



e-ISSN 2822-2873

ISSN 1303-3107

# GIDA VE YEM BİLİMİ - TEKNOLOJİSİ

JOURNAL OF FOOD AND FEED SCIENCE - TECHNOLOGY

Yıl/Year: 23

Sayı/Number:35

2026/1

GIDA VE YEM BİLİMİ - TEKNOLOJİSİ DERGİSİ  
Journal of Food and Feed Science - Technology

ISSN 1303-3107  
e-ISSN 2822-2873

**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 Çetin\***

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. Erdiç Altınçekiç\***

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 Çalışkan\***

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

**Dr. Şafak Andıç\***

Alan Editörü (Technical 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. Arzu Akpınar Bayazit**

Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

**Prof. Dr. Diğdem Arpalı**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

**Prof. Dr. Hasan Vural**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Tarım Ekonomisi Bölümü

**Prof. Dr. İsmail Yılmaz**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

**Prof. Dr. Murat Özdemir**

Gebze Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü,  
Gıda Teknolojisi Ana Bilim Dalı

**Prof. Dr. Sine Özmen Togay**

Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

**Prof. Dr. Temel Özek**

Anadolu Üniversitesi  
Eczacılık Fakültesi, Farmakognози Anabilim Dalı

**Prof. Dr. Yasemin Şahan**

Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. İlkey Yılmaz**

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

**Dr. Azat Akbal**

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

**Dr. Ayten Salantur**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

**Dr. Ali Anıl Süleymanoğlu**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Akyaka İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü

**Dr. Esma Korkmaz**

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

**Dr. Hacer Ekşi Karaağaç**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Düzce İl Tarım ve Orman Müdürlüğü

**Dr. İsmail Azar**

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

**Dr. Kadir Emre Özaltın**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Antalya Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü

**Dr. Mehmet Gülcü**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Balıkesir Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü

**Dr. Murat Faruk Us**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
İstanbul Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü

**Dr. Musa Caner Sayın**

Tarım ve Orman Bakanlığı,  
Pendik Veteriner Kontrol Enstitüsü Müdürlüğü

**Dr. Nehir Gencer**

Uşak Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,  
Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Ana Bilim Dalı

**Dr. Nurcan Aysar Güzelsoy**

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. Sema Demir**

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

Yıl/Year: 23

Sayı/Number: 35

2026/1

Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü  
Central Research Institute of Food and Feed Control

## YAYIN KURULU\*

(Editorial Board)

### Dr. Nazan öplü

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. Erdiñ Altunçekiç

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

### Dr. Şafak Andıç

Alan Editörü (Technical Editor)  
Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

### Prof. Dr. Abdulkadir Çihtaş

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. Alya Aslaner

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

### Prof. Dr. Arzu Akpınar Bayizit

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, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü, 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. 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. Çağrı Özgür Özkan

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

### Prof. Dr. Derya Yeşilbağ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

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

## YAYIN KURULU\*

(Editorial Board)

**Prof. Dr. Diğdem Arpalı**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 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

**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 Dıraman**

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, Zootekni Bölümü, Türkiye

**Prof. Dr. İsmail Yılmaz**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği 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. Mühraban 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. Murat Özdemir**

Gebze Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Gıda Teknolojisi Ana Bilim Dalı, 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

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

## YAYIN KURULU\*

(Editorial Board)

### **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

### **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 Ötles**

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

### **Prof. Dr. Seran Temelli**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin-Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, 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. Sevgi Kolaylı**

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye

### **Prof. Dr. Şebnem Budak**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Türkiye

### **Prof. Dr. Şebnem Pamuk**

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin-Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, 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, Zootečni ve Hayvan Besleme Bölümü, 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, Zootečni ve Hayvan Besleme Bölümü, Türkiye

### **Prof. Dr. Temel Özek**

Anadolu Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Farmakognozi Anabilim Dalı, Türkiye

### **Prof. Dr. Uğur Günşen**

Bandırma Onyedli 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. Adnan Fatih Dağdelen**

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

### **Doç. Dr. Ali Cingöz**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

### **Doç. Dr. Ali İhsan Atalay**

Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Türkiye

### **Doç. Dr. Alper Kaşgöz**

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

### **Doç. Dr. Arda Çelik**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Türkiye

### **Doç. Dr. Ayşe Kalemtaş**

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

### **Doç. Dr. Ayşe Neslihan Dünder**

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

### **Doç. Dr. Çisem Bulut Albayrak**

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

### **Doç. Dr. Fatih Göğçer**

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. Hande Baltacıoğlu**

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

### **Doç. Dr. Hasan Cankurt**

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

\*İsimler, unvanlara göre alfabetik sırada yazılmıştır.

Names are written in alphabetical order according to titles.

## YAYIN KURULU\*

(Editorial Board)

**Doç. Dr. İlkay Yılmaz**

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

**Doç. Dr. İlkem Demirkesen 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**

İğdır Üniversitesi, İğdır 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 Yüksek Okulu, Türkiye

**Doç. Dr. Muazzez Cömert Acar**

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Murat Reis Akkaya**

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

**Doç. Dr. Murat Zorba**

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

**Doç. Dr. Mustafa Sevindik**

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Türkiye

**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. Nazlı Şahin**

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Oktay Yerlikaya**

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Türkiye

**Doç. Dr. Oya Irmak 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. Şeniz Öziş Altınçekiç**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni 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. Yasin Özdemir**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Doç. Dr. Yılmaz Uçar**

Çukurova Üniversitesi, Aladağ Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Aşkın Birgül**

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

**Dr. Öğr. Üyesi Aysel Elik Demir**

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

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

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

**Dr. Öğr. Üyesi Betül Karşioğlu**

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

**Dr. Öğr. Üyesi Celale Kırkın Gözükırmızı**

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 İnat**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Hacer Akpolat**

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

\*İsimler, unvanlara göre alfabetik sırada yazılmıştır.

Names are written in alphabetical order according to titles.

## YAYIN KURULU\*

(Editorial Board)

**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 Demirkesen 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. Nehir Gencer**

Uşak Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Ana Bilim Dalı

**Dr. Öğr. Üyesi Oya Sipahioğlu**

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Pınar Uzun**

Isparta 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

**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, Beypazarı Meslek Yüksekokulu, Otel-Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Açılış 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. Cumhuri Berberoğlu**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Karacabey Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, 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. Üyesi Hüseyin Demircan**

Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 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. Öğr. Üyesi Yavuz Yüksel**

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

**Dr. Ali Anıl Süleymanoğlu**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Akyaka İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Ali Güler**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 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. Ayten Salantur**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. Azat Akbal**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez 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

\*İsimler, unvanlara göre alfabetik sırada yazılmıştır.

Names are written in alphabetical order according to titles.

## YAYIN KURULU\*

(Editorial Board)

**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. Esmâ Korkmaz**

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

**Dr. Hacer Ekşi Karaağaç**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Düzce İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Türkiye

**Dr. İsmail Azar**

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

**Dr. Kadir Emre Özeltin**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Antalya Gıda Kontrol Laboratuvar 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. Mehmet Gülcü**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkesir Gıda Kontrol Laboratuvarı, Türkiye

**Dr. Murat Faruk Us**

Tarım ve Orman Bakanlığı, İstanbul Gıda Kontrol Laboratuvar 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. Nurcan Ayšar Güzelsoy**

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

**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. Sema Demir**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol 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

**Yağı azaltılmış tahinin bazı duyuşal ve fizikokimyasal özellikleri**  
Some sensorial and physicochemical properties of reduced fat tahini  
*Tamer Arslan, Gökhan Durma*

63-70

**Hünnap (*Ziziphus jujuba* Mill.) ve üzüm (*Vitis vinifera* L.) kullanılarak nişasta bazlı sağlıklı atıştırma üretimi üzerine bir çalışma**  
A study on the production of starch-based healthy snacks using jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) and grapes (*Vitis vinifera* L.)  
*Buğlem Güler, Nisa Nur Özcan, Yurdanur Akyol, Ali Güler*

71-83

**Diş hekimliği fakültesi öğrencilerinin tatlandırıcılarla ilgili bilgi ve tutumlarının değerlendirilmesi**  
Evaluation of dental faculty students' knowledge and attitudes regarding sweeteners  
*Menzile Seda Coşar, Zeynep Didar Koçyiğit, Alihan Coşar, Meryam Uzamiş Tekçiçek*

84-94

## Derleme Makaleler / Review Papers

**Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from plants**  
Bitkilerden biyoaktif bileşiklerin ultrases destekli ekstraksiyonu  
*Murat Özdemir, İrem Ak, Seray Coşkun, Nursima Ünverdi*

1-12

**Fonksiyonel gıdalar ve sağlık: Parabiyotikler ve postbiyotiklerin rolü ve etkileri**  
Functional foods and health: Role and effects of parabiotics and postbiotics  
*Evra Sarı, Mehmet Saruşık*

13-29

**Hazelnut and health: Nutritional benefits and potential health effects**  
Fındık ve sağlık: Besin değerleri ve olası sağlık etkileri  
*Hüdayi Ercoşkun, Tuğba Demirci Ercoşkun*

30-50

**Glutensiz beslenmede alternatif bitkisel gıdalar**  
Alternative plant foods in gluten-free nutrition  
*Ayşenur Arslan, Erkan Yalçın*

51-62



## Review Paper/Derleme Makale

### Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from plants

#### Bitkilerden biyoaktif bileşiklerin ultrases destekli ekstraksiyonu

Murat Özdemir<sup>1\*</sup>, İrem Ak<sup>1</sup>, Seray Coşkun<sup>1</sup>, Nursima Ünverdi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Gebze Technical University, 41400, Gebze, KOCAELİ, TÜRKİYE  
(By author order/Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0001-9025-3068, Prof. Dr.

ORCID ID: 0009-0007-8919-572X, Chemical Engineer

ORCID ID: 0009-0009-3164-5008, Chemical Engineer

ORCID ID: 0009-0006-4376-407X, Chemical Engineer

\*Corresponding author/Sorumlu yazar: ozdemirm@gtu.edu.tr

Geliş Tarihi : 10.08.2024

Kabul Tarihi : 03.02.2025

#### Abstract

**Objective:** This study gives a comprehensive review of the mechanism, advantages and disadvantages of ultrasound-assisted extraction, important factors affecting the ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds, and current applications of ultrasound-assisted extraction in the extraction of phenolics and flavonoids from plant materials. The primary goal of this review is to gain a thorough understanding of the principles, benefits and impact of ultrasound-assisted extraction on phenolics and flavonoids from plants, investigate the equipment (ultrasonic probe and ultrasonic bath) used in ultrasound-assisted extraction, and provide an overview of ultrasound-assisted extraction in the recovery of phenolic and flavonoid compounds from plants. This review reveals that ultrasound-assisted extraction provides numerous advantages, including its ease of use, increased efficiency and reproducibility, reduced solvent usage, energy consumption, operating costs and processing time, improved product purity, better protection of bioactivity of thermosensitive compounds, and operable at room temperature and atmospheric pressure. Temperature, contact time, solvent type and solvent concentration, solid to solvent ratio, ultrasonic power and ultrasonic frequency are the primary factors affecting ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds. Cavitation during ultrasound-assisted extraction accelerates the release of bioactive compounds from plant cells, thus resulting in more efficient extraction.

**Conclusion:** It is considered that ultrasound-assisted extraction is an innovative method and efficient way to extract bioactive compounds from plants. In conclusion, applications regarding the extraction of phenolic and flavonoid compounds from plants show that ultrasound-assisted extraction is an environmentally friendly method and is therefore considered a green extraction technique.

**Keywords:** Ultrasound-assisted extraction, plants, bioactive compounds, phenolics, flavonoids

#### Öz

**Amaç:** Bu çalışma, ultrases destekli ekstraksiyonun mekanizması, avantajları ve dezavantajları, biyoaktif bileşiklerin ultrases destekli ekstraksiyonunu etkileyen önemli faktörler ve bitkilerden fenolik ve flavonoidlerin ekstraksiyonunda ultrases destekli ekstraksiyonun mevcut uygulamaları hakkında kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır. Bu derleme çalışmasının temel amacı, bitkilerden fenolik ve flavonoidlerin elde edilmesinde ultrases destekli ekstraksiyonun prensipleri, faydaları ve etkisi hakkında kapsamlı bilgiler vermek, ultrases destekli ekstraksiyonda kullanılan ekipmanları (ultrasonik prob ve ultrasonik banyo) incelemek, bitkilerden fenolik ve flavonoid bileşiklerin geri kazanılmasında ultrases destekli ekstraksiyon hakkında bir bakış açısı sunmaktır. Bu derleme, ultrases destekli ekstraksiyonun kullanım kolaylığı, artan verimlilik ve tekrarlanabilirlik, azaltılmış solvent kullanımı, enerji tüketimi, işletme maliyetleri ve işlem süresi, iyileştirilmiş ürün saflığı, ısıya duyarlı bileşiklerin biyoaktivitesinin daha iyi korunması ile oda sıcaklığında ve atmosferik basınçta çalıştırılabilir olması gibi çok sayıda avantaj sağladığını ortaya koymaktadır. Sıcaklık, temas süresi,

çözücü tipi, katı-çözücü oranı, ultrasonik güç ve ultrasonik frekans biyoaktif bileşiklerin ultrason destekli ekstraksiyonunu etkileyen başlıca faktörlerdir. Ultrases destekli ekstraksiyon sırasındaki kavitasyon, bitki hücrelerinden biyoaktif bileşiklerin salınımını hızlandırmakta ve böylece daha verimli bir ekstraksiyon sağlamaktadır.

**Sonuç:** Ultrases destekli ekstraksiyonun bitkilerden biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu için yenilikçi bir yöntem ve etkili bir yol olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, bitkilerden fenolik ve flavonoid bileşiklerin ekstraksiyonuna ilişkin uygulamalar, ultrases destekli ekstraksiyonun çevre dostu bir yöntem olduğunu ve bu nedenle yeşil ekstraksiyon olarak bilindiğini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** ultrases destekli ekstraksiyon, bitkiler, biyoaktif bileşikler, fenolikler, flavonoidler

## 1. Introduction

Extraction of bioactive compounds from plants can be defined as a separation process to obtain plant ingredients and make them useful for a wide range of applications. Numerous substances found in plants have been documented as bioactive components including antioxidants (Zhang et al., 2021), nutraceuticals (Chen et al., 2021), antimicrobials (Pham et al., 2021) and other bioavailable constituents (Aekthammarat et al., 2020). Plants have a powerful antioxidant defense system that includes enzymes and metabolites. Antioxidants are bioactive compounds that can prevent or delay the oxidation of other molecules. The two main water-soluble antioxidant metabolites are ascorbate and glutathione, but secondary metabolites including polyphenols, flavonoids and terpenoids also help detoxify reactive oxygen species under various environmental stresses. Plant extracts rich in bioactive compounds have long been known as commercial ingredients in the food, nutraceutical, cosmetic and pharmaceutical industries because many plant secondary metabolites have antioxidant activity (Stagos 2020; Yusoff et al., 2022).

Methods for extracting bioactive compounds can be classified as conventional solid-liquid extraction techniques (percolation, maceration, decoction, soxhlet extraction, hydrodistillation and solvent extraction techniques) and non-conventional methods (microwaves, ultrasound, supercritical fluid, high pressure liquid, pulsed electric field and enzyme-assisted extraction techniques). Conventional solid-liquid extraction techniques have some drawbacks such as low selectivity and low recovery percentages or extraction yields, very laborious and time-consuming, usually require high temperatures that degrade thermosensitive compounds, energy-intensified processes and use large amounts of organic solvents that in many cases can be toxic and may remain in trace quantities in the extracts (Agregán et al., 2021; Sridhar et al., 2021; Yusoff et al., 2022). As compared to conventional solid-liquid extraction techniques, ultrasound-assisted extraction has many advantages including ease of operation, higher efficiency and reproducibility, shorter processing time, lower operating costs, less solvent usage, higher product purity, less energy consumption and better protection of bioactivity of thermosensitive compounds, and can be done at

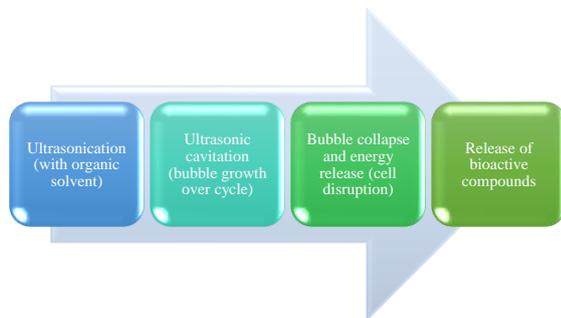
room temperature and atmospheric pressure (Freitas de Oliveira et al., 2016; Fu et al., 2021; Lama-Muñoz and Contreras, 2022; D. Mehta et al., 2022; N. Mehta et al., 2022; Pagano et al., 2021). The pressure created during sonic cavitation by ultrasonic waves accelerates mass transport, which releases the extractable materials to the medium more quickly than the conventional solid-liquid extraction (Ashokkumar, 2015; Medina-Torres et al., 2017; Tiwari, 2015). On the other hand, one of the most important disadvantages of the ultrasound-assisted extraction is that it may oxidize lipids and unsaturated fatty acids, and produce free radicals.

The purpose of this study is to give information on the mechanism, factors affecting the ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds, and current applications of ultrasound-assisted extraction in the extraction of phenolics and flavonoids from plant-based materials. The novelty of this review lies in the fact that it presents new information and recent literature in ultrasound-assisted extraction of phenolics and flavonoids from plants by overviewing a wide range of possibilities for the extraction of plant-based bioactive compounds using ultrasound-assisted technology. This review addresses important issues that need to be considered in ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from plants, and provides guidance and knowledge in understanding the ultrasound-assisted technology.

## 2. Mechanism of ultrasound-assisted extraction

Ultrasound-assisted extraction is an environmentally friendly technology so it is considered as a green extraction technology (D. Mehta et al., 2022; Pagano et al., 2021). Ultrasound-assisted extraction is a method that involves the interaction of ultrasound power with solvents to extract biologically active compounds from plant materials (Freitas de Oliveira et al., 2016). The mechanism of ultrasound-assisted extraction is based on the formation of bubbles, creating a cavitation effect, thus leading to mechanical and thermal effects on plant cells. These effects disrupt or break down cell walls of plants, enabling the release of bioactive compounds into the solvent through diffusion and/or dissolution (Bi et al., 2019; Qian et al.,

2020). Ultrasound consists of mechanical waves with frequencies higher than the human audible range ( $\geq 20$  kHz). These waves create compression and rarefaction cycles that propagate through a medium, causing molecular movement. High-intensity sound waves induce cavitation bubbles during rarefaction, pushing molecules apart and forming bubbles. These bubbles coalesce and collapse during compression, generating extreme localized conditions with temperatures reaching up to 5000 K and pressures up to 1000 atm. These conditions accelerate biochemical reactions in the surrounding area (Chemat et al., 2017a). Ultrasound-assisted extraction methods can have processes that may involve single or multiple mechanisms (Chemat et al., 2017b). These mechanisms include fragmentation, erosion, capillary action, tissue disruption and ultrasound perforation. Combining these mechanisms enhances ultrasound intensity, promoting cell destruction and mass transfer (Zahari et al., 2020). Ultrasound energy creates voids and microscopic channels, facilitating water removal (Chen et al., 2020). These voids and channels increase the contact area between bioactive compounds and solvents, accelerating the mass transfer phenomenon. The schematic representation of the mechanism of ultrasound-assisted extraction is depicted in Figure 1.

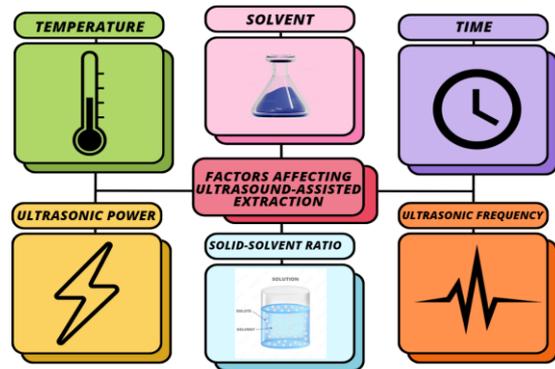


**Figure 1.** Mechanism of ultrasound-assisted extraction

### 3. Factors affecting ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds

Bioactive compounds are incorporated into various products such as prepared foods, herbal supplements, teas, concentrates, flavors and colors. Plant extracts, rich in bioactive compounds, have become important in the food and nutraceutical industries due to their diverse applications, where the ultrasound technology facilitates the extraction of bioactive compounds through cavitation (Yusoff

et al., 2022). Various factors such as temperature, time, solvent properties, solid to solvent ratio, ultrasonic power and ultrasonic frequency affect ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds (Coelho et al., 2021; Liao et al., 2021; Lin et al., 2021; Mahindrakar and Rathod, 2020; Muñiz-Márquez et al., 2013; Ozdemir et al., 2024; Wani and Uppaluri, 2022; Yu et al., 2019) (Figure 2).



**Figure 2.** Factors affecting ultrasound-assisted extraction

Temperature affects the extraction rate and the stability of the compound extracted (Bouafia et al., 2021; Coelho et al., 2021; Mai et al., 2020; Yu et al., 2019). Lower temperatures are preferred to preserve heat-sensitive compounds, but moderate heating usually increases solubility of bioactive compounds (Brahmi et al., 2022; Ozdemir et al., 2024; Tanase et al., 2018). Ultrasound treatment increases temperature so cooling is usually required to keep the temperature constant. Contact time has an effect on extraction efficiency, which increases with an increase in extraction time, but longer contact times may cause degradation or loss in bioactivity of phenolics and flavonoids (Coelho et al., 2021; Turker and Isleroglu, 2021; Wani and Uppaluri, 2022). Solvent type and solvent concentration significantly affect solubility and compound interactions, have an influence on the recovery of phenolic and flavonoid compounds from plants and require specific selection for the extraction of bioactive compounds (Brahmi et al., 2022; Muñiz-Márquez et al., 2013; Sim et al., 2019; Tanase et al., 2018). Solid to solvent ratio, which defines the ratio of plant material to solvent, affects extraction efficiency and productivity (Clodoveo et al., 2022; Lin et al., 2021; Mahindrakar and Rathod, 2020; Yang et al., 2019). Although higher ratios offer more surface area for

interaction, excessive amounts can cause saturation. Ultrasound power or power density measured usually in watts directly affects extraction efficiency by increasing the cavitation intensity (Coelho et al., 2021; Liao et al., 2021; Lin et al., 2021; Mahindrakar and Rathod, 2020; Yang et al., 2019). Higher power densities can lead to more intense cavitation and therefore more effective extraction. Care should be taken to balance efficiency and product quality. Ultrasound frequency, which represents the oscillation per second of ultrasound waves, also affects extraction efficiency (Liao et al., 2021; Ozdemir et al., 2024). Higher frequencies intensify cavitation effects, facilitating cell lysis and mass transfer, thus increasing extraction efficiency. Therefore, it is important to find the appropriate frequency to prevent damage to bioactive compounds. Optimization of the factors affecting the ultrasound-assisted extraction maximizes extraction efficiency while maintaining the integrity and activity of the extracted substances, paving the way for sustainable and high-quality extraction practices.

#### 4. Ultrasound-assisted extraction with ultrasonic probe and ultrasonic bath

Ultrasound-assisted extraction can be performed with an ultrasonic probe (Figure 3) or ultrasonic bath (Figure 4). Ultrasonic power and frequency are adjusted within a certain range in an ultrasonic probe, thus allowing higher extraction rates and product quality. Ultrasonic probe, when integrated into mixing, helps in better distribution of components and homogenization of food products. Accelerated mass transfer improves extraction by disrupting cellular structures, increasing surface area, and facilitating the release of flavors, nutrients and bioactive compounds (Rao et al., 2021). The ultrasonic probe is also effective in cleaning food processing equipment by generating cavitation bubbles that remove dirt, oil, microorganisms and biofilms from food processing equipment surfaces (Zhou et al., 2022). Ultrasonic probe can be integrated into a temperature controlled water bath, which allows for precise temperature control during processing, providing optimal conditions for enzymatic reactions, pasteurization, sous vide cooking and other thermal processes (Yusoff et al., 2022). Improved penetration of heat into food products is achieved by disrupting barriers like air pockets or

membranes, resulting in more uniform heating and shorter processing times (Wen et al., 2018).



Figure 3. Ultrasonic probe

Ultrasound baths typically function using liquids housed in a metal or plastic container. The liquid is commonly water or water-based solution, where the food material is immersed. The ultrasound transducers in the apparatus convert electrical energy into ultrasound waves, but usually ultrasonic power and frequency are not tunable, which is the most important disadvantage of the ultrasonic bath (Wen et al., 2018). Non-uniform energy distribution affects efficiency of ultrasonic baths when compared to ultrasonic probe systems (N. Mehta et al., 2022). Therefore, extraction efficiency and yield are lower than that of the ultrasonic probe (Rao et al., 2021).



Figure 4. Ultrasonic bath

### 5. Extraction of plant bioactive compounds with ultrasound-assisted technology

#### 5.1. Phenolics

Natural phenolic compounds are a complex class of substances that range from monomers like phenolic acids to highly polymerized molecules like tannins. They are primarily found in conjugated forms, with one or more sugar units (monosaccharides, disaccharides and even oligosaccharides) bound to hydroxyl groups. It is also frequently linked with other chemicals such as carboxylic acids, amines and lipids as well as with other phenols. Especially given the complexity of plant matrices, extraction

methods for phenolic compounds have attracted considerable attention in recent years due to the intriguing bioactive properties, health benefits and potential applications of phenolics. At the cellular level, hydrophilic phenolic compounds (e.g., phenolic acids, anthocyanins and low molecular weight tannins) are primarily found in vacuoles, whereas insoluble phenolic compounds (e.g., condensed tannins, phenolics covalently bound to insoluble polymers such as polysaccharides or proteins forming stabilized macrocomplexes) are typically found in cell walls (Lama-Muñoz and Contreras, 2022). Phenolics are characterized by one or more aromatic rings linked to one or more hydroxyl groups (Alara et al., 2021). Plants create phenolic compounds, and they are genetically regulated both qualitatively and quantitatively. Furthermore, phenolic compounds function as antioxidants, antimicrobials, UV radiation protectors, nutrient enhancers, flavoring agents and colorants for various plants. Conversely, phenolic molecules that undergo oxidation are transformed into quinones, which are associated with an unfavorable brown color.

Extraction is the primary step in recovering and purifying phenolic compounds from plant materials prior to analysis and application because it allows for the concentration of these compounds while reducing interfering substances. The extraction of phenolic compounds is especially important when conducting quantitative investigations because their tissue distribution in plants is not homogeneous.

Sonication influences the physical phenomena that affect the extraction of phenolic compounds, which are generally located inside of the plant tissue cells. Ultrasound-assisted extraction uses high-frequency sounds (between 20 and 40 kHz) to release phenolic compounds from plants, but higher frequencies can also be used (Pagano et al., 2021). The influence of applying ultrasound waves to the extraction medium and matrix may favor not only the extraction of phenolic compounds but also the development of secondary reactions that result in a decrease in the phenolic concentration (Lama-Muñoz and Contreras, 2022). Antioxidant activity is a property of great importance in the case of phenolic compounds. The area of exposure to the solvent and the cavitation increase as the particle size of the plant material is reduced, thus resulting in higher extraction efficiency. Pre-treatments can also improve the recovery and yield of phenolic compounds from plants (Sentkowska et al., 2024). Ultrasound-assisted extraction of phenolic

compounds from different plants is summarized in Table 1.

## 5.2. Flavonoids

Flavonoids, one of the subclasses of phenols that regulate the physiological functions of plants, contain many polyphenols characterized by the benzo- $\gamma$ -pyrone structure (Yusoff et al., 2022). Flavonoids are polyphenolic compounds synthesized as bioactive secondary metabolites in plants and are responsible for color, taste and antioxidant activity (Liga et al., 2023). The main sources of flavonoids are fruits and vegetables. Among fruits, plums, cherries and apples are very rich in flavonoids while tropical fruits are poor in flavonoids. Notably, vegetables like beans, olives, onions, shallots, spinach, lettuce, cabbage, celery, broccoli and hot peppers boast high concentrations of flavonoids. There are also plenty of flavonoids in cocoa products, chocolate, black tea and green tea. Flavonoids play a crucial role in conferring properties such as color, taste, prevention of lipid oxidation, enzyme protection and physiological stress resistance in plants (Kopustinskiene et al., 2020). They are the primary contributors to the vibrant colors observed in plant tissues. Functioning as potent antioxidants, flavonoids serve to shield plants from unfavorable environmental conditions. The amount of flavonoids synthesized is influenced by various factors, including plant cultivar/genotype, growing conditions, soil characteristics, harvest and storage (Dias et al., 2021).

Both humans and animals are not able to synthesize flavonoids. Nonetheless, flavonoids are an essential component of the diets of mammals. Flavonoids are utilized in the food, cosmetic and pharmaceutical industries because of their exceptional antioxidant properties. Because flavonoids may both neutralize and prevent the generation of free radicals, they are thought to be potential natural antioxidants. The presence of free hydroxyl groups and phenolic rings in the chemical structure of flavonoids is primarily responsible for their antioxidant activity. Free hydroxyl groups can donate hydrogen, thus preventing oxidation. Extraction techniques with high yield and purity are required for the industrial use of antioxidants. In recent years, ultrasound-assisted extraction is becoming a more favorable extraction method over the other environmentally friendly extraction techniques (Rodríguez De Luna et al., 2020). Ultrasound-assisted extraction of flavonoid compounds from different plants is summarized in Table 2.

**Table 1.** Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from plants

Source	Ultrasonic equipment	Extraction conditions	Results	References
<i>Laurus nobilis</i> L. leaves	Ultrasonic probe	Extraction temperature: 25°C Extraction time: 20, 40 and 60 min Ethanol/water concentration: 0, 35 and 70% Solid/solvent ratio: 1:4, 1:8 and 1:12 g/mL Ultrasound frequency: 40 kHz	The best extraction conditions for phenolic compounds were extraction time of 40 min, ethanol concentration of 35% and solid/solvent ratio of 1:12 g/mL.	Muñiz-Márquez et al. (2013)
Beech ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) bark	Ultrasonic bath	Extraction temperature: 50, 60 and 80°C Extraction time: 15, 30 and 45 min Ethanol/water concentration: 50 and 70% Ultrasound frequency: 40 kHz	The maximum total phenolic content was obtained at 60°C, 15 min and ethanol concentration of 70%.	Tanase et al. (2018)
Kenaf ( <i>Hibiscus cannabinus</i> L.) leaves	Ultrasonic probe	Extraction temperature: 18-22°C Extraction time: 1 min pulse duration period Extraction solvent: Water, methanol, ethanol and acetone Ultrasound amplitude: 50%	Ethanol was the most effective solvent for the extraction of phenolic compounds.	Sim et al. (2019)
Common bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Ultrasonic bath	Extraction temperature: 30 and 50°C Extraction time: 40 and 80 min Acetone/water concentration: 40 and 60% Solvent/solid ratio: 30:1 and 40:1 mL/g Ultrasound power: 400 and 560 W	Extraction temperature of 30°C, extraction time of 68 min, solvent concentration of 55%, solvent/solid ratio of 36:1 mL/g and ultrasonic power of 480 W yielded the maximum total phenolic content.	Yang et al. (2019)
<i>Centaurea</i> sp. leaves	Ultrasonic bath	Extraction temperature: 45, 50 and 55°C Extraction time: 20, 30 and 40 min Solid/solvent (methanol) ratio: 0.5:45, 0.5:50 and 0.5:55 g/mL Ultrasound frequency: 40 kHz	The maximum total phenolic content was obtained at 54.9°C, 39.9 min and solid/solvent ratio of 0.5:53.9 g/mL.	Bouafia et al. (2021)
Strawberry guava leaves	Ultrasonic probe	Extraction temperature: 40, 50 and 60°C Solid/solvent (hexane) ratio: 1:10, 1:15 and 1:20 g/mL Ultrasound power: 100, 300 and 500 W	The highest yield for phenolics was observed at 40°C, solid/solvent ratio of 1:20 and ultrasound power of 500 W.	Coelho et al. (2021)
<i>Opuntia ficus-indica</i> flower	Ultrasonic bath	Extraction temperature: 30-70°C Extraction time: 10-60 min Ethanol/water concentration: 20-100% Ultrasound frequency: 50 kHz	The optimal extraction conditions for phenolics were 53°C, 60 min and 36% ethanol concentration.	Brahmi et al. (2022)
<i>Ceratonia siliqua</i>	Ultrasonic bath	Solid/solvent ratio: 1:0.05-1:0.2 g/mL Ethanol/water concentration: 0-100% Particle size: 0.3-2 mm Extraction temperature: 35°C Extraction time: 15 min Ultrasound power: 100 W Ultrasound frequency: 37 kHz	The best results for phenolic compounds were obtained at solid/solvent ratio of 1:0.2 g/mL, ethanol/water concentration of 40% and particle size of 0.3 mm.	Clodoveo et al. (2022)
Galangal ( <i>Alpinia officinarum</i> )	Ultrasonic probe	Extraction temperature: 20-70°C Extraction time: 5-60 min Ethanol/water concentration: 10-90% Solvent/solid ratio: 5:1-40:1 mL/g Ultrasound power: 10-90% Ultrasound cycle: 1-9	Temperature of 25°C, extraction time of 20 min, ethanol/water concentration of 50%, solvent/solid ratio of 10:1 mL/g, ultrasound power of 50% and ultrasound cycle of 5 were determined to be the most efficient extraction conditions for total phenolic compounds.	Ozdemir et al. (2024)

**Table 2.** Ultrasound-assisted extraction of flavonoid compounds from plants

Source	Ultrasonic equipment	Extraction conditions	Results	References
<i>Kenaf (Hibiscus cannabinus L.) leaves</i>	Ultrasonic probe	Extraction temperature: 18-22°C Extraction time: 1 min pulse duration period Extraction solvent: Water, methanol, ethanol and acetone Ultrasound amplitude: 50%	Ethanol was the most effective solvent for the extraction of flavonoid compounds.	Sim et al. (2019)
<i>Crinum asiaticum</i>	Ultrasonic bath	Extraction temperature: 30-70°C Extraction time: 10-80 min Ethanol/water concentration: 30-80% Solid/solvent ratio: 1:10-1:50 Ultrasound power: 180 W Ultrasound frequency: 40 kHz	The best conditions for maximum flavonoid yield were at 64°C extraction temperature, 47 min extraction time, 60% ethanol concentration and 1:28 solid/solvent ratio.	Yu et al. (2019)
<i>Euonymus alatus</i>	Ultrasonic bath	Extraction temperature: 35-95°C Extraction time: 5-25 min Polyethylene glycol 400/water concentration: 8-24% Solvent/solid ratio: 30:1-70:1 mL/g Particle size: 40-120 mesh	The optimum extraction conditions for flavonoids were obtained at extraction temperature of 90°C, extraction time of 15 min, PEG-400 concentration of 16%, solvent/solid ratio of 60:1 mL/g and particle size of 80 mesh.	Mai et al. (2020)
<i>Syzygium cumini</i> seed kernel powder	Ultrasonic bath	Extraction temperature: 25-65°C Extraction time: 0-20 min Solid/solvent (water) ratio: 1:05-1:50 g/mL Ultrasound power: 44-215 W Ultrasound cycle: 10-100% Ultrasound frequency: 22 kHz	Extraction temperature of 35°C, extraction time of 12 min, solid/solvent ratio of 1:15 g/mL, ultrasound power of 125 W and ultrasound cycle of 60% yielded the maximum total flavonoid content.	Mahindrakar and Rathod (2020)
<i>Moringa oleifera</i> leaves	Ultrasonic bath	Extraction temperature: 30°C Extraction time: 20 min Ethanol/water concentration: 30, 45 and 60% Solvent/solid ratio: 30:1, 35:1 and 40:1 mL/g Ultrasound power: 80, 160 and 240 W	The flavonoid compounds reached the optimal values at ultrasonic power of 188 W, solvent/solid ratio of 40:1 mL/g and ethanol concentration of 52%.	Lin et al. (2021)
Peanut shell	Ultrasonic bath	Extraction temperature: 25-70°C Extraction time: 0-80 min Ethanol/water concentration: 50-80% Solvent/solid ratio: 10:1-60:1 mL/g Particle size: 0.095-0.995 mm Ultrasound power: 90-210 W Ultrasound frequency: 20-60 kHz	The maximum total flavonoid content was obtained at extraction temperature of 55°C, extraction time of 80 min, ethanol concentration of 70%, solvent/solid ratio of 40:1 mL/g, particle size of 0.285 mm, ultrasound power of 120 W and ultrasound frequency of 45 kHz.	Liao et al. (2021)
Artichoke ( <i>Cynara scolymus</i> ) leaves	Ultrasonic probe	Extraction temperature: 25°C Extraction time: 20-60 min Extraction solvent: Distilled water Ultrasound power: 500 W Ultrasound frequency: 20 kHz Ultrasound amplitude: 30-80%	The best extraction conditions for flavonoids were 20 min of extraction time and 65% of ultrasound amplitude.	Turker and Isleroglu (2021)
<i>Psidium guajava</i> leaves	Ultrasonic bath	Extraction temperature: 40-70°C Extraction time: 5-20 min Extraction solvent: Distilled water Solid/solvent ratio: 0.02:1-0.2:1 g/mL Ultrasound power: 80 W Ultrasound frequency: 37 kHz	The highest total flavonoid compounds were obtained at extraction temperature of 62.19°C, extraction time of 14.94 min and solid/solvent ratio of 0.19 g/mL.	Wani and Uppaluri (2022)
Galangal ( <i>Alpinia officinarum</i> )	Ultrasonic probe	Extraction temperature: 20-70°C Extraction time: 5-60 min Ethanol/water concentration: 10-90% Solvent/solid ratio: 5:1-40:1 mL/g Ultrasound power: 10-90% Ultrasound cycle: 1-9	The most efficient extraction conditions for total flavonoid compounds were temperature of 25°C, extraction time of 20 min, ethanol/water concentration of 50%, solvent/solid ratio of 10:1 mL/g, ultrasound power of 50% and ultrasound cycle of 5.	Ozdemir et al. (2024)

## 6. Conclusion

Plant bioactive compounds such as phenolic and flavonoid compounds are valuable ingredients in the formulation of foods, nutraceuticals, cosmetics, and medicinal and pharmaceutical products. The ultrasonic bath and probe are often employed to induce acoustic cavitation, which can disrupt the chemical bonds of bioactive substances. Ultrasound-assisted extraction, a green technology and non-thermal method, has significant benefits for the food industry. Research has revealed that ultrasound-assisted extraction is an effective tool to obtain bioactive compounds from various plant-based sources as compared to traditional extraction methods. The ultrasound-assisted extraction is an emerging extraction method with superior advantages such as reduced extraction time, lower solvent consumption, higher product purity, less energy consumption, higher yield as well as minimizing the degradation of heat-sensitive

compounds and better protection of bioactivity of heat-labile components. However, the processing parameters used in the ultrasound-assisted extraction process affect its efficiency in terms of recovery of phenolics and flavonoids, and their bioactivities. As a result, improving ultrasound-assisted extraction conditions is required to obtain bioactive compounds with better quality and higher yield because extraction conditions vary depending on the characteristics of plant material. The findings reported in this study regarding ultrasound-assisted extraction of phenolics and flavonoids from plants contribute significantly to existing knowledge and literature. In conclusion, this study highlights the importance of ultrasound-assisted extraction in releasing of bioactive compounds, paving the way for innovative applications, and advancing the understanding of sustainable and efficient extraction methods.

## 7. References

- Aekthammarat, D., Tangsucharit, P., Pannangpetch, P., Sriwantana, T., and Sibmooh, N. (2020). *Moringa oleifera* leaf extract enhances endothelial nitric oxide production leading to relaxation of resistance artery and lowering of arterial blood pressure. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 130, 110605. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110605>
- Agregán, R., Munekata, P.E., Feng, X., Astray, G., Gullón, B., and Lorenzo, J.M. (2021). Recent advances in the extraction of polyphenols from eggplant and their application in foods. *LWT-Food Science and Technology*, 146, 111381. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111381>
- Alara, O.R., Abdurahman, N.H., and Ukaegbu, C.I. (2021). Extraction of phenolic compounds: A review. *Current Research in Food Science*, 4, 200-214. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>
- Ashokkumar, M. (2015). Applications of ultrasound in food and bioprocessing. *Ultrasonics Sonochemistry*, 25, 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.08.012>
- Bi, Y., Lu, Y., Yu, H., and Luo, L. (2019). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of bioactive compounds from *Sargassum henslowianum* using response surface methodology. *Pharmacognosy Magazine*, 15(60), 156-163. <https://doi.org/10.4103/pm.pm.347.18>
- Bouafia, M., Colak, N., Ayaz, F.A., Benarfa, A., Harrat, M., Gourine, N., and Yousfi, M. (2021). The optimization of ultrasonic-assisted extraction of *Centaurea* sp. antioxidative phenolic compounds using response surface methodology. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 25, 100330. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2021.100330>
- Brahmi, F., Blando, F., Sellami, R., Mehdi, S., De Bellis, L., Negro, C., Haddadi-Guemghar, H., Madani, K., and Makhlof-Boulekbatche, L. (2022). Optimization of the conditions for ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Opuntia ficus-indica* [L.] Mill. flowers and comparison with conventional procedures. *Industrial Crops and Products*, 184, 114977. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114977>
- Chemat, F., Rombaut, N., Meullemiestre, A., Turk, M., Perino, S., Fabiano-Tixier, A.S., and Abert-Vian, M. (2017a). Review of green food processing techniques: Preservation, transformation, and extraction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 357-377. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.04.016>
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A.G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A.S., and Abert-Vian, M. (2017b). Ultrasound assisted

- extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols, and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540-560. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>
- Chen, F.Y., Yu, W.W., Lin, F.X., Huang, J.W., Huang, W.M., Shuang, P.C., Bian, Y.T., and Luo, Y.M. (2021). Sesquiterpenoids with neuroprotective activities from the Chloranthaceae plant *Chloranthus henryi*. *Fitoterapia*, 151, 104871. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2021.104871>
- Chen, Y., Li, M., Dharmasiri, T.S.K., Song, X., Liu, F., and Wang, X. (2020). Novel ultrasonic-assisted vacuum drying technique for dehydrating garlic slices and predicting the quality properties by low field nuclear magnetic resonance. *Food Chemistry*, 306, 125625. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125625>
- Clodoveo, M.L., Crupi, P., Muraglia, M., and Corbo, F. (2022). Ultrasound assisted extraction of polyphenols from ripe carob pods (*Ceratonia siliqua* L.): combined designs for screening and optimizing the processing parameters. *Foods*, 11(3), 284. <https://doi.org/10.3390/foods11030284>
- Coelho, J.M.P., Johann, G., da Silva, E.A., Palú, F., and Vieira, M.G.A. (2021). Extraction of natural antioxidants from strawberry guava leaf by conventional and non-conventional techniques. *Chemical Engineering Communications*, 208(8), 1131-1142. <https://doi.org/10.1080/00986445.2020.1755658>
- Dias, M.C., Pinto, D.C.G.A., and Silva, A.M.S. (2021). Plant flavonoids: Chemical characteristics and biological activity. *Molecules*, 26(17), 5377. <https://doi.org/10.3390/molecules26175377>
- Freitas de Oliveira, C., Giordani, D., Lutkemier, R., Gurak, P.D., Cladera-Olivera, F., and Ferreira Marczak, L.D. (2016). Extraction of pectin from passion fruit peel assisted by ultrasound. *LWT-Food Science and Technology*, 71, 110-115. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.027>
- Fu, X., Wang, D., Belwal, T., Xie, J., Xu, Y., Li, L., Zou, L., Zhang, L., and Luo, Z. (2021). Natural deep eutectic solvent enhanced pulse-ultrasonication assisted extraction as a multi-stability protective and efficient green strategy to extract anthocyanin from blueberry pomace. *LWT-Food Science and Technology*, 144, 111220. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111220>
- Kopustinskiene, D.M., Jakstas, V., Savickas, A., and Bernatoniene, J. (2020). Flavonoids as anti-cancer agents. *Nutrients*, 12(2), 457. <https://doi.org/10.3390/nu12020457>
- Lama-Muñoz, A., and Contreras, M.D.M. (2022). Extraction systems and analytical techniques for food phenolic compounds: A review. *Foods*, 11(22), 3671. <https://doi.org/10.3390/foods11223671>
- Liao, J., Guo, Z., and Yu, G. (2021). Process intensification and kinetic studies of ultrasound-assisted extraction of flavonoids from peanut shells. *Ultrasonics Sonochemistry*, 76, 105661. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105661>
- Liga, S., Paul, C., and Péter, F. (2023). Flavonoids: Overview of biosynthesis, biological activity, and current extraction techniques. *Plants*, 12(14), 2732. <https://doi.org/10.3390/plants12142732>
- Lin, X., Wu, L., Wang, X., Yao, L., and Wang, L. (2021). Ultrasonic-assisted extraction for flavonoid compounds content and antioxidant activities of India *Moringa oleifera* L. leaves: Simultaneous optimization, HPLC characterization and comparison with other methods. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 20, 100284. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100284>
- Mahindrakar, K.V., and Rathod, V.K. (2020). Ultrasonic assisted aqueous extraction of catechin and gallic acid from *Syzygium cumini* seed kernel and evaluation of total phenolic, flavonoid contents and antioxidant activity. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 149, 107841. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.107841>
- Mai, X., Liu, Y., Tang, X., Wang, L., Lin, Y., Zeng, H., Luo, L., Fan, H., and Li, P. (2020). Sequential extraction and enrichment of flavonoids from *Euonymus alatus* by ultrasonic-assisted polyethylene glycol-based extraction coupled to temperature-induced cloud point extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 66, 105073. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105073>
- Medina-Torres, N., Ayora-Talavera, T., Espinosa-Andrews, H., Sánchez-Contreras, A., and Pacheco, N. (2017). Ultrasound assisted extraction for the

recovery of phenolic compounds from vegetable sources. *Agronomy*, 7(3), 47. <https://doi.org/10.3390/agronomy7030047>

Mehta, D., Yadav, K., Chaturvedi, K., Shivhare, U.S., and Yadav, S.K. (2022). Impact of cold plasma on extraction of polyphenol from de-oiled rice and corn bran: Improvement in extraction efficiency, in vitro digestibility, antioxidant activity, cytotoxicity and anti-inflammatory responses. *Food and Bioprocess Technology*, 15(5), 1142-1156. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02801-8>

Mehta, N., Jeyapriya, S., Kumar, P., Verma, A.K., Umaraw, P., Khatkar, S.K., Khatkar, A.B., Pathak, D., Kaka, U., and Sazili, A.Q. (2022). Ultrasound-assisted extraction and the encapsulation of bioactive components for food applications. *Foods*, 11(19), 2973. <https://doi.org/10.3390/foods11192973>

Muñiz-Márquez, D.B., Martínez-Ávila, G.C., Wong-Paz, J.E., Belmares-Cerda, R., Rodríguez-Herrera, R., and Aguilar, C.N. (2013). Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Laurus nobilis* L. and their antioxidant activity. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(5), 1149-1154. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.02.008>

Ozdemir, M., Gungor, V., Melikoglu, M., and Aydiner, C. (2024). Solvent selection and effect of extraction conditions on ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from galangal (*Alpinia officinarum*). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 38, 100525. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2023.100525>

Pagano, I., Campone, L., Celano, R., Piccinelli, A.L., and Rastrelli, L. (2021). Green non-conventional techniques for the extraction of polyphenols from agricultural food by-products: A review. *Journal of Chromatography A*, 1651, 462295. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2021.462295>

Pham, D.Q., Pham, H.T., Han, J.W., Nguyen, T.H., Nguyen, H.T., Nguyen, T.D., Nguyen, T.T.T., Ho, C.T., Pham, H.M., Vu, H.D., Choi, G.J., and Dang, Q.L. (2021). Extracts and metabolites derived from the leaves of *Cassia alata* L. exhibit *in vitro* and *in vivo* antimicrobial activities against fungal and bacterial plant pathogens. *Industrial Crops and Products*, 166, 113465. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113465>

Qian, J., Li, Y., Gao, J., He, Z., and Yi, S. (2020). The effect of ultrasound intensity on physicochemical properties of Chinese fir. *Ultrasonics Sonochemistry*, 64, 104985. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.104985>

Rao, M.V., Sengar, A.S., Sunil, C.K., and Rawson, A. (2021). Ultrasonication-A green technology extraction technique for spices: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 116, 975-991. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.006>

Rodríguez De Luna, S.L., Ramírez-Garza, R.E., and Serna Saldívar, S.O. (2020). Environmentally friendly methods for flavonoid extraction from plant material: Impact of their operating conditions on yield and antioxidant properties. *The Scientific World Journal*, 2020, 6792069. <https://doi.org/10.1155/2020/6792069>

Sentkowska, A., Ivanova-Petropulos, V., and Pyrzynska, K. (2024). What can be done to get more-Extraction of phenolic compounds from plant materials. *Food Analytical Methods*, 17(4), 594-610. <https://doi.org/10.1007/s12161-024-02594-w>

Sim, Y.Y., Ong, W.T.J., and Nyam, K.L. (2019). Effect of various solvents on the pulsed ultrasonic assisted extraction of phenolic compounds from *Hibiscus cannabinus* L. leaves. *Industrial Crops and Products*, 140, 111708. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111708>

Sridhar, A., Ponnuchamy, M., Kumar, P.S., Kapoor, A., Vo, D.V.N., and Prabhakar, S. (2021). Techniques and modeling of polyphenol extraction from food: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 3409-3443. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01217-8>

Stagos, D. (2020). Antioxidant activity of polyphenolic plant extracts. *Antioxidants*, 9(1), 19. <https://doi.org/10.3390/antiox9010019>

Tanase, C., Domokos, E., Coşarcă, S., Miklos, A., Imre, S., Domokos, J., and Dehelean, C.A. (2018). Study of the ultrasound-assisted extraction of polyphenols from beech (*Fagus sylvatica* L.) bark. *BioResources*, 13(2), 2247-2267. <https://doi.org/10.15376/biores.13.2.2247-2267>

Tiwari, B.K. (2015). Ultrasound: A clean, green extraction technology. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71, 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.04.013>

- Turker, I., and Isleroglu, H. (2021). Optimization of extraction conditions of bioactive compounds by ultrasonic-assisted extraction from artichoke wastes. *Acta Chimica Slovenica*, 68(3), 658-666. <https://doi.org/10.17344/acsi.2021.6679>
- Wani, K.M., and Uppaluri, R.V. (2022). Efficacy of ultrasound-assisted extraction of bioactive constituents from *Psidium guajava* leaves. *Applied Food Research*, 2(1), 100096. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100096>
- Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Dzah, C.S., Zandile, M., Duan, Y., Ma, H., and Luo, X. (2018). Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops—A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 538-549. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.07.018>
- Yang, Q.Q., Gan, R.Y., Ge, Y.Y., Zhang, D., and Corke, H. (2019). Ultrasonic treatment increases extraction rate of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) antioxidants. *Antioxidants*, 8(4), 83. <https://doi.org/10.3390/antiox8040083>
- Yu, M., Wang, B., Qi, Z., Xin, G., and Li, W. (2019). Response surface method was used to optimize the ultrasonic assisted extraction of flavonoids from *Crinum asiaticum*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(8), 2079-2084. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.09.018>
- Yusoff, I.M., Taher, Z.M., Rahmat, Z., and Chua, L.S. (2022). A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins. *Food Research International*, 157, 111268. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111268>
- Zahari, N.A.A.R., Chong, G.H., Abdullah, L.C., and Chua, B.L. (2020). Ultrasound-assisted extraction (UAE) process on thymol concentration from *Plectranthus amboinicus* leaves: Kinetic modeling and optimization. *Processes*, 8(3), 322. <https://doi.org/10.3390/pr8030322>
- Zhang, X., Zuo, Z., Yu, P., Li, T., Guang, M., Chen, Z., and Wang, L. (2021). Rice peptide nanoparticle as a bifunctional food-grade Pickering stabilizer prepared by ultrasonication: Structural characteristics, antioxidant activity, and emulsifying properties. *Food Chemistry*, 343, 128545. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128545>
- Zhou, W., Sarpong, F., Zhou, C. (2022). Use of ultrasonic cleaning technology in the whole process of fruit and vegetable processing. *Foods*, 11(18), 2874. <https://doi.org/10.3390/foods1118287>

## Derleme Makale/Review Paper

### Fonksiyonel gıdalar ve sağlık: Parabiyotikler ve postbiyotiklerin rolü ve etkileri

#### Functional foods and health: Role and effects of parabiotics and postbiotics

Evra Sarı<sup>1\*</sup> , Mehmet Sarıışık<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, SAKARYA, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, SAKARYA, TÜRKİYE  
(Yazar sıralamasına göre/By author order)

ORCID ID: 0000-0002-8120-1589 -Doktora Öğrencisi

ORCID ID: 0000-0002-0681-6137-Prof. Dr.

\*Sorumlu yazar/Corresponding author: 23503009005@subu.edu.tr

Geliş Tarihi : 01.10.2024

Kabul Tarihi : 03.02.2025

## Öz

**Amaç:** Bu çalışmanın temel amacı, tüketicilerin hem besin ihtiyacını karşılayan hem de sağlığa olan katkıları ile bilinen fonksiyonel gıdaların yapısını, içeriğini ve sağlığa yönelik etkilerini güncel araştırmalarla incelemektir. Fonksiyonel gıdalar, yalnızca açlık hissini gidermekten öte bireylerin sağlığını desteklemekte ve sağlık yaşam trendleri ile uyum içinde, lezzet ve sağlık arasında denge kurmakta ve bu haliyle de mutfaklarda kendine genişçe yer bulmaktadır. Böylelikle hem sağlığı koruyan hem de damak zevkine hitap eden ürünler ortaya çıkmaktadır. Fonksiyonel gıdalara son zamanlarda yapılan araştırmalarda katılan parabiyotikler ve postbiyotikler de bu alanın zenginleşmesine katkıda bulunmaktadır. Yapılan güncel çalışmalarda, postbiyotikler ve parabiyotikler sağlıklı mikrobiyotaya özgü biyolojik tepkileri doğrudan gösterebilen yeni bileşikler olarak belirtilmektedir. Doğal olarak birçok gıda ürününde bulunan biyotikler içerdiği sağlık bileşenleri ile mutfaklarda da kendilerine yer bulmaktadır.

**Sonuç:** Bu derleme çalışmasında, sağlığa yararlı etkileri ile bilinen fonksiyonel gıdaların genel özellikleri, hastalıklar üzerindeki etkileri, fonksiyonel özellik içeren doğal gıdalar ve kullanılabilirliği ile ilgili yapılan güncel araştırmalar incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** fonksiyonel gıdalar; parabiyotikler; postbiyotikler; sağlık

## Abstract

**Objective:** The main objective of this study is to examine the structure, content and health effects of functional foods that meet the nutritional needs of consumers and are known for their contribution to health with current research. Functional foods support the health of individuals beyond satisfying the feeling of hunger and balance between flavor and health in harmony with health life trends and thus find a wide place in the kitchens. Thus, products that both protect health and appeal to the palate are emerging. Parabiotics and postbiotics added to functional foods in recent studies also contribute to the enrichment of this field. In current studies, postbiotics and parabiotics are stated as new compounds that can directly show biological responses specific to healthy microbiota. Biotics, which are naturally found in many food products, find their place in the kitchens with the health components they contain.

**Conclusion:** In this review study, the general characteristics of functional foods known for their beneficial effects on health, their effects on diseases, natural foods containing functional properties and current research on their availability were examined.

**Keywords:** functional foods; parabiotics; postbiotics; health

## 1. Giriş

Son zamanlarda tüketicilerin beslenme ve sağlık ilişkisi konusunda daha bilinçli hale gelmesiyle beraber sağlıklı gıdaları satın alma eğilimi de artmaktadır. Bu nedenle fonksiyonel özelliklere sahip gıda ürünlerine yönelik talep artmaktadır. Fonksiyonel gıdalar arasında; probiyotikler, prebiyotikler ve sinbiyotikler yer almaktadır. Probiyotikler, genel olarak bağırsak mikrobiyotasını iyileştiren canlı mikroorganizmalardır ve yoğurt, peynir, dondurma, meyve suları ve unlu mamuller gibi çeşitli gıda ürünlerinde potansiyel probiyotikler bulunabilmektedir (Gu vd., 2022; Thorakkattu vd., 2022). Çoğu probiyotik peynirde, probiyotik özellik taşıyan laktik asit bakterileri olarak *Bifidobakteriler*, *Lactobacillus paracasei* spp. *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus* ve *Lactobacillus rhamnosus* gibi türler kullanılmaktadır. Günümüzde *Enterococcus* türleri de bu gruba dahil edilmektedir (Erik ve Ormancı, 2022). Meyve ve sebze kaynaklı probiyotik ürünlerin formülasyonunda da genellikle, *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. brevis*, *L. pentose*, *L. pontius*, *L. acetotolerans* ve *L. sanfrancisco* gibi *Lactobacillus* türleri ile birlikte *Bifidobacterium lactis*, *B. bifidum*, *B. breve* ve *B. longum* ve *B. infantis* türleri probiyotik starter kültür olarak yaygın kullanım alanına sahiptir (Şengün ve Yahşi, 2021). Prebiyotikler bağırsak mikrobiyotası tarafından parçalanan, insan sağlığına olumlu katkılarda bulunan bir besindir. Sinbiyotikler ise, insan sağlığına fayda sağlayacak şekilde işlev gören probiyotik ve prebiyotik kombinasyonudur. Bununla beraber son yıllarda parabiyotikler (probiyotiklerin inaktif hücreleri) ve postbiyotikler (probiyotiklerin metabolitleri) terimleri literatürde yer almaktadır (Thorakkattu vd., 2022). Parabiyotikler yeterli miktarda alındığında tüketicilere fayda sağlayan, intaktive edilmiş, mikrobiyel hücrelerdir. Postbiyotikler ise, canlı bakteriler tarafından salgılanan ya da bakteri lizisinden (ürünler veya metabolik yan ürünler) sonra açığa çıkan, tüketiciye olumlu katkılar sağlayan metabolitlerdir. Probiyotik, prebiyotik, sinbiyotik ve postbiyotiklerin birliktelikte olduğu bir ürün bebek mamalarıdır. *Bifidobacterium breve* ve *Streptococcus thermophilus* gibi mikroorganizmalar fermente bebek gıdalarının üretiminde kullanılmaktadır. Burada özellikle postbiyotiklerin, bağırsak mikrobiyotasını anne

sütü ile beslenen bebeklerinkine benzer hale getirdiği yapılan çalışmalar ile ifade edilmektedir. Postbiyotiklerin cansız olmaları sebebiyle probiyotik takviyelere göre daha fazla stabilite sunduğu belirtilmektedir. Fermente gıdalarda postbiyotik mikroorganizmalar odak noktası olmuştur. Bunlar arasında süt ürünlerinden; yoğurt, peynir, ekşi krema, ayran ve kefir, et ürünlerinden; sucuk ve salam, diğer gıda türlerinden; turşu, lahana turşusu, meyve likörleri, elma sirkesi, tahıl gruplarından; ekmek, natto, tempeh, miso ve balık ile fermente edilen kimchi gibi gıdalar yer almaktadır (Islam vd., 2024). Postbiyotikler genellikle *Lactobacilla* familyasına ait bazı türlerin veya *Bifidobacterium* cinsine bağlı canlılığını yitirmiş mikroorganizma suşlarının ürünlerini içermektedir. Bunların yanı sıra *Pedicoccus*, *Streptococcus* ve *Lactobacillus* gibi laktik asit bakterileri de bakteriyosin adı verilen antimikrobiyel bileşenleri sentezlemektedir. Özellikle fermente süt ürünlerinde; peptidoglikanlar, laktik asit, bakteriyosinler ve diğer postbiyotik özellik taşıyan metabolitler, bu bakteriler tarafından üretilmektedir. Kefir, yoğurt, turşu ve salamura sebzeler gibi fermente edilmiş gıdalar ise postbiyotik açısından zengin doğal kaynaklardır (Nurko ve Nakilcioğlu, 2023). Yoğurt, lahana turşusu ve kombu çayı gibi gıdalar doğal parabiyotik ve postbiyotik kaynaklarıdır (Cuevas-González vd., 2020). Bunların yanı sıra gıda takviyelerinde de postbiyotik kullanımı önemli bir kategori oluşturmaktadır (Islam vd., 2024).

## 2. Fonksiyonel gıdalar

Günümüzde, tüketicilerin diyet ve sağlık arasındaki ilişkinin önemini kavramaları beslenme ve yaşam tarzlarında değişiklikler yapmasını sağlamıştır. Dolayısıyla tüketiciler istenilen kalite ve işlevselliğe sahip, doğal ve sağlıklı gıda ürünlerine daha fazla eğilim göstermektedir. Bu bilincin ortaya çıkmasıyla beraber üreticiler, tüketicilerin hem spesifik ihtiyaçlarını karşılayacak hem de sağlıklı olan gıda ürünlerinin tasarlanmasını önemli bir faktör olarak görmektedir (Manzoor vd., 2020). Bu bağlamda son yıllarda *belirli yararlı fizyolojik etkilerle tüketici sağlığına katkıda bulunan gıdalar* olarak tanımlanan *fonksiyonel gıdalara* yönelik büyük bir eğilim gözlenmektedir (Frakolaki vd., 2021).

Fonksiyonel gıda terimi ilk olarak Japonya'da oluşturulmuş ve bu gıda ürünlerini piyasaya sunan ve yasa çıkaran ilk ülke de Japonya olmuştur (Khalaf vd., 2021). 1980'lerde gıda ve bileşenleri üzerine çalışmalar yapan Japonya, fonksiyonel gıdaları *gıdaların üçüncül işlevi* olarak adlandırmıştır. Gıdaların ilk işlevi beslenme, ikinci işlevi duygusal tatmin ve üçüncü işlevi de bağışıklık, endokrin, sinir, dolaşım ve sindirim sistemleri gibi insan fizyolojisini doğrudan etkileyen anlamına geldiği ifade edilmiştir. Bu özellikleriyle, fonksiyonel gıda kavramı Japon hükümeti tarafından *belirli sağlık beyanlı gıdalar (FOSHU)* sistemine entegre edilmiştir (Ohama vd., 2006).

Fonksiyonel gıda, temel beslenmenin ötesinde sağlığı iyileştirebilen herhangi bir gıda veya gıda bileşeni olarak tanımlanmaktadır. Bu gıdalar, beslenme etkilerinin ötesinde fizyolojik işlevler sağlamakta ve çeşitli hastalıkların oluşum riskini azaltmaktadır. Dolayısıyla fonksiyonel gıdalar, hastalıkları önlemek veya tedavi etmek amacıyla ortaya çıkmıştır (Khalaf vd., 2021). Fonksiyonel gıdalar geleneksel gıdalara benzer bir görünüme sahip olan ve günlük diyetle dahil edilen gıda ürünleridir. Avrupa Birliği belgelerine göre, bir gıda ürünü vücutta hedeflenen bir ya da daha fazla işlev üzerinde olumlu etkisi bulunuyorsa o gıda fonksiyonel bir gıdadır. Fonksiyonel gıdalar, tipik gıdaların sağladığı etkilerin ötesinde sağlıkla ilişkili faydalar sunan eklenmiş bileşenler içermektedir. Bu tür gıdalar, bağışıklık sistemini güçlendirme, kalp-damar hastalıkları, osteoporoz, obezite ve bazı kanser türlerini azaltma, hafızayı ve fiziksel durumu iyileştirme gibi önemli roller üstlenmektedir (Topolska vd., 2021). (Bhoir vd., 2025) daha sağlıklı beslenmeye yönelik artan ilgi kapsamında bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Buna göre; darı, baklagil ve yağlı tohum unları kullanarak protein açısından zengin pişirmeye hazır yassı ekmekek premiksi geliştirmişlerdir. Premiks dengeli bir besin profili sunmakta ve yaklaşık %21 protein içeriğiyle birlikte 100 gramda 423 kcal enerji sağlamaktadır. Premiksin fenolik bileşik içeriği 0,98 mg kateşin/g olurken pişmiş halinin değeri 1,90 mg kateşin/g olarak ölçülmüştür. Bunun yanı sıra DPPH radikal giderme yöntemiyle antioksidan değeri, premiks için gram başına 5,28 nmol, pişmiş üründe ise 4,82 nmol Trolox eşdeğeri olarak ölçülmüştür. Hidroksil radikali giderme aktivitesi ise premiks

için gram başına 4,38 µmol iken pişmiş üründe bu değer 4,36 µmol olarak belirlenmiştir. Çalışmada, uygulanan duyusal değerlendirme de tüketiciler tarafından olumlu olarak değerlendirilmiştir. BALB/c fareleriyle yaptıkları in vivo çalışmada ise, oksidatif stres düzeyleri veya bağışıklık fonksiyonu üzerinde herhangi bir olumsuz duruma rastlanılmadığı belirtilmiştir. Yassı ekmeğın, sağlıklı bir bağırsak yapısını mikrobiyota kompozisyonunu desteklediği ve hücrel oksidatif dengeyi sağladığı ifade edilmiştir. Hematolojik analizler neticesinde, beyaz kan hücresi ve lenfosit sayılarında artış gözlemlendiği ve bağışıklık sistemi dayanıklılığını arttırdığı belirlenmiştir. Böylelikle çalışmacılar, besin yoğunluğu ve fonksiyonel faydaları sayesinde yassı ekmekek premiksini beslenme alışkanlığını iyileştirdiğini ve yaşam tarzına bağlı sağlık sorunlarına pratik bir çözüm sunabileceğini ifade etmişlerdir. Fonksiyonel gıdalarda probiyotikler, prebiyotikler, prebiyotik benzeri içerikler, postbiyotikler ve biyoaktif bileşenler yaygın olarak bulunmaktadır (Peng vd., 2020). Probiyotikler, yeterli miktarda alındığında sağlık faydası sağlayan canlı bakteriler iken, prebiyotikler, sindirilemeyen ve iyi bağırsak bakterilerini destekleyen karbonhidratlardır. Sinbiyotikler, probiyotik ve prebiyotiklerin birleşimiyle bağışıklık ve bağırsak sağlığını birlikte iyileştirmektedir. Postbiyotikler ise, probiyotik fermentasyonu sırasında oluşan biyolojik olarak aktif moleküller olup sağlığa faydaları ile bilinmektedir (Al-Habsi vd., 2024). Prebiyotikler, probiyotikler ve postbiyotikler mukozal zarların bağışıklık sisteminin ve bağırsak mikrobiyotasının bileşim ve işlevini değiştirerek sağlığı etkileyen değerli diyet bileşenlerindedir. Bunlar özellikle, epitel bariyerlerini güçlendirmekte patojenlerin, bağlanmasını engelleyerek ya da rekabetçi inhibisyon yoluyla dışlanmasını teşvik etmektedirler. Probiyotikler tüm bu sistemler üzerinde doğrudan etki gösterirken, prebiyotikler ve postbiyotikler etkilerini çoğunlukla mikrobiyota aracılığıyla dolaylı yoldan göstermektedir (Wang vd., 2025).

### 3. Probiyotikler

Son zamanlarda, insan sağlığını ve refahını arttırmak için tasarlanmış olan fonksiyonel gıdalara ilgi artmaktadır. Probiyotik içeren gıda ürünleri fonksiyonel gıdalar kategorisinde bulunmaktadır (Gu vd., 2022). Probiyotikler, "yeterli sayıda alındığında konakçının sağlığına

*fayda sağlayan canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmaktadır (Gu vd., 2022; Nagpal vd., 2012; Srednicka vd., 2021; Williams, 2010). Probiyotikler bu sağlık yararlarını çeşitli mekanizmalar aracılığıyla göstermektedir. Bağırsak mikrobiyotasını düzenleyerek ve bakterisidal maddelerin üretimi yoluyla bağırsakta bulunan patojenik bakterilerin kolonizasyonunu azaltabilmektedir. Kolesterol, lipid ve glukoz metabolizmasını düzenleyerek obezite ve bazı kronik hastalıkları önleyebilmektedir. Probiyotik ürünlerden bu sağlık yararlarını elde etmek için, tüketim öncesinde gıdaların içerisinde yeterli sayıda canlı mikroorganizmalar bulundurmamak ve tüketim sonrasında da probiyotiklerin kolona ulaşmasını sağlamaktır (Gu vd., 2022). Geleneksel probiyotik mikroorganizmalar arasında bazı gastrointestinal hastalıkların tedavisinde faydalı etkilere sahip olan *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* bulunmaktadır. Bunların yanı sıra; *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, bazı *Bacillus* türleri ve *Saccharomyces* mayası da probiyotik mikroorganizmalar arasında yer almaktadır (Srednicka vd., 2021). Ancak geleneksel probiyotikler, kontaminasyon gibi kalite sorunları ve yetersiz canlı bakteri sayısı gibi eksiklikler taşımaktadır (Zhao vd., 2024). Yapılan in vitro çalışmalarla; *Akkermansia muciniphila*, *Faecalibacterium prausnitzii*, *Bacteroides fragilis*, *Eubacterium hallii* ve *Roseburia spp.* gibi bakteriler saf kültürleri elde edilmiştir. Bunlar, probiyotik ve konakçı sağlığı arasındaki temel mekanizmaların anlaşılmasını genişlettikleri için yeni nesil probiyotik olarak adlandırılmaktadır. Bu yeni nesil probiyotikler, geleneksel probiyotiklerden farklı olup, insanlarda bir hastalık veya hastalık durumunun önlenmesi, tedavisi veya iyileştirilmesinde uygulanabilmektedir (Zhang vd., 2022). *Akkermansia muciniphila* son yıllarda hastalık tedavilerinde yaygın olarak kullanılan ve gelecek vadeden bir probiyotik olarak kabul edilmektedir (Zhao vd., 2024). *A. muciniphila*'nın bağırsaklık yanıtını ve metabolik fonksiyonları iyileştirdiği bilinmektedir. Katı bir anaerob olan bu bakteri, karbon ve azot elementi olarak yalnızca münisleri kullanmaktadır. Münisler, bağırsak epitelini kaplayan koruyucu mukus tabakasının temel bileşenidir. Bu bakteri, münisini parçalayarak mukus bariyerinin bütünlüğünün korunmasında kritik bir rol oynar ve patojenlerin bağırsak dokusuna sızmasına engel olur (Anderson vd., 2024). *A. muciniphila* esas olarak bağırsaklardaki*

mukus tabakasına yerleşmekte ve bağırsak tabakasını güçlendirme, mukus üretimini arttırma, mukus tabakasının kalınlığını koruma gibi önemli etkiler göstermektedir (Zhao vd., 2024). *A. muciniphila*'nın aksine, *Faecalibacterium prausnitzii* ise bağırsak epitel mukusunu kullanamaz fakat bol miktarda bulunması mukus ve sıkı bağ proteinlerinin yeniden sentezini uyarabilir ve hasar gören bağırsak mukozal bariyerini onarabilir. Bunların yanı sıra, *F. prausnitzii*, glikozu fermente ederek kısa zincirli yağ asidi olan bütirat, format, az miktarda D-laktik asit, orta zincirli yağ asitleri ve salisilik asit üretir. Bütirat; epitel hücrelere enerji kaynağı sağlar, bağırsaktaki T hücresi aktivitesini düzenler, kolon kanseri apoptozisini uyarır ve bağırsak inflamasyonunu engelleyip metabolik sendromu iyileştirir (Zhang vd., 2022). Bir diğer yeni nesil probiyotik türü olan *Bacteriodes fragilis*, bağırsak geçirgenliğini iyileştirmekte, bağırsaktaki sıkı bağ proteinlerinin ekspresyonunu arttırmakta, bağırsaklık düzenlenmesini teşvik etmekte ve inflamatuvar yanıtlarını iyileştirmektedir (Huang vd., 2024). *Eubacterium hallii* ise, iki kısa zincirli yağ asidi olan propiyonat ve bütirat üretmektedir. Bu kısa zincirli yağ asitleri, mukus üretimini arttırmak, enterositlerin çoğalmasını ve farklılaşmasını uyarmak, epitel hücrelerin sağlığını desteklemek gibi bağırsak sağlığının korunmasında önemli roller üstlenmektedir. Propiyonat ve bütirat insan sağlığı için önemli kabul edilen kısa zincirli yağ asitlerindedir (Al-Fakrany ve Elekhawwy, 2024). *Roseburia* türleri ise, insan bağırsak mikrobiyotası için oldukça önemli olup kolona ulaşan kompleks polisakkaritleri fermente ederek son ürün olan bütirat üretmektedir. Bütirat, insan kalın bağırsağındaki kolonositlerin tercih ettiği enerji kaynağı olmasının yanı sıra bilinen bir histon deasetilaz inhibitörü ve immünomodülatör sinyaldir. *Roseburia* türlerinin ürettiği bütirat, tip 2 diyabet, ülseratif kolit ve kolon kanserine karşı etkili olduğu bilinmektedir (Hillman vd., 2020). Günümüzde, gastrointestinal enfeksiyon riskini azaltmak veya bu tür enfeksiyonları tedavi etmek için *Lactobacilli* ve *Bifidobacteria* suşları kullanılmaktadır. Probiyotik tüketiminin bazı faydalı etkileri arasında, mikrobiyotanın düzenlenmesi yoluyla bağırsak sağlığının iyileştirilmesi, bağırsaklık sisteminin uyarılması ve gelişimi, besinlerin biyoyararlılığının arttırılması, laktoz intoleransı semptomlarının azaltılması ve

belirli diğer hastalıkların azaltılması yer almaktadır (Nagpal vd., 2012). Majör depresif bozukluk (MDB), dünya genelinde yaygın olan psikiyatrik hastalıklarında birisidir. MDB, bağırsak hareketliliği bozukluğu gibi gastrointestinal anormalliklerle yüksek oranda eş tanı göstermektedir (Tian vd., 2023). Depresyon ve buna eşlik eden gastrointestinal semptomların yönetiminde etkili bir strateji geliştirmek için (Tian vd. 2023) bir araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında, MDB hastaları için üç probiyotik suşlu (*Bifidobacterium breve* CCFM1025, *Bifidobacterium longum* CCFM687 ve *Pediococcus acidilactici* CCFM6432) müdahalesinin potansiyel psikiyatrik etkisi araştırılmıştır. Bu bağlamda araştırmacılar dört hafta boyunca tanıli hastalara karışık probiyotik formülü, diğer hastalara ise kontrol amaçlı plasebo vermiştir. Araştırmada, hastaların psikometrik ve gastrointestinal durumları tedavi öncesi ve sonrasında değerlendirme ölçekleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar, çoklu probiyotik kullanımının depresyon puanlarını önemli ölçüde azalttığını ve bu azalmanın plaseboya kıyasla daha belirgin olduğunu ifade etmişlerdir. Bunun yanı sıra çoklu probiyotik kullanan hastaların gastrointestinal işlevlerinde de önemli ölçüde iyileşme olduğu belirtilmiştir.

Probiyotik bakteriler ve mayalar, bağırsak epiteline patojenlerin yapışmasını engelleyerek bakteri toksinlerinin azalmasını, antibakteriyel maddelerin ve vitaminlerin sentezlenmesini sağlamaktadır. Probiyotik metabolitler bağırsak homeostazını korur ve bağırsak sağlığını olumlu yönde etkiler. Aynı zamanda bu mikroorganizmaların bağırsaklarda bulunması çevresel antijenlere karşı immün toleransının korunmasını sağlarken alerji oluşumunun önlenmesine de yardımcı olmaktadır (Srednicka vd., 2021).

Günümüzde yaygın olarak tüketilen probiyotikler iki ana cins aittir. Bu cinslerden ilki *Bifidobacterium*'dur. Bu tür, çeşitli gıdalarda ve gıda takviyelerinde bulunmaktadır. *Bifidobacterium*, bağırsaklık sistemini destekler, zararlı bakterilerin büyümesini önler ve laktoz katabolizmasını desteklemektedir. İkinci cins ise *Lactobacillus*'tur (Kumar vd., 2020). Zheng vd., (2020)'de yaptıkları çalışmada, *Lactobacillus* cinsinin fenotipik, ekolojik ve genotipik düzeylerde çeşitli olarak 261 türü olduğunu

belirlemişlerdir. Bu çalışmalarında, *Lactobacillaceae* ve *Leuconostocaceae* familyalarının taksonomisini tüm genom dizileri temelinde değerlendirmişlerdir. Değerlendirilen bu parametreler arasında çekirdek genom filogenisi, çift yönlü ortalama aminoasit benzerliği, klad-özgül imza genleri, fizyolojik kriterler ve organizmaların ekolojisi yer almaktadır. Bu çok yönlü yaklaşıma göre, *Lactobacillus* cinsinin yeniden sınıflandırılmasını ve bu cinsle ait olan organizmaların evrimsel ilişkileri ve ekolojik özellikleri dikkate alınarak 25 cinsle ayrılması gerektiğini önermişlerdir. Bu cinsler arasında, yeniden düzenlenmiş *Lactobacillus delbrueckii* grubu ve *Paralactobacillus* olarak adlandırılan ve 23 yeni cins yer almaktadır. Bu yeni cinsler için önerilen adlandırma; *Holzapfelia*, *Amylactobacillus*, *Bombilactobacillus*, *Companilactobacillus*, *Lapidilactobacillus*, *Agrilactobacillus*, *Schleiferilactobacillus*, *Loigolactobacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Latilactobacillus*, *Dellaglioia*, *Liquorilactobacillus*, *Ligilactobacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Furfurilactobacillus*, *Paucilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Fructilactobacillus*, *Acetilactobacillus*, *Apilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Secundilactobacillus* ve *Lentilactobacillus* şeklinde ifade edilmiştir. Yeniden tanımlanan *Lactobacillus* cinsi içindeki türlerin isimlendirilmesinde bir değişiklik olmamakla birlikte bu türler şu şekilde belirtilmektedir; *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. delbrueckii*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. indicus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. jakobsenii*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. sunkii*, *Lactobacillus acetotolerans*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus amylolyticus*, *Lactobacillus amylovorus*, *Lactobacillus apis*, *Lactobacillus bombicola*, *Lactobacillus colini*, *Lactobacillus crispatus*, *Lactobacillus equicursoris*, *Lactobacillus fornicalis*, *Lactobacillus gallinarum*, *Lactobacillus gasseri*, *Lactobacillus gigeriorum*, *Lactobacillus hamsteri*, *Lactobacillus helsingborgensis*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus hominis*, *Lactobacillus iners*, *Lactobacillus intestinalis*, *Lactobacillus jensenii*, *Lactobacillus johnsonii*, *Lactobacillus kalixensis*, *Lactobacillus kefiranofaciens*, *Lactobacillus kefiranofaciens*

*subsp. kefiranofaciens, Lactobacillus kefiranofaciens subsp. kefirgranum, Lactobacillus kimbladii, Lactobacillus kitasatonis, Lactobacillus kullabergensis, Lactobacillus melliventris, Lactobacillus mulieris, Lactobacillus panisapium, Lactobacillus paragasseri, Lactobacillus pasteurii, Lactobacillus porci, Lactobacillus psittaci, Lactobacillus rodentum, Lactobacillus taiwanensis, Lactobacillus ultunensis, Lactobacillus xujianguonis.* *Lactobacillus* cinsi, laktoz veya süt şekerini parçalayan ve laktik asit üreten laktaz enzimini üretmektedir. Laktik asit, zararlı bakterilerin çoğalmasını önlemeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca bir kas yakıtı olan laktik asit vücuda alınan farklı minerallerin emilimini de kolaylaştırmaktadır (Kumar vd., 2022). Probiyotiklerin yaygın olarak bulunduğu gıdalar arasında yoğurt, peynir, dondurma, meyve suları, fırın ürünleri (bazı ekmek ve kurabiyeler) bulunmaktadır. Fakat bazı tüketiciler laktoz intoleransı veya süt alerjileri nedeniyle süt ürünlerini tüketememektedirler. Her ne kadar probiyotikler süt ürünlerinde yaygın olarak bulunsada bazı süt ürünü içermeyen ürünlerde de bulunmaktadır. Tahıllar, meyveler, sebzeler, probiyotiklerin büyümesi için zengin bir ortam sunan diyet lifleri, vitaminler, polifenoller ve mineraller içermektedir (Gu vd., 2022). Probiyotik ilaveli meyve sularının içerisinde yaygın olarak ananas, elma, muz, portakal ve yaban mersini gibi meyveler kullanılmaktadır. Çünkü bu meyveler içerdikleri vitamin, mineral, antioksidan ve lifler gibi besin öğeleri ve doğal şeker sayesinde probiyotiklerin büyümesine katkı sağlamaktadır (Sharma vd., 2021).

Geleneksel bir içecek türü olan “boza” laktik asit bakteri türlerinden olan *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus fermentum* ve *Saccharomyces cerevisiae* türlerini; “tarhana” ise *Lactobacillus bulgaricus* ve *Lactococcus lactis* türlerini içermektedir. Meyve suyu bazlı probiyotik içeceklerden olan “hardaliye” geleneksel olarak fermente edilmiş üzüm bazlı bir içecektir. Hardaliye, laktik asit bakterileri ile ezilmiş hardal tohumları ve benzoik asitler kullanılarak fermente edilmektedir. Bu içekte kullanılan laktik asit bakteri türleri arasında; *Lactobacillus casei, L. paracasei* gibi türler bulunmaktadır (Kumar vd., 2022).

#### 4. Prebiyotikler

Prebiyotik kavramı ilk olarak (Gibson vd., 1995) tarafından sindirilemeyen oligosakkarit ve özellikle fruktooligosakkaritlerin de mevcut tek prebiyotik olduğu şeklinde ifade edilmiştir. Daha sonra çalışmalarını gözden geçiren (Gibson vd., 2017) güncel çalışmalarında prebiyotiklerin tanımını *sağlık yararları sağlama amacıyla probiyotikler tarafından seçici olarak kullanılan substratlar* şeklinde revize etmişlerdir. Prebiyotikler, insan ince bağırsağı tarafından sindirilip emilmeyen ve bağırsaktaki probiyotikler tarafından seçici olarak kullanılan oligosakkaritlerdir. Bunların yanı sıra prebiyotikler, antioksidan aktivite, minerallerin emiliminin artırılması ve hipolipidemik etki gibi çeşitli metabolik ve fizyolojik süreçleri de desteklemektedir (Kango ve Nath, 2024).

Prebiyotikler, kısa zincir uzunluğuna sahip karbonhidratlardır (Sarao ve Arora, 2017). Sindirilemeyen karbonhidratlar, polisakkaritler (nişasta, pektin ve dekstrin), fruktooligosakkaritler, galaktooligosakkaritler, izomaltooligosakkaritler, laktoz ve inülin prebiyotik özellik taşımaktadır. En popüler prebiyotikler ise oligosakkaritlerdir (Oniszczuk vd., 2021). Oligosakkaritler, düşük polimerizasyon derecesine sahip karbonhidratlardır ve bu nedenle düşük molekül ağırlığına sahiptir. Sindirilemeyen oligosakkaritler, monosakkarit birimi olarak; fruktoz, galaktoz, glukoz gibi karbonhidratlar içermektedir (Sarao ve Arora, 2017).

Fruktooligosakkaritler, oligosakkaritler sınıfına ait olup, oligofruktoz veya oligofrukton olarak adlandırılmaktadır. Düşük kalorili ve prebiyotik potansiyeli olan fruktooligosakkaritler, küçük bir diyet lifidir ve fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yapay tatlandırıcı olarak da kullanılabilir. Muz, soğan, hindiba kökü, sarımsak, kuşkonmaz, arpa, buğday, domates, pırasa ve yer elması iyi bir fruktooligosakkarit kaynağıdır.

Galaktooligosakkaritler, sindirilemeyen oligosakkaritlerdir, sağlığa yönelik faydaları ve birçok gıdanın kalitesini artırma gibi potansiyeli bulunmaktadır. Yoğurt, şekerleme, ekmek ve çeşitli içeceklerde düşük kalorili tatlandırıcı olarak galaktooligosakkaritler kullanılmaktadır. İzomaltoz oligosakkarit, doğal olarak soya sosu, bal, çeşitli fermente gıdalarda ve şekerlerde bulunmaktadır (Panesar vd., 2013).

Fermente edilebilir oligosakkaritler, disakkaritler, monosakkaritler ve poiller anlamına gelen ve kısaltması FODMAP olan ve fruktoz, fruktanlar, fruktooligosakkaritler, galaktoolisakkaritler, galaktanlar, laktoz, maltitol, mannitol, sorbitol ile ksilitol gibi şeker alkollerini içeren kısa zincirli karbonhidratlar grubudur (Pitsch vd., 2021). Bu bileşikler pek çok tahıl, meyve, sebze ve süt ürününde bulunmaktadır. Buğday ve buğday ürünleri, dünya genelinde temel gıdalar arasında yer almakta olup günlük FODMAP alımının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Özellikle Batı Avrupa diyetinde buğday önemli bir fruktan kaynağıdır. FODMAP'ler içerisinde yer alan fruktanlar, fermente olabilir oligosakkaritler sınıfına dahil olup günlük fruktan alımının yaklaşık %70'ini karşılamaktadır. Enzim eksiklikleri durumunda, bu kompleks polisakkaritlerdeki glikozit bağlarının yeterince hidrolize edilememesi ve dolayısıyla malabsorbsiyon oluşmaktadır. Bunun yanı sıra, emilimi zayıf karbonhidratlar osmotik olarak aktif olmakta, ki bu durumda bağırsak içerisine daha fazla su çekilmesine ve bağırsak hareketliliğinin etkilenmesine yol açmaktadır. Sindirilemeyen bu polisakkaritler kalın bağırsağa ulaştığında burada bulunan kolonik mikrobiyota tarafından hızlıca fermente edilerek ishal ve gaz oluşumuna neden olmaktadır. Bu belirtiler İrritabl Bağırsak Sendromu (IBS) ile uyumluluk göstermektedir (Fraberger vd., 2018). IBS, Batı ülkelerinde nüfusun yaklaşık %5-12'sini etkileyen fonksiyonel gastrointestinal bozukluktur. IBS için bilinen bir tedavi yöntemi bulunmadığından genellikle diyet, psikolojik ve farmakolojik yaklaşımların bir arada kullanıldığı çok yönlü bir yaklaşım önerilmektedir. Diyet terapileri, birçok IBS hastası için önemli bir seçenek olmaktadır (Peters vd., 2016). (Eswaran vd., 2017), FODMAP açısından düşük bir diyetin İrritabl Bağırsak Sendromu ve diyare (IBS-D) sorunu olan hastalarda sağlıkla ilişkili yaşam kalitesi (QOL), anksiyete ve depresyon düzeyleri, iş verimliliği ve uyku kalitesi üzerindeki etkilerini ölçme amacıyla geleneksel diyet önerileriyle karşılaştırarak İngiltere'de bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma; tek merkezli, tek kör, ileriye dönük randomize olup, 92 yetişkin IBS-D hastası 4 hafta boyunca ya FODMAP açısından düşük bir diyetle beslenen ya da İngiltere Ulusal Sağlık ve Bakım Enstitüsü'nün (NICE) önerdiği modifiye diyet (mNICE) ile beslenen şekilde iki grup halinde incelenmiştir. Diyet öncesi ve sonrası değerlendirmeleri ise IBS ile ilişkili yaşam kalitesi

(IBS-QOL), psikososyal sıkıntı, iş verimliliği ve uyku kalitesi ölçülmüştür. Çalışmayı 92 hastadan 84'ü tamamlamıştır (45 kişi FODMAP grubu, 39 kişi mNICE grubu). Dört haftalık sürecin sonunda ise, FODMAP açısından düşük diyet uygulanan grupta IBS-QOL skorundaki artış mNICE diyetiyle beslenen gruba kıyasla daha fazla olmuştur. Anksiyete skorlarında da FODMAP grubu lehine bir azalma gözlenmiştir. Aynı zamanda, aktivite kaybındaki azalma FODMAP grubunda mNICE grubuna göre daha büyük oranda gerçekleşmiştir. Sonuçları değerlendiren çalışmacılar, FODMAP açısından düşük diyetle beslenmenin, geleneksel diyetlere kıyasla IBS-D hastalarında; sağlıkla ilişkili yaşam kalitesi, anksiyete düzeyi ve aktivite kaybı açısından anlamlı derecede daha fazla iyileşme sağladığını ifade etmişlerdir. Bir başka çalışma da (Megen vd., 2022) tarafından yürütülmüştür. Çalışmada, glutensiz diyetin genellikle çölyak hastalığında mukozal olarak iyileşmeye yol açsa da kalıcı semptomlarının yaygın olarak görüldüğü belirtilmektedir. FODMAP diyetinin İrretabl Bağırsak Sendromu (IBS) için uygun bir tedavi yöntemi olduğunu ve çalışmalarında tedavi görmekte olan çölyak hastalarına kalıcı semptomlar üzerinde orta derecede FODMAP diyeti etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Çalışma randomize kontrollü olup çölyak hastalığı olan 70 yetişkin birey üzerinde yürütülmüştür. Katılımcılar, düşük FODMAP-glutensiz diyet (müdahale grubu) ve olağan glutensiz diyet (kontrol grubu) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Müdahale grubunda 34, kontrol grubunda 36 katılımcı yer almıştır. Çalışmada, başlangıçta ve 4. hafta arasında, Çölyak Semptom İndeksi değeri kaydedilmiştir. Çalışma boyunca ortalama FODMAP alımı orta düzeyde düşük olmuş ve bu değer 4. haftada müdahale grubunda anlamlı şekilde daha düşük bulunmuştur. Sonuç itibarıyla çalışmacılar, kısa süreli FODMAP diyetinin çölyak hastalığına özgü sağlık durumunda iyileşmeler gözlendiğini belirtmişlerdir.

İnülin, uzun zincirli, glikozla sonlanan bir polisakkarit karışımıdır ve prebiyotik etki göstermektedir. Ayrıca, yağ benzeri bir madde ve dolgu ajanı olarak da işlev görmektedir. Genellikle, %10 oligosakkarit içeren bu uzun zincirli polisakkarit yapısı inüline su tutma kapasitesi kazandırmakta ve böylelikle birçok üründe işlevsel dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Ekmek hamuruna eklenen inülin sayesinde deformasyona

karşı en yüksek etkiyi göstermiştir ki bu değer hamurun gaz tutma kapasitesini gösteren bir değerdir. Gaz davranışları açısından bakıldığında, maksimum gaz oluşum süresi ve gazın hamurdan kaçmaya başladığı süre inülin ile azalmış ve bu durum hamurun karbondioksit geçirgenliğinde artış olduğunu ortaya koymuştur. Fırıncılık ürünlerinde prebiyotiklerin temel rolü; yağ ve şekerin yerine geçmek, nemin korunmasını sağlamak ve lif içeriğini arttırmaktır. Özellikle, ekmekteki yağ yüksek hacimli yani gaz tutma kapasitesi yüksek ürün elde edilmesine, daha yumuşak dokuya ve bayatlamamanın gecikmesine katkıda bulunmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla, ekmeklerde kullanılacak olan prebiyotiklerden bu özellikleri taklit etmesi beklenmektedir. (Ishwarya ve Prabhasankar, 2014). İnülin, lif açısından zengin, prebiyotik, düşük yağlı ve düşük şekerli bir üründür. Düşük yağ içeriğine sahip çeşitli sütlü tatlılara eklenen inülin takviyesi bu tatlılarda sadece prebiyotik etki sağlamakla kalmaz aynı zamanda yağ ve şeker içeriğini de azaltır (Shoab vd., 2016).

Laktoz prebiyotik özellikte olup obezite önleme gibi çeşitli önemli fizyolojik özelliklere sahiptir ve ilaç, sağlık ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Laktoz ve türevlerinin bazı süt ürünlerine eklenmesiyle beraber ürünlerin lezzet, doku ve besin değeri artmaktadır. Ayrıca, laktozun dondurulmuş yoğurda eklenmesi ile prebiyotik bakterilerin hayatta kalma oranı ve diğer fonksiyonel özellikleri artmaktadır (Xiao vd., 2019).

Prebiyotiklerin en büyük avantajı, bileşiklerinin çoğunun meyve ve sebzeler gibi doğal kaynakların bir parçası olmasıdır. Geleneksel prebiyotik besin kaynakları arasında soya fasulyesi, yer elması, hindiba kökü, çiğ yulaf, rafine edilmemiş buğday, rafine edilmemiş arpa, muz, pırasa, soğan, kuşkonmaz, karahindiba yeşillikleri, buğday kepeği ve sarımsak bulunmaktadır. Bunların yanı sıra prebiyotik bileşikler farklı matrislerde kullanıldığında da fonksiyonel faydalar sağlamaktadır (Ishwarya ve Prabhasankar, 2014). Prebiyotiklerin gıda uygulamaları ve etki mekanizmaları Çizelge 1’de verilmiştir.

2017’de yayımlanan Resmî Gazete’de hastalık riskinin azaltılmasına yönelik beyanda, bağışıklık sisteminin normal fonksiyonu için gıdalarda en az

$1.0 \times 10^6$  kob/g canlı prebiyotik mikroorganizma içeriği gerekmektedir.

Gıdadaki prebiyotik bileşen miktarının en az 1,25 g/porsiyon en fazla 3,75 g/porsiyon olması gerekmektedir. Beklenen etkinin görülebilmesi için ise prebiyotik bileşen tüketiminin en az 5 g/gün olması gerektiği gıda etiketinde belirtilmelidir (Anonim, 2017).

## 5. Sinbiyotikler

Sinbiyotik, prebiyotikler ve probiyotiklerin sinerjik kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır (Mohd-Fuad vd., 2023). Sinerjik kombinasyon; probiyotiğin konakçı üzerinde faydalı etkilerde bulunmasını, prebiyotiklerde ise seçilen probiyotiğin büyümesini ve aktivitesini arttırmasını esas almaktadır (Kolida ve Gibson, 2011). Aynı zamanda bu sinerji, canlı mikrobiyel gıda takviyelerinin gastrointestinal sistemde hayatta kalmasını ve yerleşmesini, sağlık açısından faydalı bakterilerin büyümesini teşvik etmektedir (Rovinaru ve Pasarın, 2020). Yani, gıdalara eklenen sinbiyotikler yararlı mikroorganizmaların hayatta kalma oranını arttırmaktadır (Markowiak ve Slizewska, 2017).

Sinbiyotikler, probiyotiklerin ağız boşluğu gibi mikrohabitatlarda hayatta kalma oranını arttırmak için geliştirilmiştir. Böylelikle sinbiyotikler yararlı oral bakterilerin ağız boşluğunda hayatta kalmasını sağlar ve *Candida spp.* ve *Streptococcus* gibi ağız patojenlerinin kolonizasyonunu önler (Mohd-Fuad vd., 2023). Sinbiyotikler;

- *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinslerinin sayısının artması ve bağırsak mikrobiyotasının dengesinin korunmasına,
- Siroz hastalarında karaciğer fonksiyonlarının iyileştirilmesine,
- Cerrahi müdahaleler sonrası bakteriyel translokasyonun önlenmesi ve oluşabilecek hastane enfeksiyonlarının görülme olasılığının azalmasına yardımcı olmaktadır (Markowiak ve Slizewska, 2017).

**Çizelge 1. Prebiyotikler, gıda uygulamaları ve etki mekanizmaları**

Prebiyotikler	Gıda ürünleri	Etki mekanizması	Kaynak
İnülin, fruktooligosakkarit, polidekstroz ve dirençli nişasta	Sosis	Daha gözenekli ve kırılğan bir yapı	Nuriler ve Uyarcan, (2023)
Alg ve/veya buğday tohumu yağı emülsiyonu	Sığır burgerleri	Omega-3 ve dokosahekzenoik yağ asidi (DHA) miktarlarında artış	Nuriler ve Uyarcan, (2023)
İnülin, polidekstroz, asiklodekstrin ve bambu ile stabilize edilmiş kanola yağı jel emülsiyonu	Emülsifiye et ürünü	Bambu lifi içeren jel emülsiyonlarının, örneklerde emülsiyon stabilitesi ve tekstürde gelişme	Nuriler ve Uyarcan, (2023)
Çiya unu, soya proteini izolatu, inülin, karragenan, sodyum kazeinat ve sodyum tripolifosfat ile hazırlanan emülsiyon	Bologna sosisi	%14 oranında jel emülsiyonu içeren sosislerin diğer gruplara göre omega-3 yağ asidi içeriğinin daha yüksek ve doymuş yağ asidi oranının %41'e kadar azalması	Nuriler ve Uyarcan, (2023)
Beta-glukan	Fermente sosis	Fermente sosislere $\beta$ -glukan ilavesinin tiyobarbitürik asit reaktif (TBARS) madde değerlerini azaltması	Nuriler ve Uyarcan, (2023)
Zeytinyağı, çiya ve soğuk jelleştirici maddeler (transglutaminaz, aljinat veya jelatin)	Frankfurter	Doymuş yağ asidi (SFA) miktarında azalma, tekli doymamış yağ asidi (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asidi (n-3 PUFA) miktarlarında artış	Nuriler ve Uyarcan, (2023)
FOS	Kızılıcak suyu	FOS içeriği korunmuş ve antosiyanin miktarında artış	Balthazar vd., (2022)
Farklı polimerizasyon derecelerine sahip oligosakkaritler	Portakal suyu	Fenolik içerik, antioksidan, pH, rengin korunması	Balthazar vd., (2022)
İnülin	Elma suyu	Fonksiyonel bileşenlerde, sorbitol, glikoz, fruktoz, sükroz miktarlarında artış, antioksidan aktivite de azalma olmaması, inülinin polimerizasyon derecesini korunması	Balthazar vd., (2022)
Kırmızı pirinç kepeği unu	Yoğurt	Serum glutamat pürivik transaminaz seviyesinde düşüş (sıçanlarda)	Zepeda-Hernandez vd., (2021)
Aronya meyvesi polifenolleri	Kefir (%2 yağlı süt ve %15 aronya meyvesi)	Polifenollerin biyoyararlanımlarında ve antioksidan kapasitesinde artış, $\beta$ -glukozidaz enziminde güçlü inhibisyon	Zepeda-Hernandez vd., (2021)
Yeşil çay polifenolleri	Sütlü içecekler	Plazmadaki toplam fenolik maddede artış	Zepeda-Hernandez vd., (2021)

## 6. Parabiyotikler ve postbiyotikler

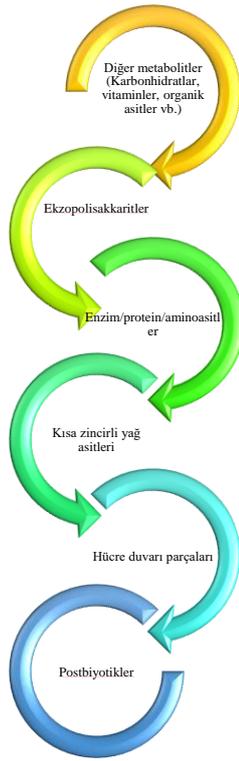
Probiyotiklerin faydalı etkilerinin altında yatan bazı mekanizmalarının canlı mikroorganizmalara tamamen bağlı olmadığı ifade edilmektedir. Bu bağlamda, postbiyotik ve parabiyotik kavramları sağlıklı mikrobiyotaya özgü biyolojik tepkileri doğrudan gösterebilen yeni bileşikler olarak geliştirilmiştir (Capponi vd., 2022). Parabiyotikler, yeterli miktarda alındığında tüketiciye fayda sağlayan, canlı olmayan mikrobiyel hücreler veya ham hücre özütleridir. Aynı zamanda parabiyotikler, hayalet probiyotikler veya inaktive edilmiş probiyotikler/canlı olmayan mikrobiyel hücreleri olarak da ifade edilmektedir (Nataraj vd., 2020). Probiyotikler birçok olumlu etkiye sahiptir fakat uygulanan probiyotik canlılık özelliği taşıdığından dolayı bazen enfeksiyon riskine yol açmakta ve bazı tedavi uygulamalarında tereddüt oluşturmaktadır. Canlı probiyotiklerle ilgili bir diğer endişe ise, uzun süreçlerde bağışıklık tepkilerinin değişmesi, probiyotiklerin antibiyotik direnci oluşturması ve bu direncin patojenlere yayılma ihtimali bulunmaktadır. Buna karşın parabiyotikler inaktif mikroorganizmalardır ve canlı probiyotik hücreleriyle ilgili riskleri taşımamaktadır. Kısacası, parabiyotikler canlılık özellikleri olmadığı için probiyotiklere kıyasla daha kararlı ve güvenli olup gıda ve ilaç uygulamalarında avantaj sağlamaktadır (Tatar ve Öztürk, 2022). Yoğurt, diğer gıda ürünleriyle karşılaştırıldığında çok etkili bir probiyotik taşıyıcısıdır. Probiyotik yoğurdun raf ömrü, probiyotik bakterilerin maruz kaldığı oksidatif stres nedeniyle sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle, birçok kültürlenmiş süt ürünü tüketim zamanında baştaki probiyotik kriterini karşılayamaz çünkü probiyotik suşlar ürünün asitliğine dayanamaz ve bu durum laktik asit üreten bakteriler içerdiğinde de zamanla artabilir. Parabiyotikler ise, geniş pH ve sıcaklık aralığında stabil kaldıkları için süt ve ürünleri sektöründe oldukça ilgi çekicidir. Bu özellikleri sayesinde yüksek asitli gıdalara ve ısıtma işlem öncesi işlevini kaybetmeden dahil edilebilmektedir. Parabiyotik eklenmesi, yoğurtta fermentasyon sonrası aşırı asitlenme gibi olumsuz değişikliklere yol açmadan ürünün duyu özelliklerinde herhangi bir değişiklik oluşturmamaktadır (Siciliano vd., 2021). Parabiyotik üretimi için probiyotiklerin inaktivite edilmesi gerekmektedir. Bunun için kullanılan teknolojiler, mikroorganizmaların canlılığını tamamen ya da büyük ölçüde kaybetmesine

odaklanmaktadır. Bu amaçla, yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında; ısıtma işlemi, yüksek basınç, sonikasyon gibi işlemler bulunmaktadır (Tatar ve Öztürk, 2022).

Postbiyotik terimi, Yunanca *post* (sonra) ve *bios* (yaşam) kelimelerinden türetilmiştir. Bu nedenle postbiyotik; mikroorganizmaların artık canlı olmadığı, cansız veya inaktive hale geldiği maddeler olarak ifade edilmektedir. Bir postbiyotik içerisindeki mikroorganizmalar cansız, sağlam hücreler ya da hücre duvarları gibi mikroorganizma yapısal parçaları olabilir (Vinderola vd., 2022). Aynı zamanda postbiyotikler, mikrobiyel hücre bileşenlerinden ve aynı zamanda bir besin matrisi üzerindeki aktivite sonucu metabolitlerin ve ürünlerin sentezini içeren mikrobiyel etkiden türetilmektedir. Postbiyotikler, mikrobiyotaya tarafından üretilen kısa zincirli yağ asitleri, ekzopolisakkaritler, hücre duvarı parçaları, enzimler/proteinler ve diğer metabolitler gibi metabolitler olarak sınıflandırılmaktadır. Yapısal sınıflandırma ise peptitler, teikoik asitler ve plazmalojenler şeklinde ifade edilmektedir. Bunların yanı sıra elementel bileşimlerine göre postbiyotikler; karbonhidratlar, proteinler, lipitler, vitaminler, organik asitler ve diğer kompleks bileşikler olarak da sınıflandırılmaktadır. Fizyolojik fonksiyonlarına göre postbiyotikler antioksidan ve anti-inflamatuvar etki de göstermektedir (Thorakkattu vd., 2022). Postbiyotiklerin sınıflandırılması Şekil 1'de gösterilmiştir.

Postbiyotikler, probiyotikler ve prebiyotiklere benzer şekilde çeşitli mekanizmalar aracılığıyla faydalı etkiler göstermektedir. Zararlı bakterilerin büyümesini engelleyip yararlı bakterilerin işlevlerini artırarak bağırsak mikrobiyotasının kompozisyonunu düzenlemekte, bağırsak bariyer fonksiyonunu iyileştirmekte, antioksidan ve anti-inflamatuvar etkileri sayesinde bağışıklık sistemini modüle etmektedir (Ji vd., 2023). Probiyotikler ve postbiyotikler yalnızca tüketicinin sağlığına fayda sağlamayıp gıda güvenliğinde de etkin rol almaktadır. Postbiyotikler; süt, et, sebze ve fırın ürünlerinin biyokorunması, organik asitler ve bakteriyosinler gibi antimikrobiyel bileşiklerin üretiminde yer almaktadır. Bunların yanı sıra postbiyotikler, biyolojik olarak aktif ve yenilebilir ambalajların geliştirilmesi, gıda makinelerinde oluşan biyofilmlerin önlenmesi, biyojen aminler, pestisitler ve mikotoksinler gibi kirleticilerin

azaltılmasında da etkindir (Vera-Santander vd., 2023).



**Şekil 1.** Postbiyotiklerin sınıflandırılması (Thorakkattu vd., 2022)

Postbiyotikler doğal olarak kefir, kombu çayı, turşu, yoğurt ve süt bazlı ürünlerde bulunmaktadır. Postbiyotik türlerinden *Nisin* süt ürünlerinde, işlenmiş gıdalarda, çorbalarda ve çeşitli soslarda koruyucu olarak işlev görmektedir (Thorakkattu vd., 2022). Postbiyotikler gıdalarda bakteriyosin, biyoaktif peptitler, ekzopolisakkaritler ve antioksidan bileşikler olarak kullanım göstermektedir. Bu bağlamda, çölyak hastaları için üretilen glutensiz ekmeklere, düşük kalorili unlu mamullere, diyet ürünlerine ekzopolisakkarit ilavesi olumlu sonuçlar sağlamaktadır (İçier vd., 2022). Postbiyotikler, çeşitli etki mekanizmalarına sahip biyoaktif bileşiklerden oluşan formülasyonlardır. Bunlar inaktive edilmiş mikrobiyel hücreleri veya hücresel bileşenleri içerir ki bu onları daha stabil hale getirirken probiyotiklere benzer sağlık yararları sunar (Guo vd., 2024). Kronik ishal, yaşam kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Bu bağlamda Guo vd. (2024)'te randomize, çift kör, plasebo kontrollü, çapraz müdahale denemesi, ishal ile ilişkili semptomları hafifletmede postbiyotiklerin potansiyelini araştırmak için, 69 katılımcı ile klinik

çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, katılımcılar 21 gün boyunca postbiyotik veya plasebo almışlardır. Belirlenen sürenin sonunda sonuçları değerlendiren araştırmacılar, postbiyotik alan kişilerin dışkı skalası puanında, dışkılama sıklığında, aciliyet ve anksiyete açısından anlamlı iyileşmeler sağladığını belirlemişlerdir. Ayrıca postbiyotik uygulamasının bağırsakta bulunan faydalı bakteri sayısını artırırken, potansiyel patojenleri azalttığını da ifade etmişlerdir. Çalışmacılar, postbiyotiklerin  $\alpha$ -linolenik asit ve *p*-metoksisinamik asit gibi faydalı metabolitlerin zenginleşmesine ve teofilin, piperin, kapsaisin ve fenilalanin gibi ishal ile ilişkili metabolitlerin azalmasını sağladığını gözlemlemişlerdir. Bunlara ilaveten, ishal ile ilişkili bir primer safra asidi olan kenodeoksikolik asidin de önemli ölçüde azaldığını belirlemişlerdir. Sonuç olarak araştırmada postbiyotiklerin kronik ishalin hafifletilmesinde umut verici olduğu ifade edilmektedir. Prebiyotikler, pre-diyabetik bireylerde bağırsak mikrobiyotası kompozisyonunda faydalı değişiklikler oluştururken, postbiyotikler bağırsak bariyer fonksiyonunu artırarak glukoz metabolizmasını ve insülin duyarlılığını iyileştirmek için birbirini tamamlayıcı etki göstermektedir (Beteri vd., 2024). Bu çalışmacılar, 12 haftalık diyet lifi takviyesinin bağırsak sağlığı, metabolik fonksiyon ve beslenme üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Buna göre çalışmacılar, takviye olarak konjak glukomannan, galaktooligosakkaritler ve *Bifidobacterium breve*'den ekzopolisakkaritler kullanmışlardır. Randomize, çift kör, plasebo kontrollü, paralel grup klinik çalışmada, 53 pre-diyabetik gönüllü, 12 hafta boyunca günlük diyet lifi takviyesi veya plasebo almış ardından 4 hafta boyunca takip dönemi yapılmıştır. Ölçümler arasında bağırsak mikrobiyotası kompozisyonu, glikolize hemoglobin (HbA1c), açlık plazma glukozu (FPG), plazma lipidleri, antropometri, vücut kompozisyonu, kan basıncı ve diyet alımı yer almıştır. Sonuçlara göre araştırmacılar, diyet lifi takviyesi alan grupta HbA1c ve FPG seviyelerinin pre-diyabet sınırlarının altına düştüğünü gözlemlemişlerdir. Plasebo grubunda ise anlamlı bir değişiklik olmadığını ifade etmişlerdir. Bu bağlamda çalışmacılar, insan bağırsak mikrobiyotasını diyet takviyeleri ile yönlendirmenin pre-diyabet yönetimi, diyabetin önlenmesi veya geciktirilmesi kapsamında umut

verici tedavi yaklaşımı olabileceğini belirtmişlerdir.

## 7. Biyotiklerin kullanımı ve risk faktörleri

Probiyotikler, yeterli miktarda alındıklarında konakçıya sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalardır. Probiyotik ürünlerde kullanılan suşların özellikleri oldukça önemlidir. Bu suşların olumlu etki göstermesi için mide asidi, bağırsak pH'sı ve safra tuzlarından etkilenmeden ve özellikle bağırsağa canlı olarak ulaşabilmesi ve burada etkili olması gerekmektedir. Aynı zamanda, konakçıya herhangi bir risk oluşturmamalı, konakçının mikrobiyel dengesi, bağışıklık fonksiyonları ve kolonik fermentasyon süreci üzerinde olumlu etkiler göstermelidir. Probiyotik suşların etkin olabilmesi için ürünün canlı mikroorganizmalar içermesi ve düzenli olarak tüketilmesi önemlidir. Türk Gıda Kodeksi'ne göre "probiyotik gıda, raf ömrü sonuna kadar yeterli miktarda (en az  $1 \times 10^6$  kob/g) canlı probiyotik mikroorganizma içeren ve bu canlılığı koruyan ürünlerdir" şeklinde ifade edilmektedir (Şanlıer, 2019).

Probiyotikler ilaç olarak onaylanmamış olsa da bazen hastalıkların önlenmesi veya tedavisi amacıyla da kullanılmaktadır. Klinik kullanım alanları genişledikçe, probiyotiklerin gıda ve diyet takviyesi olarak üretiminde belirlenen kalite kontrol standartlarının risk altındaki popülasyonlarda kullanımının yeterli olup olmadığı oldukça önemlidir (Sanders vd., 2016). Probiyotikler, stres altında olan bireylerde, yaşlı bireylerde, yenidoğan ve gebe kadınlarda faydalı olabilir. Fakat bu gruplar enfeksiyon ve enfeksiyon dışı hastalıklara karşı risk altındadır. 69 yaş üstü bireylerde yapılan çalışmalarda, probiyotik takviyesi sadece *Bifidobakteri* gibi potansiyel bağırsak bakterilerinin artışına neden olmadığını aynı zamanda özgül olmayan bağışıklık yanıtının aktivasyonunda da artışa neden olduğu belirtilmiştir. Bağışıklık sistemi zayıf olan bireyler probiyotik takviyesinden en çok fayda gören grup olsa da mikrobiyel temizleme yeteneklerinin azalmış olması nedeniyle septik durumların gelişmesi gibi olumsuz etkilere karşı daha yüksek risk altındadırlar. Bu durum özellikle, virülans faktörleri taşıyabilen veya yatay gen transferi yoluyla antibiyotik direnç genleri kazanabilen probiyotik suşlarında geçerli olmaktadır (Sanders vd., 2010). Özellikle insan tüketimi için

kullanılacak olan suşların ayrıca incelenmesi gerekmektedir. Çünkü, her bir suş genetik veya fenotipik farklılıklar nedeniyle kendine özgü özellikler taşımaktadır. Bu bağlamda, FAO (Food and Agriculture Organization-Gıda ve Tarım Örgütü) ve WHO (World Health Organization-Dünya Sağlık Örgütü) hem bakteriyel suşların tanımlanmasında hem de virülans faktörleri ile antibiyotik direnç genlerinin yatay geçiş risklerinin belirlenmesinde umut verici bir yaklaşım olarak tüm genom dizilimi analizini önermektedir. Çalışmada, *L. bulgaricus* IDCC 3601 suşunun FAO/WHO ve EFSA yönergeleri doğrultusunda tüm genom dizilimi analiz edilmiş, virülans ve antibiyotik direnç genleri araştırılmıştır. Bunların yanı sıra çalışmada, antibiyotik duyarlılığı, biyojen amin üretimi, hemolitik aktivite, enzimatik aktivite, karbonhidrat kullanımı ve antibakteriyel aktivite faktörleri değerlendirilmiştir. İn vivo güvenlik değerlendirilmesi için sıçan modeline akut oral toksisite testi uygulanmıştır. Bu sistematik analiz sonrası, *L. bulgaricus* IDCC 3601'in insan tüketimi için uygun olabileceğine karar verilmiştir (Lee vd., 2024).

FAO'ya göre probiyotiklerin etki gösterebilmeleri için günlük alımda miktarları makul değerlerde olmalıdır. Probiyotik dozunun güvenlik profili üzerinde etkisi vardır, düşük dozlarda (günlük 2,5-10 g) gaz oluşumu meydana gelirken, yüksek dozlarda (günlük 40-50 g) ozmotik ishal görülmektedir. İshal ağırlıklı İrritabl Bağırsak Sendromu vakalarında, probiyotiklerin kolonda gaz üretimini arttırarak şişkinliği arttırması nedeniyle tavsiye edilmemektedir.

Probiyotiklerin tüketimi sonrasında ciddi bir yan etki bildirilmemiştir. Bağırsak enzimleri tarafından hidrolize edilemeyen oligosakkaritler ve polisakkaritler, bağırsak tarafından fermente edilmektedir. Bu nedenle probiyotiklerin yan etkileri genellikle ozmotik etkileriyle ilişkili olup ishal, şişkinlik, kramp ve gaz durumları ile sınırlıdır (Guarino vd., 2020). Postbiyotik kullanımı ele alındığında, 5 yaş altı çocuklarda yaygın enfeksiyon hastalıklarının önlenmesi ve tedavi rolünü değerlendiren ve 1740 çocuk üzerinde yapılan 7 adet randomize kontrollü çalışmada bazı yan etkiler bildirilmiştir. İncelemeye dahil edilen çalışmalardan yalnızca 3'ü postbiyotiklerin yan etkilerini değerlendirmiş, bildirilen bazı ikincil etkiler arasında inaktive *L. acidophilus* LB ve mikro besin maddeleri alan

bireylerde daha yüksek oranda karın şişkinliği, ciddi dehidrasyon ve kusma yer almıştır. Geriye kalan çalışmalarda ise olası yan etkiler bildirilmemiştir. Çalışmacılar, postbiyotiklerin potansiyel yan etkilerini bildiren az sayıda çalışma olduğunu ifade etmişlerdir. Dolayısıyla, postbiyotik metabolitlerin hazırlık süreci ve taşıyıcı sistemler içindeki fizyolojik özelliklerinin ve stabiliteilerinin korunması ile ilgili güvenlik faktörlerini belirlemek için daha fazla araştırmaya gereksinim duyulmaktadır (Abbasi vd., 2022).

## 8. Sonuç

Biyotik bileşenlerden; probiyotikler, prebiyotikler, parabiyoitikler ve postbiyotikler belirli oranlarda kullanıldığında gastrointestinal sistem başta olmak üzere insan sağlığı üzerinde olumlu etkilerde bulunan ve giderek daha fazla ilgi alanı bulan fonksiyonel gıda bileşenleridir. Biyotikler, bağırsak mikrobiyotasının dengelenmesi, bağışıklık sisteminin desteklenmesi, anti-inflamatuvar etkiler ve psikiyatrik rahatsızlıkların önlenmesi gibi çok yönlü faydalar sunmaktadır.

Probiyotikler, yeterli miktarda alındığında konağa faydalar sağlayan canlı mikroorganizmalardır. Bu faydaların sağlanabilmesi için mikroorganizmaların canlılığını gıdanın raf ömrü boyunca koruması gerekmektedir. Bu bağlamda gerek FAO yönergeleri gerekse Türk Gıda Kodeksi'nin belirlediği miktarlara dikkat edilmesi elzemdir. Bunların yanı sıra probiyotiklerin tüketimi ile ilgili herhangi bir olumsuzluk yaşanmaması için daha önce yapılan in vitro ve in vivo çalışmalar titizlikle incelenmelidir.

## 9. Kaynaklar

Abbasi, A., Rad, A. H., Ghasempour, Z., Sabahi, S., Kafil, H. S., Hasannezhad, P. and Shahbazi, N. (2022). The biological activities of postbiotics in gastrointestinal disorders. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(22), 5983-6004. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1895061>

Al-Fakhrany, O. M. and Elekhawy, E. (2024). Next-generation probiotics: The upcoming biotherapeutics. *Molecular Biology Reports*, 51(1), 505. <https://doi.org/10.1007/s11033-024-09398-5>

Al-Habsi, N., Al-Khalili, M., Haque, S. A., Elias, M., Olqi, N. A. and Al Uraimi, T. (2024). Health Benefits of Prebiotics, Probiotics, Synbiotics, and

Prebiyotikler, insan ince bağırsağı tarafından sindirilip emilmeyen ve bağırsaktaki probiyotikler tarafından seçici olarak kullanılan oligosakkaritlerdir. Prebiyotiklerin gıdalarda kullanılması için fonksiyonel etkinliklerinin değerlendirilmesinde in vivo ve in vitro testler oldukça önemlidir. Yani prebiyotik kullanımının mikrobiyota üzerinde olumsuz değişikliğe yol açmaması için güvenli doz aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir.

Postbiyotikler ise, canlı hücre içermeyen fakat hücre duvarı bileşenleri, metabolitler ve mikroorganizmaların yapısal parçaları içeren sağlığa olumlu katkı sağlayan biyotiklerdir. Yapılan son çalışmalarda, bağışıklık yanıtı fonksiyonları, antiinflamatuvar ve antioksidan etkileri postbiyotik kullanımının önemini arttırmaktadır. Olası yan etkilerinin az olması umut vadeci gibi olsa da yapılan çalışmalar yeterli düzeyde değildir. Bunun için postbiyotiklerin etki mekanizmalarının daha kapsamlı araştırılması ve tanımlamalarının daha güçlü yapılması adına çalışmaların sayısı daha da artırılmalıdır.

Sonuç itibarıyla, biyotik uygulamalarının fonksiyonel gıda olarak potansiyelleri oldukça yüksektir. Bu durum, oldukça iyi bir özellik olsa da tüketiminde herhangi bir olumsuzluk yaşanmaması için in vitro ve in vivo çalışmaların dikkatle incelenmesi, FAO/WHO ve Türk Gıda Kodeksi'nin belirlediği değerler bazında tüketiminin sağlanması gerekmektedir.

Postbiotics. *Nutrients*, 16(22), 3955. <https://doi.org/10.3390/nu16223955>

Anderson, M. H., Ait-Aissa, K., Sahyoun, A. M., Abidi, A. H. and Kassar, M. (2024). Akkermansia muciniphila as a Potential Guardian against Oral Health Diseases: A Narrative Review. *Nutrients*, 16(18), 3075. <https://doi.org/10.3390/nu16183075>

Anonim (2017). Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği. Resmî Gazete, 29960: 26/01/2017, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170126M1-5.htm> . (Erişim tarihi: 04.06.2025).

- Balthazar, C. F., Guimarães, J. F., Coutinho, N. M., Pimentel, T. C., Ranadheera, C. S., Santillo, A. and Sant'Ana, A. S. (2022). The future of functional food: Emerging technologies application on prebiotics, probiotics and postbiotics. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(3), 2560-2586. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12962>
- Beteri, B., Barone, M., Turrone, S., Brigidi, P., Tzortzis, G., Vulevic, J. ve Costabile, A. (2024). Impact of Combined Prebiotic Galacto-Oligosaccharides and Bifidobacterium breve-Derived Postbiotic on Gut Microbiota and HbA1c in Prediabetic Adults: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Study. *Nutrients*, 16(14), 2205. <https://doi.org/10.3390/nu16142205>
- Bhoir, S. A., Sharma, D. and Jamdar, S. (2025). Millets, pulses, and oil seeds-based flatbread premix: A protein-rich functional food for healthier dietary habits and prevention of lifestyle disorders. *Journal of Food Science*, 90(4), e70209. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70209>
- Capponi, M., Gori, A., De Castro, G., Ciprandi, G., Anania, C., Brindisi, G. ve Zicari, A. M. (2022). (R) Evolution in allergic rhinitis add-on therapy: from probiotics to Postbiotics and parabiotics. *Journal of Clinical Medicine*, 11(17), 5154. <https://doi.org/10.3390/jcm11175154>
- Cuevas-González, P. F., Liceaga, A. M. ve Aguilar-Toalá, J. E. (2020). Postbiotics and paraprobiotics: From concepts to applications. *Food Research International*, 136, 109502. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109502>
- Erik, S. and Ormanç, F. S. B. (2022). Probiyotik kültür ile üretilen peynirler. *Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi*, (3), 43-54.
- Eswaran, S., Chey, W. D., Jackson, K., Pillai, S., Chey, S. W. and Han-Markey, T. (2017). A diet low in fermentable oligo-, di-, and monosaccharides and polyols improves quality of life and reduces activity impairment in patients with irritable bowel syndrome and diarrhea. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 15(12), 1890-1899. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2017.06.044>
- Fraberger, V., Call, L. M., Domig, K. J. and D'Amico, S. (2018). Applicability of yeast fermentation to reduce fructans and other FODMAPs. *Nutrients*, 10(9), 1247. <https://doi.org/10.3390/nu10091247>
- Frakolaki, G., Giannou, V., Kekos, D. ve Tzia, C. (2021). A review of the microencapsulation techniques for the incorporation of probiotic bacteria in functional foods. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 61(9), 1515-1536. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1761773>
- Gibson, G. R., Beatty, E. R., Wang, X. I. N. ve Cummings, J. H. (1995). Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology*, 108(4), 975-982. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(95\)90192-2](https://doi.org/10.1016/0016-5085(95)90192-2)
- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J. ve Reid, G. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 14(8), 491-502. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>
- Gu, Q., Yin, Y., Yan, X., Liu, X., Liu, F. and McClements, D. J. (2022). Encapsulation of multiple probiotics, synbiotics, or nutrabiobiotics for improved health effects: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 309, 102781. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2022.102781>
- Guarino, M. P. L., Altomare, A., Emerenziani, S., Di Rosa, C., Ribolsi, M., Balestrieri, P. and Cicala, M. (2020). Mechanisms of action of prebiotics and their effects on gastro-intestinal disorders in adults. *Nutrients*, 12(4), 1037. <https://doi.org/10.3390/nu12041037>
- Guo, S., Ma, T., Kwok, L. Y., Quan, K., Li, B., Wang, H. and Chen, Y. (2024). Effects of postbiotics on chronic diarrhea in young adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover trial assessing clinical symptoms, gut microbiota, and metabolite profiles. *Gut Microbes*, 16(1), 2395092. <https://doi.org/10.1080/19490976.2024.2395092>
- Hillman, E. T., Kozik, A. J., Hooker, C. A., Burnett, J. L., Heo, Y., Kiesel, V. A. and

- Lindemann, S. R. (2020). Comparative genomics of the genus *Roseburia* reveals divergent biosynthetic pathways that may influence colonic competition among species. *Microbial Genomics*, 6(7), e000399. <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000399>
- Huang, Y., Cao, J., Zhu, M., Wang, Z., Jin, Z. and Xiong, Z. (2024). Nontoxicigenic *Bacteroides fragilis*: A double-edged sword. *Microbiological Research*, 127796. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127796>
- Ishwarya, S. and Prabhasankar, P. (2014). Prebiotics: Application in bakery and pasta products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(4), 511-522. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.590244>
- Islam, F., Azmat, F., Imran, A., Zippi, M., Hong, W., Tariq, F. and Suleria, H. A. (2024). Role of postbiotics in food and health: a comprehensive review. *CyTA-Journal of Food*, 22(1), 2386412. <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2386412>
- İçier, S., Güzelcan, C., Hıdır, Ş. ve Türköz, B. K. (2022). Postbiyotikler ve gıda endüstrisinde kullanım alanları. *Gıda*, 47(2), 252-265. <https://doi.org/10.15237/gida.GD21145>
- Ji, J., Jin, W., Liu, S. J., Jiao, Z. and Li, X. (2023). Probiotics, prebiotics, and postbiotics in health and disease. *MedComm*, 4(6), e420. <https://doi.org/10.1002/mco2.420>
- Kango, N. and Nath, S. (2024). Prebiotics, Probiotics and Postbiotics: The Changing Paradigm of Functional Foods. *Journal of Dietary Supplements*, 21(5), 709-735. <https://doi.org/10.1080/19390211.2024.2363199>
- Khalaf, A. T., Wei, Y., Alneamah, S. J. A., Al-Shawi, S. G., Kadir, S. Y. A., Zainol, J. and Liu, X. (2021). What is new in the preventive and therapeutic role of dairy products as nutraceuticals and functional foods. *BioMed Research International*, 2021(1), 8823222. <https://doi.org/10.1155/2021/8823222>
- Kolida, S. and Gibson, G. R. (2011). Synbiotics in health and disease. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2(1), 373-393. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022510-133739>
- Kumar, D., Lal, M. K., Dutt, S., Raigond, P., Changan, S. S., Tiwari, R. K. and Singh, B. (2022). Functional fermented probiotics, prebiotics, and Synbiotics from non-dairy products: A perspective from nutraceutical. *Molecular Nutrition & Food Research*, 66(14), 2101059. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202101059>
- Lee, M., Bang, W. Y., Lee, H. B., Yang, S. Y., Lee, K. S., Kang, H. J. and Yang, J. (2024). Safety Assessment and Evaluation of Probiotic Potential of *Lactobacillus bulgaricus* IDCC 3601 for Human Use. *Microorganisms*, 12(10), 2063. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12102063>
- Manzoor, M., Singh, J., Bandral, J. D., Gani, A. and Shams, R. (2020). Food hydrocolloids: Functional, nutraceutical and novel applications for delivery of bioactive compounds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 554-567. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.182>
- Markowiak, P. and Śliżewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9 (9), 1021. <https://doi.org/10.3390/nu9091021>
- Megen, F., Skodje, G. I., Lergenmuller, S., Zühlke, S., Aabakken, L., Veierød, M. B. and Lundin, K. E. (2022). A low FODMAP diet reduces symptoms in treated celiac patients with ongoing symptoms—a randomized controlled trial. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 20(10), 2258-2266. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2022.01.011>
- Mohd Fuad, A. S., Amran, N. A., Nasruddin, N. S., Burhanudin, N. A., Dashper, S. and Arzmi, M. H. (2023). The mechanisms of probiotics, prebiotics, synbiotics, and postbiotics in oral cancer management. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 15(5), 1298-1311. <https://doi.org/10.1007/s12602-022-09985-7>
- Nagpal, R., Kumar, A., Kumar, M., Behare, P. V., Jain, S. and Yadav, H. (2012). Probiotics, their health benefits and applications for developing healthier foods: a review. *FEMS Microbiology Letters*, 334(1), 1-15. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2012.02593.x>

- Nakilcioğlu, E. and Nurko, E. (2023). Gıda endüstrisinde simbiyotikler, postbiyotikler ve paraprobiyotikler. *Gıda*, 48(1), 144-159. <https://doi.org/10.15237/gida.GD22089>
- Nataraj, B. H., Ali, S. A., Behare, P. V. and Yadav, H. (2020). Postbiotics-parabiotics: The new horizons in microbial biotherapy and functional foods. *Microbial Cell Factories*, 19, 1-22. <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01426-w>
- Nuriler, T. ve Uyarcan, M. (2024). Fonksiyonel et ürünlerinin üretiminde probiyotik, prebiyotik ve sinbiyotik kullanımına yönelik yeni eğilimler. *Gıda*, 49(1), 25-38. <https://doi.org/10.15237/gida.GD23111>
- Ohama, H., Ikeda, H. and Moriyama, H. (2006). Health foods and foods with health claims in Japan. *Toxicology*, 221, 95-111. <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01426-w>
- Oniszczuk, A., Oniszczuk, T., Gancarz, M. And Szymańska, J. (2021). Role of gut microbiota, probiotics and prebiotics in the cardiovascular diseases. *Molecules*, 26(4), 1172. <https://doi.org/10.3390/molecules26041172>
- Panesar, P. S., Kumari, S. and Panesar, R. (2013). Biotechnological approaches for the production of prebiotics and their potential applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 33(4), 345-364. <https://doi.org/10.3109/07388551.2012.709482>
- Peng, M., Tabashsum, Z., Anderson, M., Truong, A., Houser, A. K., Padilla, J. and Biswas, D. (2020). Effectiveness of probiotics, prebiotics, and prebiotic-like components in common functional foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 1908-1933. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12565>
- Peters, S. L., Yao, C. K., Philpott, H., Yelland, G. W., Muir, J. G. and Gibson, P. R. (2016). Randomised clinical trial: the efficacy of gut-directed hypnotherapy is similar to that of the low FODMAP diet for the treatment of irritable bowel syndrome. *Alimentary pharmacology and Therapeutics*, 44(5), 447-459. <https://doi.org/10.1111/apt.13706>
- Pitsch, J., Sandner, G., Huemer, J., Huemer, M., Huemer, S. and Weghuber, J. (2021). FODMAP fingerprinting of bakery products and sourdoughs: Quantitative assessment and content reduction through fermentation. *Foods*, 10(4), 894. <https://doi.org/10.3390/foods10040894>
- Rovinaru, C. and Pasarin, D. (2020). Application of microencapsulated synbiotics in fruit-based beverages. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 12(2), 764-773. <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09579-w>
- Sanders, M. E., Akkermans, L. M., Haller, D., Hammerman, C., Heimbach, J. T., Hörmannspenger, G. and Huys, G. (2010). Safety assessment of probiotics for human use. *Gut Microbes*, 1(3), 164-185. <https://doi.org/10.4161/gmic.1.3.12127>
- Sanders, M. E., Merenstein, D. J., Ouwehand, A. C., Reid, G., Salminen, S., Cabana, M. D. and Leyer, G. (2016). Probiotic use in at-risk populations. *Journal of the American Pharmacists Association*, 56(6), 680-686. <https://doi.org/10.1016/j.japh.2016.07.001>
- Sarao, L. K. and Arora, M. (2017). Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(2), 344-371. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.887055>
- Sharma, S., Singh, A., Sharma, S., Kant, A., Sevda, S., Taherzadeh, M. J., and Garlapati, V. K. (2021). Functional foods as a formulation ingredients in beverages: technological advancements and constraints. *Bioengineered*, 12(2), 11055-11075. <https://doi.org/10.1080/21655979.2021.2005992>
- Shoab, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H. R. and Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 147, 444-454. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.020>
- Siciliano, R. A., Reale, A., Mazzeo, M. F., Morandi, S., Silvetti, T. and Brasca, M. (2021). Paraprobiotics: A new perspective for functional foods and nutraceuticals. *Nutrients*, 13(4), 1225. <https://doi.org/10.3390/nu13041225>
- Średnicka, P., Juszcuk-Kubiak, E., Wójcicki, M., Akimowicz, M. and Roszko, M. (2021). Probiotics as a biological detoxification tool of food chemical

- contamination: A review. *Food and Chemical Toxicology*, 153, 112306. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112306>
- Şanlıer, N. (2019). Probiyotikler, Prebiyotikler ve Diabetes Mellitus. *Klinik Tıp Aile Hekimliği*, 11(2), 63-70.
- Şengün, İ. Y. and Yahşi, Y. (2021). Probiyotiklerin meyve ve sebze bazlı içeceklerde kullanımı. *Akademik Gıda*, 19(2), 208-220. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.977306>
- Tatar, B. ve Öztürk, H. İ. (2022). The Concepts of Functional Component Beyond Probiotics: Postbiotics and Paraprobiotics. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(9), 1747-1755. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i9.1747-1755.5439>
- Thorakkattu, P., Khanashyam, A. C., Shah, K., Babu, K. S., Mundanat, A. S., Deliephan, A. and Nirmal, N. P. (2022). Postbiotics: current trends in food and pharmaceutical industry. *Foods*, 11(19), 3094. <https://doi.org/10.3390/foods11193094>
- Tian, P., Zou, R., Wang, L., Chen, Y., Qian, X., Zhao, J. and Chen, W. (2023). Multi-Probiotics ameliorate Major depressive disorder and accompanying gastrointestinal syndromes via serotonergic system regulation. *Journal of Advanced Research*, 45, 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2022.05.003>
- Topolska, K., Florkiewicz, A. and Filipiak-Florkiewicz, A. (2021). Functional food—Consumer motivations and expectations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5327. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105327>
- Vera-Santander, V. E., Hernández-Figueroa, R. H., Jiménez-Munguía, M. T., Mani-López, E. and López-Malo, A. (2023). Health benefits of consuming foods with bacterial probiotics, postbiotics, and their metabolites: a review. *Molecules*, 28(3), 1230. <https://doi.org/10.3390/molecules28031230>
- Vinderola, G., Sanders, M. E. and Salminen, S. (2022). The concept of postbiotics. *Foods*, 11(8), 1077. <https://doi.org/10.3390/foods11081077>
- Wang, R., Yifei, F. Y., Weiru, R. Y., Sun, S. Y., Lei, Y. M., Li, Y. X. and Chen, J. (2025). Roles of probiotics, prebiotics, and postbiotics in B-cell-mediated immune regulation. *The Journal of Nutrition*, 155(1), 37-51. <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2024.11.011>
- Williams, N. T. (2010). Probiotics. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 67(6), 449-458. <https://doi.org/10.2146/ajhp090168>
- Xiao, Y., Chen, Q., Guang, C., Zhang, W. and Mu, W. (2019). An overview on biological production of functional lactose derivatives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 3683-3691. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09755-6>
- Zepeda-Hernández, A., Garcia-Amezquita, L. E., Requena, T. and García-Cayuela, T. (2021). Probiotics, prebiotics, and synbiotics added to dairy products: Uses and applications to manage type 2 diabetes. *Food Research International*, 142, 110208. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110208>
- Zhang, H., Duan, Y., Cai, F., Cao, D., Wang, L., Qiao, Z. and Zhu, B. (2022). Next-generation probiotics: microflora intervention to human diseases. *BioMed Research International*, 2022(1), 5633403. <https://doi.org/10.1155/2022/5633403>
- Zhao, Y., Yang, H., Wu, P., Yang, S., Xue, W., Xu, B. and Xu, D. (2024). Akkermansia muciniphila: A promising probiotic against inflammation and metabolic disorders. *Virulence*, 15(1), 2375555. <https://doi.org/10.1080/21505594.2024.2375555>
- Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M., Harris, H. M., Mattarelli, P. and Lebeer, S. (2020). A taxonomic note on the genus Lactobacillus: Description of 23 novel genera, emended description of the genus Lactobacillus Beijerinck 1901, and union of Lactobacillaceae and Leuconostocaceae. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(4), 2782-2858. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107>

## Derleme Makale/Review Paper

### Hazelnut and health: Nutritional benefits and potential health effects

#### Fındık ve sağlık: Besin değerleri ve olası sağlık etkileri

Hüdayi Ercoşkun<sup>1\*</sup>, Tuğba Demirci Ercoşkun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Artvin, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Mehmet Akif Ersoy Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Çankaya, Ankara, TÜRKİYE

(By author order/ Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0002-1788-8400; Prof. Dr.

ORCID ID: 0009-0007-9661-3336; Dr.

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

Geliş Tarihi : 29.09.2024

Kabul Tarihi : 07.08.2025

### Abstract

**Objective:** This review aims to evaluate the nutritional profile and potential health benefits of hazelnuts based on scientific literature, focusing on their role in preventing chronic diseases and supporting overall health. A comprehensive literature review was conducted analyzing clinical trials, epidemiological studies, and biochemical analyses related to hazelnut consumption and its health effects. The impact of fatty acids, vitamins, and bioactive compounds present in hazelnuts was examined in detail. Clinical evidence supports that regular hazelnut consumption reduces the risk of cardiovascular diseases, type 2 diabetes, and certain cancers. These benefits are attributed to improved lipid profiles, enhanced antioxidant capacity, and reduced systemic inflammation. Despite their high caloric content, hazelnuts contribute to weight management by promoting satiety.

**Conclusion:** Due to their rich nutrient composition and health-promoting properties, hazelnuts hold a significant place among functional foods. Balanced and regular intake can be beneficial in chronic disease prevention. Further research is needed to clarify the specific effects of hazelnut components on health.

**Keywords:** hazelnuts, nutritional benefits, cardiovascular health, bioactive compounds, chronic disease prevention, functional foods

### Öz

**Amaç:** Bu derleme makalesinin amacı, fındığın besin içeriği ve potansiyel sağlık faydalarının bilimsel literatür ışığında değerlendirilmesidir. Fındığın kronik hastalıkların önlenmesinde ve genel sağlığın desteklenmesinde rolü incelenmiştir. Literatür taraması yöntemiyle, fındık ve sağlık ilişkisini ortaya koyan klinik çalışmalar, epidemiyolojik veriler ve biyokimyasal analizler değerlendirilmiştir. Fındığın bileşimindeki yağ asitleri, vitaminler ve biyoaktif bileşiklerin etkileri detaylandırılmıştır. Fındık tüketiminin kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet ve bazı kanser türleri riskini azalttığı klinik çalışmalarda desteklenmiştir. Bu faydalar, lipid profili iyileşmesi, antioksidan kapasitenin artması ve inflamasyonun azalması gibi mekanizmalarla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca fındığın yüksek kalorili olmasına rağmen, doyumluk hissi yaratması nedeniyle kilo kontrolüne katkıda bulunduğu belirlenmiştir.

**Sonuç:** Fındık, zengin besin profili ve sağlık destekleyici özellikleriyle fonksiyonel besinler arasında önemli bir yere sahiptir. Dengeli ve düzenli tüketimi, kronik hastalıkların önlenmesinde faydalı olabilir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, fındığın spesifik bileşenlerinin sağlık etkilerini daha ayrıntılı ortaya koymalıdır.

**Anahtar kelimeler:** fındık, besin değerleri, kardiyovasküler sağlık, biyoaktif bileşikler, kronik hastalıkların önlenmesi, fonksiyonel gıdalar

## 1. Introduction

Hazelnuts (*Corylus avellana* L.), one of the oldest cultivated nut species, have been an integral part of human diets for centuries, offering not only a rich, distinct flavor but also a wealth of nutritional benefits. Predominantly cultivated in regions such as Türkiye, Italy, and the United States, Türkiye alone contributes to approximately 63% of the global hazelnut production, making it a significant agricultural commodity on the world stage (Demirci-Ercoşkun, 2009). Traditionally consumed in various forms—raw, roasted, or as key ingredients in confections and baked goods—hazelnuts are now widely recognized for their potential health benefits beyond their culinary uses (Alasalvar and Shahidi, 2021).

Hazelnuts are particularly rich in unsaturated fatty acids, with oleic acid being the predominant component, accounting for over 80% of their total fat content (Köksal et al., 2006). These fats have been extensively studied for their beneficial effects on cardiovascular health, including lowering low-density lipoprotein (LDL) cholesterol levels and reducing the risk of coronary heart disease (Wani et al., 2020). Additionally, hazelnuts provide high-quality plant proteins, essential vitamins such as vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol), and a variety of minerals including magnesium, iron, and copper (Bodoira & Maestri, 2020). They are also a rich source of bioactive compounds like phytosterols, polyphenols, and dietary fiber, which collectively contribute to their health-promoting properties (Ilikkan et al., 2009; Saygi, Ercoşkun & Şahin, 2018; Nunzio, 2019).

Clinical studies have consistently demonstrated that regular consumption of hazelnuts is linked to a reduced risk of several chronic diseases, including cardiovascular diseases, type 2 diabetes, and various types of cancer (Erdal et al., 2021). These protective effects are thought to arise from multiple mechanisms, such as the improvement of lipid profiles, enhancement of antioxidant capacity, and reduction of systemic inflammation (Gaikwad et al., 2016). Notably, despite their high caloric

content, hazelnuts do not contribute to weight gain when consumed in moderation and may even aid in weight management by promoting satiety and enhancing metabolic health (Evrard et al., 2020; Guiné & Correia, 2020; Mapelli & Gallo, 2019; Wani et al., 2020).

The increased interest in hazelnuts as a functional food aligns with broader public health recommendations that advocate for the inclusion of nutrient-dense foods in daily diets to improve overall health and mitigate the risk of chronic illnesses. However, while the health benefits of hazelnuts are well-documented, there remains a need for comprehensive synthesis and analysis of existing data to fully elucidate their role in human nutrition and health (Köksal et al., 2006).

This review aims to provide an in-depth examination of the nutritional profile of hazelnuts and their potential health benefits. By critically evaluating the current scientific literature, this paper seeks to clarify the mechanisms through which hazelnuts contribute to health promotion and disease prevention. Additionally, the review will highlight gaps in the current knowledge and propose directions for future research, ultimately supporting the establishment of hazelnuts as a vital component of healthful dietary patterns.

## 2. Composition of hazelnuts

Hazelnuts (*Corylus avellana*) are renowned for their rich nutritional profile, which contributes to their status as a superfood. Their composition includes a variety of macronutrients, micronutrients, and bioactive compounds that together provide significant health benefits. This section provides an in-depth analysis of the key components found in hazelnuts. Proximate composition and Recommended Dietary Allowances (RDA) for different groups: adults, children, lactating women, and per kilogram of body weight of bleached and roasted hazelnuts are listed in Table 1.

**Table 1.** Proximate composition and Recommended Dietary Allowances (RDA) for different groups: adults, children, lactating women, and per kilogram of body weight. of bleached and roasted hazelnuts (TürkKomp, 2024).

Nutrient	Unit in 100 gram	Blanched hazelnuts mean	Roasted hazelnuts mean	RDA (Adults)	RDA (Children)	RDA (Lactating Women)	RDA per kg body Weight
Energy	kcal	646	670	2000-2500 kcal/day	1000-2000 kcal/day	2200-2800 kcal/day	30-40 kcal/kg/day
Energy	kJ	2701	2802	8368-10460 kJ/day	4184-8368 kJ/day	9212-11717 kJ/day	125-168 kJ/kg/day
Water	g	2.97	1.16	Variable	Variable	Variable	Variable
Ash	g	2.39	2.28	-	-	-	-
Protein	g	14.24	13.62	46-56 g/day	13-34 g/day	65 g/day	0.8-1.0 g/kg/day
Nitrogen	g	2.69	2.57	-	-	-	-
Fat, total	g	59.58	61.28	70-97 g/day	25-40 g/day	80-100 g/day	1-1.5 g/kg/day
Carbohydrate	g	5.36	10.13	225-325 g/day	130-210 g/day	210-300 g/day	3-5 g/kg/day
Fiber, total dietary	g	15.47	11.54	25-38 g/day	19-25 g/day	29 g/day	0.14-0.2 g/kg/day
Salt	mg	6	30	<2300 mg/day	<1500 mg/day	<2300 mg/day	<30 mg/kg/day
Iron, Fe	mg	3.22	3.10	8-18 mg/day	7-10 mg/day	9-10 mg/day	0.3-0.5 mg/kg/day
Phosphorus, P	mg	318	476	700 mg/day	460-500 mg/day	1250 mg/day	15-20 mg/kg/day
Calcium, Ca	mg	142	111	1000-1200 mg/day	700-1000 mg/day	1000-1300 mg/day	10-20 mg/kg/day
Magnesium, Mg	mg	149	167	310-420 mg/day	80-240 mg/day	310-360 mg/day	4-6 mg/kg/day
Potassium, K	mg	593	645	2600-3400 mg/day	2000-2300 mg/day	2800-3000 mg/day	50-70 mg/kg/day
Sodium, Na	mg	3	12	<2300 mg/day	<1500 mg/day	<2300 mg/day	<30 mg/kg/day
Zinc, Zn	mg	2.18	2.00	8-11 mg/day	3-5 mg/day	12 mg/day	0.1-0.2 mg/kg/day
Selenium, Se	µg	2.5	1.8	55 µg/day	20-40 µg/day	70 µg/day	1 µg/kg/day
Thiamine	mg	0.605	0.465	1.1-1.2 mg/day	0.5-0.9 mg/day	1.4 mg/day	0.02 mg/kg/day
Riboflavin	mg	0.136	0.145	1.1-1.3 mg/day	0.5-0.9 mg/day	1.6 mg/day	0.03 mg/kg/day
Niacin	mg	1.792	1.993	14-16 mg/day	6-12 mg/day	17 mg/day	0.2 mg/kg/day
Vitamin B-6, total	mg	0.515	0.450	1.3-2.0 mg/day	0.5-1.0 mg/day	2.0 mg/day	0.03 mg/kg/day
Vitamin E, α-TE	mg	23.65	18.93	15 mg/day	6-11 mg/day	19 mg/day	0.4 mg/kg/day
Vitamin E, IU	IU	35.24	28.21	22.4 IU/day	9-16.5 IU/day	28.4 IU/day	0.7 IU/kg/day
Alpha-tocopherol	mg	23.65	18.93	15 mg/day	6-11 mg/day	19 mg/day	0.4 mg/kg/day
Fatty acids, total saturated	g	3.788	4.779	<20 g/day	7-15 g/day	<20 g/day	0.3 g/kg/day
Fatty acids, total monounsaturated	g	35.803	47.451	No specific RDA	No specific RDA	No specific RDA	No specific RDA
Fatty acids, total polyunsaturated	g	3.383	6.179	11-22 g/day	7-16 g/day	13 g/day	0.2-0.3 g/kg/day
Fatty acid 4:0 (butyric acid)	g	0.000	0.000	No specific RDA	No specific RDA	No specific RDA	No specific RDA
Fatty acid 16:0 (palmitic acid)	g	3.458	3.303	No specific RDA	No specific RDA	No specific RDA	No specific RDA
Fatty acid 18:0 (stearic acid)	g	0.329	0.418	No specific RDA	No specific RDA	No specific RDA	No specific RDA
Fatty acid 18:1 (oleic acid)	g	35.462	47.082	No specific RDA	No specific RDA	No specific RDA	No specific RDA
Fatty acid 18:2 (linoleic acid)	g	2.908	4.604	12-17 g/day	7-12 g/day	13 g/day	0.2 g/kg/day

## 2.1. Macronutrients

### 2.1.1. Lipids

Hazelnuts (*Corylus avellana*) are renowned for their rich lipid profile, which plays a crucial role in their nutritional value and associated health benefits. The lipid content of hazelnuts, which constitutes a significant portion of their total composition, is primarily composed of fats, including monounsaturated fatty acids (MUFAs), polyunsaturated fatty acids (PUFAs), and a smaller proportion of saturated fatty acids (SFAs). Understanding the composition and health implications of these lipids is essential for appreciating the nutritional benefits of hazelnuts.

#### 2.1.1.1. Total lipid content

Hazelnuts have a high total lipid content, ranging from approximately 50% to 73% of their total weight. This high lipid content contributes to their energy density, making them a calorie-dense food. The lipid profile of hazelnuts includes a diverse range of fatty acids, which can be classified into three main categories: monounsaturated fatty acids (MUFAs), polyunsaturated fatty acids (PUFAs), and saturated fatty acids (SFAs) (Romero et al., 2020; Alasalvar et al., 2009; Deon et al., 2018).

#### 2.1.1.2. Monounsaturated fatty acids (MUFAs)

Monounsaturated fatty acids are the predominant type of fat found in hazelnuts. Oleic acid, a MUFA, constitutes approximately 80-85% of the total fat content. Oleic acid is known for its beneficial effects on cardiovascular health. It helps to increase high-density lipoprotein (HDL) cholesterol while reducing low-density lipoprotein (LDL) cholesterol levels, thus lowering the risk of atherosclerosis and heart disease. The high concentration of oleic acid in hazelnuts makes them a valuable dietary source of MUFAs, contributing to overall heart health (Feldman & Anderson, 2015; Pascual et al., 2011; Sampaio et al., 2020).

#### 2.1.1.3. Polyunsaturated fatty acids (PUFAs)

Hazelnuts also contain polyunsaturated fatty acids, although they are present in smaller amounts compared to MUFAs. The primary PUFAs in hazelnuts include linoleic acid (omega-6) and alpha-linolenic acid (omega-3).

- **Linoleic acid (Omega-6):** Linoleic acid is an essential fatty acid that plays a crucial role in maintaining cell membrane integrity and supporting skin health. It is also involved in various physiological processes, including inflammation and blood clotting. Adequate intake of linoleic acid is necessary for overall health, but it must be balanced with omega-3 fatty acids to maintain a proper omega-6 to omega-3 ratio (Zhang et al., 2019; Alasalvar et al., 2009).
- **Alpha-linolenic acid (Omega-3):** Alpha-linolenic acid is a plant-based omega-3 fatty acid that contributes to cardiovascular health by reducing inflammation and improving endothelial function. While the concentration of omega-3 fatty acids in hazelnuts is relatively low compared to other sources, it still provides a beneficial contribution to the overall intake of omega-3s (Romero et al., 2020; Alasalvar et al., 2009).

#### 2.1.1.4. Saturated fatty acids (SFAs)

Hazelnuts contain a modest amount of saturated fatty acids, including palmitic acid and stearic acid. Saturated fatty acids are often associated with negative health effects when consumed in excess, such as increased LDL cholesterol levels and a higher risk of cardiovascular disease. However, the amount of saturated fat in hazelnuts is relatively low compared to other high-fat foods, and the overall lipid profile, with its emphasis on MUFAs and PUFAs, helps to offset potential negative effects (Polat et al., 2023; Sampaio et al., 2020).

#### 2.1.1.5. Health implications of hazelnut lipids

The lipid profile of hazelnuts, with its high content of MUFAs and PUFAs and relatively low level of SFAs, has been associated with several health benefits:

- **Cardiovascular health:** The high concentration of oleic acid (MUFA) and the presence of PUFAs in hazelnuts contribute to improved lipid profiles and reduced cardiovascular risk. Regular consumption of hazelnuts has been shown to lower LDL cholesterol levels and increase HDL cholesterol levels, which is

beneficial for heart health (Romero et al., 2020; Zhang et al., 2019).

- **Anti-inflammatory effects:** The PUFAs in hazelnuts, particularly omega-3 and omega-6 fatty acids, possess anti-inflammatory properties that can help reduce chronic inflammation, which is a risk factor for various diseases, including cardiovascular disease and arthritis (Sampaio et al., 2020).
- **Satiety and weight management:** The lipid content in hazelnuts contributes to satiety and can help in weight management. The healthy fats in hazelnuts promote a feeling of fullness, which may help in controlling appetite and preventing overeating (Polat et al., 2023).

### 2.1.2. Proteins and amino acids

Hazelnuts (*Corylus avellana*) are not only a rich source of lipids but also offer significant nutritional value through their protein content. The proteins in hazelnuts, along with their amino acid profile, contribute to their status as a nutritious food that supports various physiological functions and overall health. Understanding the composition and benefits of hazelnut proteins and amino acids can shed light on their role in a balanced diet (Fang et al., 2019; Zhang et al., 2023).

#### 2.1.2.1. Protein content in hazelnuts

Hazelnuts contain approximately 10% to 24% protein by weight, making them a substantial source of plant-based protein. This protein content varies depending on the cultivar, growing conditions, and processing methods. On average, a 100-gram serving of hazelnuts provides about 14 grams of protein, which can fulfill a portion of the daily protein requirements for individuals (Alasalvar et al., 2009). The proteins in hazelnuts are considered high-quality due to their amino acid composition, which includes both essential and non-essential amino acids (Picci & Bartolommeo, 2017).

#### 2.1.2.2. Amino acid profile

The amino acid profile of hazelnuts includes a diverse range of essential and non-essential amino acids, contributing to their nutritional value. The major amino acids found in hazelnuts are (Mapelli & Gallo, 2019; Guiné & Correia, 2020; Gaikwad et

al., 2016; Sen & Kahveci, 2020; Liu et al., 2021; Jakopic et al., 2018):

- **Arginine:** Hazelnuts are rich in arginine, an essential amino acid that plays a critical role in protein synthesis, nitric oxide production, and vasodilation. Arginine is important for cardiovascular health as it helps to improve blood flow and reduce blood pressure. It also supports immune function and wound healing.
- **Glutamine:** This non-essential amino acid is abundant in hazelnuts and is crucial for maintaining intestinal health, supporting immune function, and aiding in protein synthesis. Glutamine also plays a role in nitrogen metabolism and helps to reduce muscle breakdown.
- **Leucine:** An essential branched-chain amino acid (BCAA), leucine is vital for muscle protein synthesis and repair. It also contributes to regulating blood sugar levels and providing energy during exercise.
- **Lysine:** Although present in smaller amounts, lysine is an essential amino acid that supports protein synthesis, collagen formation, and immune function. It also plays a role in the absorption of calcium and the production of hormones and enzymes.
- **Phenylalanine:** This essential amino acid is a precursor to tyrosine, which is involved in the production of neurotransmitters such as dopamine and norepinephrine. Phenylalanine is important for mental health and cognitive function.
- **Tyrosine:** Tyrosine, a non-essential amino acid derived from phenylalanine, is involved in the synthesis of neurotransmitters and hormones, including thyroid hormones and melanin.
- **Serine:** Serine, a non-essential amino acid, plays a role in the metabolism of fats and fatty acids and is involved in the synthesis of proteins and nucleotides.

#### 2.1.2.3. Health benefits of hazelnut proteins

The high-quality proteins and amino acids in hazelnuts offer several health benefits (Mapelli & Gallo, 2019; Guiné & Correia, 2020; Gaikwad et al., 2016):

- **Muscle maintenance and repair:** The presence of essential amino acids like leucine and arginine supports muscle protein synthesis and repair, making hazelnuts beneficial for individuals engaged in physical activity or muscle-building exercises.
- **Cardiovascular health:** Arginine, by promoting nitric oxide production, contributes to improved blood flow and reduced blood pressure, supporting cardiovascular health.
- **Immune system support:** Amino acids such as glutamine play a crucial role in supporting immune function and maintaining gut health, which is essential for overall well-being.
- **Mental health:** Phenylalanine and tyrosine are involved in neurotransmitter production, which can positively impact mood and cognitive function.
- **Protein quality and satiety:** The protein content in hazelnuts contributes to satiety and can aid in weight management by providing a feeling of fullness and reducing appetite.

#### 2.1.2.4. Comparison with other plant-based proteins

While hazelnuts are a valuable source of plant-based protein, they are not as protein-dense as some other sources like legumes or soy. However, their unique amino acid profile, combined with their lipid content and other nutrients, makes them a beneficial addition to a balanced diet. For individuals following a vegetarian or vegan diet, combining hazelnuts with other protein sources can help achieve a complete amino acid profile (Guiné & Correia, 2020; Sen & Kahveci, 2020; Jakopic et al., 2018).

#### 2.1.3. Carbohydrates and dietary fiber

Hazelnuts (*Corylus avellana*) are not only known for their rich lipid and protein content but also for their significant contributions to carbohydrate and dietary fiber intake. These components play a crucial role in maintaining various aspects of health, including energy regulation, digestive health, and metabolic functions. Understanding the carbohydrate composition and fiber content of

hazelnuts can provide insight into their benefits and roles in a balanced diet (Hannan et al., 2020).

##### 2.1.3.1. Carbohydrate content

Hazelnuts contain a moderate amount of carbohydrates, constituting approximately 10% to 22% of their total weight. The carbohydrate content in a 100-gram serving of hazelnuts typically ranges between 15 to 17 grams. This carbohydrate content primarily includes (Lanza et al., 2014):

- **Simple Sugars:** Hazelnuts contain small amounts of simple sugars, such as glucose and fructose, which contribute to their slightly sweet flavor. These sugars are present in limited quantities compared to other food sources.
- **Complex Carbohydrates:** The majority of carbohydrates in hazelnuts are complex carbohydrates, including starches and oligosaccharides. Complex carbohydrates are gradually digested and absorbed, providing a steady release of energy. The glycemic index (GI) of hazelnuts is relatively low, meaning they have a minimal impact on blood sugar levels. This makes them a suitable option for individuals managing blood glucose levels or those with diabetes (Hannan et al., 2020).

##### 2.1.3.2. Dietary fiber content

Hazelnuts are an excellent source of dietary fiber, with a content of approximately 10.4% by weight. This high fiber content contributes to several health benefits, which are outlined as follows:

##### 2.1.3.3. Types of dietary fiber

The dietary fiber in hazelnuts includes both soluble and insoluble fibers. Soluble fiber can dissolve in water and forms a gel-like substance in the digestive tract, while insoluble fiber does not dissolve and adds bulk to the stool (Lanza et al., 2014).

- **Soluble fiber:** This type of fiber helps to regulate blood sugar levels by slowing the absorption of glucose, which can be beneficial for managing diabetes and reducing the risk of cardiovascular diseases. It also aids in lowering blood cholesterol levels by binding to bile acids

and promoting their excretion (D'Anci et al., 2006).

- **Insoluble fiber:** Insoluble fiber enhances digestive health by promoting regular bowel movements and preventing constipation. It adds bulk to the stool, facilitating its passage through the intestines. Insoluble fiber also contributes to overall gut health by supporting the growth of beneficial gut microbiota (Guiné & Correia, 2020).

#### 2.1.3.4. Digestive health

The high fiber content in hazelnuts supports gastrointestinal health by improving digestion and preventing common digestive issues such as constipation. A diet rich in fiber is associated with a lower risk of developing gastrointestinal disorders and can promote a healthy digestive tract (Alasalvar & Shahidi, 2021).

#### 2.1.3.5. Satiety and weight management

Dietary fiber increases feelings of fullness and satiety, which can help with weight management by reducing overall calorie intake. The slow digestion of fiber-rich foods like hazelnuts helps to control appetite and prevent overeating (Jakopic et al., 2018).

#### 2.1.3.6. Chronic disease prevention

Regular consumption of fiber-rich foods, including hazelnuts, has been linked to a reduced risk of chronic diseases such as heart disease, stroke, and certain types of cancer. The fiber in hazelnuts helps to improve blood lipid profiles and reduce inflammation, contributing to overall cardiovascular health (Mapelli & Gallo, 2019; Jakopic et al., 2018).

#### 2.1.3.7. Comparison with other nuts and seeds

While hazelnuts are a good source of dietary fiber, their fiber content is comparable to other nuts and seeds. For instance, almonds and walnuts also offer substantial amounts of dietary fiber and complex carbohydrates. However, hazelnuts have a unique nutrient profile, with specific benefits related to their fiber content and carbohydrate composition (D'Anci et al., 2006; Mapelli & Gallo, 2019; Guiné & Correia, 2020).

## 2.2. Micronutrients

### 2.2.1. Vitamins

Hazelnuts (*Corylus avellana*) are renowned not only for their lipid and protein profiles but also for their rich vitamin content. These vitamins play essential roles in various physiological functions, contributing to overall health and well-being. This section provides a comprehensive overview of the vitamins found in hazelnuts and their potential health benefits (Cui et al., 2022).

#### 2.2.1.1. Vitamin E ( $\alpha$ -Tocopherol)

##### 2.2.1.1.1. Content and forms

Hazelnuts are an excellent source of Vitamin E, predominantly in the form of  $\alpha$ -tocopherol. The  $\alpha$ -tocopherol content in hazelnuts ranges from 382 to 472 mg/kg. Vitamin E acts as a potent antioxidant, protecting cells from oxidative damage caused by free radicals (Alasalvar et al., 2009).

##### 2.2.1.1.2. Health benefits:

##### 2.2.1.1.3. Antioxidant Protection

$\alpha$ -Tocopherol neutralizes free radicals, thus protecting cellular membranes from oxidative stress. This action helps prevent cellular damage and supports overall cellular health (Ceballos et al., 2021).

- **Cardiovascular health:** By reducing oxidative stress, Vitamin E contributes to cardiovascular health. It helps prevent the oxidation of low-density lipoprotein (LDL) cholesterol, which is a key factor in the development of atherosclerosis (Sánchez-Gómez et al., 2019).
- **Immune function:** Vitamin E plays a role in enhancing immune function by supporting the activity of immune cells, which can improve the body's defense against infections (Pascual et al., 2011).
- **Skin health:** The antioxidant properties of Vitamin E contribute to skin health by reducing the appearance of signs of aging and protecting against UV-induced skin damage (Picci & Bartolommeo, 2017).

## 2.2.1.2. Vitamin B1 (Thiamine)

### 2.2.1.2.1. Content and forms

Hazelnuts contain a moderate amount of Vitamin B1 (thiamine), with approximately 0.6 mg per 100 grams of nuts. Thiamine is crucial for carbohydrate metabolism and energy production (Evrard et al., 2020).

### 2.2.1.2.2. Health benefits:

- **Energy metabolism:** Thiamine is essential for the conversion of carbohydrates into energy. It plays a key role in the decarboxylation of pyruvate, facilitating energy production in the form of ATP.
- **Neurological function:** Thiamine is vital for maintaining proper neurological function. It supports nerve cell health and neurotransmitter synthesis, which is important for cognitive and nerve function.
- **Cardiovascular health:** Adequate thiamine levels are important for cardiovascular health, as thiamine deficiency can lead to conditions such as beriberi, which affects the heart and blood vessels.

## Comparison with other nuts and seeds

Hazelnuts provide a unique combination of vitamins compared to other nuts and seeds. While almonds and walnuts also offer essential vitamins, the specific profile of hazelnuts, particularly their Vitamin E content, highlights their distinct nutritional benefits. Incorporating a variety of nuts and seeds into the diet can help ensure a comprehensive intake of essential vitamins and minerals (Cui et al., 2022; Alasalvar et al., 2009).

## 3. Bioactive compounds

### 3.1. Phytosterols

Phytosterols are plant-derived compounds that resemble cholesterol in structure and are known for their potential health benefits, particularly concerning cardiovascular health. Hazelnuts (*Corylus avellana*) are a significant source of phytosterols, which contributes to their nutritional value and overall health benefits. This section provides a detailed overview of the phytosterol

content in hazelnuts, their biological functions, and their associated health benefits.

### 3.1.1. Phytosterol content in hazelnuts

#### 3.1.1.1. Composition and types

Hazelnuts are rich in phytosterols, with  $\beta$ -sitosterol being the most prevalent. The total concentration of phytosterols in hazelnuts is estimated to be around 0.45 to 0.60 mg per gram of nuts. Key phytosterols found in hazelnuts include (Bodoira & Maestri, 2020; Di Nunzio, 2019):

- **$\beta$ -Sitosterol:** The dominant phytosterol in hazelnuts, constituting up to 90% of the total sterol content.
- **Campesterol:** Present in smaller quantities, approximately 4% of the total phytosterol content.
- **Stigmasterol:** Contributing about 2% of the total phytosterol content.
- **4-Methylsterols:** Including citrostadienol, obtusifoliol, and gramisterol, which are found in trace amounts.

### 3.1.2. Biological functions of phytosterols

#### 3.1.2.1. Cholesterol absorption inhibition

Phytosterols are known for their ability to inhibit the absorption of dietary cholesterol in the intestines. They compete with cholesterol for absorption sites in the intestinal lining, thus reducing the amount of cholesterol that enters the bloodstream. This mechanism can lead to decreased levels of low-density lipoprotein (LDL) cholesterol, commonly referred to as "bad" cholesterol, and is associated with a lower risk of cardiovascular diseases (Erdal, Arslan, & Yıldız, 2021).

#### 3.1.2.2. Anti-inflammatory effects

Phytosterols exhibit anti-inflammatory properties that can be beneficial in managing chronic inflammation related to various health conditions. They may help reduce inflammatory markers in the blood and improve overall inflammatory responses (Evrard, Tardy, & Lemoine, 2020).

### 3.1.2.3. Antioxidant properties

Phytosterols have antioxidant properties that aid in neutralizing free radicals and protecting cells from oxidative stress. This antioxidant activity can contribute to a reduced risk of chronic diseases and support overall cellular health (Gorji, Moeini, & Memariani, 2018).

### 3.1.2.4. Immune system support

Phytosterols may influence immune system function by modulating the production and activity of immune cells and cytokines. This can support the body's defense mechanisms and improve immune responses (Nawaz & Khalifa, 2022).

### 3.1.3. Health benefits of phytosterols from hazelnuts

#### 3.1.3.1. Cardiovascular health

The primary health benefit of phytosterols is their impact on cardiovascular health. Regular consumption of phytosterol-rich foods like hazelnuts has been linked to lower levels of LDL cholesterol and improved lipid profiles. Studies have shown that incorporating phytosterols into the diet can lead to a significant reduction in total cholesterol and LDL cholesterol levels, thus reducing the risk of atherosclerosis and heart disease (Picci & Bartolommeo, 2017).

#### 3.1.3.2. Weight management

Despite their fat content, nuts, including hazelnuts, have been associated with benefits for weight management. Phytosterols may help regulate fat metabolism and promote feelings of fullness, which can assist in weight control and prevent obesity (Wani et al., 2020).

#### 3.1.3.3. Digestive health

The fiber content in hazelnuts, coupled with their phytosterol content, supports digestive health by enhancing bowel regularity and promoting a healthy gut microbiome. Phytosterols may help maintain a healthy digestive tract and prevent constipation (Di Nunzio, 2019).

#### 3.1.3.4. Cancer prevention

Preliminary research suggests that phytosterols may have potential anticancer properties. They

have been observed to inhibit the growth of cancer cells and induce apoptosis in certain cancer types. However, further research is necessary to fully understand their role in cancer prevention and treatment (Glei et al., 2018; Sang, Guo, & Lee, 2017).

## 3.2. Polyphenols and antioxidants

Hazelnuts (*Corylus avellana*) are celebrated for their rich nutritional content and significant levels of polyphenols and antioxidants. These compounds play a crucial role in safeguarding health by protecting against oxidative stress and various chronic diseases. This section explores the types, concentrations, and health benefits of polyphenols and antioxidants found in hazelnuts, referencing recent studies and reviews (Kamiloglu & Sari, 2020; Maioli, Piccinelli, & Nicoletti, 2018; Pelvan, Alasalvar, & Uzman, 2012; Puscas & Berton, 2021).

### 3.2.1. Polyphenol content in hazelnuts

#### 3.2.2. Types of polyphenols

Polyphenols are a diverse group of plant compounds with strong antioxidant properties. In hazelnuts, the primary polyphenolic compounds include (Schmitzer et al., 2011; Toker, Akin, & Kucukcetin, 2008; Bener et al., 2022; Bodoira & Maestri, 2020; Kamiloglu & Sari, 2020):

##### 3.2.2.1. Flavonoids

Key flavonoids in hazelnuts include quercetin, kaempferol, and isorhamnetin. These compounds are known for their robust antioxidant and anti-inflammatory effects.

##### 3.2.2.2. Phenolic acids

Hazelnuts contain various phenolic acids, such as caffeic acid, ferulic acid, and p-coumaric acid, which enhance the nuts' overall antioxidant activity.

##### 3.2.2.3. Tannins

These polyphenolic compounds can bind proteins and other macromolecules, contributing to the astringency and antioxidant capacity of hazelnuts.

### 3.2.2.4. Concentration

The total polyphenol content in hazelnuts typically ranges from 100 to 150 mg per 100 grams. This concentration can vary based on factors such as cultivar, processing methods, and growing conditions. Raw hazelnuts generally retain higher polyphenol levels compared to processed ones due to potential losses during roasting (Schmitzer et al., 2011; Toker, Akin, & Kucukcetin, 2008; Bener et al., 2022; Bodoira & Maestri, 2020; Kamiloglu & Sari, 2020).

### 3.2.3. Antioxidant activity of hazelnuts

#### 3.2.3.1. Mechanism of action

The polyphenols in hazelnuts exhibit antioxidant activity through several mechanisms (Kamiloglu & Sari, 2020; Liu et al., 2021; Maioli, Piccinelli, & Nicoletti, 2018; Mehmet, Çetin, & Dündar, 2020):

#### 3.2.3.2. Free radical scavenging

Polyphenols neutralize free radicals by donating electrons, which helps prevent cellular damage and reduces oxidative stress.

#### 3.2.3.3. Metal chelation

Some polyphenols chelate metal ions like iron and copper, which are involved in oxidative reactions. By binding these metals, polyphenols prevent them from participating in harmful oxidative processes.

#### 3.2.3.4. Enzyme inhibition

Polyphenols can inhibit pro-oxidant enzymes, such as lipoxygenase and cyclooxygenase, reducing the production of reactive oxygen species.

#### 3.2.3.5. Antioxidant capacity

Various assays, including DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), FRAP (ferric reducing antioxidant power), and ORAC (oxygen radical absorbance capacity), measure the antioxidant capacity of hazelnuts. Research shows that hazelnuts exhibit significant antioxidant activity, largely due to their polyphenol content (Mishra & Tripathi, 2016; Nair, Sankar, & Krishna, 2014; Puscas & Berton, 2021).

### 3.2.4. Health benefits of polyphenols and antioxidants in hazelnuts

- **Cardiovascular health:** The antioxidant properties of hazelnuts support cardiovascular health by reducing oxidative stress and inflammation, key factors in cardiovascular diseases. Polyphenols may help lower blood pressure, reduce LDL cholesterol oxidation, and improve endothelial function (Schmitzer et al., 2011; Toker, Akin, & Kucukcetin, 2008; Bener et al., 2022; Bodoira & Maestri, 2020; Kamiloglu & Sari, 2020).
- **Anti-cancer effects:** Polyphenols in hazelnuts may offer protective effects against cancer by reducing oxidative DNA damage and inhibiting cancer cell proliferation. Studies suggest that polyphenol-rich foods, including hazelnuts, are associated with a lower risk of cancers such as breast and colorectal cancer.
- **Anti-inflammatory effects:** The polyphenols in hazelnuts have been shown to modulate inflammatory pathways, which is beneficial for conditions like arthritis and other inflammatory disorders.
- **Neuroprotective effects:** Antioxidants in hazelnuts may support brain health by protecting neurons from oxidative damage and potentially reducing the risk of neurodegenerative diseases. Compounds like quercetin and kaempferol have been linked to improved cognitive function and a reduced risk of Alzheimer's disease.
- **Digestive health:** Hazelnuts' fiber content, combined with their polyphenolic compounds, supports digestive health by promoting a healthy gut microbiota and improving bowel regularity. Additionally, the antioxidant properties of polyphenols help protect the gastrointestinal tract from oxidative damage.

### 3.3. Tocopherols and carotenoids

Hazelnuts (*Corylus avellana*) are known for their nutritional benefits, including their content of tocopherols and carotenoids, which are essential for maintaining health and preventing chronic diseases. This section explores the types, concentrations, and health benefits of tocopherols and carotenoids found in hazelnuts (Cui et al., 2022).

### 3.3.1. Tocopherols in hazelnuts

#### 3.3.1.1. Types of tocopherols

Tocopherols are compounds that constitute vitamin E, an essential fat-soluble antioxidant. In hazelnuts, the primary tocopherols are:

- **$\alpha$ -Tocopherol:** The most prevalent form of vitamin E in hazelnuts,  $\alpha$ -tocopherol is renowned for its strong antioxidant activity. It protects cells from oxidative damage by scavenging free radicals and mitigating oxidative stress.
- **$\gamma$ -Tocopherol:** Present in smaller amounts compared to  $\alpha$ -tocopherol,  $\gamma$ -tocopherol contributes to the overall antioxidant capacity of hazelnuts and has distinct properties.
- **Concentration:** The tocopherol content in hazelnuts varies with cultivar and processing methods. On average, hazelnuts contain approximately 382 to 472 mg/kg of  $\alpha$ -tocopherol, with  $\gamma$ -tocopherol present in smaller quantities. The levels of tocopherols are generally higher in raw hazelnuts compared to processed ones due to potential degradation during roasting (Cui et al., 2022).

### 3.3.2. Carotenoids in hazelnuts

#### 3.3.2.1. Types of carotenoids

Carotenoids are pigments in plants with antioxidant properties and vitamin A precursors. In hazelnuts, the main carotenoids are:

- **$\beta$ -Carotene:** A prominent carotenoid and precursor to vitamin A,  $\beta$ -carotene provides antioxidant protection and supports vision, immune function, and skin health.
- **Lutein and zeaxanthin:** These carotenoids are important for eye health. They accumulate in the retina, protecting against age-related macular degeneration and cataracts.
- **Concentration:** Hazelnuts contain carotenoids in relatively lower concentrations compared to other fruits and vegetables. However, they still add to the nutritional value of hazelnuts. Specific quantitative data on carotenoid levels in hazelnuts varies, but they are present in

appreciable amounts (Alasalvar & Shahidi, 2021).

### 3.3.3. Health benefits of tocopherols and carotenoids in hazelnuts

#### 3.3.3.1. Antioxidant activity

Tocopherols and carotenoids both contribute to the antioxidant activity of hazelnuts.  $\alpha$ -Tocopherol protects cell membranes from oxidative damage, reducing the risk of chronic diseases such as cardiovascular diseases and cancer. Carotenoids, especially  $\beta$ -carotene, help neutralize free radicals and reduce oxidative stress (Alasalvar & Shahidi, 2021).

#### 3.3.3.2. Cardiovascular health

The antioxidant properties of tocopherols and carotenoids help maintain cardiovascular health by reducing oxidative stress and inflammation.  $\alpha$ -Tocopherol can lower LDL cholesterol oxidation and improve endothelial function, while carotenoids like  $\beta$ -carotene are linked to a reduced risk of cardiovascular diseases (Sánchez-Gómez, Moreno, & Martínez, 2019; Yılmaz, Dönmez, & Taşkın, 2013; Brown, Ware, & Tey, 2022).

#### 3.3.3.3. Eye health

Carotenoids such as lutein and zeaxanthin are crucial for eye health, protecting the retina from oxidative damage and reducing the risk of age-related macular degeneration and cataracts. While the concentration in hazelnuts is modest, they contribute to overall eye health when included in a balanced diet (Cui et al., 2022).

#### 3.3.3.4. Skin health

Tocopherols and carotenoids support skin health by protecting against oxidative damage from UV exposure and environmental pollutants. Vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol) helps maintain skin integrity and may reduce signs of aging, while carotenoids like  $\beta$ -carotene enhance skin pigmentation and protect against sun-induced damage (Alasalvar, Shahidi, Liyanapathirana, & Ohshima, 2003).

#### 3.3.3.5. Immune function

Vitamin E enhances immune function by supporting immune cell activity and reducing oxidative stress. Carotenoids also play a role in

immune health by modulating immune responses and protecting against infections (Alasalvar & Shahidi, 2021).

#### **4. Hazelnut consumption and health**

Hazelnuts (*Corylus avellana*) are not only a delicious addition to the diet but also provide numerous health benefits due to their rich content of unsaturated fatty acids, proteins, dietary fiber, vitamins, minerals, and bioactive compounds. This section explores the impact of hazelnut consumption on various aspects of health, including cardiovascular health, metabolic benefits, and weight management (Alasalvar & Shahidi, 2021).

##### **4.1. Cardiovascular health**

###### **4.1.1. Cholesterol reduction**

Regular hazelnut consumption has been linked to improved cholesterol profiles. Hazelnuts are rich in monounsaturated fatty acids (MUFA), especially oleic acid, which helps lower LDL cholesterol and increase HDL cholesterol. Studies have shown that incorporating raw hazelnuts into the diet improves lipid profiles, particularly in individuals with type 2 diabetes (Damavandi et al., 2012; Damavandi et al., 2013).

###### **4.1.2. Blood pressure management**

Hazelnuts may aid in blood pressure regulation due to their potassium content, which helps counteract sodium effects and support healthy blood pressure. The antioxidant properties of hazelnuts also contribute to reducing oxidative stress and inflammation, factors that can lead to hypertension (D'Anci, Venter, & Sherman, 2006; Erdal, Arslan, & Yıldız, 2021; Sánchez-Gómez, Moreno, & Martínez, 2019).

###### **4.1.3. Endothelial function**

Hazelnut consumption has been shown to positively influence endothelial function by reducing oxidative stress and inflammation. This benefit promotes better blood vessel health and lowers the risk of atherosclerosis (Fang et al., 2019).

##### **4.2. Metabolic benefits**

###### **4.2.1. Blood sugar regulation**

Hazelnuts have a low glycemic index, making them suitable for individuals with diabetes or those managing blood sugar levels. The fiber and healthy fats in hazelnuts help stabilize blood glucose levels by slowing carbohydrate absorption and preventing rapid sugar spikes. Research suggests that incorporating hazelnuts into a balanced diet may improve glycemic control and insulin sensitivity (Damavandi et al., 2013).

###### **4.2.2. Anti-inflammatory effects**

Chronic inflammation is a common factor in metabolic disorders such as obesity, diabetes, and cardiovascular diseases. Hazelnuts contain bioactive compounds, including polyphenols and vitamin E, with anti-inflammatory properties. Regular hazelnut consumption can help modulate inflammatory responses and reduce the risk of inflammation-related diseases (Renzo et al., 2019; Romero, Bafundo, & Figueroa, 2020; Sang, Guo, & Lee, 2017).

##### **4.3. Weight management**

###### **4.3.1. Satiety and portion control**

Despite concerns about nuts contributing to weight gain, hazelnuts can actually aid in weight management. The high fiber and protein content of hazelnuts enhance satiety, helping individuals feel full longer and potentially reducing overall calorie intake. Studies indicate that including nuts like hazelnuts in the diet does not lead to weight gain and can be associated with a lower risk of obesity (D'Anci, Venter, & Sherman, 2006; Renzo et al., 2019).

###### **4.3.2. Energy density**

Hazelnuts are energy-dense due to their fat content; however, they predominantly contain healthy unsaturated fats. When consumed in moderation, they provide substantial nutritional benefits without excessive calorie intake (D'Anci, Venter, & Sherman, 2006; Renzo et al., 2019).

##### **4.4. Chronic disease prevention**

###### **4.4.1. Cancer prevention**

Hazelnuts, rich in antioxidants such as vitamin E and polyphenols, may aid in cancer prevention by combating oxidative stress and neutralizing free radicals, which can otherwise cause cellular damage. Additionally,  $\beta$ -sitosterol, a plant sterol

found in hazelnuts, has been associated with a reduced risk of certain cancers, including breast, prostate, and colon cancer. Although more research is necessary to establish definitive links, incorporating hazelnuts into a balanced diet may offer protective benefits against cancer through their antioxidant and anti-inflammatory properties (Gallego et al., 2017; Sang, Guo, & Lee, 2017; Gleit et al., 2018).

#### 4.4.2. Bone health

Hazelnuts contribute to bone health due to their mineral content, particularly magnesium and copper. Magnesium supports bone formation and maintenance, while copper is essential for collagen synthesis, which is crucial for bone integrity. These nutrients help in maintaining bone mineral density and strength, potentially reducing the risk of bone-related conditions (Jakopic, Stibilj, & Gligora, 2018; Alasalvar et al., 2009).

### 5. The physiological effects of hazelnut consumption

Hazelnuts are a valuable food with a rich nutrient profile that provides multifaceted positive effects on human physiology. Thanks to components such as monounsaturated fatty acids, vitamin E, magnesium, calcium, and polyphenols, hazelnuts promote cardiovascular, digestive, bone, and brain health. Their antioxidant content prevents cellular damage, while their high fiber content supports the digestive system and balances the gut microbiota. Additionally, the energy-dense nature of hazelnuts promotes satiety, which can aid in weight management. However, caution is needed in their consumption, especially for individuals with nut allergies, as they pose serious health risks (Ceylan et al., 2023; Daştan et al., 2023; Franco Estrada et al., 2022; Zao et al., 2023).

#### 5.1. Cardiovascular health effects

Hazelnuts are a valuable food for cardiovascular health due to their high content of monounsaturated fatty acids (MUFA), which help lower LDL cholesterol and increase HDL cholesterol levels. These fats play a key role in preventing atherosclerosis and improving overall heart health. Clinical studies have shown that regular consumption of hazelnuts can positively impact blood lipid profiles by reducing LDL cholesterol, which is a primary risk factor for cardiovascular diseases (CVD), while boosting HDL cholesterol

that helps clear the arteries. Additionally, the oleic acid found in hazelnut oil contributes significantly to these cardiovascular benefits (Brown et al., 2022; Zibaenezhad and Elyaspour 2022).

Hazelnuts also support blood pressure regulation due to their potassium and magnesium content, which help dilate blood vessels and lower hypertension risk. Meta-analyses have confirmed that hazelnuts can lead to a modest yet significant reduction in both systolic and diastolic blood pressure. Furthermore, their antioxidant properties, thanks to vitamin E, phenolic compounds, and phytochemicals, reduce oxidative stress and inflammation in the cardiovascular system, preventing arterial stiffness. Hazelnuts also contain phytosterols, such as  $\beta$ -sitosterol, which help lower cholesterol absorption in the intestines, further supporting healthy blood lipid levels and preventing atherosclerosis. Additionally, the amino acids in hazelnuts, particularly arginine, aid in blood flow regulation by promoting vasodilation and enhancing nitric oxide production, which helps maintain blood pressure and overall vascular health. Epidemiological studies, such as the PREDIMED study, have highlighted that adding hazelnuts to the diet can significantly reduce the risk of heart attacks and strokes, emphasizing their protective role in cardiovascular health (Yi et al., 2022; Akcan et al., 2023; Şeker, 2023).

#### 5.1.1. Regulation of metabolism

Hazelnuts, with their rich nutritional profile and bioactive compounds, play a significant role in regulating metabolism and supporting overall health. The healthy fats, proteins, fiber, vitamins, and minerals in hazelnuts help balance metabolic processes, making them beneficial for both the prevention and management of chronic diseases. Hazelnuts are particularly effective in regulating blood sugar levels, as the monounsaturated and polyunsaturated fats slow carbohydrate digestion and glucose release. The high fiber content also delays glucose absorption, helping to control post-meal blood sugar spikes. Regular consumption of hazelnuts has been linked to improved insulin sensitivity and a reduced risk of type 2 diabetes, thanks to their ability to reduce insulin resistance (Eslami et al., 2022; Luvián-Morales et al., 2022).

In addition to regulating blood sugar, hazelnuts assist with energy balance and weight management. Their high fiber and protein content

promote satiety, helping to control appetite and reduce overeating. Despite their energy density, some of the fats in hazelnuts are excreted without being absorbed, which can help prevent weight gain. Hazelnuts also support metabolic rate by enhancing mitochondrial function and energy production, aiding in weight management. Furthermore, hazelnuts positively impact lipid metabolism, improving cholesterol levels and supporting cardiovascular health. Their antioxidant-rich composition, including vitamin E, phenolic compounds, and flavonoids, helps reduce inflammation and oxidative stress, further promoting healthy metabolic processes. Additionally, the healthy fats in hazelnuts contribute to hormonal balance, influencing appetite-regulating hormones and thyroid hormone metabolism, which are key to maintaining optimal metabolic health (Balakrishna et al., 2022; Franco Estrada et al., 2022).

### **5.1.2. Effects on the digestive system**

Hazelnuts are an important food that supports digestive health due to their high fiber content. Fiber consists of complex carbohydrates that are indigestible by the human body, and it has multiple beneficial effects on the digestive system. The impact of hazelnut consumption on the digestive system can be examined across a wide range of areas, from regulating bowel movements to supporting healthy gut flora and preventing digestive diseases (Ceylan et al., 2023; Mandalari et al., 2023).

#### **5.1.2.1. Regulation of bowel movements**

Hazelnuts are particularly rich in insoluble fiber, which helps regulate bowel movements. Insoluble fiber retains water in the digestive tract, increasing stool volume and making it easier to pass through the intestines. This process plays an effective role in preventing common digestive issues, such as constipation. Regular bowel movements help eliminate toxins and waste products from the body, improving overall digestive health (Karaosmanoğlu, 2022).

#### **5.1.2.2. Support for gut microbiota**

The dietary fiber in hazelnuts serves as an energy source for beneficial bacteria in the gut, exhibiting probiotic effects. These beneficial bacteria ferment the fiber, producing short-chain fatty acids

(SCFAs), which nourish the intestinal wall, reduce inflammation, and strengthen the immune system, thereby supporting gut health. A healthy gut microbiota has positive effects not only on digestive health but also on overall immune function (Daştan et al., 2023).

#### **5.1.2.3. Prevention of gut diseases**

The high fiber content of hazelnuts creates a healthy environment in the gut, which can reduce the risk of inflammatory bowel diseases (IBD). Regular consumption of hazelnuts may also lower the incidence of common digestive disorders such as diverticulitis and irritable bowel syndrome (IBS). The anti-inflammatory properties of fiber play an important role in preventing such conditions by protecting the intestinal mucosa (Daştan et al., 2023).

#### **5.1.2.4. Cholesterol elimination**

The soluble fiber found in hazelnuts helps promote the elimination of cholesterol from the body by binding bile acids in the intestines. Bile acids are involved in the breakdown of fats during digestion, and their reabsorption can increase cholesterol production. Consuming hazelnuts ensures that bile acids are bound to fiber in the intestines and excreted with stool, which contributes to lower cholesterol levels and indirectly supports heart health (Eslami et al., 2022).

#### **5.1.2.5. Antioxidant effects**

In addition to fiber, hazelnuts are rich in antioxidants. Compounds such as vitamin E, polyphenols, and tocopherols found in hazelnuts protect cells in the digestive system from the harmful effects of free radicals. This helps support the health of the intestinal wall, reduces inflammation, and may lower the long-term risk of digestive system cancers (Brown et al., 2022; Şahin et al., 2022; Selli et al., 2022).

#### **5.1.2.6. Glycemic control and digestive effects**

The low glycemic index and high fiber content of hazelnuts help slow down the absorption of carbohydrates in the digestive system, contributing to balanced blood sugar levels. This feature can help reduce the risk of insulin resistance and type 2 diabetes. Furthermore, this slow absorption process optimizes digestion and provides a prolonged sense

of fullness (Brown et al., 2022; Fernández-Rodríguez et al., 2022).

#### 5.1.2.7. Contributions to bone health

Hazelnuts are a nutrient-dense food, offering essential minerals and compounds that play a crucial role in maintaining bone health. Rich in magnesium, calcium, phosphorus, copper, and zinc, hazelnuts support the skeletal system by promoting bone strength and preventing age-related bone loss. Magnesium and calcium, key components of bone matrix, work together to increase bone density and prevent fractures. Additionally, phosphorus contributes to bone hardness, copper aids in collagen synthesis for bone tissue renewal, and zinc supports bone metabolism and repair. Together, these minerals form a potent combination that supports bone health, especially in older individuals and postmenopausal women, who are at higher risk of osteoporosis (Şeker, 2023; Yang et al., 2023).

In addition to their mineral content, hazelnuts possess antioxidant properties that further enhance bone health. Tocopherols (vitamin E), polyphenols, and phytochemicals in hazelnuts neutralize free radicals, reducing oxidative stress that can damage bone cells and accelerate aging. The omega-9 fatty acids and anti-inflammatory compounds found in hazelnuts also help reduce inflammation in bone tissue, which, if left unchecked, can increase the activity of osteoclasts and contribute to bone degradation. Furthermore, the mineral content of hazelnuts supports bone development in children, promoting healthy skeletal growth. By incorporating hazelnuts into a balanced diet, individuals can benefit from improved bone health, reduced risk of osteoporosis, and enhanced physical performance through increased bone density and better mineral absorption during physical activity (Polat et al., 2023).

#### 5.1.3. Effects on the immune system

Hazelnuts are an excellent source of several essential nutrients that contribute to the optimal functioning of the immune system. Rich in vitamin E, particularly tocopherols, hazelnuts act as powerful antioxidants, protecting immune cells from oxidative stress and maintaining their functionality. Vitamin E plays a vital role in enhancing the immune response, particularly in older adults where immunity tends to decline. In

addition to vitamin E, hazelnuts contain trace minerals like zinc, selenium, and copper, all of which are crucial for immune cell development and function. Zinc, for example, supports T cells and natural killer cells, while selenium strengthens antioxidant defenses, and copper aids in inflammation control and immune cell production (Salem et al 2022; Zhao et al., 2023).

Beyond these nutrients, hazelnuts are packed with phenolic compounds that offer both antioxidant and anti-inflammatory benefits, further supporting immune function. These compounds regulate inflammatory processes and help maintain immune balance by preventing chronic inflammation. Hazelnuts also provide omega-9 fatty acids, specifically oleic acid, which contributes to reduced inflammation and supports immune cell health by maintaining cell membrane integrity. Additionally, the fiber in hazelnuts promotes gut health, which is a critical aspect of immune regulation. By nourishing beneficial gut bacteria, hazelnuts help maintain gut barrier integrity, ultimately strengthening the immune system. The protective effects of hazelnuts are also evident in their potential to mitigate the immune suppression caused by chronic diseases such as diabetes and obesity, offering a valuable dietary component for immune support (Salem et al 2022; Zhao et al., 2023).

#### 5.1.4. Effects on brain health

Hazelnuts, with their rich nutrient composition, offer numerous benefits for both general and brain health. They are an excellent source of omega-3 fatty acids, vitamin E, phytosterols, magnesium, zinc, and polyphenols, all of which play crucial roles in supporting brain function and preserving mental performance as we age. Omega-3 fatty acids, especially docosahexaenoic acid (DHA), are essential for the structure of cell membranes, which facilitate nerve cell communication. Regular consumption of omega-3s found in hazelnuts helps reduce inflammation in the brain, providing potential support in managing psychiatric conditions such as depression and anxiety. Additionally, DHA aids in maintaining cognitive function and may lower the risk of neurodegenerative diseases like Alzheimer's (Nishi et al., 2023; Wu et al., 2023).

The vitamin E content in hazelnuts provides powerful antioxidant protection, shielding brain

cells from oxidative stress, which is associated with age-related cognitive decline and conditions like Alzheimer's. Moreover, the polyphenols found in hazelnuts possess neuroprotective effects, reducing inflammation and oxidative stress in the brain, potentially lowering the risk of neurological diseases such as Parkinson's and Alzheimer's. These compounds, along with magnesium, optimize neural transmission and enhance memory and cognitive function. Hazelnuts' ability to protect against neurodegenerative diseases is also noteworthy, as their nutrients prevent the formation of harmful beta-amyloid plaques and reduce damage to brain cells. Additionally, omega-3s and magnesium contribute to the production of neurotransmitters like serotonin and dopamine, offering a positive impact on mental health and mood regulation. Regular consumption of hazelnuts thus supports both cognitive and emotional well-being (Polat et al., 2023; Nijssen et al., 2023).

### 5.1.5. Hazelnut allergy

Hazelnuts are a popular, nutrient-rich food, but they can cause severe allergic reactions in some individuals. Hazelnut allergy occurs when the immune system overreacts to certain proteins in hazelnuts. The severity of reactions can range from mild symptoms to life-threatening conditions like anaphylaxis. It is essential for individuals with this allergy to avoid hazelnuts and seek proper treatment. Raising awareness about hazelnut allergies is also crucial for effective management. While hazelnuts offer health benefits, they should be completely avoided by those with this allergy. Hazelnut allergy arises when the immune system reacts to specific proteins, such as "prunin" and "2S albumin," in hazelnuts. This response leads to the release of histamine and other inflammatory substances. Genetic predisposition and environmental factors, such as early exposure to allergens, contribute to the development of hazelnut allergies. Individuals with a family history of allergies or other nut allergies are at higher risk. Symptoms of hazelnut allergy can range from mild to severe and usually occur shortly after consumption (Borres et al., 2022; Chen et al., 2023; Giannetti et al., 2023). Common symptoms include:

- **Skin reactions:** Itching, redness, rashes, and swelling.

- **Digestive symptoms:** Nausea, vomiting, abdominal pain, and diarrhea.
- **Respiratory difficulties:** Shortness of breath, wheezing, and coughing.
- **Angioedema:** Swelling in the lips, tongue, or throat.
- **Anaphylaxis:** A severe, life-threatening reaction that can cause loss of consciousness, rapid heart rate, and respiratory failure. Immediate medical attention is essential.

## 6. Conclusion

Hazelnuts are recognized for their remarkable nutritional profile and associated health benefits. Our study has explored the potential advantages of hazelnuts for heart health, weight management, diabetes control, and overall metabolic support. Rich in antioxidants, healthy fats, vitamins, and minerals, hazelnuts offer a wide range of health benefits.

Evidence suggests that regular hazelnut consumption may help reduce the risk of cardiovascular diseases, support metabolic functions, and lower inflammation and oxidative stress. The presence of vitamin E, magnesium, and other essential nutrients in hazelnuts contributes to overall health and immune function.

To maximize the benefits of hazelnuts, adhere to the following guidelines:

- Daily consumption amount:** For optimal health benefits, aim to consume approximately 30 grams of hazelnuts daily. This portion size helps achieve the nutritional advantages while managing calorie intake.
- Inclusion in diet:** Incorporate hazelnuts into a balanced diet, complementing them with other nutrient-rich foods. Combining hazelnuts with proteins, fiber, and healthy fats can enhance their health benefits.
- Types and processing of hazelnuts:** Choose natural, unprocessed hazelnuts and avoid those that are salted or sweetened. Further research on specific dietary applications and conditions that benefit from hazelnut consumption is advisable.

- iv. **Education and awareness:** Promote awareness of the health benefits of hazelnuts through educational initiatives to encourage more people to include them in their diets appropriately.

## 7. References

Akcan, B., ÖREM, A., Kural, B., YUCESAN, F., & ÖREM, C. (2023). Hazelnut-enriched diet effectively increases lipoproteins' resistance to oxidation in hypercholesterolemic subjects. *Food and Health*, 9(3). <https://doi.org/10.3153/FH22016>

Alasalvar, C. and Shahidi, F. (2021). Hazelnut and its bioactive components: An overview of health benefits. *Journal of Functional Foods*, 83, 104553. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104553>

Alasalvar, C., Amaral, J. S., Satır, G. and Shahidi, F. (2009). Lipid characteristics and essential minerals of native Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Food Chemistry*, 113(4), 919-925. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.019>

Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, C. M. and Ohshima, T. (2003). Turkish tumbul hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), 3790–3796. <https://doi.org/10.1021/jf0212457>

Balakrishna, R., Bjørnerud, T., Bemanian, M., Aune, D., & Fadnes, L. T. (2022). Consumption of nuts and seeds and health outcomes including cardiovascular disease, diabetes and metabolic disease, cancer, and mortality: an umbrella review. *Advances in Nutrition*, 13(6), 2136-2148. <https://doi.org/10.1093/advances/nmac056>

Bener, M., Sen, F. B., Onem, A. N., Bekdeser, B., Celik, S. E., Lalikoglu, M. Et. al. (2022). Microwave-assisted extraction of antioxidant compounds from by-products of Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.) using natural deep eutectic solvents: Modeling, optimization and phenolic characterization. *Food Chemistry*, 385, 132633. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132633>

Bodoira, R. M. and Maestri, D. M. (2020). Phenolic compounds from nuts: Extraction, chemical profiles, and bioactivity. *Journal of*

In summary, hazelnuts are a valuable addition to a balanced diet, offering substantial health benefits when consumed thoughtfully. Adhering to these recommendations can help individuals fully realize the advantages of incorporating hazelnuts into their daily nutrition.

*Agricultural and Food Chemistry*, 68(4), 927-942. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07160>

Borres, M. P., Sato, S., & Ebisawa, M. (2022). Recent advances in diagnosing and managing nut allergies with focus on hazelnuts, walnuts, and cashew nuts. *World Allergy Organization Journal*, 15(4), 100641. <https://doi.org/10.1016/j.waojou.2022.100641>

Brown, R., Ware, L. and Tey, S. L. (2022). Effects of hazelnut consumption on cardiometabolic risk factors and acceptance: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2880. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052880>

Brown, R., Ware, L., & Tey, S. L. (2022). Effects of hazelnut consumption on cardiometabolic risk factors and acceptance: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2880. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052880>

Ceballos, M. F., Enríquez, A. F., Freire, C. E. and Giambanelli, E. F. (2021). Flavanol content and antioxidant activity of hazelnuts from different geographical regions. *Antioxidants*, 10(2), 290. <https://doi.org/10.3390/antiox10020290>

Ceylan, F. D., Adrar, N., Bolling, B. W., & Capanoglu, E. (2023). Valorisation of hazelnut by-products: current applications and future potential. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 39(2), 586-621. <https://doi.org/10.1080/02648725.2023.2225289>

Ceylan, F. D., Yılmaz, H., Adrar, N., Günel Köroğlu, D., Gultekin Subasi, B., & Capanoglu, E. (2022). Interactions between hazelnut (*Corylus avellana* L.) protein and phenolics and in vitro gastrointestinal digestibility. *Separations*, 9(12), 406. <https://doi.org/10.3390/separations9120406>

- Chen, C., Sang, Z., Xie, Q., & Xue, W. (2023). Effects of hazelnut protein isolate-induced food allergy on the gut microenvironment in a BALB/c mouse model. *Food & Function*, 14(19), 8761-8774. <https://doi.org/10.1039/d3fo01255a>
- Cui, N., Zhao, T., Han, Z., Yang, Z., Wang, G., Ma, Q. and Liang, L. (2022). Characterisation of oil oxidation, fatty acid, carotenoid, squalene and tocopherol components of hazelnut oils obtained from three varieties undergoing oxidation. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(6), 3456-3466. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15669>
- Damavandi, R., Eghtesadi, S., Shidfar, F., Heydari, I. and Foroushani, A. (2012). Effects of hazelnut consumption on fasting blood sugar, total antioxidant capacity, hs-CRP, and paraoxonase-1 activity in patients with type 2 diabetes. *Razi Journal of Medical Sciences*, 19(1), 40–50.
- Damavandi, R., Eghtesadi, S., Shidfar, F., Heydari, I. and Foroushani, A. (2013). Effects of hazelnuts consumption on fasting blood sugar and lipoproteins in patients with type 2 diabetes. *Journal of Research in Medical Sciences: The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 18(4), 314–321.
- D'Anci, K. E., Venter, S. T. and Sherman, T. L. (2006). High-fat and high-carbohydrate diets affect body weight and cardiovascular risk factors in hazelnut-fed rats. *Journal of Nutrition*, 136(2), 274-280. <https://doi.org/10.1093/jn/136.2.274>
- Demirci Ercoşkun, T. (2009). Bazı işlenmiş fındık ürünlerinin raf ömrü üzerine araştırmalar [Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı]. Ankara Üniversitesi.
- Di Nunzio, M. (2019). Hazelnuts as source of bioactive compounds and health value underestimated food. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 7(1), 17-28. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.7.1.03>
- Erdal, H., Arslan, M. and Yıldız, M. (2021). Hazelnut-derived bioactive compounds: Effects on cardiovascular health. *European Journal of Clinical Nutrition*, 75(5), 789-797. <https://doi.org/10.1038/s41430-020-00742-x>
- Eslami, O., Khorramrouz, F., Sohoulı, M., Bagheri, N., Shidfar, F., & Fernandez, M. L. (2022). Effect of nuts on components of metabolic syndrome in healthy adults with overweight/obesity: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 32(11), 2459-2469. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2022.07.011>
- Evrard, C., Tardy, S. and Lemoine, A. (2020). New insights into the industrial processing and bioactivity of hazelnut by-products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(1), e14889. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14889>
- Fang, L., Ren, D., Wang, Z., Liu, C., Wang, J. and Min, W. (2019). Protective role of hazelnut peptides on oxidative stress injury in human umbilical vein endothelial cells. *Journal of Food Biochemistry*, 43(3), e12722.
- Feldman, C. and Anderson, J. R. (2015). Effects of hazelnut consumption on lipid profiles and anthropometric measures: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 26(12), 1409-1417. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2015.06.011>
- Fernández-Rodríguez, R., Martínez-Vizcaíno, V., Garrido-Miguel, M., Martínez-Ortega, I. A., Álvarez-Bueno, C., & Eumann Mesas, A. (2022). Nut consumption, body weight, and adiposity in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition Reviews*, 80(4), 645-655. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuab032>
- Franco Estrada, Y. M., Caldas, A. P. S., da Silva, A., & Bressan, J. (2022). Effects of acute and chronic nuts consumption on energy metabolism: A systematic review of randomised clinical trials. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 73(3), 296-306. <https://doi.org/10.1080/09637486.2022.2065924>
- Gaikwad, N. J., Narayan, P. and Chavan, J. K. (2016). Hazelnut and its functional components: Recent advances. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(6), 1478-1487. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13105>

- Giannetti, A., Ruggi, A., Ricci, G., Gianni, G., & Caffarelli, C. (2023). Natural history of hazelnut allergy and current approach to its diagnosis and treatment. *Children*, 10(3), 585. <https://doi.org/10.3390/children10030585>
- Glei, M., Fischer, S., Lamberty, J., Ludwig, D., Lorkowski, S. and Schlormann, W. (2018). Chemopreventive potential of in vitro fermented raw and roasted hazelnuts in LT97 colon adenoma cells. *Anticancer Research*, 38(1), 83-93. <https://doi.org/10.21873/anticancer.12195>
- Gorji, N., Moeini, R. and Memariani, Z. (2018). Almond, hazelnut and walnut, three nuts for neuroprotection in Alzheimer's disease: A neuropharmacological review of their bioactive constituents. *Pharmacological Research*, 129, 115-127. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2017.12.003>
- Guiné, R. P. F. and Correia, P. M. R. (2020). Hazelnut: A valuable resource. *International Journal of Food Engineering*, 6(2), 67-71. <https://doi.org/10.18178/ijfe.6.2.67-72>
- Hannan, M. A., Hossain, A. F., and Siddiqui, M. N. (2020). Hazelnut dietary fiber and its effect on gastrointestinal health: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 57(4), 1093-1101. <https://doi.org/10.1007/s11483-020-09618-0>
- Ilikkan, H., Ercoşkun, H., Vural, H., and Şahin, E. (2009). The effect of addition of hazelnut oil on some quality characteristics of Turkish fermented sausage (sucuk). *Journal of Muscle Foods*, 20(1), 117–127. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2008.00137.x>
- Jakopic, J., Stibilj, V., and Gligora, K. (2018). Nutritional properties of hazelnuts: Evaluation of minerals, proteins, and fatty acids. *International Journal of Food Properties*, 21(6), 1231-1244. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1470144>
- Kamiloglu, S., and Sari, E. (2020). The effect of roasting on antioxidant properties and phenolic compounds of hazelnuts. *Antioxidants*, 9(6), 475. <https://doi.org/10.3390/antiox9060475>
- Karaosmanoğlu, H. (2022). Lipid characteristics, bioactive properties, and mineral content in hazelnut grown under different cultivation systems. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(7), e16717. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16717>
- Köksal, A. İ., Artik, N., Şimşek, A., and Güneş, N. (2006). Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, 99(3), 509–515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.021>
- Lanza, M., Pezzarossa, B., and Santoro, R. (2014). Effects of hazelnut consumption on the glycemic index and the antioxidant status of patients with metabolic syndrome: A randomized controlled trial. *Food and Function*, 5(9), 2311–2319. <https://doi.org/10.1039/C4FO00019D>
- Liu, H., Wang, W., Li, Y., Xu, Y., Chen, X., Zhang, Y., and Jiang, Z. (2021). Characterization and evaluation of antioxidant activity of hazelnut protein hydrolysates. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(10), 5271-5278. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15450>
- Luvián-Morales, J., Varela-Castillo, F. O., Flores-Cisneros, L., Cetina-Pérez, L., & Castro-Eguiluz, D. (2022). Functional foods modulating inflammation and metabolism in chronic diseases: a systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(16), 4371-4392. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1930219>
- Maioli, E., Piccinelli, A. L., and Nicoletti, M. (2018). Phenolic compounds from hazelnut (*Corylus avellana*) and their impact on human health. *Antioxidants*, 7(3), 62. <https://doi.org/10.3390/antiox7030062>
- Mandalari, G., Gervasi, T., Rosenberg, D. W., Lapsley, K. G., & Baer, D. J. (2023). Effect of nuts on gastrointestinal health. *Nutrients*, 15(7), 1733. <https://doi.org/10.3390/nu15071733>
- Mehmet, A., Çetin, F., and Dündar, H. (2020). Antioxidant activity of hazelnut (*Corylus avellana* L.) extracts and their potential use in food preservation. *Food Control*, 112, 107131. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107131>
- Mishra, K., and Tripathi, M. (2016). Comparative study of physicochemical and antioxidant properties of hazelnut (*Corylus avellana*) oils. *Food Chemistry*, 194, 863-871. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.039>

- Nair, M., Sankar, D. G., and Krishna, P. (2014). Optimization of extraction conditions and antioxidant activity of hazelnut oil. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 3945-3951. <https://doi.org/10.1007/s11483-012-0350-4>
- Nawaz, A., and Khalifa, I. (2022). Bioactive phytochemicals from hazelnut (*Corylus*) oil-processing by-products. In M. F. Ramadan Hassanien (Ed.), *Bioactive Phytochemicals from Vegetable Oil and Oilseed Processing By-products* (ss. 1-20). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-63961-7\\_26-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63961-7_26-1)
- Nijssen, K. M., Mensink, R. P., Plat, J., & Joris, P. J. (2023). Longer-term mixed nut consumption improves brain vascular function and memory: A randomized, controlled crossover trial in older adults. *Clinical Nutrition*, 42(7), 1067-1075. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.11.017>
- Nishi, S. K., Sala-Vila, A., Julvez, J., Sabaté, J., & Ros, E. (2023). Impact of nut consumption on cognition across the lifespan. *Nutrients*, 15(4), 1000. <https://doi.org/10.3390/nu15041000>
- Pascual, C., Pérez, D., Fernández, E., and Reyes, M. (2011). Hazelnuts in the diet: Impact on antioxidant status and lipid metabolism. *Journal of Nutrition*, 141(6), 1200-1207. <https://doi.org/10.3945/jn.110.134079>
- Pelvan, E., Alasalvar, C., and Uzman, S. (2012). Effects of roasting on the antioxidant status and phenolic profiles of commercial Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(5), 1322-1331. <https://doi.org/10.1021/jf204386y>
- Picci, N., and Bartolommeo, G. (2017). Hazelnut and hazelnut products: Evaluation of the nutritional and health benefits. In A. García-Moreno (Ed.), *Functional Foods: Concept to Product* (ss. 113-138). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351004578-9>
- Polat, Y., Çelik, F., & Kafkas, E. (2023). The Importance of Fatty Acids in Nuts in terms of Human Health. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2), 313-338.
- Puscas, A., and Berton, M. (2021). The impact of different roasting methods on the phenolic profile of hazelnuts (*Corylus avellana L.*) and their antioxidant properties. *Food Research International*, 139, 109865. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109865>
- Renzo, L. Di, Cioccoloni, G., Bernardini, S., Abenavoli, L., Aiello, V., Marchetti, M., Cammarano, A., Alipourfard, I., Ceravolo, I., and Gratteri, S. (2019). A hazelnut-enriched diet modulates oxidative stress and inflammation gene expression without weight gain. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2019/4683723>
- Romero, M. A., Bafundo, A. A., and Figueroa, M. A. (2020). Hazelnut oil supplementation and its effects on lipid profile and markers of inflammation: A randomized controlled trial. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 80, 108338. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2020.108338>
- Sánchez-Gómez, J. R., Moreno, J. J., and Martínez, J. (2019). Hazelnut consumption and its association with reduction in cardiovascular risk factors: A meta-analysis. *Nutrients*, 11(8), 1857. <https://doi.org/10.3390/nu11081857>
- Sang, S., Guo, Y., and Lee, S. O. (2017). The evaluation of antioxidant, anti-inflammatory, and anticancer activities of hazelnut kernel extracts. *Food Chemistry*, 214, 297-305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.087>
- Schmitzer, V., Slatnar, A., Veberic, R., Stampar, F., and Solar, A. (2011). Roasting affects phenolic composition and antioxidative activity of hazelnuts (*Corylus avellana L.*). *Journal of Food Science*, 76(1), S14-S19. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01898.x>
- Selli, S., Guclu, G., Sevindik, O., & Kelebek, H. (2022). Biochemistry, antioxidant, and antimicrobial properties of hazelnut (*Corylus avellana L.*) oil. In *Multiple biological activities of unconventional seed oils* (pp. 397-412). Academic Press.
- Sen, D., and Kahveci, D. (2020). Production of a protein concentrate from hazelnut meal obtained as a hazelnut oil industry by-product and its application in a functional beverage. *Waste and Biomass Valorization*, 11(10), 5099-5107. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-00948-z>

- Şahin, S., Tonkaz, T., & Yarılgaç, T. (2022). Chemical composition, antioxidant capacity and total phenolic content of hazelnuts grown in different countries. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 262-270. <https://doi.org/10.16930/tekderg.973498>
- Şeker, M. E. (2023). Elemental analysis and health risk assessment of different hazelnut varieties (*Corylus avellana L.*) collected from Giresun-Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 122, 105475. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105475>
- Toker, G., Akin, M., and Kucukcetin, S. (2008). Determination of the phenolic content and antioxidant activity of Turkish hazelnut cultivars. *Acta Horticulturae*, 783, 103–108. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.783.14>
- Wani, I. A., Ayoub, A., Bhat, N. A., Dar, A. H., and Gull, A. (2020). Hazelnut. In G. A. Nayik & A. Gull (Eds.), *Antioxidants in Vegetables and Nuts - Properties and Health Benefits* (ss. 379-391). Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-7470-2\\_29](https://doi.org/10.1007/978-981-15-7470-2_29)
- Wu, W., Niu, B., Peng, L., Chen, Q., Chen, H., Chen, H., ... & Gao, H. (2023). Recent advances on the effect of nut consumption on cognitive improvement. *Food Frontiers*, 4(4), 1737-1746. <https://doi.org/10.1002/fft2.174>
- Yılmaz, M. A., Dönmez, M. F., and Taşkın, A. (2013). Comparison of the effect of Turkish hazelnut and other nut varieties on cardiovascular risk factors. *Journal of Food Science*, 78(7), 1166–1173. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12102>
- Yi, S. Y., Steffen, L. M., Zhou, X., Shikany, J. M., & Jacobs Jr, D. R. (2022). Association of nut consumption with CVD risk factors in young to middle-aged adults: The Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 32(10), 2321-2329. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2022.06.013>
- Zhang, R., Peng, X., Wang, X., Liu, W., and Zhao, L. (2019). Influence of hazelnut consumption on oxidative stress and inflammation in patients with hyperlipidemia: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 11(5), 1043. <https://doi.org/10.3390/nu11051043>
- Zhang, Y., Hu, X., and Zheng, M. (2023). Hazelnut (*Corylus avellana*) by-products: Functional properties and applications in food science. *Journal of Food Science and Technology*, 60(4), 2130-2140. <https://doi.org/10.1007/s11483-023-06236-5>
- Zhao, J., Wang, X., Lin, H., & Lin, Z. (2023). Hazelnut and its by-products: A comprehensive review of nutrition, phytochemical profile, extraction, bioactivities and applications. *Food Chemistry*, 413, 135576. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135576>
- Zibaenezhad, M. J., & Elyaspour, Z. (2022). Effects of nut consumption on cardiovascular risk factors and coronary heart diseases. *Functional Foods in Health and Disease*, 12(11), 639-665. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v12i11.887>

## Derleme Makale/Review Paper

### Glutensiz beslenmede alternatif bitkisel gıdalar

### Alternative plant foods in gluten-free nutrition

Ayşenur Arslan<sup>1</sup> , Erkan Yalçın<sup>1\*</sup>  

<sup>1</sup> Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, BOLU, TÜRKİYE

(Yazar sıralamasına göre/By author order)

ORCID ID: 0000-0003-1658-746X, Dr.

ORCID ID: 0000-0002-7417-9088, Prof. Dr.

\*Sorumlu yazar/Corresponding author: [yalcin\\_e@ibu.edu.tr](mailto:yalcin_e@ibu.edu.tr)

Geliş Tarihi : 03.03.2025

Kabul Tarihi : 20.01.2026

## Öz

**Amaç:** Yaşam tarzı, genetik çeşitlilikteki azalma, karbondioksit salınımındaki artış ile meydana gelen iklim değişikliği ve beslenme yetersizliğinin, gıda alerjileri ve intoleranslarında artışa sebep olduğu bildirilmiştir. Bunlardan biri olan çölyak hastalığı, ince bağırsak kaynaklı otoimmün enteropatidir. Çölyak hastalığında, gluten proteini, ince bağırsak mukozasında hasar meydana getirerek işlevselliğine zarar vermektedir. Çölyak hastalığının tek tedavi yöntemi hayat boyu glutensiz beslenmedir. Genellikle mısır ve pirinç tahıllarından hazırlanan glutensiz ürünleri tüketen çölyak hastalarının beslenmesinde; mineral, vitamin, besinsel lif ve protein eksikliği gözlenir. Bu derleme çalışmasının amacı; glutensiz beslenmede önerilen diğer bitkisel kaynaklar olan pseudo-tahıllar (karabuğday, kinoa, amarant) ve minör tahılların (millet (darı), sorgum, çiya ve tef) bazı besinsel özelliklerine ve çölyak hastalığının bilimsel temellerine değinmektir.

**Sonuç:** Pseudo-tahıllar ve minör tahıllara olan ilgi, alternatif protein kaynakları olmaları sebebiyle son yıllarda artmıştır. Pseudo-tahıllar ve minör tahıllar glutensiz olmaları sebebiyle çölyak hastaları ve gluten hassasiyeti olan bireylerin tüketimi için önerilebilir. Pseudo-tahıllar önemli protein, mineral, vitamin ve besinsel lif kaynaklarıdır. Pseudo-tahıl proteinlerinin biyolojik değeri tahıllardan daha yüksektir. Bu derleme çalışmasında, glutensiz beslenmede alternatif bitkisel gıdalar olan pseudo-tahıllar ve minör tahılların besinsel özellikleri incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** glutensiz beslenme, çölyak hastalığı, pseudo-tahıllar, minör tahıllar

## Abstract

**Objective:** Life style, decreasing of genetic biodiversity, increasing of carbon dioxide emission resulted to climate change and malnutrition cause increase in food allergenicity and intolerances. One of them is celiac disease which is an autoimmune enteropathy occurring in small intestine. In celiac disease, gluten causes damage on the mucosal layer of small intestine and destroys its function. Life-long gluten-free nutrition is the only solution for celiac disease. Celiac patients usually consume gluten-free foods prepared from corn and rice cereals. However it is observed that they are confronted with mineral, vitamin, dietary fibre and protein deficiencies in their nutrition. The purpose of this study was to review the nutritional properties of pseudocereals (buckwheat, quinoa, amaranth) and minor cereals (millet, sorghum, chia and teff) as additional recommended plant sources in gluten-free nutrition and to mention about scientific basis of celiac disease.

**Conclusion:** Pseudocereals and minor cereals are recently gaining more attention due to be alternative protein sources. Pseudocereals and minor cereals can be recommended to people suffering from celiac disease and gluten sensitivity for consuming due to their gluten-free characters. Pseudocereals are important sources of

protein, mineral, vitamin and dietary fibre. Biological value of pseudocereal proteins is higher than cereals. In this review, the nutritional properties of pseudocereals and minor cereals as alternative plant foods in a gluten-free diet were evaluated.

**Keywords:** gluten-free nutrition, celiac disease, pseudocereals, minor cereals

## 1. Giriş

Pseudo-tahıllar, botanik açıdan, monokotiledon tahılların (buğday, çavdar, arpa, yulaf, pirinç, mısır, tritikale, sorgum, millet) aksine dikotiledon bitki tohumlarıdır. Yapısal kısımları (kavuz, kepek, endosperm, embriyo), yüksek miktarda nişasta içermeleri ve diğer kimyasal kompozisyonları ile tahıllara benzerler. Bundan dolayı, "tahıl benzeri bitki tohumları" anlamına gelen "pseudo-tahıl" olarak adlandırılmıştır. Günümüzde tarımı yapılan pseudo-tahıllar, karabuğday, kinoa ve amaranttır. Bazı kaynaklarda, birer tahıl olan sorgum ve millet ve ayrıca tef (teff) ve çiya (chia) bitki tohumları da pseudo-tahıl olarak gösterilmiş olmakla birlikte, tarımı daha az yapıldığından daha çok "minör tahıllar" olarak tanımlanmışlardır. Her iki grubun besinsel özellikleri normal tahıllara göre bazı farklılıklar gösterir. Pseudo-tahıllar nişasta, protein, besinsel lif ve doymamış yağlar bakımından zengindirler. Ayrıca, mineraller ve vitaminler gibi önemli mikro besin öğelerini de yeterli seviyede içerirler. Pseudo-tahıllar fitosteroller, skualen ve polifenolik bileşikler gibi diğer biyoaktif bileşiklere de sahiptirler. Pseudo-tahıllar ve minör tahıllar glutensiz olmaları sebebiyle çölyak hastaları, gluten hassasiyeti, ve/veya gluten alerjisi olan bireyler için önemli bitkisel gıda alternatifleridir. Ayrıca, günümüzde fonksiyonel gıdalara olan talebin artmasından dolayı da önemleri daha fazla anlaşılmıştır (Krasina vd., 2021; Caeiro vd., 2022; Gazza ve Nocente, 2023; Nandan vd., 2024).

## 2. Çölyak hastalığı

Buğdayın depo proteinine gluten denir. Gluten proteini, glutenin ve gliadin proteinlerinden meydana gelir. Buğday, çavdar ve arpa tahıllarının başlıca proteinleri olan prolamin tip proteinler (sırasıyla gliadin, sekalin, hordein) çölyak hastalığına sebep olan toksik proteinlerdir ve kısaca "gluten" olarak adlandırılırlar. Gluten ile ilişkili rahatsızlıkların üç şekilde görüldüğü bildirilmiştir (Melini ve Melini, 2019; Monteiro vd., 2021):

- I. Gluten alerjisi (buğday alerjisi),
- II. Gluten hassasiyeti/duyarlılığı (bağışıklık aracılığıyla, örneğin dermatitis herpetiformis),

- III. Otoimmün bozukluklar (çölyak hastalığı, gluten ataksiya).

Çölyak hastalığı, gluten proteininin, genetik olarak yatkın bireylerin ince bağırsak mukozasını tahriş etmesiyle ortaya çıkan bir otoimmün enteropatidir. Glutene anormal bağışıklık reaksiyonunun gösterilmesinden kaynaklanan ve ince bağırsak villöz atrofisine ve bağırsak işlevlerinin zayıflamasına yol açan bir otoimmün rahatsızlık olduğu bildirilmiştir. Gluten, yüksek prolin içeriğinden dolayı gastrointestinal sistemdeki proteolitik hidrolize karşı oldukça dirençlidir. Çünkü gastrik ve pankreatik enzimlerin, gluten proteinindeki prolin (L-Pro) amino asitinden sonra gelen peptit bağına hidroliz ile parçalama aktivitesinin olmadığı bildirilmiş, dolayısıyla çölyak hastalarının ince bağırsağında kısa peptitler halinde kaldığı belirtilmiştir (Mooney vd., 2013; Theethira vd., 2015).

Dünya nüfusunun %1-1,5'inde görülen çölyak hastalığının tek tedavisi ömür boyu glutensiz beslenmektir. Glutensiz beslenme sonucunda semptomların, serolojik ve histolojik durumlarının azaldığı, büyüme ve gelişmenin normale döndüğü belirtilmiştir (Vici vd., 2016; Bascuñán vd., 2017).

Glutensiz gıdalarda, gluten miktarı toplamda 20 mg/kg (ppm)'i aşmaması gerektiği beyan edilmiştir. Dünya genelinde glutensiz etiketleme konusunda özel düzenlemelerin bulunduğu bildirilmiştir. Birçoğu Codex Alimentarius Standardı 118-1979'a dayanmakta olup, gluten çapraz kontaminasyonunu önlemek için iyi üretim uygulamalarının izlenmesi gerektiği tavsiye edilmiştir. Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada, Codex'in glutensiz beslenme limitine (20 ppm) uymaktadır. Arjantin'de bu sınır değer 10 ppm'dir. Avustralya ve Yeni Zelanda'da mevzuat daha katıdır ve gıdaların "glutensiz" kabul edilmesi için, gluten içermemesi gerektiği belirtilmiştir (Monteiro vd., 2021; Sofi vd., 2022).

## 3. Pseudo-tahıllar

### 3.1. Amarant

Amarant, yaklaşık 70 bitki türünü içeren *Amaranthaceae* familyasının bir üyesidir. Amarantın gluten içermemesi, gluten intoleransı olan bireyler için, onu önemli bir kaynak haline getirmiştir. Amarantın kimyasal bileşimi çeşit,

iklim, toprak özellikleri ve gübreleme yöntemine göre değiştiği bildirilmiştir. Amaran, yıllık veya kısa ömürlü çok yıllık bitki olarak bilinmektedir. *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus* ve *Amaranthus caudatus* sırasıyla Guetemala, Meksika ve Peru ve diğer Güney Amerika ülkelerinde (And Dağları Bölgesi) gıda olarak tüketim amaçlı en çok yetiştirilen türler olduğu belirtilmiştir (Venskutonis ve Kraujalis, 2013; Baraniak ve Kania-Dobrowolska, 2022).

Amarantın besinsel değerinin diğer tahıllara göre üstünlüğü; zengin doymamış yağ asiti (palmitik, oleik, linoleik asit) kompozisyonuna sahip ham yağ miktarından (%4,8-8,1) ve FAO/WHO standartlarından daha iyi bir esansiyel amino asit bileşimine sahip yüksek protein (%12,5-16,0) içeriğinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Amaran ham yağının, karabuğday ve mısır özü ham yağlarına tıpa tıp benzediği ve oksidasyona oldukça dayanıklı olduğu açıklanmıştır. Amaranın tohum ve yapraklarında, skualen, vitaminler (özellikle B grubu) ve minerallerin oldukça zengin olduğu rapor edilmiştir. Amaran ham yağındaki skualen içeriğinin %3,6-6,1 arasında değiştiği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir. Ayrıca, lizin (L-Lys) esansiyel amino asitini iki kat, kalsiyum ve demir miktarını 5-20 kat daha fazla içermesi ile yüksek besleyici değere sahiptir. Amaran tohumundaki nişasta miktarı %65-75, sindirilebilir karbonhidrat miktarı ise %63,86 olarak bildirilmiştir. Amaranın besinsel lif miktarı %2-8 arasında değiştiği açıklanmıştır. Besinsel lif, vitamin ve mineral miktarında olduğu gibi kepekte daha fazla yoğunlaşmıştır. Çözünmeyen besinsel lifinin (lignin, selüloz ve hemiselüloz) sindirim sistemi üzerinde yararlı bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Amaran proteinlerinin %65'i embriyo ve tohum kabuğunda, %35'i ise nişasta bakımından zengin perisperm tabakasında bulunduğu ifade edilmiştir. Osborne sınıflandırmasına göre amaran proteinlerinin önemli bir kısmının albumin ve globulin tip proteinlerden meydana geldiği belirtilmiştir. Amaranın amino asit kompozisyonunun, tahıllardan daha çok baklagillere benzediği rapor edilmiştir. Ayrıca, amaranatta, hem bebekler hem de çocuklar için esansiyel olan arjinin (L-Arg) ve histidin (L-His) amino asitlerinin miktarının yüksek olduğu ifade edilmiştir (Venskutonis ve Kraujalis, 2013; Mir vd., 2018; Baraniak ve Kania-Dobrowolska, 2022; Nandan vd., 2024).

### 3.2. Kinoa

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) *Chenopodiaceae* familyasından olup, orijini Güney Amerika'nın And Dağları Bölgesi'dir. İklim ve toprak koşullarına olağanüstü adaptasyonu sayesinde oldukça popüler olmuştur. Özellikle yüksek miktarda B grubu vitamin içermesi sebebiyle Kuzey Avrupa'da önemi anlaşılmış ve tarımının genişletildiği bildirilmiştir. Kinoa tohumlarının (1,8-2,2 mm) yüksek miktarda protein (%11,3-18,9), ham yağ (%4,0-7,09), besinsel lif (%12,71-18,59) ve kül içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Hälvin vd., 2014; Graf vd., 2015; Mu vd., 2023).

Kinoadaki protein içeriğinin, mısır, arpa, çavdar tahıllarına göre daha yüksek, buğday tahılı ile benzer olduğu bildirilmiştir. Kinoa proteinleri embriyoda yoğunlaşmıştır. Albumin ve globulinler kinoada bulunan başlıca protein gruplarıdır. Proteinin dengeli bir amino asit kompozisyonuna sahip olduğu ve genellikle kazein proteinine benzediği belirtilmiştir. Kinoa, lizin (%5,1-6,4), metyonin (L-Met), sistein (L-Cys), arjinin ve histidin amino asitleri bakımından zengindir. Kinoa proteininin sindirilirliğinin (%84,3), kazein proteinine (%88,9) benzer veya biraz düşük bulunduğu belirtilmiştir (Scanlin ve Lewis, 2017; Mir vd., 2018).

Kinoada nişasta miktarının %53,2-73,4 arasında değiştiği bildirilmiştir. Kinoa nişastasının amiloz içeriğinin %3,5-22,5 arasında olduğu rapor edilmiştir. Amilopektin oranının yüksek olmasından dolayı yüksek su bağlama kapasitesi, şişme gücü, enzim hidrolizine duyarlılık ve yüksek donma-erime ve retrogradasyon mukavemeti gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca, kinoa nişastası, tahıl nişastalarına göre daha düşük jelatinizasyon sıcaklığına ve yüksek çirilenme pik viskozitesine sahip olduğu belirtilmiştir (Li vd., 2016; Wu vd., 2017; Mu vd., 2023).

Kinoanın ham yağ miktarının (%5,2-9,7) mısırdan (%4,7) daha yüksek, soyadan (%18,9) daha düşük olduğu belirtilmiştir. Ham yağ ağırlıklı olarak embriyoda yoğunlaşmıştır. Çoklu doymamış yağ asitleri (linoleik, linolenik) ve oleik asit bakımından zengindir. Kinoanın, yüksek miktarda bir omega-3 yağ asiti olan  $\alpha$ -linolenik asit (ALA, %3,8-8,3) içerdiği bildirilmiştir. Birçok kronik hastalığa (kardiyolojik rahatsızlıklar, kanser,

osteoporoz, bağışıklık ve yangılı iltihaplanma) sebep olan belirli biyolojik moleküllerin miktarının azaltılmasında  $\alpha$ -linolenik asitin önemli role sahip olduğu ifade edilmiştir (Valcarcel-Yamani ve Lannes, 2012; Nandan vd., 2024).

Kinoa kalsiyum, magnezyum, demir ve fosfor bakımından zengindir. Tahıllara göre yüksek miktarda C ve E vitamini içerir. Özellikle  $\gamma$ -tokoferol açısından oldukça iyi bir kaynaktır.  $\gamma$ -tokoferol bileşenleri, kanser önleyici ve iltihap söktürücü özelliklere sahip olduğundan biyolojik öneminin bulunduğu bildirilmiştir. Ayrıca, kinoa tohumları flavanoidler açısından da zengindir. Antioksidan aktiviteye sahip olan başlıca flavanoidlerin; kaempferol ve kuersetin glikozitler olduğu belirtilmiştir (Valcarcel-Yamani ve Lannes, 2012; Mu vd., 2023). Bir çalışmada, günlük beslenmeye kinoanın eklenmesinin kolesterol seviyesinde önemli bir azalma sağladığı açıklanmıştır (Mithila ve Khanum, 2015).

Kinoanın geleneksel gıdalardan çorba, pilav, hamur işi ve ka'usa veya chicha adı verilen fermente edilmiş içeceklerde kullanıldığı beyan edilmiştir. Kinoa yapraklarının da salata ve çeşitli yemeklerle tüketilebileceği söylenmiştir. Yem ve geleneksel tıp gibi gıda dışı kullanımlarının da bulunduğu belirtilmiştir. Kinoa tüketiminin; glutensiz ve yüksek protein kalitesine sahip olması, biyoçeşitliliğinin (kırmızı, beyaz, siyah kinoa) ve farklı gıdalarda kullanılabilirliğinin bulunması bakımından arttığı açıklanmıştır (Scanlin ve Lewis, 2017; Nandan vd., 2024).

### 3.3. Karabuğday

Karabuğday, *Polygonaceae* familyasındandır, glutensiz olması, beslenmeyi ve sağlığı geliştirici eşsiz kimyasal kompozisyona sahip olması bakımından önemli bir pseudo-tahıldır. Karabuğday, Asya, Avrupa ve Amerika kıtalarında geniş çapta yetiştirilmektedir, ancak menşei güney Çin'in dağlık illeridir. Yaygın karabuğday (common buckwheat: *Fagopyrum esculentum* Moench) ve tartar karabuğdayı (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn) dünyada en çok yetiştirilen ve tüketilen karabuğday türleridir. Karabuğday, protein, nişasta, antioksidan bileşik, besinsel lif ve eser elementler bakımından zengin bir üründür. Besinsel öneme sahip mineralleri (Zn, Cu, Fe, Mn, Se, K, Na, Ca ve Mg) pirinç, sorgum ve mısır gibi tahıllara kıyasla daha fazla içerdiği belirtilmiştir.

Ayrıca, karabuğdayın B grubu vitaminler bakımından zengin olduğu bildirilmiştir. Karabuğday proteinlerinin, dengeli amino asit kompozisyonuna ve yüksek biyolojik değere sahip olduğu çeşitli araştırmalarda açıklanmıştır (Nepali vd., 2019; Huda vd., 2021; Nandan vd., 2024).

Karabuğdayın protein miktarının çeşidine göre %8,51-18,87 arasında değiştiği bildirilmiştir. Karabuğday proteinleri ekmeçlik buğday proteinleri ile kıyaslandığında glutamin (L-Gln) ve prolin amino asitleri hariç bütün amino asitleri yüksek veya benzer miktarda içerdiği belirtilmiştir. Özellikle ekmeçlik buğdayda sınırlı miktarda bulunan lisin amino asiti, karabuğdayda 2,5 kat daha fazladır. Karabuğday, çölyak hastaları için toksik etkili prolamin proteinlerini çok az miktarda (3,8-5,2 mg/100 g) içerdiğinden glutensiz bir üründür. Tam karabuğday unundan elde edilen ürünlerdeki prolamin proteini miktarının, glutensiz ürünler için izin verilen miktarın altında olduğu tespit edilmiştir (Tang vd., 2009).

Karabuğdayın toplam karbonhidrat miktarının %67-70 arasında olduğu, bunun da %54,5'unun nişasta olduğu bildirilmiştir. Karabuğday nişastası, mısır ve buğday nişastası ile kıyaslandığında, yüksek amiloz içeriğine, yüksek su bağlama kapasitesine ve pik viskozitesine sahiptir. Ayrıca, karabuğday nişastasının tahıl nişastalarına göre daha yavaş sindirildiği belirtilmiştir (Mariotti vd., 2008; Pirzadah vd., 2019).

Karabuğdayın ham yağ miktarı %1,5-3,7 arasında değişmektedir. Karabuğdayda bulunan ham yağ embriyoda yoğunlaşmıştır ve öğütme sonucunda kepeğin ham yağ bakımından en zengin kısım olduğu bildirilmiştir. Karabuğdayın; rutin, orientin, viteksin, kuersetin, izoviteksin, kaempferol-3-rutinozid, izoorientin ve kateşin gibi polifenolik bileşikleri yüksek miktarda içerdiği ifade edilmiştir. Karabuğday, tahıllar ile karşılaştırıldığında, tahıllardan daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu (özellikle kavuzunun), bunun rutin flavonoid bileşiminden kaynaklandığı çeşitli çalışmalarda açıklanmıştır (Sedej vd., 2012; Mota vd., 2016).

## 4. Minör tahıllar

### 4.1. Sorgum

Sorgum (*Sorghum vulgare* ve *Sorghum bicolor*), *Poaceae* familyasına ait bir tahıldır. Ekimi 3700-

4000 yıl öncesine dayanan, Kuzeydoğu Afrika'ya özgü bir sıcak iklim tahıdır. Sorgum, tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın olarak yetiştirilir. Sorgum, kuraklığa dayanıklıdır ve yüksek rakımlardaki tuzlu-alkali ve çorak topraklarda yetiştiği bildirilmiştir. Asya'da Hindistan ve Afrika'da Nijerya ülkelerinin önemli mahsulleri arasındadır. Sorgumun dünyada temel enerji ve besin kaynağı olan gıdaların (ekmek, lapa çorbası, tortilla, kuskus, buharda pişirilmiş ürünler) yapımında ve ayrıca alkollü ve alkolsüz içeceklerin üretiminde kullanıldığı belirtilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri, Meksika ve Avustralya gibi ülkelerde ise ağırlıklı olarak hayvan yemi olarak kullanılır. Ayrıca, sorgum nişastasının biyoyakıt üretiminde kullanımına yönelik ilginin giderek arttığı belirtilmiştir (Kulamarva vd., 2009).

Sorgum glutensiz bir tahıldır ve çok çeşitli biyoaktif fenolik bileşiklere sahip olduğu bildirilmiştir. Sorgumun besinsel bileşimi çeşitleri arasında farklılık gösterir. Sorgumun ortalama %12,4 nem, ~%72,1 karbonhidrat (bunun %38,8-65,4'ü nişasta, %6,7'si besinsel lif), %10,6 protein ve %3,5 ham yağ içerdiği ve 330,0 kcal/100 g enerji sağladığı açıklanmıştır. Nişasta esas olarak amiloz ve amilopektinden oluşur, ancak bazı mumlu (waxy) sorgumlarda amiloz bulunmayabilir veya çok düşük miktarlarda bulunur. Yüksek miktarda dirençli nişasta ve yavaş sindirilebilir nişasta içerir, bununla birlikte nişasta granülleri, endosperm proteinleri ve kondense tanenler arasında güçlü kimyasal bağların bulunduğu açıklanmıştır. Bu nedenle, tahıllar arasında en düşük nişasta sindirilirliğine sahiptir. Düşük nişasta sindirilirliği ile diyabet ve obezite hastalarının beslenmesinde umut verici bir gıda olabileceği ifade edilmiştir. Sorgumun prolamin tip proteinlerine "kafirin" denmektedir ve ayrıca albumin, globulin ve glutelin tip proteinleri de içerdiği belirtilmiştir. Kafirinler, sorgum danesindeki başlıca depo proteindir ve toplam proteinin %70'ini oluşturur. Sorgum, glutamik asit (L-Glu), prolin ve lösin (L-Leu) amino asitleri bakımından zengindir. Sorgum proteinlerinin sindirilirliği düşüktür. Sorgum kafirinleri, yüksek miktarda disülfid bağları içermesi sebebiyle yüksek derecede polimerizasyon gösterir ve ayrıca tanenler ve nişasta ile güçlü etkileşimlerinin enzim hidrolizini engellediği belirtilmiştir. Sorgumun ham yağ profili mısıra benzer ancak daha doymamış yapıdadır. Sorgum tanesinde çoklu doymamış yağ asitlerinin yüksek miktarda

bulunduğu bildirilmiştir. Sorgumdaki başlıca yağ asitleri oleik, linoleik, linolenik, palmitik ve stearik asitlerdir. Sorgum aynı zamanda iyi bir vitamin ve mineral kaynağıdır. Temel vitaminlerden, B vitaminlerini (piridoksin, riboflavin ve tiamin) ve bazı yağda çözünen vitaminleri (A, D, E ve K vitaminleri) ve başlıca minerallerden ise potasyum, fosfor, magnezyum ve çinkoyu içerdiği bildirilmiştir. Yüksek miktardaki dirençli nişasta ve besinsel lif, düşük nişasta sindirilirliği ve yüksek doymamış yağ asiti profili sorguma benzersiz besin ve sağlığı iyileştirici özellikler kazandırdığı beyan edilmiştir (Kulamarva vd., 2009; Liu vd., 2012; Xiong vd., 2019).

#### 4.2. Millet (Darı)

Darı, *Poaceae* familyasının, *Chloridodeae* alt sınıfına ait, tek yıllık, sıcak iklim tahıdır. Darı, Etiyopya kökenli bir tahıldır. Sınırlı düzeyde yağış alan kurak ve yarı kurak bölgelerde yetiştirilmekte olup, farklı iklim koşullarına uyum sağlayabilen bir üründür. İnci darı (Pearl millet, *Pennisetum glaucum*), rafi darısı (Finger millet, *Eleusine coracana*), kodo darı (*Paspalum setaceum*), kum darı (Proso millet, *Panicum miliaceum*), cin darı (Foxtail millet, *Setaria italica*), küçük darı (Little millet, *Panicum sumatrense*) ve darıcan (*Echinochloa utilis*) gibi çeşitlerinin bulunduğu rapor edilmiştir. Dünyada toplam yıllık darı üretiminin (4,5-5 milyon ton) yaklaşık %60'ını Hindistan, geri kalan kısmını ise Etiyopya, Kenya, Nijerya, Malavi, Tanzanya, Uganda, Zambiya ve Zimbabve gibi Afrika ülkelerinin yetiştirdiği bildirilmiştir (Abah vd., 2020; Bhatt vd., 2022).

Darı tane rengi (kahverengi, açık kahverengi ve beyaz) tür farklılığının ortaya çıkarılmasında önemli bir belirteçdir. Beyaz renkli türler esas olarak fırıncılık endüstrisine, kahverengi ve açık kahverengi türler ise lapa çorbası yapımına uygun olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, tane rengi kahverengi olan darı türü, Güney Afrika'da geleneksel opak bira yapımında kullanıldığı açıklanmıştır (Abah vd., 2020; Bhatt vd., 2022).

Darı, gluten içermeyen, düşük asitli ve düşük glisemik indekse sahip, sindirimi kolay bir tahıldır. Glisemik indeksi düşük olmasından dolayı çölyak ve diyabet hastalarına önerilebileceği bildirilmiştir. Kan şekeri seviyesinin düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Diğer tahıllara kıyasla yüksek miktarda besinsel lif, demir, kalsiyum, magnezyum ve fosfor

içerdiği beyan edilmiştir. Besleyici değerlerine ek olarak, kanser ve kardiyovasküler hastalıkları önleme, tümör insidansını azaltma, kan basıncını düşürme, kalp hastalığı riskini, kolesterolü ve yağ emilim oranını düşürme ve gastrointestinal sindirimde hacim sağlama gibi çeşitli potansiyel sağlık yararlarının bulunduğu açıklanmıştır (Abah vd., 2020; Bhatt vd., 2022).

Kullanılmadan önce kavuz ayırma, öğütme, malta işleme, kavurma ve fermantasyon gibi işlemlerin uygulanabileceği belirtilmiştir. Besinsel lif ve mineral içeriğinin buğday ve pirince kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple buğday ve pirinç gibi başlıca tahıllarla karşılaştırılabilir besinsel değere sahip olduğu açıklanmıştır. Darı proteinlerinin lizin ve treonin (L-Thr) amino asitleri dışında diğer esansiyel amino asitler bakımından iyi bir kaynak olduğu bildirilmiştir. Darı ayrıca, fitokimyasallar, vitamin ve mineral besin ögeleri açısından önemli bir kaynaktır. Örneğin inci darı, enzime dirençli nişasta, çözünebilir ve çözünmeyen besinsel lif, mineraller ve antioksidanlar açısından zengin bir türdür. Yaklaşık %92,5 kuru maddenin, %2,1 kül, %2,8 besinsel lif, %7,8 ham yağ, %13,6 ham protein ve %63,2'si nişasta içerdiği bildirilmiştir. Ayrıca, cin darısı, esansiyel amino asitlerden lizin amino asiti açısından zengin olduğu için çoğu tahıl için tamamlayıcı bir protein kaynağı olarak önerilmiştir. Ragi darısı polifenol içeriği bakımından zengin olmakla birlikte, %81,5 karbonhidrat, %9,8 protein, %4,3 besinsel lif ve %2,7 mineral içermesi ile diğer tahıllara benzediği rapor edilmiştir. Ragi darısı proteinlerinin dengeli amino asit kompozisyonuna sahip olduğu ve yüksek miktarda lizin, treonin (L-Thr) ve valin (L-Val) amino asitlerini içerdiği bildirilmiştir. Kodo darısı ve küçük darının, sırasıyla %37 ve %38 oranlarında besinsel lif içerdiği rapor edilmiştir. Bu oranlar tahıllar arasında en yüksek besinsel lif oranıdır ve ayrıca ham yağ kompozisyonları çoklu doymamış yağ asitleri bakımından zengindir. Kum darının protein içeriğinin (%11,6), lösin, izolösin (L-Ile) ve metiyonin (L-Met) amino asitleri bakımından yüksek olmakla birlikte buğdaya eşdeğer olduğu tespit edilmiştir. İnsan beslenmesi için gerekli olan tüm besin ögelerini buldurması sebebiyle, bebek mamaları, atıştırılabilir yiyecekler ve diyet gıdalarda kullanımının arttığı çeşitli çalışmalarda açıklanmıştır (Abah vd., 2020; Bhatt vd., 2022).

### 4.3. Tef (Teff)

Dünyanın en küçük tahılı olarak kabul edilen tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter), *Poaceae* familyasındandır ve Etiyopya'da keşfedilmiştir. Tef, yıllık olarak ekimi yapılan bir sıcak iklim bitkisidir. Tef taneleri, beyaz, kırmızı veya koyu kahverengi renklerinde olabilir ve tam tane olarak öğütüldükten sonra kepek ve embriyo bakımından zengin unu, başta besinsel lif, B<sub>1</sub> vitamini, demir, kalsiyum, magnezyum ve fosfor olmak üzere önemli besin ögelerini içerdiği belirtilmiştir. Özellikle demir ve kalsiyum miktarının sırasıyla 11-33 mg/100 g ve 100-150 mg/100 g arasında olduğu bildirilmiştir. Tef ununun, "ingera" denilen, yassı şeklindeki fermente ekmek yapımında kullanıldığı ifade edilmiştir. Düşük prolamin içeriğine ve mısır ve sorgum gibi tahıllara kıyasla daha iyi protein sindirilirliğine sahip olduğu için glutensiz kek ve bisküvilerde kullanılabileceği bildirilmiştir. Çünkü tefin alkolde çözünen prolamin proteininin immünolojik analizi, bu proteinin çölyak hastaları için güvenilir olduğunu göstermiştir (Shumoy ve Raes, 2016; Švec vd., 2017; Cheng, 2018; Zhu, 2018).

Tefin ham protein içeriğinin %10,5-13,3 arasında olduğu ve buğdaya (%11,7) benzer bulunduğu ve tahıllarda az bulunan lizin amino asiti bakımından zengin olduğu belirtilmiştir. Tefin ham yağ içeriğinin %3,7 olduğu ve serbest yağ asitlerinin büyük bir çoğunluğunun (%84) oleik ve linoleik asitlerden meydana geldiği rapor edilmiştir. Nişasta, tef tanesinin başlıca bileşenidir ve kuru ağırlığının %70'den fazlasını meydana getirir, bunun da %20-40'ının dirençli nişasta olduğu açıklanmıştır. Ayrıca, tef nişastasının %20-30'unun amiloz polisakkaritinden oluştuğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, tef tanesinin fenolik bileşiklerinin büyük bir kısmının (%84) bağlı formda bulunduğu ayrıca rapor edilmiştir (Shumoy ve Raes, 2016; Zhu, 2018).

### 4.4. Çiya (Chia)

Çiya (*Salvia hispanica* L.), *Lamiaceae* familyasındandır, yılda iki kez yetişebilen otsu bir bitkidir ve tanelerinin siyah, beyaz veya gri renkte olduğu duyurulmuştur. Çiya, biyolojik değeri yüksek, iyi bir alternatif protein kaynağıdır. Çiya tanelerinin, buğday (%11,8), arpa (%11,5), yulaf (%13,6), mısır (%11,1) ve pirinç (%6,8) gibi tahıllara kıyasla daha yüksek miktarda protein (%15-23) içerdiği bildirilmiştir. Çiyanın, %30-34,4

ham yağ içerdiği ve önemli miktarının çoklu doymamış yağ asitlerinden (linoleik ( $\omega$ -6) ve  $\alpha$ -linolenik asit ( $\omega$ -3)) meydana geldiği; yüksek miktarda besinsel lif (%30-40) ve fenolik bileşikler de içerdiği açıklanmıştır. Yağ asitlerinin %60'ını bir omega-3 yağ asiti olan  $\alpha$ -linolenik asit (ALA) oluşturur. Sinamik, klorojenik ve kafeik asit gibi antioksidan etkili fenolik bileşikler ve mirisetin, kuersetin ve kaempferol gibi flavonoidler içerdiği belirtilmiştir. Böylece, kronik hastalıkları (kardiyovasküler ve bağırsak hastalıkları, tip II diyabet) önlediği çeşitli araştırmalarda ifade edilmiştir (Coelho ve Salas-Mellado, 2014; Švec vd., 2017; Kulczyński vd., 2019; Nyingi ve Mburu, 2021).

Çiya tohumlarının; tam tane, öğütülmüş un, jel veya ekstrakte edilmiş ham yağ formlarında kullanılabilmesi bildirilmiştir. Çiya tohumları, hidrofilik doğası gereği kendi kütlelerinin yaklaşık 12 katı kadar suyu absorbe ederek müsilaj oluşturma yeteneğindedir ve çiya müsilajının gıdalara jel tekstürü sağladığı ifade edilmiştir. Çiya müsilajının, kurutulduktan sonra da stabilizatör veya emülgatör olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir. Çiya tohumu jelinin, keklerde yağ veya yumurta ikamesi (%25 oranına kadar) olarak; glutensiz makarnada %10 oranına kadar da kullanılabilmesi rapor edilmiştir (Kulczyński vd., 2019; Nyingi ve Mburu, 2021).

## 5. Pseudo-tahıllar ve minör tahılların glutensiz gıdalarda kullanımı

Pseudo-tahıllar ve minör tahıllar, glutensiz gıdaların geliştirilmesinde iyi birer alternatif ürünlerdir. Pseudo-tahıllar ve minör tahıllar ile üretilen glutensiz ürünler, çölyak hastalığı veya glutene hassasiyeti/alerjisi olan bireylerin besin ihtiyaçlarının yeterli bir şekilde karşılanmasına önemli katkı sağlayacaktır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, bu bitki tohumlarının gelecekte önemli besin kaynakları olacağını göstermiştir (Sedej vd., 2012; Rocchetti vd., 2018).

Glutensiz gıdalara (glutensiz un ve nişastalar, unlu mamuller, dondurma, hazır yemekler, glutensiz makarna ve ekmek) yönelik büyük talep bulunmaktadır fakat araştırmalar en çok ihtiyaç duyulan ürünün ekmek olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, çalışmalarda, glutensiz ekmeğin hoş görünümü, dokusu, ağızda bıraktığı his ve ekmek içi yumuşaklığı olmasına rağmen teknolojik

ve bileşim yönünden bazı eksikliklerinin olduğu belirtilmiştir, örneğin hızlı bayatlama, düşük besinsel lif oranı vb. (Rocchetti vd., 2018; Monteiro vd., 2021).

Pseudo-tahıllar arasında karabuğdayın buğdaya benzer şekilde işlenebileceği bildirilmiştir. Amarant ve kinoanın işleme yönteminin, tanelerinin farklı morfolojik ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı özel uygulamalar gerektirdiği açıklanmıştır. Amarant ve kinoa, çorba, şekerleme, içecek, sos, kıvamlı çorba ve sufle gibi ürünlerin hazırlanmasında yaygın olarak kullanılabilmesi ifade edilmiştir. Amarant tohumlarının tam tane olarak, kinoa tohumlarının ise acı tat veren saponinleri uzaklaştırmak amacıyla dış kavuzunun ayrıldıktan sonra kullanılabilmesi belirtilmiştir (Mir vd., 2018).

Coronel vd. (2021), ekmek formülasyonunda kullanılmak üzere karabuğday ve çiya unlarından glutensiz premiksler geliştirmişlerdir. Çiya unu (yağsız/deoiled) ve kepeksiz karabuğday unu veya tam karabuğday unu ile ksantan gam ekleyerek ve eklemeyen 8 adet premiks hazırlamışlardır. Tam karabuğday unu, çiya unu ve ksantan gam eklenerek üretilen ekmeklerde kontrole kıyasla daha düşük pişme kaybı gözlenmiştir. Kepeksiz karabuğday unu ile hazırlanan tüm ekmekler, tam karabuğday unu ile hazırlananlara göre daha yüksek hacim, gözenek hacmi ve yumuşaklık gösterdiği beyan edilmiştir. Ksantan gam ve çiya ununun birlikte eklenmesi, kepeksiz karabuğday unlu ekmeklerin sertliğini azalttığı rapor edilmiştir. Seçilen premiks (kepeksiz karabuğday unu:ksantan gam:çiya unu) ve ekmeğinde, ticari premiks ve kontrol ekmeğine göre daha yüksek protein, kül, besinsel lif, çoklu doymamış yağ asidi ve antioksidan aktivite tespit edilmiştir. Karabuğday ve çiya unu ile hazırlanan premikslerin ekmek formülasyonlarında kullanılması sonucunda yeterli teknolojik özelliklere ve yüksek besinsel değere sahip ekmeklerin üretilebileceği gösterilmiştir.

Sandri vd. (2017), tam çiya unu, pirinç unu ve patates nişastası katkılı glutensiz ekmek formülasyonu geliştirmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, en iyi formülasyonların %5, %10 ve %14 tam çiya unu katkılı karışımlardan elde edildiğini göstermişlerdir. Formülasyona %5-14 arasında tam çiya unu ilavesinin kontrol ekmeğine kıyasla kül, ham yağ, protein ve besinsel lif seviyelerini artırdığı bildirilmiştir. Ancak fiziksel

özellikler ve görünüş açısından tam çiya ununun tek başına ekmek üretimi için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Campo vd. (2016), tef unu (%5, 10, 20) ve karabuğday veya pirinç unundan *Lactobacillus helveticus* ile hazırlanan kurutulmuş veya taze ekşi maya ilavesinin glutensiz ekmeklerin duyu kalitesi ve tüketici tercihleri üzerine etkilerini incelemiştir. Buna göre; tef unu (%10) ve pirinç veya karabuğday ekşi hamuru kombinasyonu ile hazırlanan ekmeklerin aroma ve lezzeti artırılmıştır. Tef unu (%20) ve *Lb. helveticus* ile hazırlanan ekşi hamurdan yapılan glutensiz ekmeklerin somun hacmi azalmıştır. Tef unu (%20) ile hazırlanan glutensiz ekmeklerin görünüşü tüketiciler tarafından beğenilmiştir. Bununla birlikte tef unu (%10) ve pirinç ekşi hamuru ile hazırlanan glutensiz ekmeklerin aroması tercih edilmiştir. Karabuğday ekşi hamurunun acı tadı genellikle glutensiz ekmeklerin beğenilmemesine yol açmıştır. Fakat bir grup tüketici glutensiz ekmeklerdeki acı tadı beğenerek, geleneksel malt aromalı ekmek ile özdeşleştirmiştir.

Santillán-Álvarez vd. (2017), %0-8,0 arasında çiya unu ile pullu sazan balığı (*Cyprinus carpio*) miyofibriler proteininin jelleşmesi ile yeni bir form kazandırılmış fonksiyonel ürünün fizikokimyasal ve duyu özelliklerini incelemiştir. Buna göre, kontrole göre daha yüksek besinsel lif ve protein içeriği, daha düşük pişme kaybı ve yüksek nem tutma gözlenmiştir. Renk değerlerinden kırmızılık ve sarılık artmış, beyazlık indeksi ise azalmıştır. Kullanılan %4,0-8,0 oranındaki çiya unu ile fonksiyonel balık ürününde daha yüksek linoleik ve linolenik asit değerlerine ulaşılmıştır.

Schoenlechner vd. (2010) karabuğday, amarant ve kinoa unlarından glutensiz makarna üretmişlerdir. Tam pseudo-tahıl ununa albumin proteini, emülgatör, enzim ve ksantan gam katılması makarna kalitesini artırmıştır. Amarant unu, makarnanın sertliğini ve pişme süresini azaltırken, kinoa unu ise makarnanın pişme kaybını artırdığı rapor edilmiştir. Makarna kalitesine en az olumsuz etkiyi karabuğday unu göstermiştir. Karabuğday unundan üretilen makarnanın dayanıklılığının yüksek, pişme kaybının az olduğu bildirilmiştir. Bu bilgiler ışığında glutensiz makarna yapımı için en uygun unun karabuğday unu olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, bu üç glutensiz unun karıştırılması (%60

karabuğday, %20 amarant, %20 kinoa) ile üretilen makarnada en iyi kalite özellikleri gözlenmiştir.

Gebreil vd. (2020) yaptıkları bir çalışmada, amarant unu (%0, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında) ve mısır unu kullanarak yüksek besinsel özelliklere sahip kraker ve tortilla ürünleri üretmeyi amaçlamışlardır. Buna göre, amarant unu ilavesi protein, ham yağ, kül ve besinsel lif seviyelerini artırmıştır. Mineral madde (özellikle Fe, Ca, K, Zn, Mg, Mn, Cu ve P) miktarı ve bazı esansiyel amino asit (lösin, lisin ve valin) miktarları, %75 amarant unu katkılı krakerlerde ve %50 amarant unu katkılı tortillalarda önemli düzeyde arttığı rapor edilmiştir. En yüksek doymamış yağ asidi miktarı ve en düşük toplam doymuş yağ asidi miktarı, %75 amarant unu katkılı krakerlerde tespit edilmiştir. Ayrıca, %75 amarant unu katkılı kraker (%91,3) ve %50 amarant unu katkılı tortillaların (%93,3) kontrollerine (sırasıyla %90,8 ve %92,6) kıyasla daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur.

Gao vd. (2018), farklı pseudo-tahıllardan üretilen makarnaların değerlendirilmesinde; tef ve karabuğday makarnasının tadı/lezzetinin, kinoa ve amarant makarnasından önemli düzeyde daha iyi bulunduğu; tef makarnasının dokusunun, buğday makarnasıyla benzer olduğu, ancak elastikiyetinin önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir.

Amarant, kinoa ve karabuğday unlarının farklı oranlarda (%25, %50, %75, %100) kullanılması ile üretilen bisküvilerdeki gevrekliğin karabuğday>kinoa>amarant olacak şekilde değiştiği, karabuğday ve amarant unundan yapılan bisküvilerin panelistler tarafından daha çok tercih edildiği belirtilmiştir (Mir vd., 2018).

Singh vd. (2022) yaptığı bir çalışmada, %40 oranında kinoa unu katılarak üretilen glutensiz bisküvilerin besinsel özelliklerinin, mısır (%20) ve pirinç unu (%80) ile üretilen kontrol bisküvisine göre daha üstün olduğunu tespit etmişlerdir. Kinoa unu ile üretilen bisküvilerin, çölyak hastalarının anti-tTG IgA (gliadine karşı geliştirilen antibadi) düzeylerini önemli düzeyde azalttığı ve besin maddesi alımını yeterli düzeyde iyileştirdiği rapor edilmiştir. Ayrıca, kinoa unu kullanımının, çölyak hastası çocuklar arasında yetersiz beslenme ve anemi görülme sıklığının azaltılmasında etkili bir yöntem olduğu bildirilmiştir.

## 6. Sonuç

Glutensiz gıdalardan pseudo-tahıllar (karabuğday, kinoa, amarant) ve minör tahılların (sorgum, millet, çiya, tef) tarımsal üretimi ve gıda sanayiinde kullanımı, çölyak hastalığı veya gluten hassasiyeti/alerjisi olan bireylerin, besinsel eksiklikler yaşamadan tüketebilecekleri gıda alternatiflerinin artırılması açısından önemlidir. Kimyasal ve fitokimyasal kompozisyonları sayesinde sağlık etkileri yüksek fonksiyonel gıda tasarımlarında tercih edilebilirler. Pseudo-tahıllar

## 7. Kaynaklar

Abah, C. R., Ishiwu, C. N., Obiegbuna, J. E. & Oladejo, A. A. (2020). Nutritional Composition, Functional Properties and Food Applications of Millet Grains. *Asian Food Science Journal*, 14(2), 9-19.

Baraniak, J. & Kania-Dobrowolska, M. (2022). The Dual Nature of Amaranth-Functional Food and Potential Medicine. *Foods*, 11(4), 618.

Bascuñán, K. A., Vespa, M. C. & Araya, M. (2017). Celiac Disease: Understanding The-Gluten-Free Diet. *European Journal of Nutrition*, 56(2), 449-459.

Bhatt, D., Fairos, M. & Mazumdar, A. (2022). Millets: Nutritional Composition, Production and Significance: A Review. *The Pharma Innovation Journal*, 11(7), 1577-1582.

Caeiro, C., Pragosa, C., Cruz, M. C., Pereira, C.D. & Pereira, S. G. (2022). The Role of Pseudocereals in Cereal Disease: Reducing Nutritional Deficiencies to Improve Well-Being and Health. *Journal of Nutrition and Metabolism*, doi:10.1155/2022/8502169.

Campo, E., Arco, L. del, Urtasun, L., Oria, R. & Ferrer-Mairal, A. (2016). Impact of Sourdough on Sensory Properties and Consumers' Preference of Gluten-Free Breads Enriched with Teff Flour. *Journal of Cereal Science*, 67, 75-82.

Cheng, A. (2018). Review: Shaping A Sustainable Food Future by Rediscovering Long-Forgotten Ancient Grains. *Plant Science*, 269, 136-142.

Coelho, M. S. & Salas-Mellado, M. M. (2014). Chemical Characterization of Chia (*Salvia*

ve minor tahıllar, protein, besinsel lif, doymamış yağ asitleri ile zengin ham yağ ve biyoaktif bileşikler bakımından önemli kaynaklardır. Besleyici bileşenleri ve düşük alerjik düzeyleri sayesinde glutensiz gıdaların ve tam taneli, yüksek besinsel lifli ve yüksek proteinli fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde kullanılmaktadırlar. Ayrıca, çeşitli çalışmalarda, pseudo-tahıllar ve minör tahıllar ile üretilen glutensiz gıdaların fiziksel ve duyuşal özelliklerinin iyileştirilmesi gerektiği bildirilmiştir.

*hispanica* L.) for Use in Food Products. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2, 263-269.

Coronel, E. B., Guitto, E. N., Aspiroz, M. C., Tomás, M. C., Nolasco, S. M. & Capitani, M. I. (2021). Development of Gluten-Free Premixes with Buckwheat and Chia Flours: Application in A Bread Product. *LWT – Food Science and Technology*, 141, 110916.

Gao, Y., Janes, M. E., Chaiya, B., Brennan, M., Brennan, C. S. & Prinyawiwatkul, W. (2018). Gluten-Free Bakery and Pasta Products: Prevalence and Quality Improvement. *International Journal of Food Science and Technology*, 53, 19–32.

Gazza, L. & Nocente, F. (2023). The Contribution of Minor Cereals to Sustainable Diets and Agro-Food Biodiversity. *Foods*, 12(18), 3500.

Gebreil, S. Y., Ali, M. I. K. & Mousa, E. A. M. (2020). Utilization of Amaranth Flour in Preparation in High Nutritional Value Bakery Products. *Food and Nutrition Sciences*, 11(5), 336-354.

Graf, B. L., Rojas-Silva, P., Rojo, L. E., Delatorre-Herrera, J., Baldeón, M. E. & Raskin, I. (2015). Innovations in Health Value and Functional Food Development of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 431-445.

Huda, M. N., Lu, S., Jahan, T., Ding, M., Jha, R., Zhang, K., ... & Zhou, M. (2021). Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat. *Food Chemistry*, 335, 127653.

- Hälvin, K., Nisamedtinov, I. & Paalme, T. (2014). Comparison of Different Extraction Methods to Determine Free and Bound Forms of B-Group Vitamins in Quinoa. *Analytical Bioanalytical Chemistry*, 406, 7355-7366.
- Krasina, I. B., Filippova, E. V., Kurakina, A. N. & Fedorova, M. A. (2021). Use of pseudocereals in food production. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 845, 012112, doi:10.1088/1755-1315/845/1/012112.
- Kulamarva, A. G., Venkatesh, R. S. & Vijaya Raghavan, G. S. (2009). Nutritional and Rheological Properties of Sorghum. *International Journal of Food Properties*, 12, 55-69.
- Kulczyński, B., Kobus-Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D. & Gramza-Michałowska, A. (2019). The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds-Current State of Knowledge. *Nutrients*, 11(6), 1242.
- Li, G., Wang, S. & Zhu, F. (2016). Physicochemical Properties of Quinoa Starch. *Carbohydrate Polymers*, 137(3), 28-38.
- Liu, L., Herald, T. J., Wang, D., Wilson, J. D., Bean, S. R. & Aramouni, F. M. (2012). Characterization of Sorghum Grain and Evaluation of Sorghum Flour in a Chinese Egg Noodle System. *Journal of Cereal Science*, 55, 31-36.
- Mariotti, M., Lucisano, M., Pagani, M. A. & Iametti, S. (2008). Macro Molecular Interactions and Rheological Properties of Buckwheat-Based Dough Obtained From Differently Processed Grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 4258-4267.
- Melini, V. & Melini, F. (2019). Gluten-Free Diet: Gaps and Needs for a Healthier Diet. *Nutrients*, 11(1), 170.
- Mir, N. A., Rair, C. S. & Singh, S. (2018). Nutritional Constituents of Pseudo Cereals and Their Potential Use in Food Systems: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 170-180.
- Mithila, M. V. & Khanum, F. (2015). Effectual Comparison of Quinoa and Amaranth Supplemented Diets in Controlling Appetite; A Biochemical Study in Rats. *Journal Food Science and Technology*, 52, 6735.
- Monteiro, J. S., Farage, P., Zandonadi, R. P., Botelho, R. B. A., Oliveria, L., Raposo, A., ... & Shakeel, F. (2021). A Systematic Review On Gluten-Free Bread Formulations Using Specific Volume As A Quality Indicator. *Foods*, 10(3), 614.
- Mooney, P. & Sanders, D. (2013). Coeliac Disease Current Practice and Future Directions. *Complete Nutrition*, 12(2), 63-65.
- Mota, C., Santos, M., Mauro, R., Samman, N., Matos, A. S., Torres, D. & Castanheira, I. (2016). Protein Content and Amino Acids Profile of Pseudocereals. *Food Chemistry*, 193, 55-61.
- Mu, H., Xue, S., Sun, Q., Shi, J., Zhang, D., Wang, D. & Wei, J. (2023). Research Progress of Quinoa Seeds (*Chenopodium quinoa* Wild.): Nutritional Components, Technological Treatment, and Application. *Foods*, 12(10), 2087.
- Nandan, A., Koirala, P., Tripathi, A. D., Vikranta, U., Shah, K., Gupta, A. J., Agarwal, A., Nirmal, N. (2024). Nutritional and functional perspectives of pseudocereals. *Food Chemistry*, 448, 139072, 1-17.
- Nepali, B., Bhandari, D. & Shrestha, J. (2019). Mineral Nutrient Content of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) for Nutritional Security in Nepal. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture*, 3(1), 1-4.
- Nyingi, J. W. & Mburu, M. (2021). Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds Phytochemicals, Bioactive Compounds, and Applications: A Review. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(6), 1-12.
- Pirzadah, T. B., Malik, B., Tahir, I. & Rehman, R. U. (2019). Buckwheat Journey to Functional Food Sector. *Current Nutrition & Food Science*, 15, 1-8.
- Rocchetti, G., Lucini, L., Lorenzo Rodriguez, J. M., Barba, F. J. & Giuberti, G. (2018). Gluten-Free Flours From Cereals, Pseudo-Cereals and Legumes: Phenolic Fingerprints and *in vitro* Antioxidant Properties. *Food Chemistry*, 271, 157-164.

- Sandri, L. T. B., Santos, F. G., Fratelli, C. & Capriles, V. D. (2017). Development of Gluten-Free Bread Formulations Containing Whole Chia Flour with Acceptable Sensory Properties. *Food Science & Nutrition*, 5, 1021-1028.
- Santillán-Álvarez, Á., Dublán-García, O., López-Martínez, L. X., Quintero-Salazar, B., Gómez-Oliván, L. M., Díaz-Bandera, D., & Hernández-Navarro, M. D. (2017). Effect of Chia Seed on Physicochemical and Sensory Characteristics of Common Carp Restructured as Functional Food. *Journal of Food Science and Engineering*, 7, 115-126.
- Scanlin, L. & Lewis, K. A. (2017). "Chapter 14-Quinoa as a Sustainable Protein Source: Production, Nutrition, and Processing". In "Sustainable Protein Sources", Ed: Nadathur, S.R., Wanasundara, J.P.D., Scanlin, L., Academic Press, Cambridge, 223-238.
- Schoenlechner, R., Drausinger, J., Ottenschlaeger, V., Jurackova, K., & Berghofer, E. (2010). Functional Properties of Gluten-Free Pasta Produced From Amaranth, Quinoa and Buckwheat. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65, 339-349.
- Sedej, I., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., Tumbas, V. & Čanadanović-Brunet, J. (2012). Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Grain and Fractions: Antioxidant Compounds and Activities. *Journal of Food Science*, 77(9), 954-959.
- Shumoy, H. & Raes, K. (2016). Antioxidant Potentials and Phenolic Composition of Teff Varieties: An Indigenous Ethiopian Cereal. *Cereal Chemistry*, 93(5), 465-470.
- Singh, R., Kaur, N. & Grover, K. (2022). Development of Pseudo Cereal Quinoa Based Gluten Free Product to Manage Celiac Disease among Children. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 41(14), 14-32.
- Sofi, S. A., Ahmed, N., Farooq, A., Rafiq, S., Zargar, S. M., Kamran, F., ... & Khaneghah, A. M. (2022). Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. *Food Science & Nutrition*, 11(5), 2256-2276.
- Švec, I., Hrušková, M. & Babiaková, B. (2017). Chia and Teff as Improvers of Wheat-Barley Dough and Cookies. *Czech Journal of Food Sciences*, 35(1), 79-88.
- Tang, C. H., Wang, X. Y., Liu, F. & Wang, C. S. (2009). Physico Chemical and Conformational Properties of Buckwheat Protein Isolates: Influence of Polyphenol Removal with Cold Organic Solvents From Buckwheat Seed Flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 10740-10748.
- Theethira, T. G. & Dennis, M. (2015). Celiac Disease and the Gluten-Free Diet: Consequences and Recommendations for Improvement. *Digestive Diseases*, 33(2), 175-182.
- Valcarcel-Yamani, B. & Lannes, S. C. S. (2012). Applications of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) and Amaranth (*Amaranthus* Spp.) and Their Influence in The Nutritional Value of Cereal Based Foods. *Food and Public Health*, 2(6), 265-275.
- Venskutonis, P. R. & Kraujalis, P. (2013). Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 381-412.
- Vici, G., Belli, L., Biondi, M. & Polzonetti, V. (2016). Gluten Free Diet and Nutrient Deficiencies: A Review. *Clinical Nutrition*, 35(6), 1236-1241.
- Wu, G., Morris, C. F. & Murphy, K. M. (2017). Quinoa Starch Characteristics and Their Correlations with The Texture Profile Analysis (TPA) of Cooked Quinoa. *Journal of Food Science*, 82(10), 2387-2395.
- Xiong, Y., Zhang, P., Warner, R. D. & Fang, Z. (2019). Sorghum Grain: From Genotype, Nutrition, and Phenolic Profile to Its Health Benefits and Food Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, 2025-2046.
- Zhu, F. (2018). Chemical Composition and Food Uses of Teff (*Eragrostis tef*). *Food Chemistry*, 239, 402-415.

## Özgün Araştırma/Original Article

### Yağı azaltılmış tahinin bazı duyuşsal ve fizikokimyasal özellikleri

### Some sensorial and physicochemical properties of reduced fat tahini

Tamer Arslan<sup>1\*</sup>, Gökhan Durmaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Darende Bekir Ilıcak MYO, Darende, MALATYA, TÜRKİYE

<sup>2</sup>İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, MALATYA, TÜRKİYE

(Yazar sıralamasına göre/By author order)

ORCID ID: 0000-0002-9052-7222, Dr. Öğr. Üyesi

ORCID ID: 0000-0003-3423-8108, Prof. Dr.

\*Sorumlu yazar/Corresponding author: [tamer.arslan@ozal.edu.tr](mailto:tamer.arslan@ozal.edu.tr)

Geliş Tarihi : 09.04.2024  
Kabul Tarihi : 17.08.2025

## Öz

**Amaç:** Tahin, kabuğu ayrılmış ve kavrulmuş susamın ezilmesiyle üretilen, Orta Doğu, Kuzey Afrika, Türkiye ve Balkanlar'da oldukça popüler bir gıda maddesidir. Tahin; yağ, protein, lignanlar ve tokoferoller gibi bazı makro ve mikro besin öğeleri açısından zengin bir içeriğe sahiptir. Ancak tahin, yüksek yağ içeriğinden dolayı bazı tüketiciler tarafından tercih edilmemektedir. Bu çalışmada, santrifüjleme ile tahinin yağ içeriği azaltılarak orta ve düşük yağ içerikli tahinler elde edilmiş ve normal tahinle karşılaştırmalı olarak bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

**Materyal ve yöntem:** Çalışmada %59 oranında yağ içeren ticari bir tahin örneği kontrol olarak kullanılmış ve bu tahinden; %5, 10 ve 15 düzeyinde yağı azaltılmış örnekler elde edilmiştir. Tahin örneklerinin duyuşsal özellikleri eğitimli panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Fiziksel stabilite, viskozite, renk koordinasyon değerleri, protein oranı ve yağ oranı deneysel olarak, karbonhidrat miktarı ve toplam kalori değerleri ise hesap yoluyla belirlenmiştir.

**Tartışma ve sonuç:** Yağı azaltılmış tahin örneklerinin toplam kalori değerinin kontrol örneğine göre sırasıyla %2,57, 4,85, 7,14 oranında daha düşük olduğu belirlenmiştir. Duyusal testlerin sonuçlarına göre en iyi puanlar, yağ oranı %10 oranında azaltılmış örnek için elde edilmiştir. Azalan yağ miktarı ile L\* değerleri azalırken a\* ve b\* değerleri artmıştır. Yine azalan yağ miktarı ile birlikte protein oranı ve fiziksel stabilite değerleri, beklendiği gibi yağın uzaklaştırılmasıyla viskozite de kademeli olarak artmış ve bu da sürülebilirlik testinde yağı azaltılmış tahin örnekleri için verilen daha yüksek puanları desteklemiştir. Sonuç olarak, yağı azaltılmış tahinin, düşük kalorisi ve daha iyi viskozite özellikleri ile geleneksel tahinlere iyi bir alternatif olduğu ortaya konmuştur.

**Anahtar kelimeler:** yağı azaltılmış tahin, viskozite, kalori, duyuşsal özellikler

## Abstract

**Objective:** Tahini, produced by crushing dehulled and roasted sesame seeds, is a very popular food in the Middle East, North Africa, Turkey and the Balkans. Tahini has a rich content of some macro and micro nutrients such as oil, protein, lignans and tocopherols. However, tahini is not preferred by some consumers due to its high oil content. In this study, tahini with medium and low fat content was obtained by reducing the fat content of tahini by centrifugation, and some physical and chemical properties were determined in comparison with natural tahini.

**Materials and methods:** The tahini used in the study contains 59% oil and the oil content of the reduced-fat tahinis were reduced by 5, 10 and 15%. Sensory properties of tahini samples were evaluated by trained

panelists. Physical stability, viscosity, color coordination values, protein and fat ratio were determined by analytical methods whereas the carbohydrate ratio and total calorie values in the samples were calculated.

**Results and conclusion:** It was determined that the total caloric value of the reduced-fat tahini samples was 2.57, 4.85, 7.14% lower than the control sample, respectively. According to the sensory test results, the best scores were obtained for the sample with a 10% reduced fat content. While the L\* values decreased with the reduced fat content, the a\* and b\* values increased. Again, with the reduced fat content, the protein ratio and physical stability values, as expected, gradually increased with the removal of fat, and the viscosity, which supported the higher scores given to the reduced-fat tahini samples in the spreadability test. As a result, it was revealed that reduced-fat tahini is a good alternative to traditional tahini with its low calories and better spreadability properties.

**Keywords:** reduced fat tahini, viscosity, calorie, sensorial properties

## 1. Giriş

Tahin, birçok Orta Doğu ülkesinde, Türkiye ve Yunanistan gibi Doğu Akdeniz havzasındaki ülkelerde çok popüler olan, oldukça besleyici yarı katı bir gıda ürünüdür. Tatlılara farklı lezzet kazandırmak amacıyla ya da helva gibi ürünlerin ana maddesi olarak tüketilir (Sawaya vd., 1985). Tahin, kabuğu ayrılmış ve kavrulmuş susam öğütülmesiyle hazırlanır (Abu-Jdayil vd., 2002) ve susam yağında süspanse edilmiş hidrofilik katıların oluşturduğu bir tür kolloidal süspansiyondur (Hou vd., 2018). Tahinin bileşiminde ağırlıkça; %50-65 yağ, %23-27 protein, %6,4-9 karbonhidrat, % 9,3 diyet lifi bulunur. Ayrıca bileşimde niasin ( $45 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ ), tiamin ( $10,8 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ ) gibi vitaminler, kalsiyum ( $1000 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ ), demir ( $90 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ ), fosfor ( $8070\text{-}8400 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1}$ ) gibi mineraller bulunur (Akbulut ve Coklar, 2008). Ayrıca tahinin bileşiminde bulunan sesamol ve sesaminol'ün antioksidan aktivitesi, tahinin raf ömrü boyunca kimyasal olarak stabil kalmasını sağlar (Nagata vd., 1987). Tahindeki susam yağının antioksidan özellikleri ve bileşenlerinin oksidatif strese olası etkileri çok sayıda araştırmaya konu olmuştur (Vittori vd., 2016). Ayrıca susam yağı çoklu doymamış yağ asitleri, tokoferoller ve lignanlar açısından da zengindir. Susam lignanlarının insan sağlığı üzerinde antioksidan aktivite, kan lipidlerini düşürme gibi çeşitli etkileri olduğu kanıtlanmıştır (Baxevanis vd., 2021). Tahinin sağlığa yararlı etkilerinden ve besinsel içeriğinin zenginliğinden dolayı tek başına veya gıda bileşeni olarak tüketimi yaygındır. Ancak diğer taraftan yüksek yağ içeriği nedeniyle, bazı tüketiciler tahin tüketiminden kaçınmaktadır. Yüksek oranda yağ içeren beslenmenin kandaki lipid seviyesine etkili olduğu, kolesterol ve trigliserit seviyesinin normal değerlerin üzerinde ölçülmesine neden olduğu bilinmektedir. Hiperlipidemi olarak adlandırılan bu durum kardiyovasküler hastalıkların temel nedenlerinden biri olarak görülmektedir (Yılmaz, 2018). Yapılan literatür taramasında, yağı azaltılmış tahinle ilgili herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu çalışmayla yağı ve kalorisi azaltılmış, daha viskoz ve sürülebilir nitelikte bir tahin elde etmek amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan tahin örnekleri (kontrol) Malatya bölgesinde bulunan marketlerden temin

edilmiştir. Başlangıç tahin örnekleri %59 yağ, %23 protein, %20 karbonhidrat içermektedir. Kullanılan kimyasallar Sigma (ABD) firmasından temin edilmiştir.

### 2.2. Örnek hazırlama

Tahin örnekleri kapaklı santrifüj tüplerine 50 gr olacak şekilde tartılmış ve  $4072 \times \text{g}$  'de farklı sürelerde santrifüj edilerek ve üst tabakadaki yağ ayrılarak farklı yağ içerikli tahin örnekleri elde edilmiştir.

Elde edilen örneklerin nihai yağ oranı %5, 10, 15 düzeyinde azaltılmış olup kontrol örneği (K) ile birlikte üç farklı yağı azaltılmış tahin (YAT) örneği elde edilmiştir (YAT-5, YAT-10, YAT-15).

### 2.3. Duyusal değerlendirme

Tahin örneklerinin duyusal özellikleri, 20-45 yaşları arasında yirmi gönüllü panelist (10 erkek ve 10 kadın) tarafından değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirme 5 puanlık bir hedonik ölçekte (1: en az beğeni 5: en çok beğeni) yapılmıştır (Baqeri vd., 2020). Panelistlerden tahin örneklerinin; renk, aroma, kıvam, yağlılık, sürülebilirlik, tat, acı tat, ağız hissi ve genel değerlendirme puanları istenmiş, duyusal değerlendirme panel üyelerinin imzalı onay formu ile onayı alınarak yapılmıştır.

### 2.4. Viskozite

Viskozite, 20 g örnek 100 mL' lik beher içerisine konulmuş. Viskozite değerleri  $25^\circ\text{C}$  de Brookfield DV-II+ viskozimetre 6 nolu spindle kullanılarak (Middleborough, ABD) kesme gerilimine karşı kesme hızı olacak şekilde ölçülmüş ve sonuçlar santipoise/rpm cinsinden ifade edilmiştir (İbanoğlu ve İbanoğlu, 1998).

### 2.5. Renk özellikleri

Tahin örneklerinin rengi beyaz seramik plakalarla kalibre edilmiş bir renk ölçüm cihazı (Minolta Chroma Meter Cr-10, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerden 5 gram kuvars örnek kaplarına konulmuş ve  $C/10^\circ$  aydınlatma açısı ile ölçümler alınmıştır. Sonuçlar, Hunter renk değerleri olan  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri ile ifade edilmiştir; burada  $L^*$ , açıklığı,  $a^*$  kırmızılığı - yeşilliği ve  $b^*$  sarılığı - maviliği belirtmek için kullanılmıştır (Levent, 2011).

## 2.6. Protein içeriği

Toplam 0,5 g örnek, katalizör madde (Cu) ve 12 mL sülfirik asit (%98) varlığında  $\pm 380^{\circ}\text{C}$ 'de 1 saat yakılmıştır. Bu işlemden sonra, 75 mL %40'lık sodyum hidroksit, 50 mL %2'lik borik asit ve 6 damla metil kırmızısı-brom kresol yeşili indikatörleri damıtılmıştır. Damıtma sonrasında 150 mL süzüntü erlenmeyer içerisinde rengi maviden pembeye dönene kadar 0,1 N hidroklorik asit ile titre edilmiştir. Toplam (%) protein içeriği, toplam %N x 6,25 formülü kullanılarak hesaplanmıştır (Association of Official Analytical Collaboration International [AOAC], 2000).

## 2.7. Fiziksel stabilite

Fiziksel stabilite Çiftçi vd. (2008) tarafından uygulanan metot modifiye edilerek uygulanmıştır. Özetle 10 gram örnek tüplere tartılmış ve 30 gün boyunca oda sıcaklığında saklanmıştır. Bu süre sonunda tüplerin üst kısmında ayrılan yağ miktarı tartılmış ve % olarak hesaplanmıştır.

## 2.8. Kalori değerinin hesaplanması

Tahin örneklerinin toplam kalori değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam kalori} = (\% \text{ Yağ} \times 9) + (\% \text{ Protein} \times 4) + (\% \text{ Karbonhidrat} \times 3,75)$$

Kalori değerleri kcal/100g örnek olarak verilmiştir (Finglas vd., 2015).

## 2.9. İstatistiksel analizler

Analizler en az 3 paralel olarak yapılmış ve sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir. İstatistiksel değerlendirme "SPSS 21,0 for Windows" paket programıyla gerçekleştirilmiş, farklı örnekler için elde edilen analiz sonuçları arasındaki farkların önem düzeyi "One way ANOVA (Analysis of variances)" testi ve "Duncan" post testiyle belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Farklı grupların istatistiksel olarak önem düzeyleri a,b,c... şeklinde harflerle gösterilmiştir.

## 3. Bulgular ve tartışma

Tahin örneklerinin yağ, protein, karbonhidrat oranı, fiziksel stabilite ve toplam kalori değerleri çizelge 1' de verilmiştir. Yağ oranı örneklerde %50, 53, 56, 59 olacak şekilde örnekler hazırlanmıştır. Örneklerde yağ oranı azaldıkça protein oranının arttığı görülmüştür. Protein içeriği

en düşük kontrol örneğinde ( $22,71 \pm 0,07$ ), en yüksek YAT- 15 ( $26,79 \pm 0,04$ ) örneğinde tespit edilmiştir. Bitkisel proteinler, özellikle ortalama protein alımının az olduğu ülkelerde insan beslenmesinde önemli rol oynamakta ve beslenmede protein alımının yetersiz olmasından dolayı takviye olarak da bu proteinlerin kullanımı araştırılmaktadır (Khalid vd., 2003). Susam da zengin protein içeriğinden dolayı (%22-25) bu konuda değerlendirilmektedir. Susam tohumlarının amino asit bileşimi, yüksek kükürt içeren amino asitler (metionin ve sistein) ve düşük lizin içeriği nedeniyle yağlı tohum proteinleri arasında önemli bir yere sahiptir. Bu aminoasit profili nedeniyle susam, protein takviyesi olarak önerilmektedir (Orruno ve Morgan, 2007). Bununla birlikte Biswas vd. (2010)'nin yaptığı çalışmada susam protein izolatu (%91,5 protein) içeren beslenmenin toplam kolesterol, LDL kolesterol ve triaçilgliserol seviyelerini önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir.

Tahin üretiminde depolama sırasında yağ fazının ayrılması önemli problemdir. Bu çalışmada yağ oranının azaltılması ile birlikte örneklerin fiziksel stabilitesinin de arttığı belirlenmiştir. Fiziksel stabilitenin kontrol örneğinde en düşük ( $66,02 \pm 0,12$ ), YAT- 15 ( $98,98 \pm 0,01$ ) örneğinde ise en yüksek olduğu görülmüştür. Muresan vd. (2015)'nin ayçiçek tahininde yaptığı çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bahsi geçen çalışmada tahinin yağ oranı azaldıkça koloidal stabilitesinin arttığı belirlenmiştir. Başka bir araştırmada ise Lim vd. (2015) tarafından yağ azaltılmış sosislerin fiziksel stabilitesi çalışılmış ve bu araştırmada yağ oranı %10 azaltılmış sosisler ile kontrol örneklerinin fiziksel stabilitesi arasında fark görülmemiştir. Puligundla vd. (2015)'nin yaptığı çalışmada ise yağ oranı %20 azaltılmış mayonez formülasyonlarının kontrol örneğine göre daha yüksek stabilite gösterdiği rapor edilmiştir. Diğer taraftan, yaptığımız çalışmada kullanılan kontrol tahin örneğinde %20,10 oranında karbonhidrat bulunduğu belirlenmiş, diğer örneklerde bulunan protein ve yağ oranından yola çıkılarak % karbonhidrat değerleri ve buradan da örneklerin toplam kalori değerleri hesaplanmıştır. En düşük toplam kalori değeri, daha aza yağ oranına bağlı olarak YAT- 15 ( $651,21 \pm 1,07$ ) örneğinde, en yüksek toplam kalori değeri ise kontrol ( $697,22 \pm 3,35$ ) örneğinde hesaplanmıştır. Yağı azaltılmış tahin tüketimiyle, alınacak toplam kalori değerinin de düşük olacağı tespit edilmiştir.

Her ne kadar susam yağı doymamış yağ asitlerince zengin bir yağ olsa da, toplam yağ tüketimi ile kan trigliserit düzeyi, obezite ve diğer sağlık problemleri arasında ilişki kurulmaktadır. Düşük yağ tüketimi ve dolayısı ile düşük kalori alımının olumlu etkileri üzerine literatürde pek çok çalışma vardır. Vasilopoulou vd. (2016)'nin yapmış olduğu çalışmada yağı azaltılmış süt ürünlerinin kardiyovasküler hastalık riskini ve LDL kolesterol

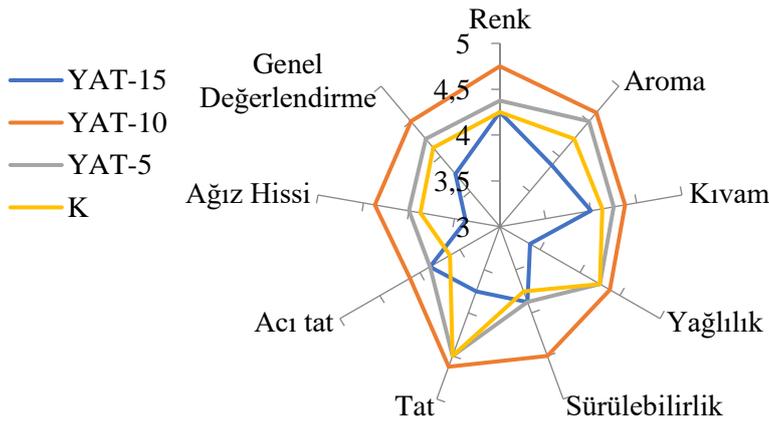
düzeyini azalttığı bildirilmiştir. Yine Ellrott vd. (2006)'nin yapmış olduğu başka bir çalışmada yağı azaltılmış ve diyet lifi ile zenginleştirilmiş et ürünleri tüketiminin kilo kaybına yardımcı olduğu ve kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı belirtilmiştir. Cleghorn vd. (2003)'nin yaptığı araştırmada ise yağı azaltılmış ve bitkisel sterollerle zenginleştirilmiş diyetin LDL kolesterol düzeyini azalttığı bildirilmiştir.

**Çizelge 1.** Tahin örneklerinin yağ, protein, karbonhidrat, fiziksel stabilite ve toplam kalori değerleri

Örnekler	Yağ oranı (%)	Protein oranı (%)	Karbonhidrat oranı (%)	Fiziksel Stabilite (%)	Toplam kalori (kcal/100g)
YAT-15	50±0,03	26,79±0,04a	25,08±0,05a	98,98±0,01a	651,21±1,07d
YAT-10	53±0,04	25,27±0,02b	23,61±0,03b	95,54±0,01b	666,62±1,42c
YAT-5	56±0,07	23,91±0,05c	21,28±0,04c	78,44±0,02c	679,44±2,15b
K	59±0,06	22,71±0,07d	20,10±0,03d	66,02±0,12d	697,22±3,35a

Duyusal değerlendirme sonuçlarının daha iyi anlaşılabilmesi için örümcek ağı diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 1). İstatistiksel anlamda gruplar arasında kıvam ve acı tat parametreleri açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Diğer parametreler açısından YAT-10 ve

kontrol örneği arasında farklılık görülmüştür ( $p<0,05$ ). Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre en iyi değerleri yağ oranı %10 azaltılmış tahin örneği almıştır. Bunun nedeni tahinin yağlılığının azalması sonucu duyusal kabulünün artması olabilir.



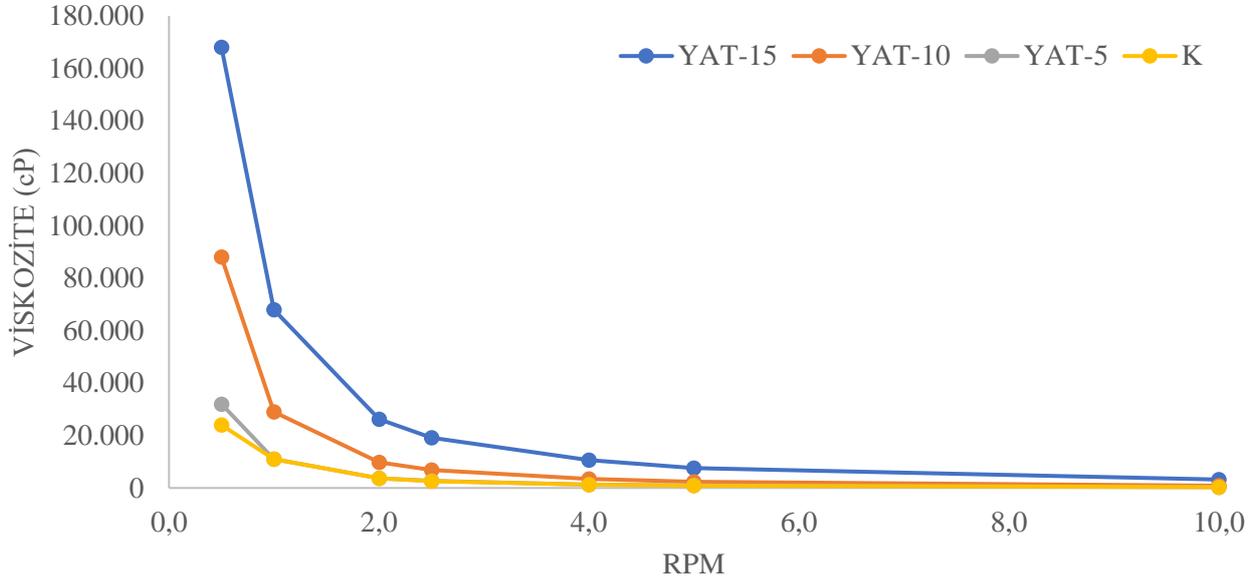
**Şekil 1.** Tahin örneklerinin duyusal değerlendirme sonuçları

Stokes yasasına uyan akışkanlar Newtonian, uymayan akışkanlar Newtonian olmayan sınıfına girmektedir. Pseudoplastikler Newtonian olmayan akışkanlar grubundadır. Tahin, susam yağında

hidrofilik katılarla süspansiyon edilmiş, Newtonian olmayan pseudoplastik gıda maddesi gibi davranan bir tür koloidal süspansiyondur (Hou vd., 2018). Tahinin reolojik özellikleri üzerinde yapılan bir

çalışmada tahinin pseudoplastik ve tiksotropik özellikler gösterdiği tespit edilmiştir (Abu-Jdayil, 2004). Benzer şekilde yapılan diğer bir çalışmada helva üretiminde tahinin %20 konsantrasyona

kadar Newtonian davranış gösterdiği daha yüksek konsantrasyonlarda pseudoplastik bir davranış gösterdiği görülmüştür (Abu-Jdayil, 2003).



Şekil 2. Tahin örneklerinin viskozite değerleri

Örneklere ait viskozite grafiği şekil 2 de verilmiştir. Tahinde bulunan yağ, viskoziteyi düşürdüğü için, bu çalışmadaki viskozite değerleri uzaklaştırılan yağ oranı arttıkça artmıştır. Tahin örneklerinin tamamının pseudoplastik akış davranışı gösterdiği belirlenmiştir. Viskozite değerleri YAT-15 örneğinde en yüksek iken, YAT-10 ve YAT-5 örneklerinde kısmen daha düşüktür.

YAT-10 ve YAT-5 istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük sonuçlar ise kontrol örneğinde alınmıştır ( $p < 0,05$ ). Duyusal değerlendirmede ağız hissi parametresinde alınan sonuçlar da bu sonuçları desteklemektedir. Ağız hissinde yüksek viskozite ve ağızda kalan yapışkanlık nedeniyle YAT-15 örneği en düşük değerleri almıştır.

### Çizelge 2. Tahin örneklerinin renk değerleri

Örnekler	L*	a*	b*
YAT-15	57,70±0,00c	3,03±0,05a	22,36±0,05a
YAT-10	58,86±0,05b	2,93±0,11a	22,10±0,20b
YAT-5	59,00±0,20a	2,80±0,00b	22,03±0,15b
K	59,16±0,05a	2,37±0,05c	21,06±0,05c

Farklı düzeylerde yağ içeren tahin örneklerinin renk değerleri Çizelge 2 de verilmiştir. Örneklerden ayrılan yağ oranı arttıkça, yağın rengine bağlı olarak L\* değerleri azalmış, a\* ve b\* değerleri artmıştır. Örneklerde L\* değerinde

gözlenen azalmanın, yağın azalması ile renk pigmentlerinin yoğunluğunun artması ve ışığı yansıtma yeteneğinin azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde a\* ve b\* değerlerindeki artış da bunu desteklemektedir. L\*

değeri en düşük ( $57,70\pm 0,00$ ) YAT-15 örneğinde, en yüksek kontrol örneğinde ( $59,16\pm 0,05$ ) ölçülmüştür.  $a^*$  değerleri ise en düşük kontrol örneğinde ( $2,37\pm 0,05$ ), en yüksek YAT-15 örneğinde ( $3,03\pm 0,05$ ),  $b^*$  değerleri de benzer şekilde en düşük kontrol örneğinde ( $21,06\pm 0,05$ ), en yüksek YAT-15 örneğinde ( $22,36\pm 0,05$ ) belirlenmiştir. Diğer taraftan Akbulut vd. (2012) tarafından çam balı ile karıştırılmış tahin örneklerinin renk değerleri araştırılmış, çam balı oranı arttıkça  $L^*$  ve  $a^*$  değerleri azalmış,  $b^*$  değerinde ise önemli bir değişiklik görülmemiştir. Santipanichwong ve Suphantharika (2007) tarafından yağlı azaltılmış mayonezdeki renk özellikleri çalışılmış sonuçta yağlı mayoneze kıyasla  $L^*$  değerleri yüksek,  $b^*$  değerleri düşük bulunmuş,  $a^*$  değerinde ise farklılık görülmemiştir. Azalan yağ ile birlikte mayonezin ışığı yansıtma yeteneği artmış ve bununla birlikte  $L^*$  değerleri de artmıştır. Öztürk vd. (2021) tarafından yağlı azaltılmış peynir tozu üzerine yapılan çalışmada ise tam yağlı peynir tozuna göre  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin tamamı azalmıştır.

## 6. Kaynaklar

Abu-Jdayil, B., Al-Malah, K., Asoud, H. (2002). Rheological characterization of milled sesame (tehineh). *Food Hydrocolloids*, 16, 55–61.

Abu-Jdayil, B. (2003). Modelling the time dependent rheological of semisolid foodstuffs. *Journal of Food Engineering*, 57, 97-102.

Abu-Jdayil, B. (2004). Flow properties of sweetened sesame paste (halawa tehineh). *European Food Research Technology*, 8, 61-67.

Akbulut, M. ve Coklar, H. (2008). Physicochemical and rheological properties of sesame pastes processed from hulled and unhulled roasted sesame seeds and their blends at various levels. *Journal of Food Process Engineering*, 31, 488–502.

Akbulut, M., Saricoban, C., Ozcan, M.M. (2012). Determination of rheological behavior, emulsion stability, color, and sensory of sesame pastes (tahin) blended with pine honey. *Food Bioprocess Technology*, 5, 1832–1839.

AOAC International. (2000). Official Methods of Analysis. 17th ed. S.17 955.04 AOAC International.

## 4. Sonuç

Bu çalışmada tahin örneklerinin yağı fiziksel bir işlem (santrifüjleme) ile ayrılmış ve yağ oranı %5, 10, 15 oranında azaltılmış tahin örnekleri elde edilmiştir. Örneklerin duyu özellikleri, viskozitesi, renk özellikleri, protein içeriği ve fiziksel stabilitesi belirlenmiştir. Sonuçta %10 yağlı azaltılmış tahinin duyu olarak en iyi sonuçları verdiği, kontrol örneğine göre protein oranının ve fiziksel stabilitesinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yağı azaltılmış tahinin; duyu olarak daha kabul edilebilir, sürülebilir özellikleri daha iyi, fiziksel stabilitesi daha yüksek, düşük yağ oranından ve yüksek protein oranından dolayı düşük kalorili beslenmeye uygun bir ürün olduğu belirlenmiş ve bu yönleriyle geleneksel tahine iyi bir alternatif olduğu görülmüştür.

## 5. Çıkar çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili başka kurum ve kişiler ile çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Baqeri, F., Nejatian, M., Abbaszadeh, S., Taghdir, M. (2020). The effect of gelatin and tymol-loaded nanostructured lipid carrier on physicochemical, rheological and sensory properties of sesame paste/date syrup blends as a snack bar. *Journal of Texture Studies*, 51, 501-510.

Baxevanis, G.K., Sakketou, E.K.I., Tentolouris, N.K., Karathanos, V.T., Fragkiadakis, G.A., Kanellios, P.T. (2021). Tahini consumption improves metabolic and antioxidant status biomarkers in the postprandial state in healthy males. *European Food Research and Technology*, 247, 2721–2728.

Biswas, A., Dhar, P., Ghosh, S. (2010). Antihyperlipidemic effect of sesame (*sesamum indicum*L.) protein isolate in rats fed a normal and high cholesterol diet. *Journal of Food Science*, 75, 274-279.

Cleghorn, C.L., Skeaff, C.M., Mann, J., Chisholm, A. (2003). Plant sterol-enriched spread enhances the cholesterol-lowering potential of a fat-reduced diet. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57, 170–176.

- Çiftçi, D., Kahyaoğlu, T., Kapucu, S., Kaya, S. (2008). Colloidal stability and rheological properties of sesame paste. *Journal of Food Engineering*, 87, 428–435.
- Ellrott, T., Ranke, C., Yilmaz, O., Wegner, K., Austel, A., Pudel, V. (2006). Meat products with different contents of fat and dietary fibre - effects on body weight and cardiovascular risk factors. *Ernahrungs Umschau*, 53, 261.
- Finglas, P.M., Roe, M.A., Pinchen, H.M., Berry, R., Church, S.M., Dodhia, S.K., Farron-Wilson, M., Swan, G. (2015). Fruits. In: McCance and Widdowson's the composition of foods. 7th ed. *Cambridge (UK): Royal Society of Chemistry*; p. 350–52.
- Hou, L., Li, C., Wang, X. (2018). Physicochemical, rheological and sensory properties of different brands of sesame pastes. *Journal of Oleo Science*, 67, 1291-1298.
- İbanoğlu, Ş. ve İbanoğlu, E. (1998). Rheological characterization of some traditional turkish soups. *Journal of Food Engineering*, 35, 251-256.
- Khalid, E.K., Babiker, E.E., El tinay, A.H. (2003). Solubility and functional properties of sesame seed proteins influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry*, 82, 361–366.
- Levent, O. (2011). Gün kurusu malatya kayısılarının naturel bileşikler ile raf ömrünün uzatılması (Yüksek Lisans Tezi). İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Lim, Y., Kim, H., Hwang, K., Song, D., Kim, Y., Ham, Y., Jang, S., Lee, C., He, F., Choi, Y., Kim, C. (2015). Effects of glasswort (*Salicornia herbacea L.*) hydrates on quality characteristics of reduced-salt, reduced-fat frankfurters. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 35, 783-792.
- Muresan, V., Pinzari, N., Puşcaş, A., Gherasim, C., Cuius, L., Racolţa, E., Muste, S., Socaciu, C. (2015). New approach on sunflower seeds processing: kernel with several technological applications, husks package, different fat content tahini and halva properties. *Food Science and Technology*, 72, 253-260.
- Nagata, M., Osawa, T., Namiki, M., Fukuda, Y., Ozaki, T. (1987). Stereochemical structures of antioxidative bisepoxylignans, sesaminol and its isomers transformed from sesamol. *Agricultural and Biological Chemistry*, 51, 1285-1289.
- Orruno, E. ve Morgan, M.R.A. (2007). Purification and characterisation of the 7S globulin storage protein from sesame (*Sesamum indicum L.*). *Food Chemistry*, 100, 926–934.
- Öztürk, M.U., Ertekin, F.K., Koca, N. (2021). Production of reduced-fat white cheese powder: The effects of fat reduction and microparticulated protein usage on the characteristics of the cheese powder during storage. *Powder Technology*, 391, 510-52.
- Puligundla, P., Cho, Y., Lee, Y. (2015). Physicochemical and sensory properties of reduced-fat mayonnaise formulations prepared with rice starch and starch-gum mixtures, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27, 463-468.
- Santipanichwong, R. ve Suphantharika, M. (2007). Carotenoids as colorants in reduced-fat mayonnaise containing spent brewer's yeast  $\beta$ -glucan as a fat replacer. *Food Hydrocolloids*, 21, 565–574.
- Sawaya, W.N., Ayaz, M., Khalil, J.K., Al-Shalhat, A.F. (1985). Chemical composition and nutritional quality of tehneh (sesame butter). *Food Chemistry*, 18, 35–45.
- Vasilopoulou, D., Markey, O., Fagan, C.C., Kliem, K.E., Humphries, D.J., Jackson, K. G., Todd, S., Givens, D.I., Lovegrove, J.A. (2016). Chronic consumption of conventional and saturated-fat reduced dairy products have differential effects on low-density lipoprotein cholesterol levels in adults at moderate cardiovascular disease risk. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75,169.
- Vittori Gouveia, L., Cardoso, C., de Oliveira, G., Rosa, G., Moreira, A. (2016). Effects of the intake of sesame seeds (*Sesamum indicum L.*) and derivatives on oxidative stress: a systematic review. *Journal of Medicinal Food*, 19, 337–345.
- Yılmaz, H.Ö. (2018). Hiperlipidemi ve beslenme. *Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 2, 72-82.

## Özgün Araştırma/Original Article

### Hünnap (*Ziziphus jujuba* Mill.) ve üzüm (*Vitis vinifera* L.) kullanılarak nişasta bazlı sağlıklı atıştırmalık üretimi üzerine bir çalışma

#### A study on the production of starch-based healthy snacks using jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) and grapes (*Vitis vinifera* L.)

Buglem Güler<sup>1</sup>, Nisa Nur Özcan<sup>1</sup>, Yurdanur Akyol<sup>1</sup>, Ali Güler<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Manisa Fen Lisesi, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Manisa, TÜRKİYE

(Yazar sıralamasına göre/By author order)

ORCID ID: 0009-0000-2647-3074, Lise Öğrencisi

ORCID ID: 0009-0003-8053-3308, Lise Öğrencisi

ORCID ID: 0000-0002-2134-1790, Lise Öğrencisi

ORCID ID: 0000-0002-7762-1361, Dr.

\*Sorumlu yazar/Corresponding author: [guler.ali@tarimorman.gov.tr](mailto:guler.ali@tarimorman.gov.tr)

Geliş Tarihi : 28.05.2025

Kabul Tarihi : 30.08.2025

## Öz

**Amaç:** Son yıllarda gıda sanayinde jel ürün çeşitliliği ve bu ürünlere olan talep hızla artmaktadır. Bu çalışmada, antioksidan bileşiklerce zengin hünnap tozu, olgun asma yapraklarından elde edilen renklendirici, üzüm suyu ve nişasta kullanılarak sağlıklı bir atıştırmalık geliştirilmesi amaçlanmıştır.

**Materyal ve yöntem:** Çalışma materyalini hünnap, olgun asma yaprakları, üzüm suyu ve nişasta oluşturmuştur. Yerel pazardan satın alınan taze hünnaplar yıkanıp dilimlenmiş ve sonrasında kurutulmuştur. Takiben parçalanarak toz haline getirilmiştir. Renklendirici eldesi için toplanan olgun asma yaprakları parçalanarak % 1 sitrik asit çözeltisi ile ultrasonik şartlarda ekstrakte edilmiş ve süzöntü rotary evaporatörde konsantre edilmiştir. Farklı oranlarda oluşturulan karışımlarla nişasta bazlı jel atıştırmalık üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen örneklerde pH, asidite, suda çözünür kuru madde (SÇKM), toplam fenolik madde (TFM), toplam monomerik antosiyanin (TMA) ve antioksidan aktivite (DPPH ve CUPRAC) belirlenmiş ve duyusal karakterler ortaya koyulmuştur.

**Bulgular ve tartışma:** Üretilen örneklerde, pH değerleri 3,34 ile 3,68 arasında, titrasyon asitliği %0,48 ile 1,37 ve kuru madde değerleri de %71,56 ile 75,79 arasında değişmiştir. TMA miktarının 1,47 ile 190,69 mg ME/kg KM ve TFM içeriğinin 949 ile 6178 mg GAE/kg KM arasında olduğu belirlenmiştir. Antioksidan aktivite DPPH metodunda 2,21-20,72 mM TE/kg KM ve CUPRAC metodunda 19,66-86,31 mM TE/kg KM arasında değişmiştir. Duyusal parametrelerden renk, görünüm, çiğnenebilirlik, lezzet ve aroma gibi parametreleri atıştırmalık karışımında kullanılan hünnap tozu ve doğal renklendirici pozitif yönlü geliştirmiştir.

**Sonuç:** Bu çalışmada; TFM miktarı kontrol grubuna göre 4,6 ile 6,5 kat ve antioksidan aktivite 4,0 ile 9,4 kat artırılmış, doğal ve sağlıklı bir atıştırmalık geliştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** jel atıştırmalık, asma yaprağı, hünnap, üzüm, antioksidan

## Abstract

**Objective:** In recent years, there has been a notable increase in the variety of gel products in the food industry, as well as a concomitant rise in demand for these products. The objective of this study was to develop a healthy jelly snack using jujube powder, antioxidant compounds, colouring from mature grape leaves, grape juice and starch.

**Material and method:** The study material consisted of jujube, mature vine leaves, grape juice and starch. Fresh jujubes purchased from the local market were washed, sliced and then dried. Following this, they were crushed into powder. Mature vine leaves collected for the purpose of colourant extraction were crushed and extracted with a 1% citric acid solution under ultrasonic conditions. The filtrate was then concentrated in a rotary evaporator. Starch-based gel snacks were produced using mixtures formed at varying ratios of the ingredients. The pH, acidity, soluble solids (SS), total phenolic matter (TPM), total monomeric anthocyanin (TMA), antioxidant activity (DPPH and CUPRAC) and sensory characters of the produced samples were determined.

**Results and discussion:** The pH values of the produced samples range from 3.34 to 3.68, the titration acidity from 0.48 to 1.37%, and the dry matter from 71.56 to 75.79%. It was determined that the TMA content varied between 1.47 and 190.69 mg ME/kg DW, and the TPM content varied between 949 and 6178 mg GAE/kg DW. The antioxidant activity of the samples ranged between 2.21–20.72 mM TE/kg DW for the DPPH and 19.66–86.31 mM TE/kg DW for the CUPRAC methods. The jujube powder and natural colourant affected positively on sensory parameters of the samples, including colour, appearance, chewiness, flavour and aroma. Conclusion: A natural and healthy snack was formulated in this study, and the TPM and antioxidant properties of this product were increased 4.6 to 6.5 times and 4.0 to 9.4 times compared to the control group.

**Keywords:** jelly snacks, vine leaf, jujube, grape, antioxidant

## 1. Giriş

Günümüzde insanların yaşam kalitesini etkileyen ve toplum sağlığını tehdit eden hastalıklarda beslenmenin etkisi büyüktür. Sağlıksız beslenme kalp rahatsızlıkları, obezite ve kanser gibi rahatsızlıklara yol açabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü 2022 yılı istatistiklerine göre Türkiye’de yetişkin nüfusun %33,3’ü obezdir ve ülkemiz Avrupa’nın en obez ülkesi konumundadır. Geri kalan üçte bir nüfusun da aşırı kilolu olduğu ifade edilmektedir (World Health Organisation, 2022). Diğer yandan, Türkiye’de beslenme sorunlarına bağlı olarak kanser vakaları da görülmektedir. 2009 yılında Türkiye’deki kanser vakaları yaklaşık 160.000 olarak rapor edilirken (Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 2009), bu rakamlar 2020 yılında yaklaşık 196.000’e kadar ulaşmıştır (Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 2020). Bu hastalıklar ve vakalardaki artış ile beslenme alışkanlıklarındaki değişimler arasında ilişki olduğu düşünülmektedir. Özellikle işlenmiş gıda ürünleri, aşırı şekerli ve tuzlu yiyecekler, doymuş yağ içeren ürünler ve katkı maddeleri gibi bileşenlerin fazla tüketimi insan sağlığını ciddi oranda etkilemektedir.

Atıştırmalıklar, ana öğünler dışında beslenme ya da tutku olarak tüketilen besinler olarak tanımlanmaktadır. Atıştırmalıklar genellikle yağ, şeker veya tuz bakımından zengin; fakat vitaminler, mineraller ve lif bakımından fakir gıdalardır. Gereksiz enerji kaynağı olan bu tür atıştırmalıklar alıcılar için lezzetli ve kolay ulaşılabilir olmanın yanında, satıcılar için de raf ömrü artırılmış olması bakımından tercih edilmektedir (Garipağaoğlu ve Yoldaş, 2019). Türkiye’de sıkça tüketilen bazı atıştırmalıkların 100 gramında bulunan doymuş yağ miktarlarının ortalaması 10,9’dur (Kahraman ve Küplülü, 2011). Bu atıştırmalıklardaki doymuş yağ miktarının fazla olması hastalık risklerini arttırmaktadır. İş hayatının yoğunluğu ve yaşam temposu nedeniyle insanlar öğünlerini atıştırarak geçirmeyi tercih etmektedir. İnsanlara göre hem pratik hem de kolay tüketilebilir olan atıştırmalıklardan aşırı şekerli ve tuzlu olanlar, doymuş yağ içerenler ve katkı maddeleri gibi sağlıksız bileşenler içerenler, pratik ve kolay tüketilebilir olmasına nazaran insan sağlığına büyük ölçüde zarar vermektedir (Garipağaoğlu ve Yoldaş, 2019).

Sağlıklı atıştırmalık ise, trans yağlar, şeker ve tuz içeriği düşük; bileşiminde renklendirici, aroma verici ve koruyucu bulunmayan; vitamin ve

mineraller gibi besin öğeleri bulunduran gıda olarak tanımlanmaktadır (Garipağaoğlu ve Yoldaş, 2019).

Dengeli bir beslenmede, besinler yoluyla alınan antioksidanların ayrı bir önemi vardır. Antioksidan kanser, kalp rahatsızlıkları gibi hastalıkların vücudumuzdaki gelişimini engelleyen moleküldür. Hünap antioksidan bakımından zengin bir meyvedir. Aynı zamanda içinde bulundurduğu; C vitaminiyle bağışıklık sistemine katkıda bulunur, potasyum sayesinde kan basıncını dengeler, yüksek lif miktarıyla bağırsak sağlığını olumlu yönde etkiler, antioksidan sayesinde cildin sağlığını korur (Özkan, 2017). Üzüm ise güçlü bir enerji kaynağı olmakla beraber içinde bulundurduğu polifenollerin sayesinde vücudu kalp-damar hastalıklarına karşı dayanıklı hale getirir. Üzüm ürünleri içerdikleri flavanoid bileşikleri sayesinde antioksidan etki göstererek DNA hasarını önleyen kanser karşıtı ürünlerdir. Üzüm çekirdeği ve üzüm suyunda bulunan resveratrolün ise anti-mutajenik aktivite göstererek farklı kanser hastalıklarında tümör oluşumunu engellediği; virüs gelişimi, kötü kolesterol, yüksek tansiyon, kalp krizi riski, Alzheimer, Parkinson, demans ve nörodejenerasyon gibi birçok hastalığı da önlediği bildirilmektedir (Aşçı, 2020).

Ersoy vd. (2024)’nin “Farklı yöntemlerle kurutulmuş meyve tozlarının antioksidan ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi” üzerine yaptıkları çalışmada; portakal, hünap, mango ve ananas meyvelerinden elde edilen pürenin dondurulup sıcak havada kurutulmuş elde edilen tozlarının, antioksidan etkileri ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre en yüksek antioksidan aktivite hünap meyvesinde gözlemlenirken koku ve tat parametrelerinde beğeni sıralamasında ise hünapın ikinci sırada olduğu görülmüştür. Kurutma işlemi meyvelerin faydalı etkilerini azaltmanın aksine, içindeki suyun buharlaşması sonucu taze meyvelere kıyasla çok az miktarda vitamin ve mineral kaybına uğradığı belirtilmektedir (Aktaş vd., 2014). Kurutulmuş meyve ve sebzeler güçlü demir ve lif kaynağı olmanın yanı sıra, kansızlığı önlemesi, bağışıklığı güçlendirmesi, kemikleri kuvvetlendirmesi ve kan basıncını düzenlemesi bakımından önemlidir. Meyveler kurutma işlemi sırasında, lifli yapısını

korumasından dolayı sağlıklı besinlerdir (Kaplan vd., 2020).

Bu çalışmada, antioksidanca zengin hünnap tozu, olgun asma yapraklarından elde edilen renklendirici, üzüm suyu ve nişasta kullanılarak sağlıklı bir atıştırma tasarlanması amaçlanmıştır. Bu duruma bağlı olarak, çalışmanın hipotezi; kurutulmuş hünnap tozu, asma yapraklarından elde edilen konsantre renklendirici ve beyaz üzüm suyu kullanılarak nişasta bazlı sağlıklı, antioksidan özellikleri yüksek bir jel atıştırma üretilebilir şeklinde belirlenmiştir. Bu hipoteze ulaşmak için, hünnap tozu, asma yaprağı renklendiricisi, nişasta ve üzüm suyu farklı oranlarda karıştırılmış ve elde edilen jel ürün kalıplarda kurutulmuş antioksidan özellikleri yüksek sağlıklı doğal bir jel atıştırma ürün geliştirilmiştir.

## 2. Materyal ve yöntem

Atıştırma üretiminde kullanılan hünnap meyvesi (*Ziziphus jujuba Mill.*) Manisa yerel pazarından taze olarak satın alınmıştır. Konsantre renklendirici eldesinde kullanılan asma yaprakları Michele

Palieri (*Vitis vinifera L.*) çeşidi asmalarından toplanmıştır. Şeker kaynağı olarak, sağlıklı %100 pastörize beyaz üzüm suyu (Sultani Çekirdeksiz, *Vitis vinifera L.*) kullanılmıştır. Üzüm suyu piyasadan (Manisa BAEM, Türkiye) temin edilmiştir. Atıştırma kalıplarında yapının sağlanması amacıyla buğday nişastası kullanılmıştır. Nişasta, yerel bir marketten satın alınmıştır.

### 2.1. Hünnap tozu üretimi

Hünnaplar (*Ziziphus jujuba Mill.*) taze olarak piyasadan temin edildikten sonra yıkanarak temizlenmiş ve fazla su süzdürülmüştür. Daha sonra 1-1,5 mm olacak şekilde dilimlenerek çekirdekler çıkarılmıştır. Daha sonra kurutucunun altı delik tepsiğine birer dilim olacak ve üst üste gelmeyecek şekilde dizilmiştir. Bu takiben bir tepsili kurutucuda (Eskiz, Türkiye) son ürün nemi %4'e gelene kadar 55 °C'de 1 m/sn hava hızında kurutma işlemi uygulanmıştır. Kurutulmuş hünnap dilimleri bir laboratuvar tipi blender (Waring, 8011S, Canada) ile parçalanarak toz haline getirilmiştir. Hünnap tozu üretimini gösteren akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Hünnap tozu üretim akış şeması

### 2.2. Sıvı konsantre renklendirici üretimi

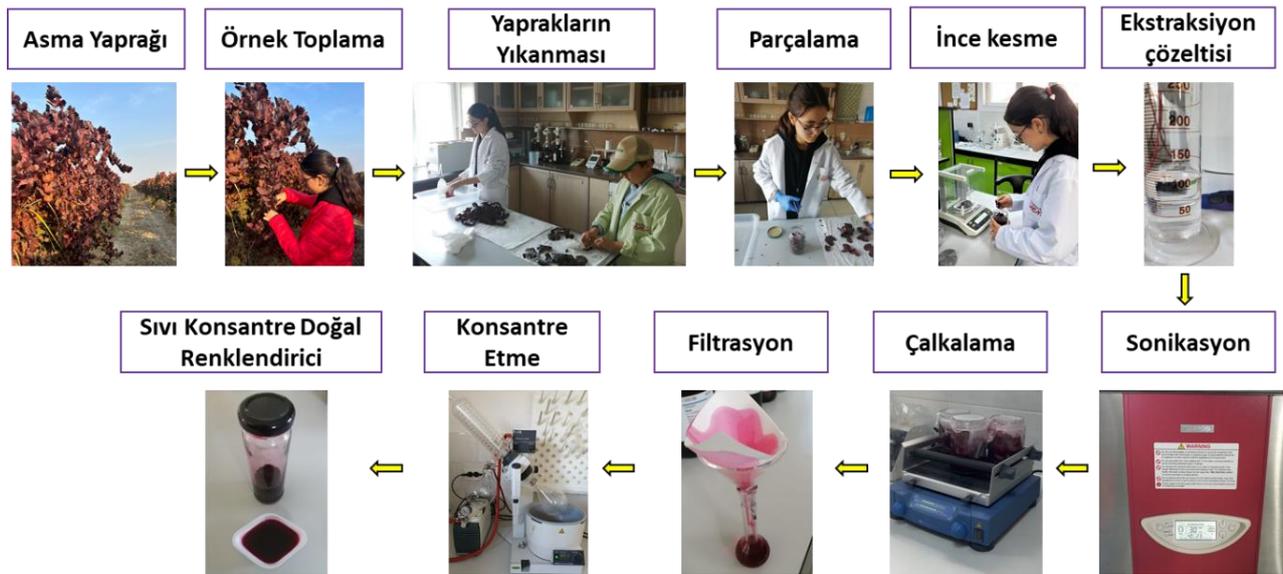
Bazı renkli üzüm asmalarının yaprakları asma yaprağının alışlagelen yeşil renginden farklı olarak vejetasyon sürecinin sonuna doğru renklenme (kırmızı veya mor) eğilimindedir. Bu çalışmada Michele Palieri (*Vitis vinifera L.*) çeşidi

yaprakları bu karakteristik özelliğinden dolayı tercih edilmiştir. Sonbahar döneminde yaprakların renklediği süreçte (Ekim ayı ortası) yaprak örnekleri asmaların uç sürgünlerinden (Michele Palieri, *Vitis vinifera L.*) toplanmıştır. Daha sonra laboratuvar ortamında yıkanmış ve küçük parçalar haline getirilmiştir. Bu kıyılmış yapraklardan 30 g

alınarak üzerine 300 mL asitlendirilmiş saf su (%1 sitrik asit) ilave edilmiştir. Yapraktaki renk maddelerinin ekstraksiyonu için 53 kHz frekans ve %100 amplitüde 30 dakika süreyle sonikasyon (Kudos SK7210HP, China) uygulanmıştır. Bu işlemde sıcaklık başlangıçta 40°C'ye ayarlanmış, işlem sonunda 47°C'ye ulaşmıştır. Bu işlemi takiben örnekler orbital çalkalayıcıda (Ika KS 130 B, Germany) 320 rpm'de 50 dakika süreyle çalkalanmıştır. Sonrasında renkli sıvı kısım kaba filtre kağıdından süzülerek alınmıştır. Bu işlemler

her bir örnek için iki defa tekrarlanmıştır. Elde edilen renkli sıvı ekstraktlar rotary evaporatör de (Buchi, Germany) 50°C'de vakum şartlarında (720 mm Hg) konsantre edilmiştir. Elde edilen sıvı konsantre renklendirici kullanılıncaya kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Asma yapraklarından sıvı konsantre doğal renklendirici üretimine yönelik akış şeması aşağıda Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Sıvı konsantre doğal renklendirici üretim akış şeması

Atıştırılabilirlik üretiminde; nişasta ve üzüm suyu miktarları sabit tutularak hünnap tozu ve sıvı konsantre renklendirici oranları değiştirilmiş ve iki tekrarlı üretim denemeleri yapılmıştır. Atıştırılabilirlik üretiminde kullanılan bileşenler Şekil 3'te ve bu bileşenlerin miktarları Çizelge 1'de verilmiştir.



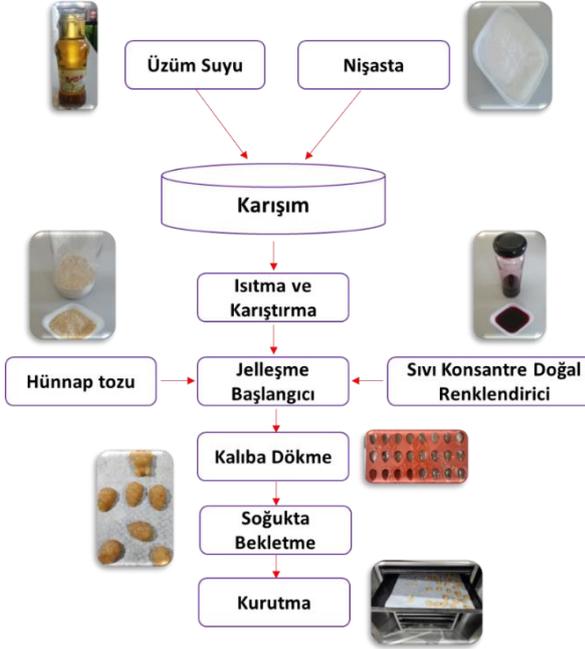
Şekil 3. Atıştırılabilirlik üretiminde kullanılan bileşenler

Çizelge 1. Atıştırılabilirlik üretiminde bileşenlerin miktarları

Atıştırılabilirlik	Nişasta, g	Üzüm Suyu, mL	Hünnap Tozu, g	Renklendirici, g
Kontrol	6	100	-	-
Ürün-1	6	100	4	3
Ürün-2	6	100	6	6

Üretim için tartılan nişasta ısıtılan üzüm suyuna yavaş yavaş karıştırılarak ilave edilmiş ve nişastanın çirşlenmesi (jelleşme) için 90 °C'nin üzerine kadar ısıtılmıştır. Kaynama belirtisi ile birlikte belirlenen miktarlardaki hünnap tozu ve sıvı konsantre renklendirici ilave edilmiştir. Jelleşen ürün hızlıca silikon kalıplara alınmış ve buzdolabında 2 gün bekletilmiştir. Daha sonra bir tepsili kurutucuda 55 °C'de 1 m/sn hava hızında kurutulmuştur. Kurutulan jelleşmiş atıştırılabilirlik kalıplardan çıkarılarak kilitli poşet ambalajlar içinde analiz ve değerlendirilinceye kadar

buzdolabında (4°C) muhafaza edilmiştir. Atıştırılabilir üretim akış şeması Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Atıştırılabilir üretim akış şeması

Projede gerçekleştirilen ölçüm ve analizlerde yararlanılan metotlar bu bölümde sıralanmıştır.

### 2.3. Örneklerde pH ölçümü

Öncelikle üretilen örneklerden yaklaşık 3 g tartılarak 10 mL saf su içerisinde parçalanarak homojenize edilmiş ve daha sonra kaba filtre kağıdından süzülmüştür. Süzüntünün pH değeri direkt olarak pH metre (Hanna 211) probunun süzüntü içerisine daldırılması ile tespit edilmiştir.

### 2.4. Titrasyon asitliği (%)

Elde edilen süzüntüden 10 mL alınarak üzerine birkaç damla fenolftalein damlatılmış ve 0.1 N NaOH çözeltisine karşı pembe renk oluşana kadar titre edilmiştir. Sonuçlar sıvı doğal renklendirici ve jel atıştırılabilir için % sitrik asit, üzüm suyu için % tartarik asit eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$\text{Titrasyon Asitliği (\%)} = \frac{(V * F * \text{Meq} * 100)}{M} \quad (1)$$

V	: 0,1 N NaOH sarfiyatı (mL)
F	: NaOH faktörü
Meq	: 1 mL 0,1 N NaOH eşdeğeri ilgili asit (Sitrik asit: 0,0064 g, Tartarik asit: 0,0075 g)
M	: Örnek hacmi (mL)

### 2.5. Suda çözünür kuru madde (SÇKM)

Sıvı konsantre doğal renklendirici örneklerinin SÇKM değerleri refraktometrede (Hanna 500) okunarak % olarak tespit edilmiştir.

### 2.6. Kuru madde tayini

Örneklerin kuru madde tayini 70°C sıcaklıkta vakum şartlarında gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için vakumlu etüv (100 mm Hg) (JSR, JSVO-60T, Kore) kullanılmıştır. Sabit tartıma getirilen örneklerin ağırlık kayıpları hesaplanarak, kuru madde miktarı % olarak belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010).

### 2.7. Toplam monomerik antosiyaninlerin belirlenmesi

Antosiyaninlerin belirlenmesinde pH-diferansiyel metodundan yararlanılmıştır (Wrolstad, 1993). Örneklerden antosiyanin ekstraksiyonu için 5 g örnek tartılmış ve üzerine 20 mL %85 metanol (1,5 N HCl içeren) çözeltisi eklenmiş ve 20 dakika süreyle ultrasonik su banyosunda (Kudos SK7210HP, China) %100 amplitudedeki bekletilmiştir. Daha sonra 60 dakika süreyle 560 rpm'de çalkalanmış (Ika KS 130 B, Germany) ve takiben 4000 rpm'de 10 dakika santrifüj (Nüve, Türkiye) edilmiştir. Üstteki berrak kısım alınarak ayrılmış ve kalan kısmın üzerine bir miktar ekstraksiyon çözeltisi eklenerek uygulanan işlemler tekrarlanmıştır. Bu işlemlere renksizliğe kadar devam edilmiştir. Daha sonra belirli orana seyreltilen ekstrakt örneklerine pH 1,0 (0,025 M potasyum klorür HCl ile ayarlanmış) ve 4,5 (0,4 M sodyum asetat HCl ile ayarlanmış) tamponları eklenmiş ve 30 dakika süreyle karanlık ortamda bekletilmiştir. Bu süre sonunda spektrofotometrede (Thermo scientific, Multiskango, Finland) metanole karşı 520 ve 700 nm dalga boyundaki absorbansları belirlenmiştir. Sonuçlar aşağıdaki eşitlik kullanılarak malvidin-3-o-glikozit cinsinden mg (ME)/kg olarak hesaplanmıştır.

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH4.5} \quad (2)$$

$$\text{Antosiyanin} \left( \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \frac{A.MW.Sf.1000}{\epsilon.l} \quad (3)$$

Absorbans farkı	
MW	: Baz alınan Antosiyanin molekül ağırlığı (493,5)
Sf	: Seyreltme faktörü
$\epsilon$	: Absorbsiyon katsayısı (28.000)
l	: Spektrofotometre kuvvet ışık yolu

## 2.8. Toplam fenolik madde tayini

Örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu kolorimetrik metoduna göre belirlenmiştir (Singleton ve Rossi, 1965). Bu metodun prensibi, fenolik maddelerin bazik ortamdaki Folin-Ciocalteu ayırıcını indirgeyerek bir redoks reaksiyon sonucunda oksitlenmiş forma dönüşmesine dayanır. Analiz edilecek örneklerin hazırlanması için 5 g örnek tartılarak üzerine 20 mL %80 etanol çözeltisi eklenmiş ve 53 kHz ve %100 amplitude ayarlanarak 20 dakika sonikasyon uygulanmıştır. Daha sonra 60 dakika süreyle 560 rpm'de çalkalanan örnekler 4000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve berrak kısım alınmıştır. Kalan kısma tekrar ekstraksiyon çözeltisi eklenerek işlemlere devam edilmiştir. Bu işlemler üç defa tekrarlanmıştır. Analiz için seyreltilmiş örnekten 8 mL alınmış ve üzerine 0,2 mL Folin-Ciocalteu ayırıcı eklenmiştir. 3 dakika sonra üzerine 1 mL %20'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi eklenmiş ve ışık almayan bir ortamda 30 dakika süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Kör örnek için 8 mL saf su kullanılmıştır. Bu süre sonunda örneklerin absorbansı bir spektrofotometrede (Multiskan GO, Thermo Fisher Scientific, Finlandiya) 760 nm dalga boyunda kör örneğe karşı ölçülerek belirlenmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde miktarı gallik asit ile oluşturulan standart eğrisinden hesaplanmış ve mg Gallik asit eşdeğeri (GAE)/kg olarak verilmiştir.

## 2.9. Antioksidan aktivite tayini

Bu çalışmada iki farklı yöntemle (DPPH ve CUPRAC) örneklerin antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir.

2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) analizi önceki çalışmalara göre gerçekleştirilmiştir (Kim vd., 2002; Lima vd., 2014). İlk olarak, 1.0 mM DPPH radikal çözeltisi metanol içinde hazırlanmış ve  $0.900 \pm 0.050$  absorbans değerine kadar seyreltilmiştir. Daha sonra seyreltilmiş örneklerden 0.1 ml alınmış ve üzerine 2.9 ml radikal çözeltisine eklenmiştir. Bunu takiben, DPPH çözeltisi numunelerin eklenmesinden sonra karanlıkta 30 dakika boyunca inkübe edilmiştir. DPPH çözeltisinin absorbansı örnek eklendikten sonra sıfırinci (t=0) ve otuzuncu (t=30) dakikalarda ölçülmüştür. Absorbans ölçümleri 517 nm'de bir (UV-Vis) spektrofotometre (Multiskan GO, Thermo Fisher Scientific, Finlandiya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon eğrisi için (50-400 ppm) Trolox analitik standardı kullanılmış ve

sonuçlar mM Trolox eşdeğeri (TE)/kg olarak ifade edilmiştir.

CUPRAC (Bakır (II) İyonu İndirgeme Esaslı Antioksidan Kapasite) metodu bakır (II) iyonu indirgeme prensibine dayanmaktadır. Örneklerin CUPRAC değerlerinin belirlenmesinde Apak vd. (2004) tarafından geliştirilen ve Callaghan vd. (2013) tarafından modifiye edilen yöntem kullanılmıştır. Analizde öncelikle 150 µL seyreltilmiş örnek üzerine 150 µL 1 M amonyum asetat, 7,5 mM neokuproin ve 10 mM bakır (II) klorür dihidrat ilave edilmiştir. Bu karışım 30 dakika süre ile oda şartlarında inkübe edilmiş ve takiben 450 nm'de spektrofotometrede (Multiskan GO, Thermo Fisher Scientific, Finlandiya) absorbanslar ölçülmüştür. Kör örnek hazırlamada distile sudan yararlanılmıştır. Sonuçlar absorbansa karşı konsantrasyon baz alınarak çizilen Trolox kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış ve mM Trolox eşdeğeri (TE)/kg örnek şeklinde verilmiştir.

## 2.10. Duyusal analiz

Üretilen örneklerin duyusal karakteristiklerinin belirlenmesi için renk, kıvam, koku-aroma, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni dereceleri bakımından 1-5 skalası kullanılarak, 5 panelist tarafından duyusal analiz yapılmıştır. Tercih edilen skalada 5: mükemmel, 4: iyi, 3: orta, 2: düşük ve 1: kabul edilemez ifadelerini temsil etmiştir (Altuğ ve Elmacı, 2005).

## 2.11. İstatiksel analiz

Projede gerçekleştirilen bütün ölçüm ve analizler 3 tekrür x 2 paralel (n=6) olacak şekilde planlanmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi rastgele desene göre One-way Anova uygulanarak IBM SPSS 22 versiyonu paket programından faydalanılarak yapılmıştır. Parametrelerin ortalamaları arasındaki farklılıkların ifadesinde Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır.

## 3. Bulgular ve tartışma

Atıştırmalık üretiminde kullanılan bileşenlerden üzüm suyunun pH değeri 3,99 ve titrasyon asitliği tartarik asit cinsinden %0,34 g olarak tespit edilmiştir. Üzüm suyunun SÇKM değeri %18,30 Briks olarak ölçülmüştür.

**Çizelge 2.** Üzüm suyu ve sıvı doğal renklendiricinin fizikokimyasal özellikleri

Bileşen	pH	SÇKM, % °Briks	Titrasyon A., %
Sıvı doğal renklendirici*	2,68±0,02	16,75±0,20	6,93±0,68
Üzüm suyu**	3,99±0,01	18,30±0,09	0,34±0,05

\*Titrasyon asitliği sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır.

\*\*Titrasyon asitliği tartarik asit cinsinden hesaplanmıştır.

Atıştırmalıkların renklendirilmesi amacıyla ilave edilen sıvı asma yaprağı konsantresinde pH değeri 2,68 ve asidite sitrik asit cinsinden % 6,93 olarak belirlenmiştir. Konsantre SÇKM değeri 16,75 °Briks olarak saptanmıştır. Bu veriler Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Atıştırmalık üretiminde kullanılan bileşenlerde biyokimyasal parametrelerden toplam monomerik antosiyanin ve toplam fenolik madde miktarları ile iki farklı yöntemle antioksidan aktivite değerleri belirlenmiştir. Çizelge 3’te bileşenlerin biyokimyasal özellikleri verilmiştir. Asma yapraklarından elde edilen sıvı doğal konsantre renklendiricinin toplam antosiyanin içeriği 2876 mg ME/kg olarak tespit edilmiştir. Üzüm suyu ve hünnap tozunda antosiyanin analizi yapılmamıştır. Toplam fenolik madde miktarları; üzüm suyunda 784 mg GAE/kg, kurutulmuş hünnap tozunda 9918 mg GAE/kg ve sıvı doğal renklendiricide 12538 mg GAE/kg olarak bulunmuştur. Atıştırmalık üretiminde kullanılan bileşenlerden hünnap tozu ve konsantre renklendiricinin oldukça yüksek oranda fenolik madde içerdiği belirlenmiştir.

**Çizelge 3.** Atıştırmalık üretiminde kullanılan bileşenlerde biyokimyasal parametreler

Bileşen	Antosiyanin, mg ME/kg	T. Fenolik Madde, mg GAE/kg	CUPRAC, mM TE/kg	DPPH, mM TE/kg
Sıvı doğal renklendirici	2876±28	12538±126	220,51±1,46	71,31±7,27
Üzüm suyu	-	784±11	11,54±2,48	1,50±10,66
Hünnap tozu	-	9918±89	141,56±21,94	41,28±7,54

Ürün bileşenlerinin antioksidan özellikleri CUPRAC ve DPPH olmak üzere iki ayrı metotla Troloks eşdeğeri olarak analiz edilmiştir. CUPRAC metodu için üzüm suyunda antioksidan kapasite 11,54 mM TE/kg, hünnap tozunda 141,56 mM TE/kg ve konsantre renklendiricide 220,51 mM TE/kg olarak belirlenmiştir. DPPH metodu için antioksidan aktivite değerleri üzüm suyu, hünnap tozu ve konsantre renklendiricide sırasıyla 1,50 mM TE/kg, 41,28 mM TE/kg ve 71,31 mM TE/kg şeklinde bulunmuştur. Her iki metottan elde edilen sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde, atıştırmalık üretiminde bileşen olarak seçilen maddelerin oldukça yüksek düzeyde antioksidan özelliklere sahip oldukları görülmüştür.

Antosiyaninler fenolik maddelerin alt grubu olup bitkilere kendine özgü mavi, menekşe, mor, kırmızı ve pembe renk veren bileşendir. Kırmızı renkli üzüm asmalarında hasattan sonra olgun yapraklarda kırmızılaşma görülür. Bu renklenme güz aylarına doğru gittikçe artar. Bu çalışmada, antosiyaninlerce zengin asma yapraklarından doğal sıvı konsantre renklendirici üretilmiş ve jel atıştırmalık üretiminde kullanılmıştır. Olgunlaşmış

renkli sofralık üzüm yapraklarında yaş bazda 109-348 mg CE/100 g antosiyanin bulunduğu ve bu antosiyaninlerin toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite ile önemli derecede korelasyon gösterdiği bilinmektedir (Filimon vd., 2015).

Türkiye’de üretilen üzüm sularında toplam şeker miktarı kuru madde bazında %78,21 ile 96,75 arasında değişirken, toplam organik asit miktarı %1,21 arasında 2,86 değişmektedir (Güler ve Candemir, 2020). Atıştırmalık üretiminde şeker kaynağı olarak tercih edilen üzüm suyu bu açıdan lezzete önemli katkıda bulunması yanında içerdiği organik asit ile lezzet dengesini desteklemiştir. Diğer yandan, üzüm suyu renk, tekstür ve biyokimyasal özelliklere de katkıda bulunmuştur. Türk üzüm suyu örneklerinde toplam fenolik maddenin kuru maddede 99-607 mg GAE/100 g ve antioksidan aktivitenin 0,14-4,97 mM TE/ 100 g arasında olduğu bildirilmektedir (Guler vd., 2022). Bu çalışmada kullanılan üzüm suyu örneklerinin fenolik madde ve antioksidan miktarları önceki çalışmaların bulgularıyla uyumludur.

Diğer yandan, farklı tekniklerle kurutulmuş hünnap tozlarında toplam fenolik madde 4590 ile 7391 mg GAE/kg arasında bulunmuştur (Elmas vd., 2019; Koyuncu vd., 2021). Bu çalışmada kurutulan hünnap tozunda fenolik madde miktarı literatüre göre bir miktar daha yüksek seyretmiştir. Bu durumun yetiştirme koşulları ve işleme şartlarından kaynakladığı düşünülmüştür.

Üretim denemelerinden elde edilen ürünlerin pH, asidite ve kuru madde sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.** Üretilen örneklerin pH, asidite ve kuru madde sonuçları

Örnek	pH	Titrasyon A., %	Kuru Madde, %
Kontrol üretimi	3,68±0,05	0,48±0,01	71,56±0,29
Üretim-1	3,47±0,01	0,92±0,01	73,77±0,66
Üretim-2	3,34±0,02	1,37±0,01	75,79±0,34

\*Titrasyon asitliği sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır.

Kontrol üretim örneklerinde pH 3,68 olarak tespit edilirken, ilave edilen renklendirici ve hünnap tozu artışına bağlı olarak pH değerleri azalmıştır. Bu değerler üretim-1 için 3,4 ve üretim-2 için 3,34 olmuştur. Diğer yandan titrasyon asitliği değerleri kontrol için %0,48, üretim-1 için %0,92 ve üretim-2 için %1,37 olarak bulunmuştur. Beklendiği şekilde pH değerlerinin aksine asidite artan sıvı konsantre renklendirici oranına bağlı olarak artmıştır. Burada pH değerinin düşmesi ve titrasyon asitliğinin artması yüksek asitli sıvı doğal renklendiricinin ilave edilmesinden kaynaklanmıştır. Üretilen atıştırma örneklerinin kuru madde değerleri %71,56 ile 75,79 arasında değişmiştir.

Üretim çalışmaları sonucunda ortaya çıkan atıştırma ürünlerinin antosiyanin ve toplam fenolik madde miktarları Çizelge 5'te sunulmuştur. Antosiyanin miktarı kontrol grubunda 1,47 mg ME/kg KM, üretim-1'de 101,14 mg ME/kg KM ve üretim-2'de 190,69 mg ME/kg KM olarak belirlenmiştir. Üretilen ürünlerdeki antosiyanin, karışımda kullanılan asma yapraklarından elde

edilmiş kırmızı renkli sıvı doğal konsantre renklendiriciden gelmiştir. Bu renklendiricinin ilave oranına bağlı olarak antosiyanin miktarı da artmıştır. Toplam fenolik madde miktarı 949 ile 6178 mg GAE/kg KM arasında değişmiştir. En düşük fenolik madde kontrol üretiminde görülürken bunu üretim-1 4390 mg GAE/kg KM ile izlemiş ve en yüksek değerinde üretim-2 ürününde görülmüştür. Üretilen atıştırma örneklerinde toplam fenolik madde miktarının yüksek olması, üretimde seçilen bileşenlerden üzüm suyu ile özellikle hünnap tozu ve asma yaprağından elde edilen sıvı doğal renklendiricinin yüksek fenolik madde içeriğinden kaynaklanmıştır. Bu sayede hedeflendiği şekilde yüksek fenolik madde içeriğine sahip atıştırma örnekleri üretilmiştir.

**Çizelge 5.** Üretilen örneklerin antosiyanin ve toplam fenolik madde içeriği

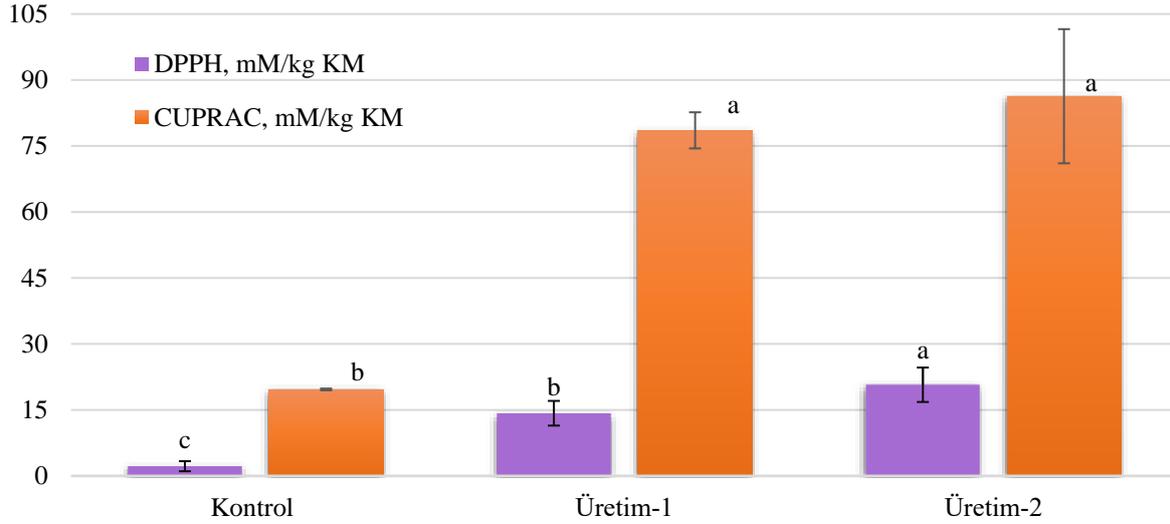
Örnek	Antosiyanin, mg ME/kg KM	T. Fenolik Madde, mg GAE/kg KM
Kontrol üretimi	1,47±1,08c	949±5c
Üretim-1	101,14±15,66b	4390±19b
Üretim-2	190,69±15,19a	6178±36a

\*Her bir sütunda farklı harflerle gösterilen ifadeler istatistiksel olarak farklıdır ( $p \leq 0,05$ ).

Nişasta ve üzüm suyu kullanılarak pestil üretim denemelerinin yapıldığı bir çalışmada, üzüm kabuk ve çekirdeklerinden elde edilen tozların ilavesiyle üretilen örneklerde toplam fenolik madde miktarı 2,78-10,89 mg GAE/g KM olarak verilmektedir (Özaltın ve Çağrı, 2021). Bir başka çalışmada pestil örneklerinde bu değer 447,63 mg GAE/kg olarak verilmektedir (Candemir vd., 2015). Bu çalışma bulguları genel olarak literatürle uyumlu olmakla birlikte bir miktar yüksektir. Bu durumun kullanılan hünnap tozu ve asma yaprağı bazı renklendiriciden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Bu çalışmada, üretilen atıştırma jel ürünlerinin antioksidan özellikleri iki ayrı metotla incelenmiş ve sonuçlar Şekil 5 üzerinde grafiksel olarak verilmiştir.

### Antioksidan Aktivite, mM TE/kg KM



Şekil 5. Üretilen atıştırılmalıklarda antioksidan aktivite özelliklerin değişimi

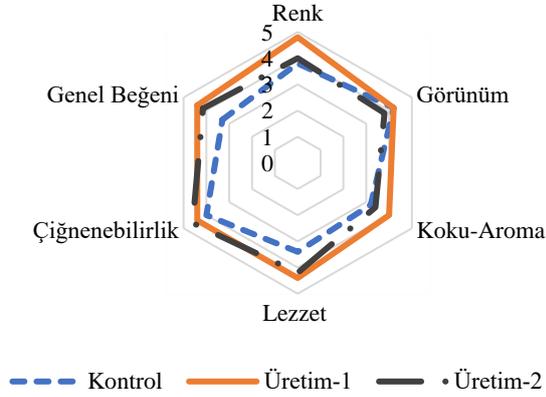
Kullanılan her iki yöntem için antioksidan aktivite özellikleri bakımından uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ). CUPRAC yöntemi için kontrol örneğinde antioksidan kapasite 19,66 mM TE/kg KM iken, üretim-1 örneğinde 78,55 mM TE/kg KM ve üretim-2 örneğinde 86,31 mM TE/kg KM seviyelerinde tespit edilmiştir. DPPH metodu için antioksidan aktivite kontrol örneğinde 2,21 mM TE/kg KM, üretim-1 örneğinde 14,25 mM TE/kg KM ve üretim-2 örneğinde de 20,72 mM TE/kg KM olarak belirlenmiştir. Her iki metot içinde karışımda kullanılan hünnap tozu ve sıvı doğal renklendirici artışına bağlı olarak önemli düzeyde antioksidan özelliklerde artış sağlanmıştır. CUPRAC yöntemi sonuçları ele alındığında, hünnap tozu ve sıvı doğal renklendiricinin kullanımıyla antioksidan kapasite 4,3 ile 5,2 kat arasında arttırılmıştır. DPPH yönteminde elde edilen sonuçlara göre bu artış 6,7 ile 9,9 kat arasındadır. Hem üretimde kullanılan beyaz üzüm suyu hem de hünnap tozu ve sıvı doğal renklendirici ilavesiyle, antioksidan özellikleri yüksek sağlıklı atıştırılmalıklar üretme imkânı bulunmuştur. Üzüm ürünlerinin incelendiği bir çalışmada pestil örneğinde antioksidan aktivite DPPH metodu için 1,38 mM TE/kg olarak verilirken (Candemir vd., 2015), bir diğer çalışmada üzüm kabuk ve çekirdekleriyle zenginleştirilmiş pestil örneklerinde antioksidan aktivite DPPH metodu için kontrol örneklerinde 2,04  $\mu\text{M}$  TE/g KM, kabuk ilaveli örneklerde 3,67-3,82  $\mu\text{M}$  TE/g KM ve çekirdek tozu ilaveli

örneklerde 14,72-15,19  $\mu\text{M}$  TE/g KM olarak verilmektedir. Aynı çalışmada bu değerlerin CUPRAC metodu için sırasıyla 16,88-18,86  $\mu\text{M}$  TE/g KM, 31,70-32,24  $\mu\text{M}$  TE/g KM ve 74,91-78,55  $\mu\text{M}$  TE/g KM olduğu ifade edilmektedir (Özaltın ve Çağındı, 2021). Bu çalışmanın antioksidan aktivite bulguları literatürle uyumludur.

Üretilen ürünlerin duyu özelliklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen duyu değerlendirme sonuçlarının grafiksel gösterimi Şekil 6'da verilmiştir. İncelenen parametrelerden renk, lezzet, genel beğeni ve toplam skor açısından örnekler arasında istatistiksel anlamda farklar olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0,05$ ). Görsel incelendiğinde üretim-1 örneğin çignenebilirlik parametresi dışında öne çıktığı görülürken, çignenebilirlik için üretim-2 örnekleri öne çıkmıştır. Duyusal parametrelerden renk, görünüm, çignenebilirlik, lezzet ve aroma gibi parametreleri atıştırılmalık karışımında kullanılan hünnap tozu ve doğal renklendirici pozitif yönlü geliştirmiştir. Hünnap tozu duyu açıdan tekstür ve çignenebilirliği geliştirirken, doğal renklendirici renk ve görünüm özelliklerini geliştirmiştir. İncelenen bütün parametreler açısından uygulamalar kontrole göre daha yüksek değerler almıştır.

Son yıllarda gıda endüstrisinde jel formdaki gıdaların sayısının ve popüleritesinin artması bu alandaki çalışmaların gerekliliği ve çeşitliliği için önem arz etmektedir. Gıda endüstrisindeki bu ürünlerin yaygınlığı, yüksek su ve düşük kalori

içeriği ile tokluğu artırma gibi kabiliyeti nedeniyle artış eğilimindedir (Hu ve ark., 2024). Bu çalışmada; beyaz üzüm suyu, hünnap tozu ve asma yapraklarından elde edilen doğal renklendirici kullanılarak fonksiyonel özellikleri arttırılmış nişasta bazlı jel atıştırıcılık geliştirilmiştir.



**Şekil 6.** Üretilen atıştırıcılıkların duyusal değerlendirme puanları

Jel atıştırıcılık üretiminde nişasta baz yani temel bileşen olarak yapı ve tekstürün oluşturulması amacıyla seçilmiştir. Nişasta, önemli bir karbonhidrat ve enerji kaynağıdır. Nişasta içeren gıdalar günlük diyetinde önemli yer tutar ve insanların vücut aktivitelerini sürdürmesi için gerekli karbonhidratları sağlar. Nişasta jelleştiğinde ve suda çirşlendiğinde, esnek ve neredeyse şeffaf bir jel oluşturur (Zhang vd., 2024). Bu çalışmada nişasta üzüm suyu ile karıştırılıp ısıtılarak jelleşmesi sağlanmış ve üretilen atıştırıcılıklara kendine özgü bir tekstür kazandırılmıştır.

Kurutulmuş hünnaplardan elde edilen toz, üretilen jel atıştırıcılıklarda fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Kurutulmuş hünnap tozunun önemli oranda fenolik madde içerdiği ve yüksek oranda antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Son üründe yapılan analizlerde biyokimyasal özelliklerin önemli düzeyde kontrole göre arttığı ortaya koyulmuştur. Hünnap tozu önemli miktarda karbonhidrat da (%80,21-83,55) içermektedir (Koyuncu vd., 2021). Kullanılan hünnap tozu atıştırıcılıklarda içerdiği karbonhidrat ile lezzeti de desteklemiştir. Bunlara ilaveten, kurutulmuş hünnap tozu lifli yapısı sayesinde su tutma ve tekstürün gelişimi bakımından jel atıştırıcılık ürün yapısına katkıda bulunmuştur.

Araştırma kapsamında üretilerek atıştırıcılık üretiminde kullanılan konsantre doğal sıvı renk maddesi, son üründe renk karakterinin geliştirilmesi yanında fenolik bileşimin ve buna bağlı olarak da antioksidan aktivitenin artışına önemli düzeyde katkıda bulunmuştur. Diğer yandan, asma yapraklarından renk maddelerinin ekstraksiyonu için kullanılan çözücü (%1'lik sitrik çözültisi) içindeki sitrik asit son üründe lezzet dengesine katkı sağlamıştır.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada; nişasta ve üzüm suyu bazlı, hünnap ve asma yapraklarından elde edilmiş sıvı konsantre renklendirici kullanılarak zenginleştirilmiş doğal ve sağlıklı bir atıştırıcılık üretilmiştir. Yeni geliştirilen bu üründe, fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite kontrol grubuna göre sırasıyla 4,6-6,5 ve 4,0-9,4 kat arasında arttırılmıştır. Toplumun hemen hemen her yaş grubu tarafından severek tüketilebilecek, kendine özgü bir yapı ve lezzette olan bu antioksidan atıştırıcılığın toplumsal sağlık yanında gıda ve tarım sektörüne de üretim yöntemi ile alternatif ürün geliştirme açılarından katkı sağlayacağı tahmin edilmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda, kurutulmuş hünnap tozunun üretim süreçleri ve partikül büyüklüklerinin etkisi, asma yapraklarından renk bileşenlerinin ekstraksiyonunda farklı çözücü bileşenleri ve yenilikçi tekniklerin kullanılabilirliği ile farklı jel oluşturan ajanların etkinliği, ambalajlama ve muhafaza yöntemleri araştırılabilir.

#### 5. Teşekkürler

Bu makale, TÜBİTAK 2204-A Lise Öğrencileri Araştırma Proje Yarışması kapsamında 2024-2025 yılı İzmir Bölge Sergisine hak kazanan "Hünnap ve Üzüm Bazlı Sağlıklı Bir Atıştırıcılık: Sağlığına Atıştır" başlıklı projeden üretilmiştir.

## 6. Kaynaklar

- Aktaş, M., Menlik, T., Boran, K., Aktekeli, B. ve Aktekeli, Z. (2014). Isı pompalı bir kurutucuda portakal kabuğu kurutulması. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 2(2), 229–238.
- Altuğ, T. ve Elmacı, Y. (2005). Gıdalarda duyuşal değerlendirme, Meta basım matbaacılık Hizmetleri, 130 s, İzmir.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. and Karademir, S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(26), 7970-7981.
- Aşcı, Ö. A. (2020). Sağlıklı yaşamda üzüm ve üzüm ürünleri. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4, 22-32.
- Callaghan, C. M., Leggett, R. E. and Levin, R. M. (2013). A comparison of total antioxidant capacities of concord, purple, red, and green grapes using the CUPRAC assay. *Antioxidants*, 2(4), 257-264.
- Candemir, A., Güler, A. ve Soltekin, O. (2015). Üzüm Ürünlerinin Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi-A27*, s. 399-402.
- Cemeroğlu, B. (2010). Gıda Analizleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 34, Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara, Türkiye.
- dos Santos Lima, M., Silani, I. D. S. V., Toaldo, I. M., Corrêa, L. C., Biasoto, A. C. T., Pereira, G. E., ... Ninow, J. L. (2014). Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. *Food chemistry*, 161, 94-103.
- Elmas, F., Varhan, E. and Koç, M. (2019). Drying characteristics of jujube (*Zizyphus jujuba*) slices in a hot air dryer and physicochemical properties of jujube powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, 70-86.
- Ersoy, B., Baysal, G. ve Ceyhan, T. (2024). Farklı Yöntemlerle Kurutulmuş Meyve Tozlarının Antioksidan ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Aydın Gastronomy*, 8(1), 95-107.
- Filimon, R. V., Rotaru, L., Filimon, R. And Niculaua, M. (2015). Anthocyanin content and composition of red senescent leaves from *Vitis vinifera* L. table grape cultivars. In *Horticultură, Viticultură și vinificație, Silvicultură și grădini publice, Protecția plantelor*, 42, 82-92.
- Garipağaoğlu, M. ve Yoldaş, H. (2019). Çocuk Beslenmesi ve Sağlıklı Atıştırmalıklar. *Klinik Tıp Pediatri Dergisi*, 11(5), 255-261.
- Guler, A., Candemir, A., Ozaltin, K. E., Asiklar, F. B. and Saygac, S. (2022). Determination of biochemical characteristics, antioxidant activities, and individual phenolic compounds of 13 native Turkish grape juices. *Erwerbs-Obstbau*, 64(Suppl 1), 25-35.
- Güler, A. ve Candemir, A. (2020). Determination of physicochemical characteristics, organic acid and sugar profiles of Turkish grape juices. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 4(2), 149-156.
- Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü (2009). Türkiye Kanser İstatistikleri, T. C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü Kanser Daire Başkanlığı, Ankara.  
<https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/kanser-db/Dokumanlar/Istatistikler/2009kanseraporu-1.pdf> (Erişim Tarihi: 16.05.2025).
- Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü (2020). Türkiye Kanser İstatistikleri, T. C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü Kanser Daire Başkanlığı, Ankara.  
[https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/kanserdB/Dokumanlar/Istatistikler/Turkiye\\_Kanser\\_Istatistikleri\\_2020.pdf](https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/kanserdB/Dokumanlar/Istatistikler/Turkiye_Kanser_Istatistikleri_2020.pdf) (Erişim Tarihi: 16.05.2025).
- Hu, A., Liu, Y. and Wu, S. (2024). A review on polysaccharide-based jelly: Gell food. *Food Chemistry: X*, 101562.
- Kahraman, S. D. ve Küplülü, Ö. (2011). Trans yağ asitleri. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 82(2), 15-24.
- Kaplan, E., Taşova, M. and Gülse Bal, H.S. (2020). Meyve kurutma yöntemlerine göre tüketici tercihleri: sunburst çeşidi mandalina örneği. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1(2), 425–440.

Kim, Y. K., Guo, Q. And Packer, L. (2002). Free radical scavenging activity of red ginseng aqueous extracts. *Toxicology*, 172(2), 149-156.

Koyuncu, B., Demir, M. K. ve Olcay, N. (2021). Farklı kurutma metotları ile elde edilen hünnap (*Zizyphus jujuba*) meyve tozlarının bisküvi üretiminde kullanım olanakları. *Gıda*, 46(5), 1158-1170.

Özaltın, K.E. ve Çağındı, Ö. (2021). Üzüm posasının pestil üretiminde kullanılabilirliğinin belirlenmesi (TAGEM/HSGYAD/A/18/A3/P4/479). Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, No.162, 192 s.

Özkan, H. İ. (2017). Hünnap (*Zizyphus jujuba* Mill.) meyvesinin bazı biyokimyasal bileşenleri ile antibakteriyel, hipoglisemik ve total antioksidan aktivitesinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Singleton, V. L. and Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.

World Health Organisation, (2022). <https://data.who.int/countries/792> (Erişim Tarihi: 18.7.2025).

Wrolstad, R. E. (1993). Color and pigment analyses in fruit products.

Zhang, Y., Li, L., Sun, S., Cheng, L., Gu, Z. and Hong, Y. (2024). Structural characteristics, digestion properties, fermentation properties, and biological activities of butyrylated starch: A review. *Carbohydrate Polymers*, 330, 121825.

## Özgün Araştırma/Original Article

### Dış hekimliği fakültesi öğrencilerinin tatlandırıcılarla ilgili bilgi ve tutumlarının değerlendirilmesi

#### Evaluation of dental faculty students' knowledge and attitudes regarding sweeteners

Menzile Seda Coşar<sup>1\*</sup>, Zeynep Didar Koçyiğit<sup>2</sup>, Alihan Coşar<sup>3</sup>, Meryem Uzamış Tekçiçek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Dış Hekimliği Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü, Pedodonti Anabilim Dalı, Ankara, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Hacettepe Üniversitesi, Dış Hekimliği Fakültesi, Ankara, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Milli Savunma Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE

(Yazar sıralamasına göre/By author order)

ORCID ID: 0000-0002-5400-1290, Uzm. Dt.

ORCID ID: 0009-0008-6528-1444, Üniversite Öğrencisi

ORCID ID: 0009-0003-4636-0212, İstatistikçi

ORCID ID: 0000-0003-1179-7708, Prof. Dr.

\*Sorumlu yazar/Corresponding author: [menzilemedacosar@gmail.com](mailto:menzilemedacosar@gmail.com)

Geliş Tarihi : 29.10.2024

Kabul Tarihi : 03.09.2025

## Öz

**Amaç:** Obezite, kardiyovasküler hastalık, hipertansiyon, diyabet ve diş çürüğü oluşumuyla ilişkili olduğu bildirilen şeker tüketiminin artması hem genel sağlığı hem de ağız sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Şeker yerine alternatif olarak tatlandırıcıların kullanılması, insanların tat duygusunu değiştirmeden alınan şeker miktarının azaltılmasında önemli yöntemlerden biridir. Bu çalışmanın amacı, diş hekimliği fakültesinde öğrenim görmekte olan öğrencilerinin tatlandırıcılar konusundaki bilgi ve farkındalıklarının değerlendirilmesidir.

**Materyal ve yöntem:** Öğrencilere, demografik durum, tatlandırıcı konusundaki bilgi ve farkındalıkların değerlendirilmesi amacıyla 18 sorudan oluşan anket uygulanmıştır. Araştırmaya katılan 284 öğrencinin %61,3'ü kadın, %38,7'si erkek olup, grubun yaş ortalaması 21,3±2,2'dir. Araştırmaya katılan öğrencilerin tatlandırıcı kullanma durumları değerlendirildiğinde; kadınların %3,4'ünün tatlandırıcı kullandığı, %12,7'sinin bazen tatlandırıcı kullandığı ve %83,9'unun tatlandırıcı kullanmadığı görülmüştür. Erkek öğrencilerin %13,6'sı tatlandırıcı kullandığı, %19,1'i bazen tatlandırıcı kullandığı ve %67,3'ü tatlandırıcı kullanmadığını belirtmiştir.

**Sonuç:** Dış hekimliği öğrencilerinin eğitim programında tatlandırıcılar konusunda daha kapsamlı bilgi ve eğitim verilmesi hem kendi kullanımları açısından bilinçlenmeleri hem de hastalarını doğru yönlendirmeleri konusunda etkili olabilir.

**Anahtar kelimeler:** tatlandırıcı; diş hekimliği öğrencileri; diyet; bilgi; farkındalık

## Abstract

**Aim:** The increase in sugar consumption, which is reported to be associated with obesity, cardiovascular diseases, hypertension, diabetes, and dental caries, negatively affects both general and oral health. The use of sweeteners as an alternative to sugar is one of the significant methods for reducing sugar intake without altering people's sense of taste. This study aims to evaluate the knowledge and awareness of students studying at the faculty of dentistry regarding sweeteners.

**Subject and methods:** A survey consisting of 18 questions was administered to students to assess their demographic status, knowledge, and awareness regarding sweeteners. Of the 284 students who participated in the study, 61.3% were female, 38.7% were male, and the mean age of the group was 21.3 ± 2.2 years. When the sweetener consumption status of the students was evaluated, it was found that 3.4% of female students

regularly used sweeteners, 12.7% occasionally used them, and 83.9% never used them. Among male students, 13.6% reported regular use, 19.1% reported occasional use, and 67.3% reported never using them.

**Conclusion:** Providing more comprehensive information and education about sweeteners in the curriculum of dental students could be effective in raising awareness for their use and in guiding their patients correctly.

**Keywords:** sweetener, dental students, diet, knowledge; awareness

## 1. Giriş

Beslenmenin önemli bir bileşenini oluşturan şekerlerin; obezite, kardiyovasküler hastalık, hipertansiyon, diyabet ve diş çürüğü oluşumuyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Huang vd., 2023; Valenzuela vd., 2021). Toplumda giderek artan şeker tüketimi hem genel sağlığı hem de ağız sağlığını olumsuz yönde etkileyen önemli bir risk faktörüdür.

Ağız sağlığı genel sağlığın ayrılmaz bir parçasıdır. Dünya Sağlık Örgütü iyi bir ağız diş sağlığını; kronik orofasiyal ağrı, ağız yarası, ağız kanserleri, periodontal hastalıklar, diş çürüğü, diş kaybı ve kroniofasiyal defektlerin olmadığı bir durum olarak tanımlamaktadır (WHO, 2022). Ağız sağlığını etkileyen hastalıklar ve problemler; ağrı, çiğneme problemleri, konuşma problemleri, estetik problemler, beslenme bozuklukları ve kilo kaybı, uyku problemleri, gelişim geriliği, sosyal aktivitelerde kayıp, okul devamsızlığı gibi genel sağlığı ve sosyal hayatı olumsuz yönde etkileyen durumlarla sonuçlanabilir (Colak vd., 2013; Melvin, 2006).

Ağız sağlığını etkileyen en önemli hastalıklardan biri olan diş çürüğü, diyetle alınan karbonhidratların karyojenik bakteriler tarafından fermentasyonu sonucu oluşan organik asitlerin, diş sert dokuları olan mine, dentin ve sementte oluşturduğu mineral kaybıdır (Conrads ve About, 2018; Moynihan ve Petersen, 2004; Selwitz vd., 2007). Tüketilen şeker miktarı ve şeker alım sıklığı ile diş çürüğü oluşumu arasındaki ilişki 1950'li yıllarda, ilk defa Vipeholm çalışmasıyla gösterilmiştir (Chi ve Scott, 2019). Diş çürüğü sonucu oluşan kavitelerin restore edilmesi yerine oluşmasını önlemek adına diyetteki karbonhidrat alımını sınırlandırma en etkili yöntemlerden biridir (Luo vd., 2024).

Dünya Sağlık Örgütü'nün 2015 yılında yayınladığı kılavuzda, serbest şeker alımının toplam enerji tüketiminin %10'unun altına düşürülmesi çocuklar ve yetişkinler için önerilmektedir (WHO, 2015). Şeker alımını azaltmada, araştırmacılar ve gıda endüstrisi alanında çalışanlar, insanların tat duygusunu değiştirmeden alınan şeker miktarının azaltılması konusunda çalışmalar yapmaktadır. Şeker yerine alternatif olarak tatlandırıcı kullanılması bu konuda önemli yöntemlerden biridir (Zhang vd., 2024). Günlük hayatta

kullandığımız şekere alternatif olarak üretilen, tadı aynı miktardaki şekerden daha tatlı olan, daha az kalori veya hiç kalorili olmayan besin katkı maddelerine tatlandırıcı adı verilmektedir (Aydın vd., 2022). Tatlandırıcının kullanıma uygunluğu ve kullanımının faydalı olup olmadığına karar verilirken çeşitli faktörler dikkate alınmalıdır. Tatlandırıcının sahip olduğu kalori değeri, etki gösterdikleri konsantrasyon değerleri, karyojenik potansiyeli, toksisitesi, kanserojen riski, insülin salgılanmasına ve iştah üzerine etkisi bu faktörler arasında yer almaktadır (Kalakoti vd., 2011). Toplumun farklı gruplarında tatlandırıcının kullanılması konusunda bilgi, tutum ve farkındalık konularında çalışmalar yapılmıştır (Demir vd., 2020; Öztürk, 2017).

Diş hekimlerinin tatlandırıcılar konusundaki bilgi ve farkındalık seviyesi, hastalarına verecekleri doğru bilgi ve tavsiye açısından önemlidir. Bu çalışmanın amacı, diş hekimliği fakültesinde öğrenim görmekte olan öğrencilerinin tatlandırıcılar konusundaki bilgi ve farkındalıklarının değerlendirilmesidir.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Araştırmanın yeri, zamanı ve örnekleme

Bu araştırma tanımlayıcı tipte bir araştırma olarak planlanmıştır. Çalışma için Hacettepe Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma Etik Kurulu'ndan 11 Haziran 2024 tarihli ve 3616813 karar no'lu onay alınmıştır.

Araştırmanın örneklemini Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde öğrenim gören toplam 816 sayıda 1.,2.,3.,4. ve 5. Sınıf öğrencileri oluşturmuştur. Anket formunu yarıda bırakan ve katılım için gönüllü olmayan öğrenciler çalışma dışı bırakılmıştır.

### 2.2. Veri toplama araçları

Veriler, araştırmacılar tarafından tamamen bu araştırma için oluşturulmuş toplam 18 sorudan oluşan anket aracılığı ile toplanmıştır. Bu ankette katılımcıların tatlandırıcı konusundaki bilgi ve farkındalıklarının düzeylerinin ölçülmesiyle ilgili sorular yer almıştır. Anket formu soruları online bir anket oluşturma platformuna yüklenmiş ve online form, anket oluşturma platformu bağlantısının tıklanması ile açılmıştır. Hacettepe Üniversitesi

Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma Etik Kurulu'ndan alınan izin doğrultusunda, araştırmanın duyurusu Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı tarafından yapılarak, söz konusu bağlantı öğrencilere iletilmiştir.

Araştırmaya katılan bireylerin Vücut Kitle İndeksi Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği sınıflama kullanılarak kategorize edilmiştir. Buna göre VKİ <18,5 kg/m<sup>2</sup> olan bireyler zayıf, VKİ 18,5 - 24,99 aralığında olan bireyler normal kilolu, VKİ 25,0 - 29,9 aralığında olan bireyler pre-obez ve VKİ ≥30 kg/m<sup>2</sup> olan bireyler obez olarak tanımlanmıştır (WHO, 2021).

### 2.3. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesi

Veriler toplandıktan sonra, istatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 25.0 istatistiksel paket programı kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada tanımlayıcı istatistikler olarak kategorik değişkenler için sayı ve yüzde hesaplanmıştır. İlişkilerin değerlendirildiği durumlarda gözlenen farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı Ki Kare ve iki grup değişkenindeki kategorilerin oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını belirlemek için Fisher's Exact Test ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p<0,05 olarak alınmıştır.

### 3. Bulgular

Araştırmamıza katılan toplam 284 öğrenciye ait demografik özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Öğrencilerin; %19'u 1. sınıf, %23,7'si 2. sınıf, %21,8'i 3. sınıf, %15,1'i 4. sınıf ve %20,4'ü 5. sınıf öğrencisidir. Öğrencilerin %61,3'ü kız ve %38,7'si erkektir. Katılımcıların %91,9'u 18-23 yaş aralığında olup grubun yaş ortalaması 21,3 ± 2,2'dir. Bireylerin VKİ değerlerine bakıldığında ise %10,9'u zayıf, %72,9'u normal, %13,4'ü pre-obez ve %2,8'i obezdır.

Araştırmaya katılan öğrencilerin cinsiyete göre kronik hastalık ve ilaç kullanım varlığı, egzersiz yapma, diyet yapma ve tatlandırıcı kullanım durumları Çizelge 2'de verilmiştir. Kadın öğrencilerin %8,6'sının (n=15), erkek öğrencilerin %8,2'sinin (n=9) doktor kontrolü gerektiren kronik hastalığı (alerjik astım, tip 1 diyabet, tip 2 diyabet, kardiyak aritmi, Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB), Polikistik Over Sendromu (PKOS), depresyon, atopik dermatit, anemi) bulunmaktadır.

**Çizelge 1.** Araştırmaya katılan diş hekimliği öğrencilerinin cinsiyete göre tanımlayıcı özellikleri (Ankara, 2024)

Değişkenler	n	%	
Sınıf	1.Sınıf	54	19,0
	2.Sınıf	67	23,7
	3.Sınıf	62	21,8
	4.Sınıf	43	15,1
	5.Sınıf	58	20,4
Cinsiyet	Kadın	174	61,3
	Erkek	110	38,7
Yaş	18-23	261	91,9
	23 üstü	23	8,1
Yaş (Nitel)	x±SS		
	21,3 ± 2,2		
VKİ	Zayıf	31	10,9
	Normal	207	72,9
	Pre-obez	38	13,4
	Obez	8	2,8

\*n: Örneklem büyüklüğü

\*x: Ortalama, SS: Standart sapma

\*VKİ: Vücut Kitle İndeksi

Düzenli ilaç kullanımını değerlendirildiğinde ise, kadın öğrencilerin (%23,6), erkek öğrencilere (%10,9) kıyasla daha fazla ilaç kullanımını olduğu görülmüş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Araştırmaya katılan erkeklerin %84,6'sı ve kadınların %58,0'ı egzersiz yapmaktadır. Egzersiz yapan erkek sayısı kadınlara göre anlamlı derecede daha yüksektir (p<0,05). Araştırmaya katılan bireylerin tercih ettiği egzersiz türüne bakıldığında (fitness, vücut geliştirme, kardiyo, pilates/yoga, takım sporları, diğer), erkek katılımcıların fitness (%40,4), kadın katılımcıların (%38,7) kardiyo sporlarını daha fazla tercih ettiği görülmektedir. Araştırmaya katılan öğrencilerin cinsiyeti ile diyet yapma durumları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür (p<0,05). Kadın öğrencilerde halen diyet yapanların oranı (%10,3); daha önce diyet yapmış olanlar (%39,7) ve hiç diyet yapmamış olanlara (%50,0) kıyasla daha düşük hesaplanmıştır. Erkek öğrencilerde de benzer şekilde, halen diyet yapanların oranı (%22,6); daha önce diyet yapmış olanlar (%24,5) ve hiç diyet yapmayanlara (%52,8) göre daha düşük hesaplanmıştır. Her iki cinsiyet grubunda da diyet yapmayan öğrencilerin oranı, daha önce diyet yapmış olan ve halen diyet yapan öğrencilere göre yüksek bulunmuştur. Ayrıca, halen diyet yapan erkeklerin oranının (%22,6), kadınlara göre (%10,3) daha yüksek olduğu görülmüştür. Diyet yapan 139 öğrenciden kadınların %80,7'si ve erkeklerin %84,6'sı kilo verme sebebiyle diyet yapmakta olduğunu belirtmiştir. Cinsiyete göre paketli gıda içeriği (etiket) okuma durumları

değerlendirildiğinde; kadın öğrencilerin %28,7'si ve erkek öğrencilerin %33,6'sı içerik okuduğunu belirtmiştir. İçerik okuma alışkanlığı bulunan erkek dağılımının kadınlara kıyasla daha fazla olmasına rağmen, cinsiyete göre içerik okuma alışkanlıkları istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p \geq 0,05$ ). Araştırmaya katılan öğrencilerin tatlandırıcı kullanma durumları değerlendirildiğinde ise; kadınların %3,4'ünün tatlandırıcı kullandığı, %12,7'sinin bazen tatlandırıcı kullandığı ve %83,9'unun tatlandırıcı kullanmadığı görülmüştür.

Erkek öğrencilerin %13,6'sı tatlandırıcı kullandığı, %19,1'i bazen tatlandırıcı kullandığı ve %67,3'ü tatlandırıcı kullanmadığını belirtmiştir. Tatlandırıcı kullanım durumları ve cinsiyet arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. ( $p < 0,05$ ). Kadınların %40,8'i tatlandırıcı içeren gıda kullanırken, erkeklerin %50,0'mın tatlandırıcı içeren gıda kullandığı görülmüş; cinsiyet ve tatlandırıcı içeren gıda tüketimi arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ).

**Çizelge 2.** Araştırmaya katılan öğrencilerde cinsiyete göre kronik hastalık ve ilaç kullanım varlığı, egzersiz yapma, diyet yapma ve tatlandırıcı kullanım durumları (Ankara, 2024)

Değişkenler		Cinsiyet				p
		Kadın		Erkek		
		n	%	n	%	
Doktor kontrolü gerektiren kronik hastalık var mı?	Evet	15	8,6%	9	8,2%	0,897
	Hayır	159	91,4%	101	91,8%	
Düzenli olarak kullanılan ilaç var mı?	Evet	41	23,6%	12	10,9%	0,008
	Hayır	133	76,4%	98	89,1%	
Ne sıklıkla spor yapıyorsunuz?	Hayır spor yapmıyorum.	73	42,0%	16	15,4%	0,000
	Evet, ayda birkaç defa yapıyorum.	58	33,3%	29	25,6%	
	Evet, haftada birkaç defa yapıyorum.	40	23,0%	55	50,0%	
	Evet, her gün yapıyorum.	3	1,7%	10	9,0%	
Egzersiz Türü**	Fitness	22	21,8%	38	40,4%	0,000
	Vücut geliştirme	1	1,0%	15	15,9%	
	Kardiyo	39	38,7%	7	7,4%	
	Pilates/Yoga	27	26,7%	4	4,4%	
	Takım sporları	4	3,9%	21	22,3%	
Diyet yapıyor musunuz?	Hayır	87	50,0%	58	52,8%	0,003
	Evet yaptım.	69	39,7%	27	24,5%	
Diyet yapma nedeni***	Evet halen yapıyorum.	18	10,3%	25	22,6%	0,649
	Kilo vermek için.	70	80,7%	44	84,6%	
	Kilo almak için.	1	1,1%	5	9,7%	
	Kilo korumak için.	10	11,5%	1	1,9%	
	Vejeteryan	2	2,3%	0	0,0%	
	Diyabetik	1	1,4%	1	1,9%	
	Gıda intoleransı	1	0,7%	0	0,0%	
Kullandığımız paketli gıdaların içeriğine bakıyor musunuz?	Diyet	2	2,3%	1	1,9%	0,633
	Evet	50	28,7%	37	33,6%	
	Hayır	39	22,4%	21	19,1%	
Tatlandırıcı kullanıyor musunuz?	Ara sıra bakıyorum	85	48,9%	52	47,3%	0,001
	Evet	6	3,4%	15	13,6%	
	Hayır	146	83,9%	74	67,3%	
Tatlandırıcı içeren gıda kullanıyor musunuz?	Bazen	22	12,7%	21	19,1%	0,283
	Evet	71	40,8%	55	50,0%	
	Hayır	22	12,6%	10	9,1%	
	Bazen	81	46,6%	45	40,9%	

\*n: Örneklem büyüklüğü

\*\*Egzersiz yapan toplam 195 öğrenci bulunmaktadır.

\*\*\*Diyet yapmış veya yapmakta olan 139 öğrenciye ait diyet yapma nedenleri verilmiştir.

Araştırmaya katılan öğrencilerin diyet yapma durumuna göre paketli gıdaların içeriğine bakma ve tatlandırıcı kullanma dağılımları Çizelge 3'te verilmiştir. Öğrencilerin diyet yapma durumu ile tatlandırıcı kullanımı ve içerik okuma alışkanlığı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Kullandığı paketli gıdaların içeriğine ara sıra bakanların oranı, paketli gıdaların içeriğine bakanlara ve bakmayanlara göre diyet yapmayan öğrenciler (%50,4) ile daha önce diyet yapan öğrencilerde (%50,0) yüksek olduğu; halen diyet yapan öğrencilerde (%60,5) ise paketli gıdaların içeriğine bakanların oranının paketli gıdaların içeriğine bakmayan ve ara sıra bakan öğrencilere göre yüksek olduğu görülmüştür. Halen diyet yapan öğrencilerde 'Tatlandırıcı kullanıyor musunuz?' sorusuna 'Evet' yanıtı veren öğrencilerin oranı %25,6; diyet yapmayan ve daha önceden diyet yapan öğrencilerde 'Evet' yanıtı veren öğrencilerin oranı sırasıyla %4,1 ve %4,2 değerlerinde bulunmuştur. Tatlandırıcı kullanma ile diyet yapma arasındaki ilişki incelendiğinde, halen diyet yapan öğrencilerde tatlandırıcı kullanımının daha yüksek olduğu görülmüştür.

**Çizelge 3.** Diyet yapma durumuna göre paketli gıdaların içeriğine bakma ve tatlandırıcı kullanma dağılımları (Ankara, 2024)

Değişkenler		Diyet yapıyor musunuz?						P
		Hayır yapmadım		Evet yaptım		Evet halen yapıyorum		
		n	%	n	%	n	%	
Kullandığınız paketli gıdaların içeriğine bakıyor musunuz?	Evet	27	18,6	34	35,4	26	60,5	0,000
	Hayır	45	31,0	14	14,6	1	2,3	
	Ara sıra bakıyorum	73	50,4	48	50,0	16	37,2	
Tatlandırıcı kullanıyor musunuz?	Evet	6	4,1	4	4,2	11	25,6	0,000
	Hayır	119	82,1	76	79,1	25	58,1	
	Bazen	20	13,8	16	16,7	7	16,3	

\*n: Örneklem büyüklüğü

Araştırmaya katılan öğrencilerin tatlandırıcı içeren cinsiyete göre besin tüketim sıklıkları Çizelge 4'te yer almaktadır. Kadın öğrencilerde tatlandırıcı içeren en sık tüketilen besinlerde sırasıyla sakız, çikolata, çikolatalı bar, aromalı bitki çayları ve kola öne çıkarken; erkek öğrencilerde ise sakız, çikolata, kola, fıstık ezmesi ve reçel öne çıkmaktadır. Hem kadınlarda hem erkeklerde kinoa cipsini (%80,3; %87,0) ve mısır gevreğini (%44,1; %44,0) hiç tüketmeyenlerin oranı, nadiren, arada ve her gün tüketenlere kıyasla daha fazladır.

**Çizelge 4.** Araştırmaya katılan diş hekimliği öğrencilerinin cinsiyete göre tatlandırıcı içeren besin tüketim sıklığı (Ankara, 2024)

Değişkenler		Cinsiyet				p
		Kadın		Erkek		
		n	%	n	%	
Kola	Hiç	43	28,3%	15	15,0%	0,016
	Nadiren	57	37,5%	32	32,0%	
	Ara da	44	28,8%	45	45,0%	
	Her gün	8	5,3%	8	8,0%	
Limonata	Hiç	35	23,0%	10	10,0%	0,057
	Nadiren	70	46,1%	52	52,0%	
	Ara da	45	29,6%	37	37,0%	
	Her gün	2	1,3%	1	1,0%	
Aromalı bitki çayları	Hiç	44	28,9%	37	37,0%	0,005
	Nadiren	46	30,3%	42	42,0%	
	Ara da	50	32,9%	20	20,0%	
	Her gün	12	7,9%	1	1,0%	
Bisküvi	Hiç	11	7,2%	18	18,0%	0,011
	Nadiren	56	36,8%	44	44,0%	
	Ara da	80	52,7%	36	36,0%	
	Her gün	5	3,3%	2	2,0%	
Çikolata bar	Hiç	13	8,6%	15	15,0%	0,054
	Nadiren	40	26,2%	32	32,0%	
	Ara da	86	56,6%	51	51,0%	
	Her gün	13	8,6%	2	2,0%	
Çikolata	Hiç	6	3,9%	8	8,0%	0,023
	Nadiren	23	15,1%	26	26,0%	
	Ara da	97	63,9%	58	58,0%	
	Her gün	26	17,1%	8	8,0%	
Sakız	Hiç	19	12,5%	15	15,0%	0,523
	Nadiren	37	24,3%	27	27,0%	
	Ara da	62	40,8%	43	43,0%	
	Her gün	34	22,4%	15	15,0%	
Fıstık ezmesi	Hiç	63	41,4%	32	32,0%	0,115
	Nadiren	51	33,6%	35	35,0%	
	Ara da	36	23,7%	27	27,0%	
	Her gün	2	1,3%	6	6,0%	
Mısır gevreği	Hiç	67	44,1%	44	44,0%	0,805
	Nadiren	47	30,9%	35	35,0%	
	Ara da	35	23,0%	20	20,0%	
	Her gün	3	2,0%	1	1,0%	
Reçel	Hiç	49	32,2%	33	33,0%	0,976
	Nadiren	63	41,5%	39	39,0%	
	Ara da	35	23,0%	25	25,0%	
	Her gün	5	3,3%	3	3,0%	
Kinoa cipsi	Hiç	122	80,3%	87	87,0%	0,243
	Nadiren	21	13,8%	11	11,0%	
	Ara da	9	5,9%	2	2,0%	
	Her gün	0	0,0%	0	0,0%	

\*n: Örneklem büyüklüğü

Araştırmaya katılan öğrencilerin, tatlandırıcılar konusundaki bilgi durumlarını değerlendirmek amacıyla hazırlanan sorular ve öğrencilere ait yanıtlar Çizelge 5'te yer almaktadır. Xylitol'un çürük oluşumunu azaltması, sakkarozun en çok kullanılan doğal tatlandırıcı olması, tatlandırıcı kullanımının yaz aylarında artması ve

tatlandırıcıların yeme bağımlılığı oluşturması maddelerine katılıyor yanıtını veren daha fazla öğrenci olduğu görülmüştür. Ayrıca Xylitol'un hamilelerde kullanımının güvenilirliği, Sakkarinin mesane kanseri için risk faktörü olduğu, sükralozun atık sularında bulunabilmesi ve bağırsak mikrobiyatasında değişiklik yapması, Stevia'nın bitki özlü olduğu ve kolanin içinde Asesülfam-K bulunduğu konusunda bilgilerinin az olduğu görülmüştür.

#### 4. Tartışma

Araştırmamıza dahil edilen toplam 284 öğrencinin %13,4'ü pre-obez ve %2,8'i obezdir. Yakın zamanda yayınlanan Türkiye Sağlık Araştırması'na göre; 2019 yılında gençlerin %4,6'sının, 2022 yılında ise %5,0'inin obez olduğu bildirilmiştir. Paketli ve hazır gıda tüketimindeki artış, beslenme alışkanlıklarındaki değişiklikler, fiziksel aktivite yetersizliği sonucunda bir halk sağlığı sorunu olan obezite riski önemli ölçüde artmaktadır (Kayar ve Utku, 2013; Melo vd., 2023; Roberto ve Khandpur, 2014).

Tüketicilerin paketli gıda içeriği okuma alışkanlığını kazanmaları ve tüketilen besinler konusunda bilinçli seçim yapmaları obezite ile mücadele konusunda etkili bir yol olarak görülmektedir (Roberto ve Khandpur, 2014; Storcksdieck Genannt Bonsmann ve Wills, 2012).

Araştırmamız kapsamında kadınların %22,4'ünün ve erkeklerin %19,1'inin paketli gıda içeriği okuma alışkanlığı bulunmadığı görülmüştür. Literatürde içerik okuma ile cinsiyet arasında ilişki olduğu ve kadınların erkeklere göre daha fazla içerik okuma alışkanlığına sahip olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Coşkun ve Kayışoğlu, 2018; Güneş vd., 2014). Erem ve Bektaş'ın diş hekimliği fakültesi'nde öğrenim gören toplam 234 öğrencide yaptıkları araştırmada ise, çalışmamızla benzer şekilde erkeklerde paketli gıda içeriği okuma alışkanlığı kadınlara göre daha fazla bulduklarını bildirmişlerdir (Erem ve Bektaş, 2023). İbiş ve arkadaşlarının 967 üniversite öğrencisini dahil ettikleri araştırmada, bireylerin %73,5'inin yeterli beslenme okuryazarlığı olduğu; ancak sadece %32,9'unun paketli gıda içeriği okuma alışkanlığı bulunduğunu bildirmiştir. Aynı çalışmada daha önce diyet yaptığını ifade eden öğrencilerin beslenme okuryazarlığı hiç diyet

yapmayan öğrencilere göre daha yüksek bulunmuştur (İbiş ve Öztürk, 2023).

Araştırmaya katılan halen diyet yapmakta olan ve hazır gıda içeriği etiketi okuma alışkanlığı bulunan erkeklerin sayısının, kadınlara göre daha fazla bulunması nedeniyle, tatlandırıcı içeren besinler konusunda daha yüksek farkındalığa sahip olmalarını açıklayabilir. Nas ve Beyhan, diyet polikliniğine başvuran 206 kişide yaptıkları araştırmada, katılan bireylerin %25,7'sinin tatlandırıcı kullanımının bulunduğunu ve kadınların erkeklere oranla daha fazla tatlandırıcı kullanımının bulunduğunu bildirmişlerdir (Nas ve Beyhan, 2021). Literatürde sağlıklı beslenmeye önem gösteren ve diyet yapan kişilerin içerik okuma alışkanlıklarının daha fazla olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Kim vd., 2001; Shine vd., 1997). Ayrıca üniversitede öğrenim gören 436 kadın ve 153 erkeğin dahil olduğu bir araştırmada kilo alma endişesi duyan, diyet yapan ve gıda içeriğine daha fazla bakan bireylerin, sağlıklı beslenme takıntısı olarak bilinen ortoreksiya nervoza eğiliminin daha fazla olduğunu bildirmiştir (Avcı vd., 2024). Literatürde cinsiyet ve ortoreksiya nervoza eğilimi arasındaki ilişki değerlendirilmiş, bazı çalışmalarda kadınların eğiliminin erkeklere göre daha fazla olduğu tespit edilirken (Sanlier vd., 2016; Tek ve Karaçil Ermumcu, 2016); erkeklerin eğiliminin daha fazla olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Donini vd., 2004; Fidan vd., 2010). Araştırmamız kapsamında diyet yapma durumu ile hem paketli gıda içeriğine bakma durumu hem de tatlandırıcı kullanma durumu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Tatlandırıcıların olumlu etkilerinin yanı sıra yan etkilerinin de olabileceğinin gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin diyabetik hastalarda geniş kullanım alanına sahip olan Stevia'nın mutajenik etkisinin bulunması bazı çalışmalarda bildirilmiş ve FDA tarafından kullanımı konusunda önemli uyarılar yayınlanmıştır (Goyal vd., 2010). Bunun yanı sıra sakkarinin, aspartamın bazı hayvan çalışmalarında kanserojen etkisi bulunduğu (Duffy ve Sigman-Grant, 2004; Goyal vd., 2010), şeker alkollerinin fazla kullanımlarının diyareye sebep olabileceği bildirilmiştir (Erian ve Sauer, 2022; Mahian ve Hakimzadeh, 2016). Sakkarin aynı zamanda anne sütüne ve plasentaya geçebildiğinden gebelik ve laktasyon döneminde

kullanılması önerilmemektedir (Saccharin, 2006). Tatlandırıcıların günlük alınması gereken miktarları FDA tarafından belirlenmiştir (Goyal vd., 2010; "Position of the American Dietetic Association: use of nutritive and nonnutritive sweeteners," 2004). Önerilen günlük miktarların, tatlandırıcıların olası yan etkilerinin hem kullanan kişiler hem de kullanımını tavsiye eden sağlık çalışanları tarafından bilinmesi önemli olmaktadır.

**Çizelge 5.** Araştırmaya katılan diş hekimliği öğrencilerinin cinsiyete göre tatlandırıcı konusundaki bilgi durumları (Ankara, 2024)

Değişkenler		Cinsiyet				p
		Kadın		Erkek		
		n	%	n	%	
Sakkarin kullanmak mesane kanseri için risk faktörüdür	Katılmıyorum	0	0	3	2,7	0,082
	Katılıyorum	33	19	18	16,4	
	Fikrim yok	141	81	89	80,9	
Xylitol'un hamilelerde kullanımı sakıncalıdır	Katılmıyorum	25	14,4	19	17,3	0,598
	Katılıyorum	27	15,5	13	11,8	
	Fikrim yok	122	70,1	78	70,9	
Xylitol çürük oluşumunu azaltır	Katılmıyorum	25	14,4	6	5,5	0,009
	Katılıyorum	86	49,4	47	42,7	
	Fikrim yok	63	36,2	57	51,8	
Sakkaroz en çok kullanılan doğal tatlandırıcıdır	Katılmıyorum	6	3,4	6	5,5	0,476
	Katılıyorum	103	59,2	58	52,7	
	Fikrim yok	65	37,4	46	41,8	
Tatlandırıcı kullanımı yaz ayında daha fazladır	Katılmıyorum	15	8,6	7	6,4	0,304
	Katılıyorum	94	54	52	47,2	
	Fikrim yok	65	37,4	51	46,4	
Sükraloz atık sularda bulunabilir	Katılmıyorum	4	2,3	1	0,9	0,597
	Katılıyorum	24	13,8	13	11,8	
	Fikrim yok	146	83,9	96	87,3	
Tatlandırıcılar yeme bağımlılığı oluştururlar	Katılmıyorum	9	5,2	6	5,4	0,025
	Katılıyorum	127	73	64	58,2	
	Fikrim yok	38	21,8	40	36,4	
Sükrolaz bağırsak mikrobiyotasında popülasyon değişikliğine yol açar	Katılmıyorum	1	0,6	3	2,7	0,021
	Katılıyorum	76	43,7	32	29,1	
	Fikrim yok	97	55,7	75	68,2	
Stevie bitki özülü bir tatlandırıcıdır	Katılmıyorum	4	2,3	0	0	0,003
	Katılıyorum	72	41,4	27	24,5	
	Fikrim yok	98	56,3	83	75,5	
Kolanin içindeki tatlandırıcı Asesülfam K'dır	Katılmıyorum	5	2,9	5	4,5	0,430
	Katılıyorum	38	21,8	18	16,4	
	Fikrim yok	131	75,3	87	79,1	

\*n: Örneklem büyüklüğü

Literatürde diş hekimliği öğrencilerinin beslenme alışkanlıkları, ağız ve diş sağlığı alışkanlıkları, diş hekimliği alanıyla ilgili bazı konularda bilgi düzeyleri ve tutumlarını değerlendiren birçok çalışma bulunmasına rağmen, tatlandırıcılar konusunda öğrencilerin bilgi ve tutumlarını değerlendiren herhangi bir çalışmaya

rastlanılmamıştır (Kıvrak ve Tavana, 2017; Okyay vd., 2019; Şivet vd., 2024).

## 5. Sonuç

Araştırmamıza sadece bir Diş Hekimliği Fakültesi'nde öğrenim gören öğrencilerin dahil edilmesi ve ankete katılan kişi sayısının düşük olması araştırmamızın kısıtlılığıdır. Araştırmamızın gerçekleştirildiği diş hekimliği fakültesindeki öğrencilerin farklı konulardaki anketlerin doldurulmasında istekli olmadıkları görülmektedir. Bu nedenle katılımın düşük sayıda olduğu düşünülmektedir. Bu araştırmanın sonuçları tüm diş hekimliği öğrencilerine genellenemez ve çok sayıdaki fakülte öğrencilerinin de yer aldığı daha uygun örneklem büyüklüğü ile daha fazla katılım sağlanan, öğrencilerin bilgi düzeylerinin değerlendirildiği daha fazla sayıda araştırmaların yapılması faydalı olacaktır.

Diş hekimliği öğrencilerinin eğitim programında tatlandırıcılar konusunda daha kapsamlı bilgi ve eğitim verilmesi hem kendi kullanımları açısından bilinçlenmeleri hem de hastalarını doğru yönlendirme konusunda etkili olabilir. Tatlandırıcı türlerinin, etki mekanizmalarının, alınması önerilen günlük doz miktarlarının, potansiyel faydalarının ve olası yan etkilerinin diş hekimliği öğrencilerinin eğitim müfredatında daha ayrıntılı yer alması faydalı olabilir.

## 6. Kaynaklar

- Anonymous, (2024). Position of the American Dietetic Association: use of nutritive and nonnutritive sweeteners. (2004). *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 104(2), 255-275. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2003.12.001>
- Avcı, S., Çiğdem, Z., Güler, S., Işıl, Ö., & Ortabağ, T. (2024). Sağlık bilimleri fakültesi öğrencilerinde ortoreksiya nervoza eğilimi ve etkileyen faktörler. *Sağlık Bilimlerinde Değer*, 14(1), 115-125.
- Aydın, Ö., Öney, B., ve Koçak, B. (2022). Doğal ve Yapay Tatlandırıcıların Sağlık Üzerine Etkileri. *Atlas Journal of Medicine*, 1(3), 30-39.
- Chi, D. L., and Scott, J. M. (2019). Added sugar and dental caries in children: a scientific update and future steps. *Dental Clinics*, 63(1), 17-33. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6242348/pdf/nihms-1503143.pdf>
- Colak, H., Dülgergil, C. T., Dalli, M., ve Hamidi, M. M. (2013). Early childhood caries update: A review of causes, diagnoses, and treatments. *J Nat Sci Biol Med*, 4(1), 29-38. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.107257>
- Conrads, G., and About, I. (2018). Pathophysiology of Dental Caries. *Monogr Oral Sci*, 27, 1-10. <https://doi.org/10.1159/000487826>
- Coşkun, F., ve Kayışoğlu, S. (2018). Besin etiketi okuma alışkanlıklarına ve etiket okumanın satın alma tercihlerine cinsiyetin etkisi: Tekirdağ ili örneği. *Akademik Gıda*, 16(4), 422-430.
- Demir, G., Gökoğlu, F., Kılıçkalkan, B., Baş, B. B., ve Altunel, H. (2020). Kadın ve erkek tüketicilerin gıda katkı maddeleri ile ilgili bilgi, tutum ve davranışları. *Food and Health*, 6(4), 225-237.
- Donini, L. M., Marsili, D., Graziani, M. P., Imbriale, M., and Cannella, C. (2004). Orthorexia nervosa: a preliminary study with a proposal for diagnosis and an attempt to measure the dimension of the phenomenon. *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, 9, 151-157.
- Erem, S., ve Bektaş, Z. (2023). Genç erişkinlerde beslenme okuryazarlığı düzeyi yaşam kalitesi ile ilişkili midir? *Food and Health*, 9(2), 129-138.
- Erian, A. M., and Sauer, M. (2022). Utilizing yeasts for the conversion of renewable feedstocks to sugar alcohols - a review. *Bioresour Technol*, 346, 126296. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126296>
- Fidan, T., Ertekin, V., Işıkay, S., and Kırpınar, I. (2010). Prevalence of orthorexia among medical students in Erzurum, Turkey. *Comprehensive psychiatry*, 51(1), 49-54.
- Goyal, S. K., Samsher, and Goyal, R. K. (2010). Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. *Int J Food Sci Nutr*, 61(1), 1-10. <https://doi.org/10.3109/09637480903193049>
- Güneş, F. E., Aktaç, Ş., ve Korkmaz, B. İ. O. (2014). Tüketicilerin gıda etiketlerine yönelik tutum ve davranışları. *Akademik Gıda*, 12(3), 30-37.
- Huang, Y., Chen, Z., Chen, B., Li, J., Yuan, X., Li, J., ... and Liu, L. (2023). Dietary sugar consumption and health: umbrella review. *Bmj*, 381, e071609. <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-071609>
- İbiş, R., ve Öztürk, A. (2023). Üniversite öğrencilerinde beslenme okuryazarlığı durumu ve obezite ile ilişkisi: Yozgat örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 12(2), 700-712.
- Kalakoti, S., Priya, K., and Vankadari, R. M. G. (2011). Natural sweeteners: A complete review. *Journal of Pharmacy Research*, 4, 2034 – 2039.
- Kayar, H., ve Utku, S. (2013). Çağımızın hastalığı obezite ve tedavisi. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(2).
- Kim, S. Y., Nayga Jr, R. M., and Capps Jr, O. (2001). Food label use, self-selectivity, and diet quality. *Journal of Consumer Affairs*, 35(2), 346-363.
- Kıvrak, T. Ç., ve Tavana, A. M. (2017). Diş hekimliği fakültesi öğrencilerinde beslenme alışkanlığı, ağız diş sağlığı tutum ve davranışları ve DMFT indeksinin değerlendirilmesi. *European Annals of Dental Sciences*, 44(1), 1-8.

- Luo, B. W., Liang, N. L., Townsend, J. A., Lo, E. C. M., Chu, C. H., and Duangthip, D. (2024). Sugar substitutes on caries prevention in permanent teeth among children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *J Dent*, 146, 105069. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105069>
- Mahian, R., and Hakimzadeh, V. (2016). Sugar alcohols: A review. *Int. J. PharmTech Res*, 9(2016), 407-413.
- Melo, G., Aguilar-Farias, N., López Barrera, E., Chomalí, L., Moz-Christofolletti, M. A., Salgado, ... and Caro, J. C. (2023). Structural responses to the obesity epidemic in Latin America: what are the next steps for food and physical activity policies? *Lancet Reg Health Am*, 21, 100486. <https://doi.org/10.1016/j.lana.2023.100486>
- Melvin, C. S. (2006). A collaborative community-based oral care program for school-age children. *Clin Nurse Spec*, 20(1), 18-22. <https://doi.org/10.1097/00002800-200601000-00007>
- Moynihan, P., and Petersen, P. E. (2004). Diet, nutrition and the prevention of dental diseases. *Public Health Nutr*, 7(1a), 201-226. <https://doi.org/10.1079/phn2003589>
- Nas, S., ve Beyhan, Y. (2021). Beden kütle indekslerine göre bireylerin diyet ürünleri kullanım durumlarının saptanması. *Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi*, 3(3), 151-158.
- Okyay, P., Özkan, G., Arıkan, A., Abacıgil, F., Köksal, Y., ve Sönmez, İ. (2019). Birinci sınıftan üçüncü sınıfa diş hekimliği öğrencilerinin ve ailelerinin ağız ve diş sağlığı hakkındaki bilgi, tutum ve davranışlarının değişimi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 29(3), 424-431.
- Öztürk, T. (2017). Spor salonlarına giden kişilerin genel beslenme alışkanlıkları, katkılı besinler ve gıda takviyeleri hakkındaki bilgi düzeyleri, görüş ve tutumları. İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi-94s. İstanbul.
- Roberto, C. A., and Khandpur, N. (2014). Improving the design of nutrition labels to promote healthier food choices and reasonable portion sizes. *Int J Obes (Lond)*, 38 Suppl 1(Suppl 1), S25-33. <https://doi.org/10.1038/ijo.2014.86>
- Saccharin. (2006). In *Drugs and Lactation Database (LactMed®)*. National Institute of Child Health and Human Development. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK501521/>
- Sanlier, N., Yassibas, E., Bilici, S., Sahin, G., ve Celik, B. (2016). Does the rise in eating disorders lead to increasing risk of orthorexia nervosa? Correlations with gender, education, and body mass index. *Ecology of food and nutrition*, 55(3), 266-278.
- Selwitz, R. H., Ismail, A. I., and Pitts, N. B. (2007). Dental caries. *Lancet*, 369(9555), 51-59. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(07\)60031-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(07)60031-2)
- Shine, A., O'Reilly, S., and O'Sullivan, K. (1997). Consumer attitudes to nutrition labelling. *British Food Journal*, 99(8), 283-289.
- Storcksdieck Genannt Bonsmann, S., and Wills, J. M. (2012). Nutrition Labeling to Prevent Obesity: *Reviewing the Evidence from Europe*. *Curr Obes Rep*, 1(3), 134-140. <https://doi.org/10.1007/s13679-012-0020-0>
- Şivet, E. A., Gümüşkaya, İ., ve Kargul, B. (2024). Çocuk diş hekimlerinin probiyotiklerle ilgili bilgi, görüş ve tutumlarının değerlendirilmesi. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 33(1), 129-137.
- Tek, N., ve Karaçil Ermumcu, M. (2016). Sağlık profesyonellerinde sağlıklı beslenme kaygısı: Ortoreksiya Nervosa. *Gazi Sağlık Bilimleri*, 1(2).
- Valenzuela, M. J., Waterhouse, B., Aggarwal, V. R., Bloor, K., and Doran, T. (2021). Effect of sugar-sweetened beverages on oral health: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Public Health*, 31(1), 122-129. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa147>
- WHO, (2015). Guideline: sugars intake for adults and children. World Health Organization. 4 March 210, <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549028>

WHO, (2021). Obesity and overweight. 2021. In. World Health Organization. 7 May 2025, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

WHO, (2022). Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030. 100. World Health Organization. 18 November 2022, <https://www.who.int/publications/i/item/9789240061484>

Zhang, G., Zhang, L., Ahmad, I., Zhang, J., Zhang, A., Tang, W., ... and Lyu, F. (2024). Recent advance in technological innovations of sugar-reduced products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(15), 5128-5142. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10408398.2022.2151560>

**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 ret etme hakkına sahiptir.
- 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, duyu analizi, 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 araştırmalar.
- ✓ 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 %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 çalışmalarını 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.

**GIDA VE YEM BİLİMİ-TEKNOLOJİSİ DERGİSİ**  
**GENEL İLKELER ve YAZIM KURALLARI**

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-atıksu, 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 yayımlanmamış (tezler ve kongre sunu özetleri hariç) başka bir dergiye basım için gönderilmemiş olması gerekir. "Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi" dergisinde yayımlanmış olan bir makale başka bir yerde yayımlanamaz (BGA-FR-104 Telif Hakkı Devri Formu dikkate alınır).

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

Yayımlanması 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 yayımlanması uygun olarak değerlendirilmiş makalenin hangi sayıda yayımlanacağı 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](mailto:bursagida@tarimorman.gov.tr) ve [dergi.bursagida@gmail.com](mailto:dergi.bursagida@gmail.com) adresine e-posta yolu ile gönderilmelidir.

Makaledeki bilgilerin doğruluğunun sorumluluğu yazar(lar)a aittir.

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

Gönderilen yazılar, önce dergi editörleri tarafından dergi ilkelerine uygunluk açısından incelenir. Uygun bulunmayanlar için kabul edilmeme sebebi yazara bildirilir.

Uygun bulunanlar, o alandaki en az iki hakeme 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 Formunu (BGA-FR-102) 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

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

<http://arastirma.tarimorman.gov.tr/bursagida> veya <https://dergipark.org.tr/tr/journal/197/file-manager> adreslerindeki Telif Hakkı Devri Formu (BGA-FR-104) doldurulup sorumlu yazar tarafından imzalandıktan sonra tarayıcıdan geçirilmeli ve elektronik dosya olarak [dergi.bursagida@gmail.com](mailto:dergi.bursagida@gmail.com) adresine mail ile gönderilmelidir. Makale basım için kabul edilmezse Telif Hakkı Devri Formunun (BGA-FR-104) yasal bir önemi kalmaz ve hükümsüz olarak kabul edilir.

Telif Hakkı Devri Formunun (BGA-FR-104) 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 kâğıdın 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,

- Öz
- Türkçe Anahtar Kelimeler,
- Abstract, Keywords,
- Ana Metin:
  - Giriş,
  - Materyal ve yöntem (Özgün Araştırma),
  - Bulgular ve tartışma (Özgün Araştırma),
  - Sonuç,
- Teşekkür (gerekirse),
- 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 başlıklar da 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 unvanlar yer almalıdır. Bu bilgilerin altında ise yazışmalardan sorumlu yazara ait iletişim maili bulunmalıdır.

**Öz/Abstract:** Türkçede 250, İngilizcede 300 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır. Öz bölünmüş olarak düzenlenmelidir. Derleme makalelerde bölünmüş öz, Amaç/Objective ve Sonuç/Conclusion olarak belirtilmelidir. Özgün araştırma makalelerde ise bölünmüş öz; Amaç/Objective, Materyal ve yöntem/Material and method, Bulgular ve tartışma/Results and discussion ve Sonuç/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, Bulgular ve tartışma ile 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 yazılabilir.

**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 gerekirse şekiller) .jpg veya .png formatında metin içerisinde yer almalıdır. Çizelge ve şekillerde verilecek dipnotlar çizelge ve şekillerin altına 8 punto ve italik olarak

yazılmalıdır. Tercihe bağı 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 yapılacağıında (mümkün olduğunca Resmî 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).

#### **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 stilinde, dipnot ve son not 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 Türkçede “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 Yem Bilimi 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. Erişim: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursagida/issue/60450/885980>

### **Üç ile yedi yazar arası:**

Hamzaoğlu, 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. Erişim: <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 bilinmeyen durumlarda:**

Anonim (1983). Gıda maddeleri muayene ve analiz yöntemleri. TOKB Köy Hiz. Gen. Müd. Yayınları, Genel Yayın No: 65, 796 s, Ankara.

**Kongre bildiri 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., Sariçoban, 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).

**FOOD AND FEED SCIENCE AND TECHNOLOGY JOURNAL**  
**ETHICAL RULES AND PLAGIARISM CONTROL**

The Journal of Food and Feed Science and Technology has accepted and committed to comply with the guidelines (The COPE Code of Conduct for Journal Editors) prepared by the Committee on Publication Ethics (COPE).

The ethical duties and responsibilities accepted by the journal have been prepared taking into account the guidelines and policies published by the Committee on Publication Ethics (COPE) and the Council of Science Editors (CSE).

**A- ETHICAL RULES TO BE FOLLOWED BY EDITORS AND THE PUBLICATION BOARD**

The Editorial Board of the Journal of Food and Feed Science and Technology commits to adhering to all ethical duties and responsibilities outlined in the "COPE Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors" and "COPE Best Practice Guidelines for Journal Editors" guidelines published by the Committee on Publication Ethics (COPE) as open access.

1-Editors are responsible for all articles published in the journal and are obligated to contribute to improving the quality of the journal.

2-Editors are responsible for considering feedback from readers and providing feedback.

3- Editors must evaluate submissions to the journal in terms of their importance, original value, validity, clarity of presentation, and suitability to the journal's aims and objectives, and make a positive or negative decision.

4-Editors should evaluate works submitted to the journal solely on their intellectual merits, without considering the authors' social, cultural, economic characteristics, or religious beliefs.

5- Editors and the Editorial Board must decide within three weeks whether to accept or reject submissions for publication in the journal and notify the author accordingly.

6-Editors and the Editorial Board have the right to reject an article based on the initial review.

7-Manuscripts submitted to the journal should first be checked by the editors for the presence of reports indicating the possibility of plagiarism. At this stage, manuscripts without a plagiarism report and those with a possibility of plagiarism are rejected by the editors.

8-Editors and Editorial Board Members should not disclose articles submitted to the journal to anyone other than reviewers.

9-Editors should not suggest to authors that they cite any article or other work in the journal as a condition for acceptance of their work.

10-Editors should send articles to reviewers with expertise in the same discipline.

11- If the Editorial Board has a conflict of interest with the authors, their institutions, or one or more of their areas of interest, they should inform the assigned editor and request to be recused from the review process.

12-Editors should encourage reviewers to evaluate the work in an impartial, scientific, and objective manner.

13- Editors should ensure that reviewers are scientists who evaluate articles objectively, complete the review process on time, evaluate the article with constructive criticism, and behave in accordance with ethical rules.

14-Editors are responsible for informing the editorial board and the review board members about the journal's publication policies by selecting members who are suitable for their areas of expertise, can contribute, and are qualified.

### **B-ETHICAL RULES THAT AUTHORS MUST FOLLOW**

The Journal of Food and Feed Science and Technology commits to adhering to the criteria accepted by COPE (Committee on Publication Ethics) in terms of publication ethics.

1-Authors are solely responsible for their work. Manuscripts must be prepared in accordance with the principles of scientific ethics, and a copy of the Ethics Committee Report must be attached when required.

Information regarding the Ethics Committee Report (committee name, date, and number) for the following research topics must be provided in the methods section and additionally on the last page of the article.

- ✓ Any research conducted using qualitative or quantitative approaches that require data collection from participants through surveys, interviews, focus group studies, observations, experiments, sensory analysis, or interview techniques.
- ✓ The use of humans and animals (including materials/data) for experimental or other scientific purposes.
- ✓ Clinical research conducted on humans,
- ✓ Research conducted on animals,
- ✓ Retrospective studies in accordance with the Personal Data Protection Law.
- ✓ In addition, copyright regulations must be complied with for the ideas and works of art used, and permission must be obtained from the owners for the use of scales, questionnaires, and photographs belonging to others.

2-Works intended for publication must not have been published anywhere else or submitted to any journal for publication.

3-However, articles that have been presented at domestic or international conferences and only their abstracts have been published are accepted for publication.

4-A Copyright Transfer Agreement must be signed by all authors and submitted with the article to be published in the journal.

5-The journal uses a double-blind peer review system in accordance with COPE regulations, where the identities of the reviewers and authors are kept confidential from each other.

6-During the publication process, the person(s) corresponding with the journal is/are considered the "Corresponding Author(s)". Sharing correspondence with other authors and ensuring that the necessary procedures are carried out in a timely and correct manner is the responsibility of the "Corresponding Author(s)". The "Corresponding Author(s)" does not have to be the first author of the article.

7-Special circumstances such as adding authors, changing author order, or removing authors in a work where the review process has begun are at the discretion of the "Corresponding Author."

8-The Final Checklist must be signed only by the Responsible Author and submitted along with the article.

9-Articles submitted to the Journal of Food and Feed Science and Technology for publication cannot be withdrawn after the peer review process has begun.

10-The Journal of Food and Feed Science and Technology requests a plagiarism report from the corresponding authors to prevent plagiarism and duplication.

11-The similarity rate, excluding references, should not exceed 30%.

12-Authors are required to declare any potential conflicts of interest and the organizations supporting the work in the final section of the article.

13-Furthermore, if the work is derived from a graduate thesis and there are individuals or institutions to be thanked for their contribution to the work, such circumstances must also be indicated in the final section of the article.

### **C-ETHICAL RULES FOR REVIEWERS**

1-If a work submitted to the Journal of Food and Feed Science and Technology is not within the reviewer's area of expertise, if the reviewer does not have sufficient knowledge about the subject of the article, or if the reviewer is unable to evaluate the work in a timely manner, the reviewer must inform the editor of this situation and withdraw from the evaluation task.

2-Referees must not evaluate studies where they identify any competition, collaboration, or other relationships or connections with the author.

3-Reviewers should conduct their evaluation in accordance with the principle of confidentiality and should not share the work with third parties.

4-Reviewers must keep confidential any privileged information and ideas obtained during the review process and must not use them for personal gain.

5-Reviewers should express their criticism and suggestions in a polite, objective, and constructive manner.

6-Refurbishment and criticism containing slander and insults against the author should not be used.

7-Reviewers should support their opinions with clear documentation.

8-If reviewers identify substantial similarity between the work under review and another previously published work, they should report this to the editor.

**1.0. PURPOSE:** The purpose of these instructions is to explain the "General Principles and Writing Rules" of the Journal of Food and Feed Science and Technology of the Food and Feed Control Center Research Institute.

**2.0. RESPONSIBLE PARTIES:**

Director  
Deputy Director  
Technical Coordinator  
Editorial Board  
Publication Board

**3.0. INSTRUCTION DETAILS:**

**3.1. GENERAL PRINCIPLES AND WRITING RULES FOOD AND FEED SCIENCE-TECHNOLOGY JOURNAL**

The Journal of Food and Feed Science and Technology, published by the Food and Feed Control Center Research Institute, is a peer-reviewed journal published twice a year (January and July).

The journal publishes original research articles and review articles prepared by researching a specific topic from a sufficient number of sources.

Articles that lack significant potential or findings and are only of local interest are not accepted for publication.

Review articles must include at least 30 sources, at least 75% of which must be from the last 10 years.

Articles to be published in the journal must be reliable and of high quality in the fields of food, feed, their additives and raw materials, water-wastewater, aquatic products, and materials and substances in contact with food.

- Reliability and quality
- Processing technologies
- Analysis methods
- Biosafety and biotechnology
- Socio-economic research
- Regulations
- Other topics (traditional foods, organic food and feed, nutrition, food identification, evaluation of food and feed industry waste, etc.) should be related.

It must be submitted to the "Food and Feed Science-Technology" journal and the entire article or any part of it must not have been previously published in any language (except for theses and conference abstracts) or submitted to another journal for publication. An article published in the "Food and Feed Science-Technology" journal cannot be published elsewhere.

In studies where an "Ethics Committee Approval Certificate" is used, these documents must be attached to the article.

It is entirely the responsibility of the authors to indicate any direct or indirect support received from any institution or organization in the article submitted for publication in the journal "Food and Feed Science-Technology" in a footnote on the first page or under the acknowledgments heading.

The responsible author will be informed of the issue in which an article that has passed all stages and been deemed suitable for publication in our journal will be published.

Articles prepared without complying with the writing rules provided below and/or that do not comply with the journal's publication principles will be returned to the author without being sent to the referee.

### **3.1.1. ARTICLE SUBMISSION**

Articles should be submitted via email to [bursagida@tarimorman.gov.tr](mailto:bursagida@tarimorman.gov.tr) and [dergi.bursagida@gmail.com](mailto:dergi.bursagida@gmail.com) without the need for a printed copy.

The authors are responsible for the accuracy of the information in the article.

Correspondence Address: e-mail:[bursagida@tarimorman.gov.tr](mailto:bursagida@tarimorman.gov.tr) ; [dergi.bursagida@gmail.com](mailto:dergi.bursagida@gmail.com)

If the author wishes, they may suggest up to three reviewers in the relevant section of the "Final Checklist Form (BGA-FR-103)" for the evaluation of the article. The Editor and Editorial Board reserve the right to select the reviewers.

Submitted articles are first reviewed by the editorial board for compliance with the journal's principles. The "Editorial Board Evaluation Form (BGA-FR-105)" is completed for articles reviewed by the editorial board members. Authors are notified of the reason for rejection if their articles are deemed unsuitable.

Those deemed suitable are sent to at least two referees in that field who have completed the "Refereeing Assignment Form (BGA-FR-107)" along with the "Referee Article Review Form (BGA-FR-106)" (if one of the referees gives a negative result, it is sent to a third referee). The journal uses a double-blind peer review system, in accordance with COPE guidelines, where the identities of the reviewers and authors are kept confidential from each other.

Referees submit their evaluations of the article to the editor by filling out the "Referee Evaluation Form (BGA-FR-102)". The names of the referees and authors are kept confidential, and the reports are stored for five years. If two of the referee reports are positive and the other is negative, the article is published according to the editorial board's decision. The referee who gives a negative opinion is informed of the situation. Authors make corrections in line with the referees' opinions and suggestions. The editor and editorial board may make changes to the writing style of the articles when necessary. Authors whose articles are

accepted receive an "Article Acceptance Letter (BGA-FR-110)", and the reviewers who evaluated the article receive a "Reviewer Article Thank You Letter (BGA-FR-115)".

All articles must be submitted together with the "Copyright Transfer Form (BGA-FR-104)" and the "Final Checklist (BGA-FR-103)".

The "Copyright Transfer Form (BGA-FR-104)" at <http://arastirma.tarimorman.gov.tr/bursagida> must be completed, signed by the corresponding author, scanned, and sent as an electronic file via email to [bursagida@tarimorman.gov.tr](mailto:bursagida@tarimorman.gov.tr) and [anddergi.bursagida@gmail.com](mailto:anddergi.bursagida@gmail.com). If the article is not accepted for publication, the "Copyright Transfer Form (BGA-FR-104)" will no longer have any legal significance and will be considered null and void.

By signing the "Copyright Transfer Form (BGA-FR-104)," the author grants the right to publish the article in the "Food and Feed Science-Technology" journal and its publication on the website, the author transfers the right to legally reproduce, reprint, and distribute the entire article or any part thereof to the Food and Feed Control Center Research Institute Directorate, thereby waiving their own rights.

### **3.1.2. PREPARATION OF THE ARTICLE**

The article to be submitted to the journal should be written using Microsoft Word software, on one side of A4-sized paper, using Times New Roman font, 12 point size, double-spaced, and numbered lines. Margins should be 2.5 cm on each side. No shading, frames, etc. should be applied to the page. The content of the article should be written in a fluent and understandable manner, paying attention to grammar rules. Articles, including tables and figures, should not exceed 22 pages. The editor and editorial board may request that the article be shortened. All pages except the separate cover page should be numbered, but no reference should be made to a specific page number in the text.

Article type:

- Article type (Original Research / Original Article - Review Article / Review Paper),
- Title, English Title,
- Author Names and Addresses
- ORCID ID,
- Abstract
- Turkish Keywords,
- Abstract, Keywords,
- Main Text (Introduction, Materials and Methods (Original Research), Discussion and Conclusion),

- Acknowledgments (if applicable),
- References

should be prepared under these headings. Abbreviations should be defined where they are first used in the text. Microorganism names and Latin expressions and names mentioned in the study should be written in italics, and international spelling rules should be taken into account in abbreviations. In articles prepared in English, the main text sections should consist of the same headings.

**Title:** The article title should be short and clear, in English and Turkish, with only the first letter capitalized, 12 point, bold, and centered on the page. Other headings should be left-aligned, with only the first letter of the first word capitalized.

**Author Names:** The name and surname of the author(s) of the work should be written immediately below the title, after a line break, without any title, in 10-point font, with the first letter of the author's name and surname capitalized and the word in bold. The institutions they are affiliated with should be numbered, italicized, and written in 8-point font. Below the institutions, the ORCID ID heading should be in bold, followed by the number and title. Below this information, the contact email of the corresponding author should be provided.

**Abstract:** It should be written in Turkish with no more than 250 words and in English with no more than 300 words. The abstract should be organized in sections. In review articles, the abstract should be divided into Objective and Conclusion sections. In original research articles, the abstract should be organized into sections (Objective, Material and method, Results and conclusion).

**Keywords:** At least 3 and at most 7 keywords that can describe the text of the work should be written in lowercase letters, excluding proper nouns, below the abstracts. Keywords should be included in the abstract.

**Text:** Original Research articles consist of an Introduction, Material and Method, and Discussion and Conclusion sections. Reviews may be divided into sections as appropriate to the topic. All headings and subheadings within the text should be written in English and italics on a separate line.

**Tables and Figures:** Tables in the text should be labeled as "tables"; graphs, images, photographs, maps, and flowcharts should be labeled as "figures." The use of font sizes smaller than 11 points should be avoided as much as possible.

Table titles should be written above the table, and figure titles should be written below the figure and numbered sequentially. References to tables and figures used must be made within the text. Data in the text should not be a repetition of tables and figures. Table and figure titles should be consistent with their content and understandable. Care should be taken to ensure that figures and images are high resolution. Images (and figures, if necessary) should be included in the text in \*.jpg format. Footnotes for tables and figures should be

written below the tables and figures in 8-point italics. Optionally, in Turkish research articles, the table/figure title and, if applicable, all footnotes should include the English translation of any Turkish words in the table/figure, written in italics on the line below.

Source citations within the text and the References section should be prepared using APA style. The following sample writing formats should be used when writing sources, and the names of the journals in which the articles were published should be written in italics without using abbreviations. When referring to web addresses (official web pages should be referenced whenever possible), the date of access to the relevant web address must be provided.

### **References:**

#### **References to the author or authors within the text**

##### **Single author:**

According to Vurarak (2021)  
(Vurarak, 2021).

##### **Two authors:**

According to Ciniviz and Yılmaz Ersan (2021)  
(Ciniviz and Yılmaz Ersan, 2021)

##### **In texts with three or more authors, only the first author's name is used, followed by "et al.":**

As stated by Harris et al. (2001) (...)  
According to Harris et al. (2001) (...)  
(Harris et al., 2001)

##### **If the author is an organization or government agency,**

##### **The reference is made as in the first citation; if it is a well-known institution, its abbreviation is preferred in subsequent uses:**

First citation: According to the Association of Official Analytical Collaboration International (2021)

Second citation: According to AOAC (2021)

First citation: (Association of Official Analytical Collaboration International [AOAC], 2021)

Second citation: (AOAC, 2021)

##### **When citing multiple works in the same parentheses, they should be listed in alphabetical order and separated by a semicolon:**

(Ciniviz and Yılmaz Ersan, 2021; Hamzaoğlu et al., 2021; Vurarak, 2021).

**For authors with the same last name, the first letter of the first name is also used to avoid confusion:**

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

**When citing two or more works by the same author published in the same year, the letters (a, b, c) are used after the year:**

According to Rice (2017a)'s study

According to Rice (2017b)'s study

### **Footnotes and endnotes**

In APA style, the use of footnotes and endnotes is not preferred. Therefore, footnotes should be used as little as possible. Footnotes should only be used when an explanatory note is absolutely necessary.

### **Important note:**

APA recommends using "&" instead of "and" in citations and references. However, since the "&" symbol is not used instead of "ve" in Turkish, the "&" symbol should not be used when citing and referencing in Turkish texts. Furthermore, when citing texts with more than three authors, APA recommends using "et al." (Hamzaoglu et al., 2021). However, in Turkish, "et al." should be replaced with "vd." (Hamzaoglu vd., 2021). If the article is in English, the "&" symbol and "and" should be used as appropriate.

### **Reference list:**

References should be listed in alphabetical order by the author's last name, without numbering. Multiple works by the same author should be listed chronologically.

### **Single author:**

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

### **Two authors:**

Ciniviz, M. and Yılmaz Ersan, L. (2021). The effect of dairy product consumption on colorectal cancer. *Journal of Food and Feed Science and Technology*, (25), 1-14. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursagida/issue/60450/885980>

### **Three to seven authors:**

Hamzaoğlu, M., Demir, S., Tosunoğlu, H., Zengingönül Gökçay, R., & Deniz, A. (2021). Method validation of the QuEChERS-LC MS/MS method for some pesticide residues in honey. *Journal of Food and Feed Science and Technology*, (25), 48-56. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursagida/issue/60450/886069>

**If there are more than seven authors, list the first six authors followed by an ellipsis and the last author's name. There should not be more than seven names:**

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.

**When the organization is the author:**

AOAC. (2021).

**If two or more works by the same author are used, the sources should be listed in chronological order:**

Çetin, T. (2019).

Çetin, T. (2020).

**If the author is the sole author in one study and a co-author in another, the study with the sole author should be listed first:**

İç, E. (2000). Research on the possibility of reducing salt concentration by using calcium chloride in cucumber pickle brine. Ankara University Institute of Science, Doctoral Thesis-117 p. Ankara.

İç, E., Özçelik, F., and Denli, Y. (1999). The effect of calcium acetate and pasteurization on the storage of pickled cucumbers. *Food*, 24 (4): 243-250.

**If an author has works published with different authors, the order is alphabetical based on the second or subsequent name:**

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.

**If an author has two or more works published in the same year, letters such as (a, b, c) are used:**

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.

**Book: when there is more than one author or the author is unknown**

Anonymous (1983). Methods for the Examination and Analysis of Foodstuffs. TOKB Rural Services General Directorate Publications, General Publication No: 65, 796 pp, Ankara.

**Conference paper or 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.

**Article:**

Karakaya, M., Sariçoban, C., and Aksoğan, M. (2003). Determination of some technological characteristics of rabbit meat during the prerigor and postrigor stages. *Journal of Food and Feed Science and Technology*, 3, 15-19.

**Internet Source:**

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> (Access Date 15.12.2004).

## **FOOD AND FEED SCIENCE AND TECHNOLOGY JOURNAL ETHICAL RULES AND PLAGIARISM CONTROL**

The Journal of Food and Feed Science and Technology has accepted and committed to comply with the guidelines (The COPE Code of Conduct for Journal Editors) prepared by the Committee on Publication Ethics (COPE).

The ethical duties and responsibilities accepted by the journal have been prepared taking into account the guidelines and policies published by the Committee on Publication Ethics (COPE) and the Council of Science Editors (CSE).

### **A- ETHICAL RULES TO BE FOLLOWED BY EDITORS AND THE PUBLICATION BOARD**

The Editorial Board of the Journal of Food and Feed Science and Technology commits to adhering to all ethical duties and responsibilities outlined in the "COPE Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors" and "COPE Best Practice Guidelines for Journal Editors" guidelines published by the Committee on Publication Ethics (COPE) as open access.

1-Editors are responsible for all articles published in the journal and are obligated to contribute to improving the quality of the journal.

2-Editors are responsible for considering feedback from readers and providing feedback.

3- Editors must evaluate submissions to the journal in terms of their importance, original value, validity, clarity of presentation, and suitability to the journal's aims and objectives, and make a positive or negative decision.

4-Editors should evaluate works submitted to the journal solely on the basis of their intellectual value, without taking into account the social, cultural, economic characteristics, or religious beliefs of the authors.

5- Editors and the Editorial Board must decide within three weeks whether to accept or reject submissions for publication in the journal and notify the author accordingly.

6-Editors and the Editorial Board have the right to reject an article based on the initial review.

7-Manuscripts submitted to the journal should first be checked by the editors for the presence of reports indicating the possibility of plagiarism. At this stage, manuscripts without a plagiarism report and those with a possibility of plagiarism are rejected by the editors.

8-Editors and Editorial Board Members should not disclose articles submitted to the journal to anyone other than reviewers.

9-Editors should not suggest to authors that they cite any article or other work in the journal as a condition for accepting their work.

10-Editors should send articles to reviewers with expertise in the same discipline.

11- If the Editorial Board has a conflict of interest with the authors, their institutions, or one or more of their areas of interest, they should inform the assigned editor and request that they withdraw from the review process.

12-Editors should encourage reviewers to evaluate the work in an impartial, scientific, and objective manner.

13-Editors should ensure that reviewers are scientists who evaluate articles objectively, complete the review process on time, evaluate the article with constructive criticism, and act in accordance with ethical rules.

14-Editors are responsible for informing the editorial board and the board of referees about the journal's publication policies by selecting members who are qualified, capable of contributing, and suitable for their areas of expertise.

### **B-ETHICAL RULES THAT AUTHORS MUST FOLLOW**

The Journal of Food and Feed Science and Technology commits to adhering to the criteria accepted by COPE (Committee on Publication Ethics) in terms of publication ethics.

1-Authors are solely responsible for their work. Manuscripts must be prepared in accordance with the principles of scientific ethics, and a copy of the Ethics Committee Report must be attached when required.

Information regarding the Ethics Committee Report (committee name, date, and number) for the following research topics must be provided in the methods section and additionally as an appendix on the last page of the article.

- ✓ Any research conducted using qualitative or quantitative approaches that require data collection from participants through surveys, interviews, focus group studies, observations, experiments, or interview techniques.
- ✓ The use of humans and animals (including materials/data) for experimental or other scientific purposes.
- ✓ Clinical research conducted on humans,
- ✓ Research conducted on animals,
- ✓ Retrospective studies in accordance with the Personal Data Protection Law.
- ✓ In addition, copyright regulations must be complied with for the ideas and works of art used, and permission must be obtained from the owners for the use of scales, questionnaires, and photographs belonging to others.

2-Works intended for publication must not have been published anywhere else or submitted to any journal for publication.

3-However, articles that have been presented at domestic or international conferences and only their abstracts have been published are accepted for publication.

4-A Copyright Transfer Agreement must be signed by all authors and submitted with the article to be published in the journal.

5-The journal uses a double-blind peer review system in accordance with COPE regulations, where the identities of the reviewers and authors are kept confidential from each other.

6-During the publication process, the person(s) corresponding with the journal is/are considered the "Corresponding Author(s)". Sharing correspondence with other authors and ensuring that the necessary procedures are carried out in a timely and correct manner is the responsibility of the "Corresponding Author(s)". The "Corresponding Author(s)" does not have to be the first author of the article.

7-Special circumstances such as adding authors, changing author order, or removing authors in a work where the review process has begun are at the discretion of the "Corresponding Author."

8-The Final Checklist must be signed only by the corresponding author and submitted along with the article.

9-Articles submitted to the Journal of Food and Feed Science and Technology for publication cannot be withdrawn after the peer review process has begun.

10-The Journal of Food and Feed Science and Technology requests a plagiarism report from the corresponding authors to prevent plagiarism and duplication.

11-The similarity rate, excluding references, should be no more than 20-30%.

12-Authors are required to declare any potential conflicts of interest and the organizations supporting the work in the final section of the article.

13-Furthermore, if the work is derived from a graduate thesis and there are individuals or institutions to be thanked for their contribution to the work, such circumstances must also be indicated in the final section of the article.

### **C-ETHICAL RULES FOR REVIEWERS**

1-If a work submitted to the Journal of Food and Feed Science and Technology is not within the reviewer's area of expertise, if the reviewer does not have sufficient knowledge about the subject of the article, or if the reviewer is unable to make a timely evaluation, the reviewer must inform the editor of this situation and withdraw from the evaluation task.

2-Referees must not evaluate studies where they identify any competition, collaboration, or other relationships or connections with the author.

3-Reviewers should conduct their evaluation in accordance with the principle of confidentiality and should not share the work with third parties.

4-Reviewers must keep confidential any privileged information and ideas obtained during the review process and must not use them for personal gain.

5-Reviewers should express their criticism and suggestions in a polite, objective, and constructive manner.

6-Refurbishment and criticism containing slander and insults against the author should not be used.

7-Reviewers should support their opinions with clear documentation.

8-If reviewers identify substantial similarities between the work under review and another previously published work, they should inform the editor of the situation.