors. These factors encompass not only the specifics of the cooking procedure, such as the method employed, cooking surface utilized, and duration and temperature of cooking, but also the main properties of the meat. The water, protein, and fat content, pH value of raw meat, and size of the meat all play integral roles in determining the extent of cooking loss (Oz and Celik, 2015). Other factors include the shape of the chopped meat, salt content, and inclusion of various additives (Choi et al., 2016). Previous research has suggested a positive correlation between the low pH level of poultry meat and diminished water-holding capacity, leading to increased drip and cooking losses (Damaziak et al., 2016). The primary components lost during the cooking of meat devoid of skin and subcutaneous fat include water, water-soluble components, and intramuscular fat. The goose exhibits a notable presence of subcutaneous fat. Consequently, when preparing meat with skin, subcutaneous fat is an additional component lost during heat treatment, contributing to higher cooking loss (Wołoszyn et al., 2020). In our study, it was found that as the salting and drying levels of goose increased, cooking loss also increased.

Goose meat is characterized by high-quality proteins with a minimal collagen content ranging from 0.39 to 0.91% (Buzala et al., 2014). Other studies conducted by different researchers have identified the protein content in fresh goose breast meat to be between 21 and 24% (Buzala et al., 2014; Boz et al., 2019; Biesek et al., 2020). On the other hand, considering the fat amount of the dry-cured goose samples, no statistically significant difference was observed between the fat amount of the samples salted with 150 g of salt ( $P > 0.05$ ). In addition, the fat content of the 300 g salted samples was higher than that of the other samples.

Meat and its products constitute integral elements of our dietary patterns, encompassing nutrients such as fats, fatty acids, cholesterol, and vitamins, which can impact health (Pogorzelska-Nowicka et al., 2018). Cholesterol is an important molecule in the membrane structure and a precursor for the synthesis of vitamin D, steroid hormones, and bile acids (Nowicka et al., 2018). Some studies have reported a much lower cholesterol content in goose breast meat than in our study (Buzala et al., 2014;

Biesek et al., 2020; Haraf et al., 2021). In our study, the highest cholesterol value was  $255.18 \pm 4.50$  mg/100 g, while the lowest value was  $215.29 \pm 0.83$  mg/100 g ( $P < 0.01$ ). In another study, the cholesterol value of salted and dried goose meat was determined to be  $140.64 \pm 9.28$  mg/100 g (Şahin et al., 2022). These values were quite low compared to those in the present study, which could be due to differences in dry matter content. Boz et al. (2019) found that cholesterol levels did not differ between the sexes or varieties. In contrast, Buzala et al. (2014) pointed out variations in cholesterol content between genotypes and sexes. Cholesterol levels in meat and poultry can be affected by several factors, including animal species, muscle fiber type, and muscle fat content. The influence of fiber type appears to be linked to the size of muscle fibers and lipid accumulation in the muscles. Research indicates that muscles with high oxidative capacity with red muscle fibers, smaller fiber diameter, and higher fat content, tend to exhibit higher total cholesterol levels (Dinh et al., 2011). However, it cannot be forgotten that a daily intake of approximately 300 mg is recommended in human nutrition (USDA/HHS, 2010).

Genetic, physiological (sex), and environmental (diet) factors can affect the mineral composition of meat (Geldenhuys et al., 2015). On the other hand, Goluch et al. (2021) indicated that heat-processing methods for meat enhance food safety, sensory qualities, and digestibility, but they can also alter energy, nutrient content, and mineral retention. In our study, Na increased with an increase in the amount of salt used for salting and the drying time. Among the minerals whose amounts were investigated in goose breast meat samples, the most abundant minerals were Na, K, P, Mg, and Fe, respectively. Geldenhuys et al. (2015) reported that Egyptian goose meat contained a substantial abundance of P, K, Mg, and Na. Moreover, it was found that the meat had an Fe content of 5.3 mg/100 g. This level was attributed to the metabolic capacity and fiber composition of the breast muscle. Similar results were obtained with our study in terms of Na ( $13128.50 \pm 1856.21$  mg/kg), K ( $3004.44 \pm 681.96$  mg/kg), Fe ( $39.48 \pm 3.85$  mg/kg), P ( $1443.03 \pm 67.21$  mg/kg) and Mg ( $269.62 \pm 16.09$ ) in goose leg meat (Şahin et al., 2022). Geldenhuys et al. (2013) highlighted that in addition to its high Fe content, Egyptian goose meat contains substantial levels of Zn and Cu. In addition, P was the most abundant mineral, followed by K and Mg. The authors also noted that elevated Fe content is a distinguishing

characteristic, largely attributed to the higher level of physical activity in geese.

In this study, the highest overall palatability scores of meat samples were noted in 150 g salted and 30 days dried samples and 300 g salted and 20 days dried samples. Geldenhuys et al. (2014) observed that the aroma and flavor profiles of Egyptian goose meat exhibited characteristics distinct from those of Guinea fowl (breast), ostrich (fan fillet and moon steak), Pekin duck (breast), and broiler chicken (breast). It has also been stated that Egyptian goose meat has a very strong aroma and flavour, and leaves a metallic taste in the mouth due to the presence of high amounts of Fe. Nowicka et al. (2018) revealed that sensory quality varied depending on three different regions/producers due to the different smoking time used by each producer for a traditional Polish dry-cured product made from the meat of a White Koluda goose. In another study, the instrumental sensory value of male breast muscles was lower than that of females (Kokoszyński et al., 2022). Wołoszyn et al. (2020) reported that samples containing skin and subcutaneous fat exhibited a greater intensity of typical flavor and aroma, along with enhanced springiness, tenderness, and juiciness of goose meat. The samples also received a higher overall palatability score than their skinless counterparts.

## 5. Conclusion

This Salting and drying are age-old techniques that involve carefully applying salt to meat, effectively removing moisture, and inhibiting the growth of harmful microorganisms. Once adequately salted, meat is left to air-dry in a controlled environment, often characterized by low humidity and proper ventilation. This process imparts an intense flavor to meat while extending its shelf life. This product can be stored for extended periods, making it an essential food source in regions with harsh climates and limited access to fresh ingredients. Consumers attach importance to factors such as price, sensory quality, and nutritional content when deciding whether to buy meat and meat products. Finally, it is thought that the optimization of salting and drying processes may influence product sales dynamics and consumer preferences.

## Availability of data and materials

The datasets used in this study are available from the corresponding author upon request.

## Ethical statement

Ethical approval for animal experiments was not required for this study.

## Financial support

Part of this research was funded by TÜBİTAK (Turkish Scientific and Technical Research Council), project number: 1919B012109951.

## Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

## 6. References

- Ahmat, T., Barka, M., Aregba, A.W., and Bruneau, D. (2015). Convective drying kinetics of fresh beef: an experimental and modeling approach. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (6), 2581-2595. <http://doi.org/10.1111/jfpp.12508>
- Aykın Dinçer, E., and Erbas, M. (2019). Kurutulmuş et ürünlerinin kalite özellikleri. *Gıda / The Journal of Food*, 44 (3), 472-482. <http://doi.org/10.15237/gida.gd18124>
- AOAC, Official Methods of Analysis. (2020). 21st Ed., Appendix D, AOAC INTERNATIONAL, Rockville, MD. [http://eoma.aoac.org/app\\_d.pdf](http://eoma.aoac.org/app_d.pdf)
- Biesek, J., Kuźniacka, J., Banaszak, M., Maiorano, G., Grabowicz, M., and Adamski, M. (2020). The effect of various protein sources in goose diets on meat quality, fatty acid composition, and cholesterol and collagen content in breast muscles. *Poultry Science*, 99 (11), 6278-6286. <http://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.074>
- Boz, M. A., Oz, F., Yamak, U. S., Sarica, M., and Cilavdaroglu, E. (2019). The carcass traits, carcass nutrient composition, amino acid, fatty acid, and cholesterol contents of local Turkish goose varieties reared in an extensive production system. *Poultry Science*, 98 (7), 3067-3080. <http://doi.org/10.3382/ps/pez125>
- Boz, M. A., Sarica, M., and Yamak, U. S. (2017). Production traits of artificially and naturally hatched geese in intensive and free-range systems—II: slaughter, carcass and meat quality traits. *British Poultry Science*, 58 (2), 166-176. <http://doi.org/10.1080/00071668.2016.1261998>
- Buzała, M., Adamski, M., and Janicki, B. (2014). Characteristics of performance traits and the quality of meat and fat in Polish oat geese. *World's Poultry Science Journal*, 70 (3), 531-542. <http://doi.org/10.1017/S0043933914000580>
- Choi, Y. S., Jeong, T. J., Hwang, K. E., Song, D. H., Ham, Y. K., Kim, Y. B., Jeon, K. H., Kim, H. W., and Kim, C. J. (2016). Effects of various salts on physicochemical properties and sensory

## Author contributions

Academic Advisor of the Project- H.Ç.; Writing-Original Draft- B.S.; Conceptualization- B.S.; Formal Analysis; B.S., D.A.B., F.K., P.K.; Writing and Review B.S., P.K., D.A.B.; Project manager- F.K.; All the authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

characteristics of cured meat. *Korean Society for Food Science of Animal Resources*, 36 (2), 152. <http://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.2.152>

Damaziak, K., Stelmasiak, A., Michalczyk, M., Wyrwicz, J., Moczowska, M., Marcinkowska-Lesiak, M. M., Niemiec, J., and Wierzbicka, A. (2016). Analysis of storage possibility of raw and smoked breast meat of oat-fattened White Kołuda® goose based on their quality characteristics. *Poultry Science*, 95 (9), 2186-2197. <http://doi.org/10.3382/ps/pew138>

Dinh, T. T., Thompson, L. D., Galyean, M. L., Brooks, J. C., Patterson, K. Y., and Boylan, L. M. (2011). Cholesterol content and methods for cholesterol determination in meat and poultry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10 (5), 269-289. <http://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00158.x>

Doyle, M. E., and Glass, K. A. (2010). Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (1), 44-56. <http://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00096.x>

Fardet, A., and Rock, E. (2020). Ultra-processed foods and food system sustainability: What are the links?. *Sustainability*, 12 (15), 6280. <http://doi.org/10.3390/su12156280>

Fenton, M., and Sim, J. S. (1991). Determination of egg yolk cholesterol content by on-column capillary gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 540, 323-329. [http://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)88819-1](http://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)88819-1)

Fu, L., Du, L., Sun, Y., Fan, X., Zhou, C., He, J., and Pan, D. (2022). Effect of lentinan on lipid oxidation and quality change in goose meatballs during cold storage. *Foods*, 11 (7), 1-18. <http://doi.org/10.3390/foods11071055>

Geldenhuys, G., Hoffman, L. C., and Muller, M. (2014). Sensory profiling of Egyptian goose (*Alopochen aegyptiacus*) meat. *Food Research*



- International, 64, 25-33.  
<http://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.005>
- Geldenhuys, G., Hoffman, L. C., and Muller, N. (2013). Aspects of the nutritional value of cooked Egyptian goose (*Alopochen aegyptiaca*) meat compared with other well-known fowl species. *Poultry Science*, 92 (11), 3050-3059.  
<http://doi.org/10.3382/ps.2013-03342>
- Geldenhuys, G., Hoffman, L. C., and Muller, N. (2015). The fatty acid, amino acid, and mineral composition of Egyptian goose meat as affected by season, gender, and portion. *Poultry Science*, 94 (5), 1075-1087. <http://doi.org/10.3382/ps/pev083>
- Goluch, Z., Barbara, K., Haraf, G., Wołoszyn, J., Okruszek, A., and Wereńska, M. (2021). Impact of various types of heat processing on the energy and nutritional values of goose breast meat. *Poultry Science*, 100 (11), 101473.  
<http://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101473>
- Gómez, I., Janardhanan, R., Ibañez, F. C., and Beriain, M. J. (2020). The effects of processing and preservation technologies on meat quality: Sensory and nutritional aspects. *Foods*, 9 (10), 1416.  
<http://doi.org/10.3390/foods9101416>
- Gumułka, M., and Połtowicz, K. (2020). Comparison of carcass traits and meat quality of intensively reared geese from a Polish genetic resource flock to those of commercial hybrids. *Poultry Science*, 99 (2), 839-847.  
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.042>
- Hanak District Governorate. (2024). <http://www.hanak.gov.tr/hanak-iklimi>. Accessed date: 24/02/2024.
- Haraf, G., Wołoszyn, J., Okruszek, A., Goluch, Z., Wereńska, M., and Teleszko, M. (2021). The protein and fat quality of thigh muscles from Polish goose varieties. *Poultry Science*, 100 (4), 100992.  
<http://doi.org/10.1016/j.psj.2021.01.015>
- Kaban, G., Kızılkaya, P., Börekçi, B. S., Hazar, F. Y., Kabil, E., and Kaya, M. (2020). Microbiological properties and volatile compounds of salted-dried goose. *Poultry Science*, 99 (4), 2293-2299.  
<http://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.057>
- Kalaycı, S., and Yılmaz, Ö. (2014). Effect of cereal grains on the total lipid, cholesterol content and fatty acid composition of liver and muscle tissues in native geese. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 20 (1).  
<http://doi.org/10.9775/kvfd.2013.9394>
- Kamber, U., and Yaman, H. (2016). Microbiological analysis of dried goose carcasses. *Macedonian Veterinary Review*, 39 (2), 143-152.  
<http://doi.org/10.1515/macvetrev-2016-0078>
- Kirmizibayrak, T., Onk, K., Ekiz, B., Yalcintan, H., Yılmaz, A., and Yazıcı, K. (2011). Effects of age and sex on meat quality of Turkish native geese raised under a free-range system. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17 (5).  
<http://doi.org/10.9775/kvfd.2011.4587>
- Knorr, D., and Augustin, M. A. (2023). Preserving the food preservation legacy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63 (28), 9519-9538.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2065459>
- Kokoszyński, D., Biesiada-Drzazga, B., Żochowska-Kujawska, J., Kotowicz, M., Sobczak, M., Saleh, M., Fik, M., Arpášová, H., Hrnčár, C., and Kostenko, S. (2022). Effect of genotype and sex on carcass composition, physicochemical properties, texture and microstructure of meat from geese after four reproductive seasons. *British Poultry Science*, 63 (4), 519-527.  
<http://doi.org/10.1080/00071668.2022.2030051>
- Liu, B. Y., Wang, Z. Y., Yang, H. M., Wang, J. M., Xu, D., Zhang, R., and Wang, Q. (2011). Influence of rearing system on growth performance, carcass traits, and meat quality of Yangzhou geese. *Poultry Science*, 90 (3), 653-659.  
<http://doi.org/10.3382/ps.2009-00591>
- Mediani, A., Hamezah, H. S., Jam, F. A., Mahadi, N. F., Chan, S. X. Y., Rohani, E. R., ...and Abas, F. (2022). A comprehensive review of drying meat products and the associated effects and changes. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1057366.  
<http://doi.org/10.3389/fnut.2022.1057366>
- Nowicka, K., Przybylski, W., Górka, E., Jaworska, D., Wołosiak, R., and Derewiaka, D. (2018). Variability in nutritional value of traditional goose meat product. *Animal Science Papers and Reports*, 36 (4), 405-420.
- Okuszek, A., Wołoszyn, J., Haraf, G., Orkus, A., and Wereńska, M. (2013). Chemical composition and amino acid profiles of goose muscles from native Polish breeds. *Poultry Science*, 92 (4), 1127-1133.  
<http://doi.org/10.3382/ps.2012-02486>
- Orkus, A., Wolańska, W., and Krajinska, U. (2021). The assessment of changes in the fatty acid profile and dietary indicators depending on the storage conditions of goose meat. *Molecules*, 26 (17), 5122.  
<http://doi.org/10.3390/molecules26175122>
- Oz, F., and Celik, T. (2015). Proximate composition, color and nutritional profile of raw and cooked goose meat with different methods.



- Journal of Food Processing and Preservation, 39 (6), 2442-2454. <http://doi.org/10.1111/jfpp.12494>
- Oz, F., Kızıl, M., and Çelik, T. (2016). Effects of different cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in goose meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40 (5), 1047-1053. <http://doi.org/10.1111/jfpp.12685>
- Pogorzelska-Nowicka, E., Atanasov, A. G., Horbańczuk, J., and Wierzbicka, A. (2018). Bioactive compounds in functional meat products. *Molecules*, 23 (2), 307. <http://doi.org/10.3390/molecules23020307>
- Şahin, M., Şahin, T., Ölmez, M., and Coşkun, M. R. (2022). Halk Elinde Yetiştirilen Kars Kaz Etinin Besinsel Özellikleri. *Manas Journal of Agriculture, Veterinary and Life Science*, 12 (2), 122-130. <http://doi.org/10.53518/mjavl.1126848>
- U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture (USDA/HHS). (2010). *Dietary guidelines for Americans*, 7th Edn. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Wang, J., Huang, X. H., Zhang, Y. Y., Li, S., Dong, X., and Qin, L. (2023). Effect of sodium salt on meat products and reduction sodium strategies-A review. *Meat Science*, 109296. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109296>
- Wereńska, M., Haraf, G., Okruszek, A., Marcinkowska, W., and Wołoszyn, J. (2023). The effects of sous vide, microwave cooking, and stewing on some quality criteria of goose meat. *Foods*, 12 (1), 1-18. <http://doi.org/10.3390/foods12010129>
- Wołoszyn, J., Wereńska, M., Goluch, Z., Haraf, G., Okruszek, A., Teleszko, M., and Król, B. (2020). The selected goose meat quality traits in relation to various types of heat treatment. *Poultry Science*, 99 (12), 7214-7224. <http://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.062>
- Yakan, A., Elmalı, D. A., Elmalı, M., Şahin, T., Motor, S., and Can, Y. (2012). Carcass and meat quality characteristics of white and multicolor geese under local breeder conditions. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 663-670. <http://doi.org/10.9775/kvfd.2012.6238>
- Yalçın, M. Y., and Şeker, M. (2016). Effect of salt and moisture content reduction on physical and microbiological properties of salted, pressed and freeze dried turkey meat. *LWT-Food Science and Technology*, 68, 153-159. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.032>
- Ying, W., Ya-Ting, J., Jin-Xuan, C., Yin-Ji, C., Yang-Ying, S., Xiao-Qun, Z., Dao-Dong, P., Chang-Rong, O., and Ning, G. (2016). Study on lipolysis-oxidation and volatile flavour compounds of dry-cured goose with different curing salt content during production. *Food Chemistry*, 190, 33-40. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.048>

## Original Article/Özgün Araştırma

### The effect of probiotic culture on quality characteristics of sucuk

#### Probiyotik kültürün sucuğun kalite karakteristikleri üzerine etkisi

İrem Ece Kayar<sup>1</sup> , Güzin Kaban<sup>2</sup> , Barış Yalınkılıç<sup>1\*</sup>  

<sup>1</sup>Department of Gastronomy and Culinary Arts, Faculty of Architecture and Design, Istanbul Gedik University, Kartal, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye

(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0009-0001-5701-2294, M.Sc.

ORCID ID: 0000-0001-6720-7231, Prof. Dr.

ORCID ID: 0000-0002-6195-7821, Dr.

\*Corresponding author / Sorumlu yazar: baris.yalinkilic@gedik.edu.tr

Geliş Tarihi : 17.10.2024

Kabul Tarihi : 17.12.2024

#### Abstract

**Objective:** This study investigated the feasibility of incorporating the probiotic lactic acid bacteria strain *Lactocaseibacillus casei* 431 in sucuk production.

**Material and methods:** For this purpose, three groups of sucuk were prepared: Group 1 with a starter culture (*Latilactobacillus sakei* S15 + *Staphylococcus xylosus* GM92), Group 2 with the probiotic culture (*L. casei* 431), and Group 3 combining both starter and probiotic cultures. Then, the sucuk samples were subjected to physical, chemical, microbiological, and sensory analyses on the 0th, 30th, and 60th days of storage.

**Results and conclusion:** The results demonstrated that the microbial culture factor significantly influenced the sucuk samples' pH, *L\** value, *a\** value, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), odor, taste, and overall acceptability scores, as well as the counts of lactic acid bacteria, *Micrococcus/Staphylococcus*, yeasts-molds, and *L. casei* ( $P < 0.01$ ). However, it had no significant impact ( $P > 0.05$ ) on water activity, *b\** value, color and texture parameters. The storage period notably affected the TBARS, *L\** value, lactic acid bacteria ( $P < 0.05$ ) and *L. casei* counts ( $P < 0.01$ ), whereas it did not significantly alter other examined parameters.

**Keywords:** *Lactocaseibacillus casei*; probiotic sucuk; fermented sausage; starter culture

#### Öz

**Amaç:** Bu çalışmada, probiyotik laktik asit bakteri suşu *Lactocaseibacillus casei* 431'in sucuk üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

**Materyal ve yöntem:** Bu maksatla çalışma kapsamında üç grup sucuk hazırlanmıştır: Grup 1: starter kültür (*Latilactobacillus sakei* S15 + *Staphylococcus xylosus* GM92); grup 2: probiyotik kültür (*L. casei* 431); grup 3: starter kültür + probiyotik kültür. Sucuk örneklerine üretimi müteakip depolamanın 0., 30. ve 60. günlerinde fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizler uygulanmıştır.

**Tartışma ve sonuç:** Araştırma sonuçlarına göre mikrobiyal kültür faktörü sucuk örneklerinin pH, *L\** değeri, *a\** değeri, tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS), koku, tat ve genel kabul edilebilirlik değerleri ile laktik asit bakteri, *Micrococcus/Staphylococcus*, maya-küf ve *L. casei* sayıları üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur ( $P < 0.01$ ). Buna karşın mikrobiyal kültür faktörü sucuk örneklerinin su aktivitesi, *b\** değeri, renk ve tekstür parametreleri üzerinde önemli ( $P > 0.05$ ) etkiye sahip değildir. Depolama periyodu ise örneklerin TBARS, *L\** değeri, laktik asit bakteri ( $P < 0.05$ ) ve *L. casei* sayıları ( $P < 0.01$ ) üzerinde önemli etki sergilemiştir. Ancak depolama periyodunun incelenen diğer parametreler üzerinde önemli etkisi olmamıştır.

**Anahtar kelimeler:** *Lactocaseibacillus casei*; probiyotik sucuk; fermente sosis; starter kültür

## 1. Introduction

Probiotics are live microorganisms that have beneficial effects on host health when consumed in adequate amounts (Food and Agricultural Organization (FAO), 2006). These microorganisms can be directly added to food or offered as dietary supplements in the form of powder, capsules, or tablets (Coconcelli and Fontana, 2008). The rapid increase in the trend towards health-focused and healthy living foods, which started with probiotic dairy products in the 1990s, has also increased the interest in developing probiotic meat products. Probiotics require the intake of adequate amounts of live microorganisms to confer their benefits, and fermented sausages are considered an optimal delivery matrix for such probiotics. (Bağdatlı and Kundakçı, 2013; Bis-Souza et al., 2019a; Khan et al., 2011; Kröckel, 2013; Pavli et al., 2020). The most commonly used probiotic microorganism strains belong to the genera *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*. Additionally, microorganisms from the genera *Enterococcus* and *Pediococcus* are also used as probiotic cultures, albeit less frequently (Cavalheiro et al., 2015).

Fermented sausages are generally classified into two categories as dry and semi-dry fermented sausages. Dry fermented sausages do not undergo any heat treatment, whereas the production process for semi-dry fermented sausages may include a heat treatment step (Caplice and Fitzgerald, 1999; Kumar et al., 2017). In these products, lactic acid bacteria and Gram-positive, catalase-positive cocci are technologically significant microorganisms constituting two important components of the product microbiota. Lactic acid bacteria contribute to product safety and the development of sensory attributes such as texture and color through acid production. Gram-positive, catalase-positive cocci influence color formation and stability through their nitrate reductase activities, delay oxidation with their catalase activities, and contribute to flavor formation through their proteolytic and lipolytic properties. Specific strains selected from both groups of microorganisms are used either individually or in combination as starter cultures in industrial production (Yalınkılıç, 2009; Karslıoğlu et al., 2014; Kaya and Kaban, 2019; Alvarez et al., 2023; Yılmaz Topcam et al., 2024).

Sucuk is a type of dry fermented sausage commonly produced in Türkiye, in which beef and/or sheep/buffalo meat, along with sheep tail fat and/or beef fat are used as raw materials. In this product, bovine small intestine or collagen casings are used as casing. Fermentation and drying are two critical stages in the production of sucuk (Kaban and Kaya, 2009; Yalınkılıç et al., 2012). The initial fermentation temperature and ripening period vary between 12 to 26 °C and 6 to 20 days, respectively (Kaban and Kaya, 2008, 2009; Soyer et al., 2005; Yalınkılıç et al., 2012). Unlike semi-dry fermented sausages, which undergo heat treatment, the production process for dry fermented sausages does not involve any heat treatment. Therefore, sucuk provides a favorable environment for probiotic microorganisms.

In the production of probiotic meat products, strains exhibiting probiotic properties, isolated or identified from intestinal microbiota and/or fermented meat products, can be utilized. However, it is necessary to determine the resilience of these strains to processing conditions and storage environments (Kołożyn-Krajewska and Dolatowski, 2012; Neffe-Skocińska et al., 2016). To this end, studies have been conducted on the potential applications of probiotic microorganisms in both sucuk (Bağdatlı and Kundakçı, 2016; Ergönül and Kundakçı, 2011; Kaya and Aksu, 2005; Kozan and Sarıçoban, 2023; Öztürk Er, 2002; Tükel and Şengün, 2024; Ünal Turhan et al., 2019) and other non-heat-treated fermented sausages (Agüero et al., 2020; Arief et al., 2014; Bis-Souza et al., 2019b, Bis-Souza, 2020; Erkkilä et al., 2001; Holko et al., 2013; Klingberg and Budde, 2006; Klingberg et al., 2005). Moreover, each new probiotic strain, considered to have technological significance, may have varied effects on product quality characteristics, necessitating their experimental use in the product environment. As mentioned, the use of various probiotic strains in the production of sucuk has been examined. However, research is still needed to develop new strains with high potential for adaptation to the sucuk environment and to determine their effects on product quality characteristics. Thus, the aim of this study was to investigate the effects of simultaneous use of both starter culture (*L. sakei* S15 and *S. xylosus* GM92) and probiotic culture (*L. casei* 431) on the quality characteristics of sucuk.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Materials

Beef meat and beef fat from three different beef carcasses, obtained from a local butcher, were used as raw materials. Spices used in the formulation were purchased from a local market. Sodium nitrite and all other chemicals used in the study were obtained from a medical supply company. The study was conducted with three replicates, using one carcass for each replicate. The strains *Latilactobacillus sakei* S15 (Kaya et al., 2015) and *Staphylococcus xylosus* GM92 (Kaban and Kaya, 2008) were used as starter cultures, while *Lacticaseibacillus casei* 431 (Christian Hansen, Denmark), a commercial probiotic culture strain, was used as the probiotic culture.

The chemicals and culture media used in this study are as follows: Sodium chloride (NaCl, Merck), Trichloroacetic Acid (TCA, 1.00807, Merck), Ethylenediaminetetraacetic Acid (EDTA, 1.08418, Merck), Propyl Gallate (P3130, Sigma-Aldrich), 2-Thiobarbituric Acid (TBA, T5500, Sigma-Aldrich), and Ethanol (1.00983, Merck). The culture media include De Man Rogosa Sharpe Agar (MRS, 1.10660, Merck), Mannitol Salt Phenol-Red Agar (MSA, 1.05404, Merck), Violet Red Bile Dextrose Agar (VRBD-Agar, 1.10275, Merck), Rose Bengal Chloramphenicol Agar (RBC-Agar, 1.00467, Merck), and MRS-IM Agar.

### 2.2. Sucuk production

In the production of sucuk, beef meat and fat were used in an 80:20 ratio as raw materials, and spice varieties were included in the formulation as specified by Yalınkılıç et al. (2012). Sucrose (4 g/kg of sucuk dough) was added as a source of sugar and 150 mg/kg of sodium nitrite as a curing agent. In the study, three groups of sucuk were prepared: Group 1 with a starter culture (*Latilactobacillus sakei* S15 + *Staphylococcus xylosus* GM92), Group 2 with the probiotic culture (*Lacticaseibacillus casei* 431), and Group 3 combining both starter and probiotic cultures (*L. sakei* S15 + *S. xylosus* GM92 + *L. casei* 431). A total of 9 sucuk doughs were prepared by making 3 production runs (replicate) for each experimental group. The sucuk doughs were prepared in a small-scale cutter (MADO, Germany) and stuffed into collagen casings (Naturin Darm, 38 mm) using a small-scale stuffer (MADO, Germany). After stuffing, the sucuk samples from each group were

allowed to rest for 4 hours in the production area before being transferred to the climate chamber (Reich, Germany) for the ripening stage, where air speed, relative humidity, and temperature could be automatically adjusted. The initial fermentation temperature was set at  $24 \pm 1$  °C and was gradually reduced from the second day onward. The relative humidity was set at 92% and was gradually decreased over the following days. Air velocity was set at 0.5 m/s for the first three days and then reduced to 0.1 m/s in subsequent days. Ripening was terminated when the water activity ( $a_w$ ) of the sucuk samples dropped below 0.90. The ripened sucuk samples were vacuum-packaged using a laboratory-type packaging machine (Multivac, Germany) in a packaging material made of Polyamide/Polyethylene with low oxygen, gas, and water vapor permeability. After packaging, the samples were stored at a cold temperature ( $4 \pm 1$  °C) for 60 days, and samples from each group were subjected to microbiological, sensory, and physicochemical analyses on days 0, 30, and 60.

### 2.3. Analyses

#### 2.3.1. Microbiological analyses

For microbiological analyses, 25 g of samples were taken and homogenized in a sterile stomacher bag with 225 mL of sterile physiological saline for 2 minutes (Lab Stomacher Blander 400-BA 7021, Seward, England). The homogenized samples were then analyzed for lactic acid bacteria counts using de Man, Rogosa, and Sharpe Agar (MRS) (30°C for 48 h under anaerobic conditions), *Micrococcus/Staphylococcus* counts using Mannitol Salt Agar (MSA) (30°C for 48 h under aerobic conditions), Enterobacteriaceae counts using Violet Red Bile Dextrose Agar (VRBD) (30°C for 48 h under anaerobic conditions) (Baumgart et al., 1993), and yeast-mold counts using Rose Bengal Chloramphenicol Agar (RBC) (25°C for 5 days under aerobic conditions) (Gökalp et al., 2010). For determining the count of probiotic bacteria, MRS-IM Agar specified by the manufacturer of the probiotic culture was used (Chr Hansen, Denmark, 2005). After inoculation, the plates were incubated at 20 °C for 6 days, followed by enumeration (Chr Hansen, Denmark, 2005). Additionally, verification tests were conducted on typical colonies (Baumgart et al., 1993).

#### 2.3.2. pH and water activity ( $a_w$ )



Ten grams of samples were weighed and homogenized with 100 mL of distilled water using a homogenizer. The pH value of the homogenized samples was measured using a previously calibrated pH meter (Gökalp et al., 2010). The water activity ( $a_w$ ) of the samples was measured using a water activity device (Novasina, Pfäffikon, Switzerland).

### 2.3.3. Color analysis

The color measurements of the sucuk samples were determined using a colorimeter (Chroma Meter CR-400, Japan). The color values ( $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$ ) of the samples were measured on the cutting surfaces of the samples.

### 2.3.4. TBARS analysis

The analysis of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) was performed using the method described by Lemon (1975), and the results are presented as mg MDA/kg.

### 2.3.5. Sensory analysis

Sucuk samples were evaluated by 25 trained panelists in each panel. Prior to the sensory analysis, participants were informed about the products and given preliminary instructions on how to taste the sucuk. The analysis was carried out by presenting the samples coded with 3-digit numbers to the panelists along with the sensory panel form. The number of participants in each replication was 25, with a total of 75 participants. Sensory evaluation parameters including color, texture, odor, taste, and overall acceptability were scored on a 1-9 point scale.

### 2.3.6. Statistical analyses

The study was carried out according to a randomized complete block experimental plan with 3 replications, based on the factors of treatment (starter culture, probiotic culture, starter culture + probiotic culture) and storage period (0, 30, and 60 days). The raw data were examined for normality of distribution and homogeneity of variances between groups, and then subjected to analysis of variance (ANOVA) using SPSS version 24 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). For the mean values that showed statistically significant differences ( $P < 0.05$ ) according to the ANOVA, Duncan's multiple range test was also applied.

## 3. Results and discussion

### 3.1. pH

The effects of the microbial culture and storage period on the pH value of the sucuk are presented in Table 1. The pH value measured in all groups was below 5.0. This was probably due to the organic acids released during the metabolic activities of lactic acid bacteria used in sucuk production. Similar results have been obtained in studies utilizing starter cultures (Yalınkılıç et al., 2012) or probiotic cultures (Bağdatlı and Kundakcı, 2016). The average pH values in sucuk samples using either starter or probiotic cultures alone are higher compared to those where both were used together ( $P < 0.05$ ). The combined use of starter and probiotic cultures has resulted in a greater reduction in product pH. The interaction of microbial culture and storage period did not significantly affect the average pH values of the sucuk samples over a 60-day storage period ( $P > 0.05$ ). Contrary to our findings, a study using *L. casei* CRL-431 and *Lactobacillus acidophilus* as probiotic cultures in turkey meat-based probiotic sucuk found that the pH value decreased during the first two months of storage, with no change in the subsequent months (Ergönül, 2009). Another study found no variation in the pH of probiotic sucuk depending on the culture type, although a partial decrease was observed during storage (Ünal Turhan et al., 2017). However, in research using strains *Lactobacillus acidophilus* DSM 20079, *Lactocaseibacillus casei* 431, and *L. acidophilus* NCFM in probiotic sucuk, an increase in product pH values was observed in the later stages of storage. The same study also noted differences in product pH depending on the strain used (Kozan and Sarıçoban, 2023).

### 3.2. Water activity

The effects of the microbial culture and storage period on the water activity value of the sucuk are presented in Table 1. Water activity values in all samples were at least 0.90, indicating that the desired level of drying in the product was achieved. According to the results, neither microbial culture nor the storage process had a statistically significant effect on the water activity values of probiotic sucuk samples ( $P > 0.05$ ). Similarly, a study on probiotic sucuk found that the microbial culture used did not significantly affect the product's water activity, and no significant changes were observed in the water activity values up to the 60th day of storage (Ünal Turhan et al., 2017). In



contrast, research conducted by Kozan and Sarıçoban (2023) determined that lactic acid bacteria strains used in the production of probiotic sucuk influenced the product's water activity, and the storage duration also negatively affected the water activity values. On the other hand, in the present study, the interaction of microbial culture with the storage period did not have a statistically significant impact on the average water activity values of the sucuk samples ( $P > 0.05$ ).

### 3.3. Color

The effects of the microbial culture and storage period on the  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values of the sucuk are presented in Table 1. The microbial culture variable significantly influenced the  $L^*$  and  $a^*$  values of sucuk samples ( $P < 0.01$ ) while it had no significant effect on the  $b^*$  value ( $P > 0.05$ ). The storage period only significantly affected the  $L^*$  parameter of sucuk samples ( $P < 0.01$ ), with no significant impact on other parameters ( $P > 0.05$ ).

Similarly, a research showed that the  $L^*$  values of turkey sucuk produced with different probiotic cultures varied depending on the type of culture used, and that an 8-month storage process had a significant effect on the product's  $L^*$  values. However, in contrast to our findings, the same study reported that the culture used did not significantly influence the  $a^*$  value. The researcher also observed that both the culture used and the period of storage had a significant effect on the  $b^*$  value (Ergönül, 2009). In sucuk samples produced using *L. acidophilus* DSM 20079, *L. casei* 431, and *L. acidophilus* NCFM strains, a regular decrease in  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values was observed throughout the storage period, and the cultures used did not have a significant impact on the product's  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values (Kozan and Sarıçoban, 2023). Additionally, in the present study, the interaction of microbial culture with the storage period had no statistically significant effect on the instrumental color parameters of the samples ( $P > 0.05$ ) (Table 1).

**Table 1.** Overall effect of microbial culture and storage period on the pH,  $a_w$ , instrumental color and TBARS parameters of dry-fermented probiotic sucuk.

|                        | pH                     | $a_w$                    | $L^*$                    | $a^*$                   | $b^*$                   | TBARS<br>(mg MDA/kg)   |
|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Microbial Culture (MC) |                        |                          |                          |                         |                         |                        |
| SC                     | 4,94±0,14 <sup>a</sup> | 0,900±0,002 <sup>a</sup> | 41,76±1,47 <sup>a</sup>  | 14,20±0,77 <sup>b</sup> | 12,61±1,23 <sup>a</sup> | 0,78±0,30 <sup>a</sup> |
| PC                     | 4,88±0,12 <sup>a</sup> | 0,902±0,004 <sup>a</sup> | 39,71±0,80 <sup>b</sup>  | 16,29±0,93 <sup>a</sup> | 12,41±1,47 <sup>a</sup> | 0,47±0,17 <sup>c</sup> |
| SC+PC                  | 4,78±0,07 <sup>b</sup> | 0,899±0,005 <sup>a</sup> | 40,94±1,51 <sup>a</sup>  | 15,90±0,90 <sup>a</sup> | 13,05±0,84 <sup>a</sup> | 0,63±0,28 <sup>b</sup> |
| Significance           | **                     | NS                       | **                       | **                      | NS                      | **                     |
| Storage Period (SP)    |                        |                          |                          |                         |                         |                        |
| Day 0                  | 4,83±0,12 <sup>a</sup> | 0,902±0,005 <sup>a</sup> | 41,72±1,48 <sup>a</sup>  | 15,23±1,53 <sup>a</sup> | 11,93±1,11 <sup>a</sup> | 0,36±0,08 <sup>c</sup> |
| Day 30                 | 4,86±0,13 <sup>a</sup> | 0,901±0,003 <sup>a</sup> | 40,82±1,63 <sup>ab</sup> | 15,42±1,36 <sup>a</sup> | 13,35±0,75 <sup>a</sup> | 0,62±0,18 <sup>b</sup> |
| Day 60                 | 4,90±0,14 <sup>a</sup> | 0,899±0,004 <sup>a</sup> | 39,87±0,85 <sup>b</sup>  | 15,74±0,84 <sup>a</sup> | 12,79±1,30 <sup>a</sup> | 0,91±0,21 <sup>a</sup> |
| Significance           | NS                     | NS                       | **                       | NS                      | NS                      | **                     |
| Interaction            |                        |                          |                          |                         |                         |                        |
| MCxSP                  | NS                     | NS                       | NS                       | NS                      | NS                      | *                      |

a-c: any two means in the same column having the same letters in the same section are not significantly different. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , NS: not significant. SC: starter culture, PC: probiotic culture, SC+PC: starter culture + probiotic culture.

### 3.4. TBARS

The effects of the microbial culture and storage period on the TBARS values of the sucuk samples are presented in Table 1. The microbial culture had a significant effect on the TBARS value of sucuk ( $P < 0.01$ ). The use of probiotic cultures resulted in lower TBARS values in the product compared to other groups ( $P < 0.05$ ) (Table 1). Ergönül (2009)

found that turkey sucuk produced with *L. casei* CRL-431 had lower TBA values compared to those produced with *L. acidophilus* strain, with the highest average TBARS values observed in the group using starter cultures. Upon examining the storage period, it was determined that oxidation increased over time ( $P < 0.01$ ), with the lowest TBARS values recorded on day 0 and the highest on day 60 of storage ( $P < 0.05$ ). Additionally, the

interaction of microbial culture with the storage period had a statistically significant effect on the TBARS values of the sausage samples ( $P < 0.05$ ). The observed increase in TBARS values during storage is likely due to the accumulation of compounds released by oxidative reactions (Feiner, 2006). Parallel to our findings, a study on probiotic turkey sucuk noted an increase in TBA values over an eight-month storage period (Ergönül, 2009). However, in a study where three different probiotic lactic acid bacteria strains were used separately, Kozan and Sariçoban (2023) observed a decrease in TBARS values during storage, and also noted variability in TBARS values depending on the bacterial strain used.

### 3.5. Microbiological properties

The effects of microbial culture and storage period on microbiologically significant groups in sucuk samples are presented in Table 2. The lactic acid bacteria count was affected by microbial culture ( $P < 0.01$ ). The highest average number of lactic acid bacteria was found in the group using starter culture, with significant differences between this group and all others ( $P < 0.05$ ). The lowest average number of lactic acid bacteria was observed in the group using only the probiotic culture ( $P < 0.05$ ). Similar results were observed for the counts of *Micrococcus/Staphylococcus* ( $P < 0.01$ ) (Table 2). However, the interaction of microbial culture and storage period had a statistically significant effect on the *Micrococcus/Staphylococcus* values of the sucuk samples ( $P < 0.01$ ). A difference at the  $P < 0.05$  level was found between the group using only the probiotic culture and the group using both starter and probiotic cultures in terms of *L. casei* counts. Similar to our findings, Bağdatlı and Kundakcı (2016) found lactic acid bacteria and *L. casei* CRL-431 counts to be above 8 log and 6 log, respectively, in their study on probiotic sucuk. This study shows that the count of *L. casei* 431 in probiotic sucuk samples exceeded the 6 log cfu/g level as indicated by Kolożyn-Krajewska and Dolatowski (2009), demonstrating that the *L. casei* 431 strain has sufficient adaptability for probiotic sucuk production (Bağdatlı and Kundakcı, 2016). The count of yeasts/molds in all groups was below the 3 log level, with the lowest average value found in the group produced with the starter culture ( $P < 0.05$ ). In contrast to our findings, studies on probiotic sucuk produced from beef (Bağdatlı and Kundakcı, 2016) and turkey meat (Ergönül, 2009)

using the *L. casei* CRL-431 strain reported yeast/mold counts below detectable limits. In the present study, Enterobacteriaceae counts remained below the detectable limit ( $< 2$  log) in all groups, likely due to the reduction in water activity below 0.90 and the observed decrease in pH.

The storage period had a significant ( $P < 0.05$ ) effect on the count of lactic acid bacteria and a very significant ( $P < 0.01$ ) effect on the count of *L. casei*, with both microbial parameters experiencing significant declines during storage. Neither *Micrococcus/Staphylococcus* nor yeast/mold counts showed significant changes during the storage period ( $P > 0.05$ ) (Table 2). Data from the study indicate that the count of *L. casei* remained above 7 log cfu/g during storage, demonstrating the high survivability of this strain throughout the storage period. This indicates that the *L. casei* 431 strain used in the study is suitable for probiotic sucuk production. Similarly, Ünal Turhan et al. (2017) observed a decline in both lactic acid bacteria and *Lactobacillus rhamnosus* counts during the storage period in a study that used microencapsulated probiotic *L. rhamnosus*. Another study reported an increase in lactic acid bacteria during storage in probiotic sucuk and also noted that yeast/mold counts reached 4 log in the samples (Kozan and Sariçoban, 2023).

### 3.6. Sensory parameters

The effects of the microbial culture and storage period on the sensory parameters of the sucuk samples are presented in Table 2. The storage period did not have a statistically significant effect on the sensory characteristics of the product ( $P > 0.05$ ). However, the microbial culture factor had a highly significant impact ( $P < 0.01$ ) on odor, taste, and overall acceptability parameters, but was not significant for color and texture parameters ( $P > 0.05$ ). Average values for color and texture across all groups were above 7 points. However, the lowest average values in groups where the microbial culture factor was significant were found in samples using only the probiotic culture. The use of probiotic culture had a negative impact on product sensory parameters such as odor, taste, and overall acceptability. In contrast, a study using *L. casei* CRL-431 in sucuk production reported that this strain improved the sensory characteristics of the product (Bağdatlı and Kundakcı, 2016). The highest average values for odor and overall

acceptability were found in the group using both starter and probiotic cultures. Additionally, the interaction of microbial culture and storage period had statistically significant effect on texture ( $P<0.01$ ) and taste ( $P<0.05$ ) parameters of the samples. Ergönül (2009) found that the microbial culture used in the production of probiotic turkey sucuk significantly affected the product's odor value and observed a decline in odor value over the storage period, contrary to our findings. The researcher also stated, contrary to our results, that color and texture parameters were significantly affected by the microbial culture used and the duration of storage. In a study on sucuk production using *L. plantarum* and microencapsulated

probiotic *L. rhamnosus*, it was determined that the microbial culture had no significant impact on the product's slice color, texture, pleasant odor, and overall acceptability scores (Ünal et al., 2017). Another study on sucuk production using microencapsulated probiotic *L. rhamnosus* also found no significant differences in slice color, texture, pleasant odor, and overall acceptability scores among the groups during the first 60 days of storage, but a significant decline in sensory scores was observed by the sixth month of storage. In the same study, it was determined that the varieties of cultures used did not have a significant impact on the sensory characteristics of the product (Ünal Turhan et al., 2017).

**Table 2.** Overall effect of microbial culture and storage period on the sensory and microbiological parameters of dry-fermented probiotic sucuk.

|                               | Color                  | Texture                | Odor                   | Taste                  | Overall acceptability  | Lactic acid bacteria (log CFU/g) | <i>Micrococcus / Staphylococcus</i> (log CFU/g) | Mold-Yeast (log CFU/g) | <i>Lactocaseibacillus casei</i> (log CFU/g) |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Microbial Culture (MC)</b> |                        |                        |                        |                        |                        |                                  |                                                 |                        |                                             |
| SC                            | 7,10±0,36 <sup>a</sup> | 7,20±0,32 <sup>a</sup> | 7,22±0,39 <sup>b</sup> | 7,17±0,64 <sup>a</sup> | 7,04±0,34 <sup>b</sup> | 8,70±0,13 <sup>a</sup>           | 6,28±0,23 <sup>a</sup>                          | 2,21±0,21 <sup>b</sup> | ND                                          |
| PC                            | 7,20±0,31 <sup>a</sup> | 7,10±0,21 <sup>a</sup> | 6,30±0,27 <sup>c</sup> | 6,11±0,29 <sup>b</sup> | 6,11±0,21 <sup>c</sup> | 7,56±0,17 <sup>c</sup>           | 5,26±0,65 <sup>b</sup>                          | 2,77±0,45 <sup>a</sup> | 7,60±0,16 <sup>a</sup>                      |
| SC+PC                         | 7,34±0,22 <sup>a</sup> | 7,24±0,19 <sup>a</sup> | 7,56±0,41 <sup>a</sup> | 7,31±0,22 <sup>a</sup> | 7,38±0,20 <sup>a</sup> | 8,55±0,20 <sup>b</sup>           | 5,52±0,25 <sup>b</sup>                          | 2,87±0,43 <sup>a</sup> | 7,46±0,11 <sup>b</sup>                      |
| Significance                  | NS                     | NS                     | **                     | **                     | **                     | **                               | **                                              | **                     | **                                          |
| <b>Storage Period (SP)</b>    |                        |                        |                        |                        |                        |                                  |                                                 |                        |                                             |
| Day 0                         | 7,14±0,32 <sup>a</sup> | 7,16±0,18 <sup>a</sup> | 7,10±0,61 <sup>a</sup> | 6,77±0,56 <sup>a</sup> | 6,79±0,59 <sup>a</sup> | 8,37±0,55 <sup>a</sup>           | 5,87±0,47 <sup>a</sup>                          | 2,82±0,64 <sup>a</sup> | 7,63±0,13 <sup>a</sup>                      |
| Day 30                        | 7,20±0,36 <sup>a</sup> | 7,11±0,28 <sup>a</sup> | 6,84±0,55 <sup>a</sup> | 6,74±0,67 <sup>a</sup> | 6,89±0,62 <sup>a</sup> | 8,27±0,54 <sup>ab</sup>          | 5,63±0,54 <sup>a</sup>                          | 2,63±0,32 <sup>a</sup> | 7,51±0,16 <sup>b</sup>                      |
| Day 60                        | 7,30±0,25 <sup>a</sup> | 7,28±0,26 <sup>a</sup> | 7,13±0,79 <sup>a</sup> | 7,08±0,81 <sup>a</sup> | 6,86±0,65 <sup>a</sup> | 8,17±0,57 <sup>b</sup>           | 5,57±0,77 <sup>a</sup>                          | 2,40±0,32 <sup>a</sup> | 7,45±0,14 <sup>b</sup>                      |
| Significance                  | NS                     | NS                     | NS                     | NS                     | NS                     | *                                | NS                                              | NS                     | **                                          |
| <b>Interactions</b>           |                        |                        |                        |                        |                        |                                  |                                                 |                        |                                             |
| MCxSP                         | NS                     | **                     | NS                     | *                      | NS                     | NS                               | **                                              | NS                     | NS                                          |

a-c: any two means in the same column having the same letters in the same section are not significantly different. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , NS: not significant. SC: starter culture, PC: probiotic culture, SC+PC: starter culture + probiotic culture.

#### 4. Conclusion

Considering the results obtained in this study, sucuk, a traditional dry fermented sausage, has proven to be a suitable matrix for the probiotic *L. casei* 431 during both production and storage. The findings demonstrated that *L. casei* 431 can successfully survive and maintain its viability within the sucuk matrix throughout fermentation and storage, reinforcing its potential as a probiotic carrier food. However, it was observed that *L. casei* 431 negatively affected certain sensory properties of sucuk, particularly when used alone. Therefore,

it is recommended to combine this strain with starter cultures to optimize both sensory quality and product acceptance. Future research could explore additional probiotic strains to further enhance the sensory and functional characteristics of sucuk, paving the way for innovative fermented meat products with added health benefits.

#### Acknowledgment

This work was supported by Scientific Research Projects Coordination Unit of Istanbul Gedik University with project number “GDK202410-04.

The authors thank NAMET Food Industry and Trading Inc. (Kocaeli, Türkiye) for their support in the realization of this study. Ethical approval for this study was obtained from the Ethics Committee of Istanbul Gedik University (E-56365223-050.04-2024.137548.110)

## 5. References

- Agüero, N. D. L., Frizzo, L. S., Ouwehand, A. C., Aleu, G., & Rosmini, M. R. (2020). Technological characterisation of probiotic lactic acid bacteria as starter cultures for dry fermented sausages. *Foods*, 9(5), 596.
- Álvarez, M., Andrade, M. J., Cebrián, E., Roncero, E., & Delgado, J. (2023). Perspectives on the probiotic potential of indigenous moulds and yeasts in dry-fermented sausages. *Microorganisms*, 11(7), 1746.
- Arief, I. I., Wulandari, Z., Aditia, E. L., & Baihaqi, M. (2014). Physicochemical and microbiological properties of fermented lamb sausages using probiotic *Lactobacillus plantarum* IIA-2C12 as starter culture. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 352-356.
- Bağdatlı, A. B., and Kundakçı, A. (2013). Fermente et ürünlerinde probiyotik mikroorganizmaların kullanımı. *Celal Bayar University Journal of Science*, 9(1), 31-38.
- Bağdatlı, A., & Kundakci, A. (2016). Optimization of compositional and structural properties in probiotic sausage production. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 1679-1689.
- Baumgart, J., Eigener, V., Firnhaber, J., Hildebrandt, G., Reenen Hoekstra, E.S., Samson, R.A., Spicher, G., Timm, F., Yarrow, D. & Zschaler, R., 1993. Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln, (3., aktualisierte und erw. Aufl.), Hamburg, Germany.
- Bis-Souza, C. V., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Penna, A. B., & Barretto, A. C. S. (2019a). New strategies for the development of innovative fermented meat products: A review regarding the incorporation of probiotics and dietary fibers. *Food Reviews International*, 35(5), 467-484.
- Bis-Souza, C. V., Pateiro, M., Domínguez, R., Lorenzo, J. M., Penna, A. L. B., & da Silva Barretto, A. C. (2019b). Volatile profile of fermented sausages with commercial probiotic strains and fructooligosaccharides. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 5465-5473.
- Bis-Souza, C. V., Penna, A. L. B., & da Silva Barretto, A. C. (2020). Applicability of potentially probiotic *Lactobacillus casei* in low-fat Italian type salami with added fructooligosaccharides: in vitro screening and technological evaluation. *Meat Science*, 168, 108186.
- Caplice, E., & Fitzgerald, G. F. (1999). Food fermentations: Role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 50(1-2), 131-149.
- Cavalheiro, C. P., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F., de Menezes, C. R., & Fries, L. L. M. (2015). Application of probiotic delivery systems in meat products. *Trends in Food Science and Technology*, 46(1), 120-131.
- Chr. Hansen. (2005). *L. acidophilus, L. casei and Bifidobacteria in fermented milk products. Guidelines method for counting probiotic bacteria*. Bulletin F-6 LA LC BB March 2005/3:8. Chr. Hansen Denmark.
- Cocconcelli, P. S., & Fontana, C. (2008). Characteristics and applications of microbial starters in meat fermentations. In *Meat Biotechnology* (pp. 129-148). Springer, New York.
- Ergönül, B. (2009). Farklı probiyotik kültürler kullanılarak Hindi sucuğu üretimi ve kalite üzerine etkileri. Celal Bayar University Natural and Applied Sciences Institute, PhD thesis, Manisa
- Ergönül, B., & Kundakçı, A. (2011). Microbiological attributes and biogenic amine content of probiotic Turkish fermented sausage. *J. Verbr. Lebensm.*, 6, 49-56.
- Erkkilä, S., Suihko, M. L., Eerola, S., Petäjä, E., & Mattila-Sandholm, T. (2001). Dry sausage fermented by *Lactobacillus rhamnosus* strains.



*International Journal of Food Microbiology*, 64(1-2), 205-210.

FAO. (2006). *Probiotics in food: Health and nutritional properties and guidelines for evaluation* (FAO Food and Nutrition Paper, No. 85).

Feiner, G. (2006). Meat composition and additives. In: *Meat Products Handbook Practical Science and Technology*, CRC Press: New York.

Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek Y. ve Zorba, Ö., 2010. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu. Atatürk Üniv. Yayınları: Erzurum.

Holko, I., Hrabě, J., Šalaková, A., & Rada, V. (2013). The substitution of a traditional starter culture in mutton fermented sausages by *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium animalis*. *Meat Science*, 94(3), 275-279.

Kaban, G., & Kaya, M. (2008). Identification of lactic acid bacteria and Gram-positive catalase-positive cocci isolated from naturally fermented sausage (sucuk). *Journal of Food Science*, 73(8), M385-M388.

Kaban, G., & Kaya, M. (2009). Effects of *Lactobacillus plantarum* and *Staphylococcus xylosus* on the quality characteristics of dry fermented sausage "sucuk". *Journal of Food Science*, 74(1), S58-S63.

Karshoğlu, B., Çiçek, Ü. E., Kolsarıcı, N., & Candoğan, K. (2014). Lipolytic changes in fermented sausages produced with turkey meat: effects of starter culture and heat treatment. *Korean journal for food science of animal resources*, 34(1), 40.

Kaya, M., & Aksu, M. I. (2005). Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on some quality characteristics of sliced 'sucuk' produced using probiotics culture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(13), 2281-2288.

Kaya, M., Güllüce, M., Kaban, G., Çınar, K., Karadayı, M., Bozoğlu, C., Sayın, B., & Alaylar, B. (2015). Geleneksel sucuklardan izole edilen laktik asit bakteri ve koagülaz negatif stafilokok suşlarının starter kültür olarak kullanım imkânları. TAGEM-13/ARGE/7 (Gelişme Raporu), Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.

Kaya, M., & Kaban, M. (2019). Fermente et ürünleri. İçinde: *Gıda Biyoteknolojisi* (Necla ARAN Ed.) 7. Basım. Nobel Yayıncılık: İstanbul.

Khan, M. I., Arshad, M. S., Anjum, F. M., Sameen, A., & Gill, W. T. (2011). Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. *Food Research International*, 44(10), 3125-3133.

Klingberg, T. D., & Budde, B. B. (2006). The survival and persistence in the human gastrointestinal tract of five potential probiotic lactobacilli consumed as freeze-dried cultures or as probiotic sausage. *International Journal of Food Microbiology*, 109, 157-159.

Klingberg, T. D., Axelsson, L., Naterstad, K., Elsser, D., & Budde, B. B. (2005). Identification of potential probiotic starter cultures for Scandinavian-type fermented sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 105(3), 419-431.

Kołożyn-Krajewska, D., & Dolatowski, Z. J. (2009). Probiotics in fermented meat products. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 8(2), 61-74.

Kołożyn-Krajewska, D., & Dolatowski, Z. J. (2012). Probiotic meat products and human nutrition. *Process Biochemistry*, 47(12), 1761-1772.

Kozan, H. İ., & Sarıçoban, C. (2023). Effect of oat bran addition on the survival of selected probiotic strains in Turkish fermented sausage during cold storage. *Food Bioscience*, 54, 102820.

Kröckel, L. (2013). The role of lactic acid bacteria in safety and flavour development of meat and meat products. In *Lactic Acid Bacteria - R and D for Food, Health and Livestock Purposes* (pp. 129-152).

Kumar, P., Chatli, M. K., Verma, A. K., Mehta, N., Malav, O. P., Kumar, D., & Sharma, N. (2017). Quality, functionality, and shelf life of fermented meat and meat products: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(13), 2844-2856.

Lemon, D.W. 1975. "An Improved TBA Test for Rancidity New Series Circular" No: 21. Halifax-Laboratory, Halifax, Nova, Scotia.

Neffe-Skocińska, K., Wójciak, K., & Zielińska, D. (2016). Probiotic microorganisms in dry fermented

meat products. *Probiotics and prebiotics in human nutrition and health*, 279-300.

Öztürk Er, H. (2002). The possibilities of the use of the probiotic bacteria in sucuk, Turkish dry fermented sausages. (Master's thesis, Atatürk University, Graduate Institute of Science). Erzurum, Turkey.

Pavli, F. G., Argyri, A. A., Chorianopoulos, N. G., Nychas, G. J. E., & Tassou, C. C. (2020). Effect of *Lactobacillus plantarum* L125 strain with probiotic potential on physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of dry-fermented sausages. *LWT*, 118, 108810.

Soyer, A., Ertaş, A. H., & Üzümcüoğlu, Ü. (2005). Effect of processing conditions on the quality of naturally fermented Turkish sausages (sucuks). *Meat science*, 69(1), 135-141.

Tukel, O., & Sengun, I. (2024). Production of probiotic fermented salami using *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactiplantibacillus plantarum*, and *Bifidobacterium lactis*. *Journal of Food Science*, 89(5), 2956-2973.

Ünal Turhan, E., Erginkaya, Z., & Selli, S. (2017). The effect of microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* and storage period on aroma properties of Turkish dry-fermented sausage (sucuk). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 2131-2141.

Ünal Turhan, E., Erginkaya, Z., Benli, H., Akın, M. B., & Ağçam, E. (2019). The effects of microencapsulated *L. rhamnosus* and storage on biogenic amine amount of sucuk. *Gıda*, 44(5), 819-825.

Ünal, E., Erginkaya, Z., Polat, S., & Özer, E. A. (2017). Design of probiotic dry fermented sausage (sucuk) production with microencapsulated and free cells of *Lactobacillus rhamnosus*. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 41(5), 598-603.

Yalınkılıç, B., Kaban, G., & Kaya, M. (2012). The effects of different levels of orange fiber and fat on microbiological, physical, chemical, and sensorial properties of sucuk. *Food Microbiology*, 29(2), 255-259.

Yalınkılıç, B. (2009). Sucuk üretiminde portakal lifi kullanımı. Atatürk University, Natural and

Applied Sciences Institute, Master of Science Thesis, Erzurum.

Yılmaz Topcam, M. M., Arslan, B., & Soyer, A. (2024). Sucuk, Turkish-Style Fermented Sausage: Evaluation of the Effect of Bioprotective Starter Cultures on Its Microbiological, Physicochemical, and Chemical Properties. *Applied Microbiology*, 4(3), 1215-1231.



## GIDA VE YEM BİLİMİ-TEKNOLOJİSİ DERGİSİ

### ETİK KURALLARI ve İNTİHAL KONTROLÜ

Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi, Yayın Etiği Komitesi [Committee on Publication Ethics (COPE)] tarafından hazırlanan yönerge (The COPE Code of Conduct for Journal Editors) hükümlerine uymayı kabul ve taahhüt etmiştir.

Dergi tarafından kabul edilen etik görev ve sorumluluklar Committee on Publication Ethics (COPE) ve Council of Science Editors (CSE) tarafından yayınlanan rehberler ve politikalar dikkate alınarak hazırlanmıştır.

#### A- EDITÖRLER ve YAYIN KURULUNUN UYMASI GEREKEN ETİK KURALLAR

Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi'nin Editörler Kurulu, açık erişim olarak Committee on Publication Ethics (COPE) tarafından yayınlanan "COPE Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors" ve "COPE Best Practice Guidelines for Journal Editors" rehberleri temelinde belirtilen tüm etik görev ve sorumluluklara bağlı kalmayı taahhüt eder.

1-Editörler, dergide basılan tüm makalelerden sorumlu olup derginin niteliğinin iyileştirilmesine katkı yapmakla yükümlüdürler.

2-Editörler, okuyuculardan gelen geri bildirimleri dikkate almak ve geri bildirim vermekle yükümlüdürler.

3- Editörler, dergiye gönderilen çalışmaların önemi, özgün değeri, geçerliliği, anlatımın açıklığı ve derginin amaç ve hedeflerine uygunluğu bakımından değerlendirerek olumlu ya da olumsuz karar vermelidirler.

4-Editörler, dergiye gönderilen çalışmaları; yazarların sosyal, kültürel, ekonomik özellikleri ile dini inançları göz önüne alınmaksızın, sadece entelektüel değerleri çerçevesinde değerlendirilmelidir.

5-Editörler ve Yayın Kurulu, dergiye yayınlanmak üzere gönderilen çalışmaların, 3 hafta içerisinde değerlendirmeye alıp almayacaklarına karar vermeli ve bunu yazara bildirmelidirler.

6-Editörler ve Yayın Kurulu, makaleyi ilk inceleme sonucunda red etme kararına varırsa yazarlara bunun nedenini açık bir şekilde bildirmekle yükümlüdürler.

7-Dergiye gönderilen çalışmalar editörler tarafından öncelikle intihal ihtimaline karşı raporların olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu aşamada intihal raporu olmayan çalışmalar ve intihal ihtimali olan çalışmalar, editörler tarafından reddedilir.

8-Editörler ve Yayın Kurulu Üyeleri Dergiye gönderilen makaleleri hakemler dışında hiç kimseye ifşa etmemelidirler.

9-Editörler, dergiye gönderilen çalışmaların kabulü için yazarlara dergideki herhangi bir makaleye veya başka bir çalışmaya atıf yapması konusunda telkinde bulunmamalıdır.

10-Editörler, makaleleri aynı disiplindeki konu uzmanlıklarına uygun olan hakemlere göndermelidirler.

11- Yayın Kurulu, yazarlarla, yazarların kurumları ya da yazarların bir veya daha fazla ilgi alanı ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması/çakışması yaşama durumundaysa, görevlendirilen editöre bilgi vermeli ve değerlendirme sürecinden çekilmelerini istemelidirler.

12-Editörler, hakemleri tarafsız, bilimsel ve nesnel bir dille çalışmayı değerlendirmeleri için teşvik etmelidirler.

13-Editörler, makaleleri objektif değerlendiren, hakemlik sürecini zamanında yerine getiren, makaleyi yapıcı eleştirilerle değerlendiren ve etik kurallara uygun davranan bilim insanlarının olmasına özen göstermelidirler.

14-Editörler, yayın kurulu ve hakemler kurulu üyelerini, uzmanlık alanlarına uygun, katkı sağlayabilir ve uygun nitelikte belirleyerek kurullara derginin yayın politikaları konusunda bilgi vermekle yükümlüdür.

#### B-YAZARLARIN UYMASI GEREKEN ETİK KURALLAR

Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi yayın etiği açısından, COPE (Committee on Publication Ethics) tarafından kabul edilen kriterlere uymayı taahhüt eder.

1-Eserlerin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir. Eserler, bilim etiği ilkelerine uygun olarak hazırlanmalı, Etik Kurul Raporu gerektiren durumlarda bir kopyası eklenmelidir.

Aşağıdaki araştırma konuları ile ilgili Etik Kurul Raporu bilgileri (kurul adı, tarih ve sayı no) yöntem bölümünde ve ayrıca makale son sayfasında ek olarak verilmelidir.

- ✓ Anket, mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme teknikleri kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütülen her türlü araştırmalar.



- ✓ İnsan ve hayvanların (materyal/veriler dahil) deneysel ya da diğer bilimsel amaçlarla kullanılması,
- ✓ İnsanlar üzerinde yapılan klinik araştırmalar,
- ✓ Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar,
- ✓ Kişisel verilerin korunması kanunu gereğince retrospektif çalışmalar.
- ✓ Ayrıca, kullanılan fikir ve sanat eserleri için telif hakları düzenlemelerine riayet edilmeli, başkalarına ait ölçek, anket, fotoğrafların kullanımı için sahiplerinden izin alınması.

2-Yayımlanması istenilen eserlerin herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere herhangi bir dergiye gönderilmemiş olması zorunludur.

3-Ancak; yurtiçi veya yurtdışı kongrelerde sunularak yalnızca özeti yayımlanmış makaleler yayıma kabul edilmektedir.

4-Dergiye yayımlanmak üzere gönderilen eserlerle birlikte Telif Hakkı Devir Sözleşmesi de tüm yazarlarca imzalanarak, makale ile birlikte gönderilmelidir.

5-Dergi, COPE hükümleri doğrultusunda, hakemlerin ve yazarların kimliklerinin birbirinden gizlendiği double blind peer review (Çift Kör) hakem değerlendirmesi sistemini kullanmaktadır

6-Yayın sürecinde, dergi ile yazışmaları yapan kişi/kişiler “Sorumlu Yazar” olarak kabul edilir. Yazışmaların diğer yazarlarla paylaşılması, gerekli işlemlerin zamanında ve doğru olarak yapılması “Sorumlu Yazar”’a aittir. “Sorumlu Yazar” makalenin ilk ismi olmak zorunda değildir.

7-Değerlendirme süreci başlamış bir çalışmada yazar ekleme, yazar sırası değiştirme ve yazar çıkartma gibi özel durumlar “Sorumlu Yazar” inisiyatifindedir.

8-Son Kontrol Listesi sadece sorumlu yazar tarafından imzalanarak makale ile birlikte gönderilmelidir.

9-Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi yayımlanmak üzere gönderilen makaleler, hakem süreci başlatıldıktan sonra geri çekilemez.

10-Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi İntihal ve Duplicate önüne geçmek üzere sorumlu yazarlardan İntihal raporu talep edilir.

11-Benzerlik oranı kaynakça hariç en fazla %20-30 olmalıdır.

12-Yazarlar, yayınlanmak üzere gönderilen tüm çalışmaların potansiyel çıkar çatışması teşkil edebilecek durumları ve çalışmalarını destekleyen kuruluşları makalenin son kısmında beyan etmekle yükümlüdürler.

13-Ayrıca, çalışma lisansüstü tezlerden üretilmiş ise ve çalışmaya katkısı için teşekkür edilecek kişi veya kurumlar varsa bu gibi durumların da makalenin son kısmında belirtilmesi gerekmektedir.

### **C-HAKEMLERİN UYMASI GEREKEN ETİK KURALLAR**

1-Hakemler, Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi’ne gönderilen bir çalışma kendi uzmanlık alanında değilse, makale konusu hakkında yeterli bilgiye sahip değilse ya da zamanında bir değerlendirme yapamayacak durumda ise, editörü bu durumdan haberdar ederek değerlendirme görevinden ayrılmalıdır.

2-Hakemler, yazarı ile aralarında rekabet, iş birliği veya başka türlü ilişki ya da bağlantılar bulunduğunu tespit ettiği çalışmaları kesinlikle değerlendirmemelidir.

3-Hakemler, gizlilik ilkesine riayet ederek değerlendirmesini yapmalı, çalışmayı üçüncü kişilerle paylaşmamalıdır.

4-Hakemler, inceleme sürecinde elde etmiş olduğu ayrıcalıklı bilgi ve fikirleri gizli tutmalı ve kişisel çıkarı için kullanmamalıdır.

5-Hakemler, eleştiri ve önerilerini nazik bir dille objektif ve yapıcı bir şekilde yapmalıdır.

6-Yazara karşı iftira ve hakaret içeren aşağılayıcı yorum ve eleştiri kullanılmamalıdır.

7-Hakemler, fikirlerini açık biçimde destekleyen belgelerle desteklemelidir.

8-Hakemler, değerlendirilen çalışmanın daha önce yayınlanmış başka bir çalışma ile arasında esaslı bir benzerlik tespit etmeleri halinde, durumu editöre iletmelidirler.

Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi, yılda iki defa (Ocak ve Temmuz) yayımlanan hakemli bir dergidir.

Dergide, özgün araştırma ürünü makaleler ile belirli bir konuyu yeterli sayıda kaynaktan araştırarak hazırlanmış derleme makaleleri yayımlanır

Önemli bir potansiyeli ya da bulgusu olmayan ve sadece yerel ilgi çekecek makaleler basıma kabul edilmez.

Derleme makalelerde, en az %75'i son 10 yıla ait olmak üzere en az (30) kaynak olmalıdır.

Dergide yayımlanacak makaleler; gıda, yem, bunlara ait katkı maddeleri ve hammaddeler, su-atık su, su ürünleri, gıda ile temas eden madde ve malzemelerde;

- Güvenilirlik ve kalite
- İşleme teknolojileri
- Analiz yöntemleri
- Biyogüvenlik ve biyoteknoloji
- Sosyo-ekonomik araştırmalar
- Mevzuatlar
- Diğer konular (geleneksel gıdalar, organik gıda ve yem, beslenme, gıda kimlik belirleme, gıda ve yem sanayi atıklarının değerlendirilmesi vb.) ile ilgili olmalıdır.

"Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi" dergisine gönderilmiş ve makalenin tamamı ya da bir bölümünün herhangi bir dilde daha önceden yayınlanmamış (tezler ve kongre sunu özetleri hariç) başka bir dergiye basım için gönderilmemiş olması gerekir. "Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi" dergisinde yayınlanmış olan bir makale başka bir yerde yayınlanamaz.

"Etik Kurul İzin Belgesi'nin kullanıldığı araştırmalarda bu belgelerin makaleye eklenmesi gerekir.

Yayınlanması için "Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi" dergisine gönderilen makalede herhangi bir kurum ya da kuruluşun doğrudan ya da dolaylı alınan desteğin makale içinde ilk sayfa dipnot veya teşekkür başlığı altında belirtilmesi tümüyle yazarların sorumluluğundadır.

Tüm aşamalardan geçmiş dergimizde yayınlanması uygun olarak değerlendirilmiş makalenin hangi sayıda yayınlanacağı ile ilgili bilgi sorumlu yazara iletilir.

Aşağıda verilen yazım kurallarına uymadan hazırlanmış ve/veya dergi yayın ilkeleri ile uyuşmayan makaleler, hakeme gönderilmeden yazara iade edilir.

### **1.1.1. MAKALE GÖNDERİMİ**

Makaleler, basılı kopyaya gerek olmaksızın bursagida@tarimorman.gov.tr ve dergi.bursagida@gmail.com adresine e-posta yolu ile gönderilmelidir.

Makaledeki bilgilerin doğruluğunun sorumluluğu yazar(lar)a aittir.

Yazışma Adresi: e-posta: bursagida@tarimorman.gov.tr; dergi.bursagida@gmail.com

Yazar isterse, makaleyi değerlendirmek üzere "Son Kontrol Listesi Formu (BGA-FR-103)"nda ilgili bölüme üç isme kadar hakem önerebilir. Editör ve Yayın Kurulu, hakemleri seçme hakkını korur.

Gönderilen yazılar, önce yayım kurulunca dergi ilkelerine uygunluk açısından incelenir. Yayın kurulu üyeleri incelenen makaleler için “Yayın Kurulu Değerlendirme Formu (BGA-FR-105)” doldurulur. Uygun bulunmayanlar yayım kabul edilmeme sebebi yazara bildirilir.

Uygun bulunanlar, “Hakemlik Görev Yazısı Formu (BGA-FR-107)” doldurmuş olan o alandaki en az iki hakeme “Hakem Makale İnceleme Yazısı Formu (BGA-FR-106)” ile birlikte gönderilir (Hakemlerden birinden olumsuz sonuç gelmesi halinde üçüncü hakeme gönderilir). Dergi, COPE hükümleri doğrultusunda, hakemlerin ve yazarların kimliklerinin birbirinden gizlendiği double blind peer review (Çift Kör) hakem değerlendirmesi sistemini kullanmaktadır.

Hakemler “Hakem Değerlendirme Formu (BGA-FR-102)”nu doldurarak makale ile ilgili değerlendirmelerini editöre iletirler. Hakemlerin ve yazarların isimleri gizli tutulur ve raporlar beş yıl süreyle saklanır. Hakem raporlarından ikisi olumlu, diğeri olumsuz olduğu takdirde, yazı editör kurulu kararına göre yayımlanır. Olumsuz görüş bildiren hakeme durum hakkında bilgi verilir. Yazarlar, hakemlerin görüş ve önerileri doğrultusunda düzeltmeleri yaparlar. Editör ve Yayın Kurulu gerektiği durumlarda yazıların yazım şekli üzerinde değişiklik yapabilir. Makalesi kabul edilen yazarlara “Makale Kabul Yazısı (BGA-FR-110)” bu makalede değerlendirme yapan hakemlere de “Hakem Makale Teşekkür Yazısı (BGA-FR-115)” gönderilir.

Bütün makaleler ile birlikte "Telif Devir Hakkı Formu (BGA-FR-104)" ile "Son Kontrol Listesi (BGA-FR-103)" de gönderilmelidir.

<http://arastirma.tarimormman.gov.tr/bursagida> adresindeki “Telif Devir Hakkı Formu (BGA-FR-104)” doldurulup sorumlu yazar tarafından imzalandıktan sonra tarayıcıdan geçirilmeli ve elektronik dosya olarak [bursagida@tarimormman.gov.tr](mailto:bursagida@tarimormman.gov.tr) ve [dergi.bursagida@gmail.com](mailto:dergi.bursagida@gmail.com) adresine mail ile gönderilmelidir. Makale basım için kabul edilmezse, “Telif Devir Hakkı Formu (BGA-FR-104)”nun yasal bir önemi kalmaz ve hükümsüz olarak kabul edilir.

“Telif Devir Hakkı Formu (BGA-FR-104)”nun imzalanması ile yazar, makalenin "Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi" dergisinde basılması ve web sayfasında yayınlamasına ilaveten makalenin tamamı ya da bir kısmının yasal olarak çoğaltılması, yeniden basılması ve dağıtılması hakkını Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne devrederek, kendi haklarından feragat etmektedir.

### 1.1.2. MAKALENİN HAZIRLANMASI

Dergiye başvuru sırasında gönderilecek makale, Microsoft Word yazılımıyla, A4 boyutundaki kağıdın tek yüzüne Times New Roman yazı tipi, 12 punto ve 2 satır aralıkla iki yana yaslanmış olarak yazılmalı ve satırlar numaralandırılmalıdır. Kenar boşlukları, her bir kenardan 2,5 cm olmalıdır. Sayfada gölgelendirme ve çerçeve vb. uygulamalar yapılmamalıdır. Makale içeriği dil bilgisi kurallarına özen gösterilerek akıcı ve anlaşılır bir şekilde yazılmalıdır. Makaleler, çizelge ve şekiller dâhil toplam 22 sayfayı geçmemelidir. Editör ve yayın kurulu, makalenin kısaltılmasını isteyebilir. Ayrı kapak sayfası dışındaki tüm sayfalar numaralandırılmalı, ancak metin içinde belirli bir sayfa numarasına atıf olmamalıdır.

Makale;

- Makale türü (Özgün Araştırma / Original Article-Derleme Makale / Review Paper),
- Başlık, İngilizce Başlık,
- Yazar İsimleri ve Adresleri
- ORCID ID,
- Özet
- Türkçe Anahtar Kelimeler,
- Abstract, Keywords,

- Ana Metin (Giriş, Materyal ve Yöntem (Özgün Araştırma), Tartışma ve sonuç),
- Teşekkür (gerekliyse),
- Kaynaklar

başlıkları altında hazırlanmalıdır. Kısaltmalar metin içerisinde ilk kullanıldığı yerde tanımlanmalıdır. Çalışma içerisinde geçen mikroorganizma isimleri ile Latince ifade ve isimler italik olarak yazılmalı ve kısaltmalarda uluslararası yazım kuralları göz önünde bulundurulmalıdır. İngilizce hazırlanacak makalelerde ana metin kısımları aynı başlıklardan oluşmalıdır.

**Başlık:** Makale başlığı metne uygun kısa ve açık, İngilizce ve Türkçe, sadece ilk harfi büyük, 12 punto, koyu ve sayfaya ortalanmış olmalıdır. Diğer başlıklarda-sola dayalı olarak yazılmalı ve sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük yazılmalıdır.

**Yazar İsimleri:** Eserin yazar ya da yazarlarının adı ve soyadı başlığın hemen altında bir satır boşluktan sonra, unvan belirtilmeden, 10 punto, yazarın isim ve soyadı baş harfleri büyük ve kelime koyu yazılmalıdır. *Altına* bağlı oldukları kurumlar numaralandırılarak italik ve 8 punto olarak yazılmalıdır. Kurumların altına ise ORCID ID başlığı koyu renk olacak şekilde, numara ve ünvanlar yer almalıdır. Bu bilgilerin altında ise yazışmalardan sorumlu yazara ait iletişim maili bulunmalıdır.

**Öz/Abstract:** Türkçede 250 İngilizcede 300 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır. Özet bölünmüş olarak düzenlenmelidir. Derleme makalelerde bölünmüş özet Amaç/Objective ve Sonuç/Conclusion olarak belirtilmelidir. Özgün Araştırma makalelerde ise Bölünmüş özet (Amaç/Objective, Materyal ve yöntem/Material and method, Tartışma ve sonuç / Results and conclusion) olarak düzenleme yapılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler / Keywords:** Özetlerin altına eser metnini ifade edebilecek en az 3 en çok 7 adet anahtar kelime özel isimler hariç küçük harfle yazılmalıdır. Anahtar kelimeler özet içerisinde yer almalıdır.

**Metin:** Özgün Araştırma makalelerde; Giriş, Materyal ve yöntem, Tartışma ve sonuç kısımlarından oluşur. Derlemelerde ise konuya uygun olarak bölümlendirme yapılabilir. Metin içerisinde geçen tüm başlık ve alt başlıklar bir alt satırda İngilizce ve italik olarak yazılmalıdır.

**Çizelgeler ve Şekiller:** Yazı içinde geçen tablolar, “çizelge”; grafik, resim, fotoğraf, harita ve akım şemaları ise “şekil” olarak isimlendirilmeli ve 11 puntodan düşük punto kullanılmasından olabildiğince kaçınılmalıdır.

Çizelge başlıkları çizelgenin üstüne, şekil başlıkları ise şeklin altına yazılmalı ve sırayla numaralandırılmalıdır. Kullanılan çizelge ve şekillere metin içinde atıf mutlaka yapılmalıdır. Metin içinde geçen veriler çizelge ve şekillerin tekrarı olmamalıdır. Çizelge 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. Çizelge ve şekillerde verilecek dipnotlar çizelge ve şekillerin altına 8 punto ve italik olarak yazılmalıdır. Tercihe bağlı olarak Türkçe araştırma makalelerinde çizelge/şekil başlığı ve varsa tüm dipnotlar çizelgede/şekilde yer alan Türkçe kelimelerin İngilizcesi de bir alt satırında italik olarak yazılmalıdır.

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

#### Kaynaklar:

#### Metin içinde yazar veya yazarlara yapılan atıf

#### Tek yazar:

Vurarak (2021)’a göre

(Vurarak, 2021).

BGA-TL-23

Rev.No/Tar: 07/12.07.2024

**İki yazarlı:**

Ciniviz ve Yılmaz Ersan (2021)'a göre  
(Ciniviz ve Yılmaz Ersan, 2021)

**Üç ve daha fazla yazarlı metinlerde, sadece ilk yazarın adı kullanılıp sonrasında “vd.” ifadesi kullanılır:**

Harris vd. (2001) ifade ettiği üzere (...)  
Harris vd. (2001)'ne göre (...)  
(Harris vd., 2001)

**Yazar bir organizasyon veya hükümet kurumu ise,****İlk atıfta olduğu gibi atıf yapılır; eğer çok bilinen bir kurum ise, sonraki kullanımlarda kısaltması tercih edilir:**

İlk atıf: Association of Official Analytical Collaboration International'a (2021) göre  
İkinci atıf: AOAC'a (2021) göre  
İlk atıf: (Association of Official Analytical Collaboration International [AOAC], 2021)  
İkinci atıf: (AOAC, 2021)

**Aynı parantezde birden fazla esere atıfta bulunulduğunda, bunlar harf sırasına göre dizilmeli ve iki eser noktalı virgül ile ayrılmalıdır:**

(Ciniviz ve Yılmaz Ersan, 2021; Hamzaoğlu vd., 2021; Vurarak, 2021).

**Aynı soyisme sahip yazarlarda, karışıklığı önlemek için ismin ilk harfi de kullanılır:**

(E. Kural, 2010; L. Kural, 1999)

**Aynı yazarın aynı yıl yayımlanan iki veya daha fazla eserine atıf yapılıyorsa; yıldan sonra (a, b, c) harfleri kullanılır:**

Rice (2017a)'nin çalışmasına göre  
Rice (2017b)'nin çalışmasına göre

**Dipnotlar ve sonnotlar**

APA yazım stiline, dipnot ve sonnot kullanımı pek tercih edilmemektedir. Bundan dolayı mümkün olduğu kadar az dipnot kullanılmalıdır. Yalnızca çok elzem bir açıklayıcı not gerektiğinde dipnot kullanılmalıdır.

**Önemli not:**

APA atıf ve kaynakçada “and” yerine “&” kullanılmasını önermektedir. Ancak Türkçede “&” sembolü “ve” yerine kullanılmadığından, Türkçe olarak yazılan metinlerde atıf yaparken ve kaynakça yazarken “&” sembolü kullanılmamalıdır. Ayrıca, üç kişiden çok yazarlı metinlere atıf yaparken APA “et al.” (Hamzaoğlu et al., 2021) kullanılmasını önermektedir. Ancak Türkçe’de “et al.” yerine “vd.” (Hamzaoğlu vd., 2021) kullanılmalıdır. Makale İngilizce ise yerine göre “&” sembolü ve “and” kullanılmalıdır.

**Kaynak listesi:**

Yararlanılan kaynaklar sıra numarası verilmeksizin yazarın soyadı dikkate alınarak alfabetik sıraya göre yazılmalıdır. Aynı yazara ait fazla sayıdaki eserler kronolojik olarak sıralanmalıdır.

**Tek yazar:**



Vurarak, Y. (2021). Semi-Mechanical Harvesting method effect on oil content and fat composition of sesame. *Gıda ve Teknolojisi Dergisi*, (25), 39-47. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursagida/issue/60450/886028>

#### **İki yazar:**

Ciniviz, M. ve Yılmaz Ersan, L. (2021). Süt ürünleri tüketiminin kolorektal kanser üzerine etkisi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (25), 1-14. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursagida/issue/60450/885980>

#### **Üç ile yedi yazar arası:**

Hamzaoglu, M., Demir, S., Tosunoğlu, H., Zengingönül Gökçay, R. ve Deniz, A. (2021). QuEChERS -LC MS/MS yönteminin ballarda bazı pestisit kalıntıları için metot validasyonu. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (25), 48-56. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursagida/issue/60450/886069>

**Yedi yazardan fazla ise; ilk altı yazarın adı listelendikten sonra üç nokta koyup son yazarın adı eklenir. Yedi isimden fazlası yer almamalıdır:**

Miller, F. H., Choi, M. J., Angeli, L. L., Harland, A. A., Stamos, J. A., Thomas, S. T., . . .and Rubin, L. H. (2009). Web site usability for the blind and low-vision user. *Technical Communication*, 57, 323-335.

#### **Organizasyonun yazar olduğu durumlarda:**

AOAC. (2021).

#### **Aynı yazarın iki ve daha fazla çalışması kullanılmışsa; kaynaklar tarih sırasına göre dizilmelidir:**

Çetin, T. (2019).

Çetin, T. (2020).

#### **Eğer yazar bir çalışmada tek yazar ve başka çalışmada ortak yazar ise, önce tek yazarlı olan çalışma listelenmelidir:**

İç, E. (2000). Hıyar turşusu salamurasında kalsiyum klorür kullanarak tuz konsantrasyonunun azaltılma olanağı üzerine araştırma. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi-117 s. Ankara.

İç, E., Özçelik, F. ve Denli, Y. (1999). Hıyar turşularının depolanması üzerine kalsiyum asetat ve pastörizasyonun etkisi. *Gıda*, 24 (4): 243-250.

#### **Eğer bir yazarın farklı yazarla yayımladığı eserler varsa, sıralama alfabetik olarak ikinci veya sonraki isme bağlı olarak yapılır:**

Wegener, D. T. Kerr, N. L., Fleming, M. A. and Petty, R. E. (2000). Flexible corrections of juror judgments: Implications for jury instructions. *Psychology, Public Policy, and Law*, 6, 629-654.

Wegener, D. T., Petty, R. E. and Klein, D. J. (1994). Effects of mood on high elaboration attitude change: The mediating role of likelihood judgments. *European Journal of Social Psychology*, 24, 25-43.4

#### **Bir yazarın aynı yıl yayımlanmış iki veya daha fazla çalışması varsa, (a, b, c) gibi harfler kullanılır:**

Rice, W.E. (2017a). Alkalinity 2320 B, Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd Edition, ISBN: 9780875532875.

Rice, W.E. (2017b). Chloride 4500 CL, Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd edition, ISBN: 9780875532875.

#### **Kitap: yazarı birden fazla olan ya da bilinmeyen durumlarda**

Anonim (1983). Gıda maddeleri muayene ve analiz yöntemleri. TOKB Köy Hiz. Gen. Müd. Yayınları, Genel Yayın No: 1, Ankara.

**Kongre bildirisi veya poster:**

Parsons, C.M. (1994). Amino acid availability for poultry. 9th European Poultry Conference, World's Poultry Science Association, Book of proceedings, Glasgow, UK, Vol: 2, 356-359.

**Makale:**

Karakaya, M., Sarıçoban, C. ve Aksoğan, M. (2003). Tavşan etinin prerigor ve postrigor aşamalarında bazı teknolojik özelliklerinin tespiti. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 3, 15-19.

**İnternet Kaynağı:**

Warrence, N.J., Bauder J.W. and Pearson K.E. (2004). Basics of salinity and sodicity effects on soil physical properties. Land Resources and Environmental Sciences Department, Montana State University, <http://waterquality.montana.edu/docs/methane/basics.pdf> (Erişim Tarihi/Access Date 15.12.2004).