

e-ISSN 2822-2873

ISSN 1303-3107

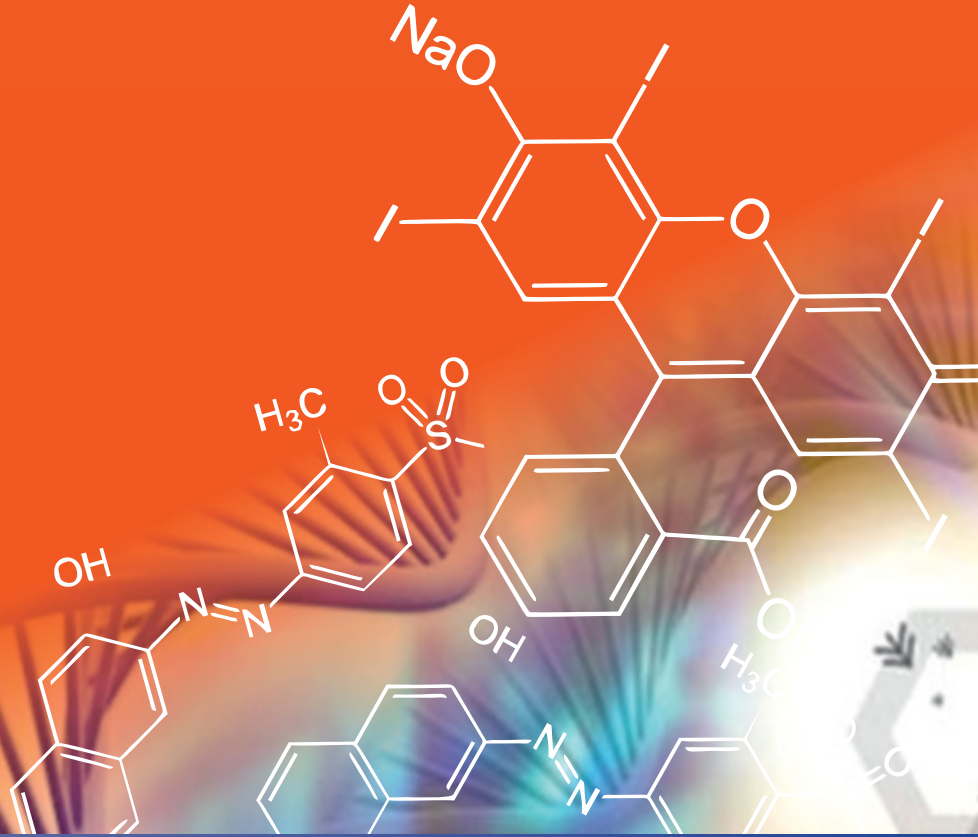
GIDA VE YEM BİLİMİ - TEKNOLOJİSİ

JOURNAL OF FOOD AND FEED SCIENCE - TECHNOLOGY

Yıl/Year: 20

Sayı/Number:30

2023/2



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. Yıldray İSTANBULLU*

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

Dr. Nazan ÇÖPLÜ*

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü (Editor in Chief)

Dr. Vesile ÇETİN*

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

Dr. Hakan TOSUNOĞLU*

Yardımcı Yazı İşleri Müdürü (Assistant Editor)

Ekrem KATMER*

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

Dr. Arzu YAVUZ*

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

Dr. Banu AKGÜN*

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

Filiz ÇAVUŞ*

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

Dr. Erdiç ALTINÇEKİÇ*

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

Nağihan UĞUR*

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

Şifa ÇALIŞKAN*

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

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

Yönetim ve Yayın Adresi (Administration and Publishing Address)

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

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

Belgegeçer (Fax) : + 90 224 246 1941

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

Web adresleri (Web sites):

dergiipark.org.tr/tr/pub/bursagida/
dergiipark.org.tr/en/pub/bursagida/
arastirma.tarimorman.gov.tr/bursagida
foodandfeed.org

Bu Sayının Bilimsel Yayın Danışmanları* (Advisory Board)

Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

Konya Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Prof. Dr. Ferit ÇOBANOĞLU

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

Prof. Dr. Hasan YALÇIN

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Prof. Dr. Murat ÖZDEMİR

Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Kimya Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa KIRALAN

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Prof. Dr. Sibel SOYCAN ÖNENCİ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Zootečni Bölümü, Türkiye

Prof. Dr. Şule TURHAN

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

Prof. Dr. Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL

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

Doç. Dr. Ayşe KALEMTAŞ

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

Doç. Dr. Çağrı Özgür ÖZKAN

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

Doç. Dr. Gamze TOYDEMİR ŞEN

Alanya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Doç. Dr. Merve TOMAŞ

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

Doç. Dr. Murat ZORBA

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

Doç. Dr. Yekta GEZGİNCİ

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

Doç. Dr. Yılmaz UÇAR

Çukurova Üniversitesi Aladağ Meslek Yüksekokulu,
Ormancılık Bölümü, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Adnan Fatih DAĞDELEN

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

Dr. Öğr. Üyesi Hulusi AKÇAY

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Zootečni Bölümü, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Tuğba ÖZDAL

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

Dr. Oğuz ACAR

T.C Tarım ve Orman Bakanlığı
Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Türkiye

Dr. Sebattin KUTLU

T.C Tarım ve Orman Bakanlığı
Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Türkiye

*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: 20

Sayı/Number: 30

2023/2

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

YAYIN KURULU*
(*Editorial Board*)

Dr.Nazan ÇÖPLÜ, Sorumlu Yazı İşleri Müdürü (Editor) (Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye)

Dr.Vesile ÇETİN, Yardımcı Yazı İşleri Müdürü (Assistant Editor) ve İstatistik Editörü (Statistical Editor) (Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye)

Dr.Hakan TOSUNOĞLU, Yardımcı Yazı İşleri Müdürü (Assistant Editor) (Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye)

Ekrem KATMER, Yardımcı Yazı İşleri Müdürü (Assistant Editor) (Tarım ve Orman Bakanlığı, 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, 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, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye)

Filiz ÇAVUŞ, Alan Editörü (Technical Editor) ve İstatistik Editörü (Statistical Editor) (Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye)

Dr.Erdinç ALTINÇEKİÇ, Alan Editörü (Technical Editor), İstatistik Editörü (Statistical Editor) ve Mizanpaj Editörü (Layout Editor) (Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye)

Nagihan UĞUR, Alan Editörü (Technical Editor) ve İstatistik Editörü (Statistical Editor) (Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye)

Şifa ÇALIŞKAN, Alan Editörü (Technical Editor), Dil Editörü (Language Editor) ve İstatistik Editörü (Statistical Editor) (Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye)

Prof.Dr.Abdulkadir ÇILTAŞ (Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Abdullah ÖKSÜZ (Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Ahmet İNCE (Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye)

Prof.Dr.Ali GÜNDOĞDU (Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Aycan TOSUNOĞLU (Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Bahattin AKDEMİR (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 İZGİ (Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Belgin SIRIKEN (Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye)

Prof.Dr.Betül GÜROY (Yalova Üniversitesi, Merkez Araştırma Laboratuvarı, Türkiye)

Prof.Dr.Bilgen OSMAN (Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Canan Ece TAMER (Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Cem KARAGÖZLÜ (Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Cemalettin SARIÇOBAN (Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Derya YEŞİLBAĞ (Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye)

Prof.Dr.Elif TÜMAY ÖZER (Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen -Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye)

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

YAYIN KURULU*
(*Editorial Board*)

Prof.Dr.Esra ÇAPANOĞLU (İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Emrah TORLAK (Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji Ve Genetik Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Fahrettin GÖĞÜŞ (Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Faruk BALCI (Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye)

Prof.Dr. Fatih ŞEN (Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Fatma ARIK 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 ÖZÇELİK (Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Gülden BAŞYİĞİT KILIÇ (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Gürbüz GÜNEŞ (İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Güzin KABAN (Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Hale ŞAMLI (Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye)

Prof.Dr.Harun DIRAMAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Hasan VURAL (Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Hasan YALÇIN (Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Hasan YETİM (İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Mühendislik Ve doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Hülya GÜL (Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Hüseyin ESECELİ (Bandırma On yedi Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.İbrahim AK (Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Kağan KÖKTEN (Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Lütfiye YILMAZ ERSAN (Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.M. Haluk TÜRKDEMİR (Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Mehmet YÜCEER (İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Mete YILMAZ (Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Mihriban KORUKLUOĞLU (Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Muhammet ARICI (Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof. Dr. Murat ÖZDEMİR(Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Murat TAŞAN (Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Mustafa KIRALAN (Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Nurgül ÖZBAY (Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya ve Süreç Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

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

YAYIN KURULU*
(*Editorial Board*)

Prof.Dr.Osman KOLA (Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Osman ÜÇÜNCÜ (Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Osman TİRYAKİ (Çanakkale Onsekiz Mart, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Oya IŞIK (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.Remziye YILMAZ (Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Saliha ŞAHİN (Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Semih ÖTLEŞ (Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Seran TEMELLİ (Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye)

Prof.Dr.Serkan SELLİ (Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Sibel SOYCAN ÖNENÇ (Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Zootehni Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Şefik KURULTAY (Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Şerife Şule CENGİZ (Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye)

Prof.Dr.Şule TURHAN (Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Tanay BİLAL (İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye)

Prof.Dr.Tuba YILDIRIM (Amasya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Tülay ÖZCAN (Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Ufuk KARADAVUT (Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Ufuk Tansel ŞİRELİ (Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Uğur GÜNŞEN (Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Uğur TAMER (Gazi Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Temel Eczacılık Bilimleri Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Şerife TÜTÜNCÜ (Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Yasemin ŞAHAN (Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL (Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr.Zeki GÜRLER (Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye)

Prof.Dr.Zerrin ERGİNKAYA (Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Prof.Dr. Zeynel DALKILIÇ (Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Ali İhsan ATALAY (Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Türkiye)

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

YAYIN KURULU*
(*Editorial Board*)

Doç.Dr.Alya ASLANER (Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Ahmet Levent İNANÇ (Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Arzu AKPINAR BAYİZİT (Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç. Dr. Ayşe KALEMTAŞ (Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr. Ayşe Neslihan DÜNDAR (Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Ayşegül KUMRAL (Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Cemalettin BALTAÇI (Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Çağrı Özgür ÖZKAN (Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Gökşun Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Derya KOÇAK YANIK (Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Dilek DEMİRBÜKER KAVAK (Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr. Dilek Dülger ALTINER (Kocaeli Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Emine BUDAKLI ÇARPICİ (Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr. Ertan ERMİŞ (İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Esmeray KÜLEY BOĞA (Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri

Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Fatih TÖRNÜK (Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 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 TOYDEMİR ŞEN (Alanya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Üretim Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Hasan CANKURT (Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Gıda Teknolojisi Programı, Türkiye)

Doç.Dr.Hasan Hüseyin KARA (Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr. İlkay YILMAZ (Başkent Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Programı, Türkiye)

Doç.Dr.İlkem DEMİRKESEN 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.Murat ZORBA (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

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

YAYIN KURULU*
(*Editorial Board*)

Assoc.Lecturer.Dr.Mustafa Zafer ÖZEL
(Green Chemistry, Department of Chemistry,
University of York, UK)

Doç.Dr.Mustafa Kürşat DEMİR
(Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik
ve Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği
Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Mustafa YAMAN (İstanbul
Sabahattin Zaim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri
Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,
Türkiye)

Doç.Dr.Oktay YERLİKAYA (Ege
Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi
Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Özlem ESMER (Ege Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği
Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Perihan YOLCI ÖMEROĞLU
(Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Rasim Alper ORAL (Bursa Teknik
Üniversitesi; Doğa Bilimleri, Mimarlık ve
Mühendislik Fakültesi; Gıda Mühendisliği
Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Seda GENÇ (Yaşar Üniversitesi,
Meslek Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu,
Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü,
Türkiye)

Doç.Dr.Salih KARASU (Yıldız Teknik
Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda
Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr. Senem KAMILOĞLU BEŞTEPE
(Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Sine ÖZMEN TOĞAY (Bursa
Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda
Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Şebnem BUDAK (Ankara
Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi
Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.Şebnem PAMUK (Afyon Kocatepe
Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye)

Doç.Dr.Tuba ŞANLI (Ankara Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü,
Türkiye)

Doç.Dr.Yekta GEZGİNÇ (Kahramanmaraş
Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve

Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü, Türkiye)

Doç.Dr.YılmazUÇAR(Çukurova
Üniversitesi, Aladağ Meslek Yüksekokulu,
Ormancılık, , Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Adnan Fatih DAĞDELEN
(Bursa Teknik Üniversitesi Mühendislik ve
Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü, Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Aşkın BİRGÜL (Bursa
Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa
Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü, Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Çağla ÖZBEK (Torus
Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım Ve
Mimarlık Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak
Sanatları Bölümü, Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Çisem BULUT ALBAYRAK
(Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü, Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Fatma CEBECİ (Bayburt
Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi,
Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Fatma Kübra SAYIN
(Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık
Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik
Bölümü, Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Gökhan İNAT (Ondokuz
Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,
Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Halime UĞUR (Kütahya
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri
Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,
Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Harun HURMA (Namık
Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Ekonomi Bölümü, Türkiye)

**Dr.Öğr.Üyesi Hatice Ahu ERDEM
KAHRAMAN** (Burdur Mehmet Akif Ersoy
Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Hulusi AKÇAY (Aydın
Adnan Menderes Üniversitesi, Zootekni
Bölümü, Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi İnci ÇINAR (Kahramanmaraş
Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve

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

YAYIN KURULU*
(*Editorial Board*)

Mimarlık 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 KILIÇ BAYRAKTAR (Karabük Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Oya SİPAHİOĞLU (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 Sema KONYALI (Trakya Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi, Türkiye)

Dr.Öğr.Üyesi Sevgi DIBLAN (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 Sümevra Sultan TİSKE İNAN (Karamanoğlu Mehmetbey 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 Oya Irmak CEBECİ (Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Öğr.Gör.Dr.Berrak DELİKANLI KIYAK (Bursa Uludağ Üniversitesi, İznik Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Türkiye)

Öğr.Gör.Dr.Cumhur BERBEROĞLU (Bursa Uludağ Üniversitesi, Karacabey Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, Türkiye)

Öğr.Gör.Dr.Engin YILMAZ (Bursa Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, 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)

Öğr.Gör.Dr.Kader ÇETİN (Bursa Uludağ Üniversitesi, Karacabey Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, Türkiye)

Öğr.Gör.Dr. Mesut Ertan GÜNEŞ (Bursa Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Türkiye)

Öğr.Gör.Dr. Yalçın GÜÇER (Ankara Üniversitesi, Kalecik Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, Türkiye)

Dr.Ali TEKİN (Tarım ve Orman Bakanlığı, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye)

Dr.Angel Martinez SANMARTIN (Food and Canning Industry, National Technological Centre, CTC, Spain)

Dr.Buket ÇETİNER (Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye)

Dr.Çiğdem MECİTOĞLU GÜÇBİLMEZ (Tarım ve Orman Bakanlığı, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Müdürlüğü, Türkiye)

Dr.Elif SAVAŞ (Balıkesir Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye)

Dr.Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU (Tarım ve Orman Bakanlığı, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma 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)

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

YAYIN KURULU*
(Editorial Board)

Dr.Oğuz ACAR (T.C Tarım ve Orman
Bakanlığı, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma
Enstitüsü, Türkiye)

Dr.Ramazan KONAK (Tarım ve Orman
Bakanlığı, İncir Araştırma Enstitüsü
Müdürlüğü, Türkiye)

Dr.Sebahattin KUTLU (Tarım ve Orman
Bakanlığı, Su Ürünleri Merkez Araştırma
Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye)

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

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Özgün Araştırmalar / Original Articles

- Farklı dozlarda *Lactobacillus buchneri* ilavesinin yüksek nemli dane mısırın silolanması üzerine etkisi** 1
Effect of adding different doses of *Lactobacillus buchneri* on silage of high moisture corn grain
Önder Canbolat
- Dondurma işleminin mandalina polifenollerinin biyoerişilebilirliği üzerine etkisi** 10
Effect of freezing on the bioaccessibility of mandarin polyphenols
Nurdan Özdemirli, Senem Kamiloğlu
- The impact of the COVID-19 pandemic on eating and food shopping habits** 22
COVID-19 pandemisinin yeme ve gıda alışverişi alışkanlıkları üzerine etkisi
Hacer Akpolat, Mukaddes Kılıç Bayraktar, Büşra Demirer
- Bitki ekstraktlarının marine hamsinin depolama stabilitesi üzerine etkisi** 32
Storage of marinated anchovy of plant extracts effect on stability
Ahmet Faruk Yeşilsu, Esen Alp-Erbay, Büket Buşra Dağtekin
- Perceptions of university students on nutrition as a useful tool to manage anxiety and depression levels** 45
Üniversite öğrencilerinin kaygı ve depresyon düzeylerini yönetmek için yararlı bir araç olan beslenmeye ilişkin algıları
Maria Paula Junqueira-Goncalves, Mahmut Genc, Seda Genc, Anne Majumdar
- Derleme Makaleler / Review Papers**
- Gıda sanayiinde akıllı ambalajlama ve uygulamaları** 57
Intelligent packaging and applications in the food industry
Muhammed Yüceer, Cengiz Caner

Özgün Araştırma/Original Article

Farklı dozlarda *Lactobacillus buchneri* ilavesinin yüksek nemli dane mısırın silolanması üzerine etkisi

Effect of adding different doses of *Lactobacillus buchneri* on silage of high moisture corn grain

Önder CANBOLAT^{1*} 

¹Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Nilüfer/Bursa

ORCID ID: 0000-0001-7139-1334, Doç. Dr.

*Corresponding author/Sorumlu yazar: canbolat@uludag.edu.tr

Geliş / Received : 14.07.2022

Kabul / Accepted : 13.10.2022

Çevrimiçi / Online : 07.04.2023

Öz

Amaç: Bu çalışma, farklı dozlarda *Lactobacillus buchneri* (LB) ilavesinin yüksek nemli dane mısırın silolanması üzerine etkisini saptamayı amaçlamıştır.

Materyal ve yöntem: Araştırmanın yem materyalini yaklaşık %70 kuru madde (KM)'de hasat edilen yüksek nemli dane mısır (YNDM) oluşturmuştur. Yüksek nemli dane mısır 0 (kontrol), 10⁴, 10⁵, 10⁶ ve 10⁷ log₁₀ koloni oluşturan birim (kob) g⁻¹ taze materyal (TM) oranında *Lactobacillus buchneri* (LB) ilave edilerek 5 grupta silolanmıştır. Her bir deneme grubu 3 tekerrür olarak 1,5 L'lik özel cam kavanozlara silolanmıştır. Silajlar 45 gün sonra açılmış ve besin madde bileşenleri saptanmıştır. Ayrıca silajların fermantasyon, aerobik stabilite, *in vitro* gaz üretimi ve sindirilebilirlik özellikleri saptanmıştır.

Bulgular ve sonuç: Yüksek nemli dane mısıra LB ilavesi silajların laktik asit (LA), propiyonik asit (PA) ve asetik asit (AA) ile laktik asit bakteri sayısını (LAB) önemli düzeyde artırmıştır. Buna karşın silajlara LB ilavesi pH, bütirik asit (BA), amonyak azotu (NH₃N), maya ve küf miktarlarını düşürmüştür ($p < 0,05$). Yüksek nemli dane mısıra LB ilavesi silajların *in vitro* gaz üretimini, metabolik enerjisini (ME) ve organik madde sindirimini (OMS) olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca silajların aerobik stabilitelerini geliştirmiştir. Yüksek nemli dane mısır silajları üzerinde en etkili LB dozu 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM olmuştur.

Anahtar kelimeler: yüksek nemli dane mısır silajı; laktik asit bakterisi; silaj fermantasyonu; *in vitro* gaz üretimi; aerobik stabilite

Abstract

Objective: This study aimed to determine the effect of adding different doses of *Lactobacillus buchneri* on high moisture corn grain silage.

Material and method: The feed material for the study consisted of high moisture corn grain (HMCG) harvested at approximately 70% dry matter (DM). High moisture grain corn was ensiled by adding *Lactobacillus buchneri* (LB) at a rate of 10⁴, 10⁵, 10⁶ and 10⁷ log₁₀ colony-forming unit: (cfu) g⁻¹ of fresh material (FM). Silage groups were siloed into 1.5 L glass jars as 3 replications each. Silages were opened after 45 days and nutrient compositions were determined. In addition, the fermentation, aerobic stability, *in vitro* gas production and digestibility properties of silages were determined.

Results and conclusion: The addition of LB to high moisture corn grain significantly increased the lactic acid (LA), propionic acid (PA) and acetic acid (AA) and lactic acid bacteria (LAB) contents of silages. On the other hand, the addition of LB to silages decreased the pH, butyric acid (BA), ammonia nitrogen (NH₃N), yeast and mold contents ($p < 0,05$). Addition of LB to high moisture corn grain positively affected *in vitro* gas production, metabolic energy (ME), and organic matter digestion (OMS) of silages. It also improved the aerobic stability of silages. The most effective dose of LB on high moisture corn grain silages was 10⁷ log₁₀ cfu g⁻¹ FM.

Keywords: high moisture corn grain silage; lactic acid bacteria; silage fermentation; *in vitro* gas production; aerobic stability

1. Giriş

Mısır danesi yüksek enerji (nişasta) içeriği nedeniyle hayvan beslemede de yaygın olarak kullanılmaktadır (Ensminger vd., 1990; Junior vd., 2014; Karabulut ve Filya, 2020). Mısır danesi enerji içeriği yüksekliğine rağmen ham protein içeriği açısından düşük, besin maddeleri sindirimi açısından ise en yüksek tahılların başında gelmektedir (Keskin vd., 2018; Eren vd., 2021).

Hasat döneminde mısırın nem içeriğinin yüksek olması, depolama sırasında kurutmayı zorunlu kılmaktadır. Yüksek nem içeriği ile depolanması halinde mısır danesinde bulunan mikroorganizmaların aflatoxin ve mikotoksin oluşturma potansiyelinin arttığı, bunun da hayvan ve insan sağlığını olumsuz etkilediği bildirilmektedir (Ogunade vd., 2018).

Son yıllarda bu olumsuz durumları ortadan kaldırmak için yüksek nemli dane mısır silajı (YNDMS) üretimi bütün dünyada yaygınlaşmaya başlamıştır (Taylor ve Kung, 2002; Hoffman vd., 2011; Basso vd., 2012; Calixto vd., 2017; Kung vd., 2018). Yüksek nemli dane mısırın silolanmasının; kurutma sırasında ortaya çıkan maliyetin önüne geçilmesi, tarladan ürünün erken kaldırılması, birim alanda daha fazla ürün depolanması, ürünün daha lezzetli olması ve mekanizasyona olanak sağlaması gibi önemli avantajlara sahip olduğu bildirilmektedir (Junges vd., 2017; Naiara vd., 2019).

Yukarıda sıralanan avantajları nedeniyle YNDMS'nin yem değerini artırmak ve silolanma özelliğini geliştirmeye yönelik tüm dünyada çalışmalar yapılmaktadır (Hoffman vd., 2011; Calixto vd., 2017; Junges vd., 2017; Da Silva vd., 2018; Kung vd., 2018). Yapılan çalışmaların büyük bir kısmı, silo ortamında laktik asit miktarını arttırmaya yönelik olup laktik asit bakterisi (LAB) inokulasyonu üzerinde yoğunlaşmıştır.

Silo yemleri için kullanılan laktik asit bakterileri homofermantatif ve heterofermantatif olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (McDonald vd., 1991; Muck, 2010). Bunlardan homofermantatif olanların glikolitik yolla glikoz ve diğer 6 karbonlu şekerleri laktik aside fermente (>%85) ettikleri (McDonald vd., 1991; Muck, 2010), heterofermantatif laktik asit bakterilerinin ise heksoz şekerleri (glikoz vb.) laktik asidin yanı sıra asetik asit, etanol ve karbondioksit (CO₂) gibi ürünlere fermente ettikleri bildirilmektedir (McDonald vd., 1991; Filya 2001; Lynch vd., 2015). Araştırmacılar kuru madde içeriği yüksek silajlarda genellikle heterofermantatif laktik asit bakterisi kültürlerini önermekte ve bu bakterilerin

siloda laktik asidin yanı sıra asetik asit de ürettikleri için silajlarda maya ve küf gelişimini önleyerek silajların aerobik stabilitelerini geliştirdiklerini bildirmektedirler (Weinberg vd., 2002; Tabacco vd., 2011; Basso vd., 2012; Da Silva vd., 2018; Kung vd., 2018).

Bu araştırmanın amacı, *heterofermantatif* laktik asit bakterisi olan *Lactobacillus buchneri*'nin farklı dozlarının yüksek nemli dane mısıra ilavesinin ham besin maddeleri içeriği, *in vitro* gaz üretimi, organik madde sindirimi, metabolik enerji, silaj fermantasyonu ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkilerini ortaya koymaktır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Araştırmanın yem materyalini Bursa Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yetiştirilen DKC6492-DEKALB mısır (*Zea mays* L.) çeşidinin danesi oluşturmuştur. Bakteriyel inokulant olarak *heterofermantatif* olan *Lactobacillus buchneri* (11A44-IEUB) kullanılmıştır. İnokulanttaki laktik asit bakterisi sayısı $4,0 \times 10^{11}$ kob/kg KM olarak bildirilmiştir. Yüksek nemli dane mısıra (YNDM) silolamak için 1,5 L'lik özel cam silolar (Weck®, Germany) kullanılmıştır. *In vitro* gaz üretim uygulanması için mezbahada kesilmiş 3 baş Merinos ırkı koçtan (55-60 kg canlı ağırlığında) rumen sıvısı alınmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Silajların hazırlanması

Araştırmada kullanılan yüksek nemli dane mısıra sırasıyla; %0 (kontrol), 10^4 , 10^5 , 10^6 ve 10^7 kob g⁻¹ taze materyal (TM) oranında *Lactobacillus buchneri* ilave edilerek 5 farklı silaj grubu oluşturulmuştur. *Lactobacillus buchneri* dozlarının her biri için 10 kg YNDM bir yere yayılmış ve üzerine 50 mL saf suda çözülmüş *Lactobacillus buchneri* inokulantu homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Daha sonra YNDM silo kaplarına 3 tekerrür olacak şekilde silolanmış ve laboratuvar koşullarında 45 gün tutulmuştur. Bu süre sonunda silo kapları açılmış ve silajların kimyasal analizleri, mikrobiyolojik özellikleri, *in vitro* gaz üretimi, organik madde sindirimi, metabolik enerji (ME) ve aerobik stabilite düzeyleri saptanmıştır.

2.2.2. *In vitro* gaz üretim tekniğinin uygulanması

Yüksek nemli dane mısır silajlarının *in vitro* koşullarda sindirilebilirlik ve ME düzeyinin saptanmasında Menke ve Steingass (1988) tarafından bildirilen "*in vitro* gaz üretim tekniği"

kullanılmıştır. Yönteme özel cam şırıngalara (Model Fortuna, Häberle Labortechnik, Lonsee-Ettlenschieß, Germany) kurutulmuş ve öğütülmüş yem örneklerinden 3 paralel olacak şekilde 200 ± 15 mg tartılmıştır. Yemlerin inkübasyonu için özel cam şırıngalara 1/2 oranında rumen sıvısı (RS)/tampon çözelti (474 mL saf su, 0,12 mL mikro mineral çözeltisi, 237 mL tampon çözeltisi, 237 mL makro mineral çözeltisi, 1,22 mL resazurin çözeltisi ve 47,5 mL redüksiyon çözeltisi) karışımından 30 mL ilave edilmiştir (Menke vd., 1979). Bu şekilde hazırlanan cam şırıngalar 39°C 'de su banyosunda 3, 6, 12, 24, 48 ve 72 saat sürelerde inkübe edilmiş ve üretilen gaz miktarları ölçülmüştür. Yüksek nemli dane mısır silajlarının ham maddelerinin organik madde sindirimi (OMS) ve metabolik enerji (ME) içerikleri aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır (Menke ve Steingass, 1988):

$$\text{OMS, \%} = 9,00 + 0,9991 \times \text{GÜ} + 0,0595 \times \text{HP} + 0,0181 \times \text{HK}$$

$$\text{ME, MJ/kg KM} = 1,06 + 0,1570 \times \text{GÜ} + 0,0084 \times \text{HP} + 0,0220 \times \text{HY} - 0,018 \times \text{HK}$$

(GÜ (Gaz Üretimi): 200 mg KM yem örneğinin 24 saat inkübasyon süresi sonundaki net gaz üretimi, HP: ham protein, HY: ham yağ ve HK: ham kül, g/kg KM).

2.3. Kimyasal analizler

Yüksek nemli dane mısır silajları 65°C 'de etüvde 48 saat süreyle kurutulmuş ve 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülerek kimyasal analizlerde kullanılmıştır. Yemlerin kuru madde (KM) içeriği 105°C 'de etüvde 4 saat kurutulmuş, ham kül içeriği 550°C 'de 4 saat kül fırınında (Nüve) yakılarak, ham yağ analizi eter ekstraksiyonu yöntemi ile belirlenmiştir (AOAC, 2005). Ham protein analizi AOAC (2005)'de bildirildiği gibi Kjeldahl metoduna göre (Gerhardt) yapılmıştır. Yemlerin NDF ve ADF içerikleri Van Soest vd. (1991) tarafından bildirilen yöntemlere göre ANKOM 200 Fiber Analyzer (ANKOM, USA) ile belirlenmiştir. Nişasta analizi ise polarimetrik yöntemle saptanmıştır (Anonim, 2017).

Silajların pH'sı dijital pH metre cihazı (Sartorius PB-20, Goettingen, Germany) ile ölçülmüş, amonyak azotu (NH_3N) içerikleri AOAC (2005)'ye göre yapılmış ve sonuçlar toplam silaj azotunun %'si olarak verilmiştir. Asetik, propiyonik ve bütirik asit içerikleri gaz kromatografi cihazı (Agilent Technologies 6890N, kolon özellikleri: Stabilwax-DA, 30 m, 0,25 mm ID, 0,25 μm df. Max. temp: 260°C . Cat. 11023) (Wiedmeier vd. 1987) ile laktik asit analizi spektrofotometrik yöntemle (Barker ve

Summerson, 1941), suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) içerikleri ise fenol sülfürik asit yöntemine (DuBois vd., 1956) göre belirlenmiştir.

Silajların laktik asit bakterileri, maya ve küf sayımları Seale vd. (1990) tarafından bildirilen yöntemler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Buna göre ekim ortamı olarak LAB için MRS agar, maya ve küfler için malt ekstrakt agar kullanılmıştır. Örnekler için LAB, maya ve küf sayımları 30°C sıcaklıkta 3 günlük inkübasyon dönemlerini takiben yapılmıştır. Örneklerde saptanan LAB, maya ve küf sayıları koloni oluşturan birim (*colony-forming unit: cfu*) (Log_{10} kob g^{-1} TM) olarak verilmiştir. Silajların aerobik stabilitesi ise Ashbell vd. (1991) tarafından bildirilen yöntemle yapılmıştır.

2.4. İstatistiksel analizler

Araştırmadan elde edilen veriler arasındaki farklılıkların saptanmasında varyans analizi (SAS 2004), görülen farklılıkların önem seviyelerinin belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır (Snedecor ve Cochran, 1976).

3. Araştırma bulguları ve tartışma

3.1. Yüksek nemli dane mısır silajının besin madde bileşimi

Yüksek nemli dane mısır silajının ham besin maddeleri bileşimi saptanmış ve Çizelge 1'de verilmiştir.

Silajlara LB ilavesi bazı ham besin maddeleri bileşimini önemli düzeyde etkilemiştir ($p < 0,05$). Silajların KM içerikleri %69,73 ile %70,25 arasında değişmiş ve KM içerikleri arası farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Ham protein içerikleri ise %8,89 ile %9,73 arasında değişmiştir. En yüksek HP %9,73 ile 10^7 log_{10} kob g^{-1} TM LB ilave edilen grupta bulunmuştur. Yüksek nemli dane mısıra LB ilavesi silajların HP içeriğini geliştirmiştir. Benzer bulgu YNDMS ile çalışan Basso vd. (2012)'nin sonuçlarıyla da ortaya konmuştur. Araştırmada kullanılan YNDMS'nin HP içeriği Basso vd. (2012)'nin bildirmiş olduğu sonuçlardan (%10,17-10,96) düşük (%64,5 KM), Junior vd. (2014)'nin bildirmiş oldukları sonuçlardan (%7,60) ise yüksek saptanmıştır. Silajlara LB ilave dozu artışına bağlı olarak, silajların nişasta içerikleri %69,47 ile %74,39 arasında değişmiştir. Silajlara LB ilavesinin artışı nişastayı daha fazla fermente ederek, silajların nişasta içeriğinin önemli düzeyde düşmesine neden olmuştur ($p < 0,05$). En fazla düşüş 10^7 log_{10} kob g^{-1} TM LB ilave edilen grupta bulunmuştur. Bunun temel nedeni YNDMS'ye ilave edilen LB

miktarının artışına bağlı olarak nişastanın fermantasyonundan dolayı kayba uğraması ile açıklanabilir. Araştırmadan elde edilen nişasta miktarı, Kung vd. (2014)'nin sonuçları (%71,40-74,72) ile Junior vd. (2014)'nin (%74,69)

sonuçlarına benzer bulunmuştur. Hoffman vd. (2011)'nin YNDMS'da bildirmiş oldukları nişasta (%65,4-69,1)'değerinden ise daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Çizelge 1. Yüksek nemli dane mısır silajlarının kimyasal bileşimleri, (KM'de)

Besin unsurları	<i>Lactobacillus buchneri</i> dozu, Log ₁₀ kob g ⁻¹ TM					*SH
	0 (kontrol)	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	
Kuru madde, %	70,25	69,98	69,77	69,75	69,73	0,337
Organik maddeler, %	98,37	98,36	98,36	98,34	98,35	0,023
Ham protein, %	8,89 ^e	9,09 ^d	9,31 ^c	9,56 ^b	9,73 ^a	0,047
Ham kül, %	1,63	1,64	1,64	1,66	1,65	0,022
Ham yağ, %	4,07 ^b	4,04 ^b	4,01 ^b	4,04 ^b	4,21 ^a	0,051
Nişasta, %	74,39 ^a	72,92 ^b	71,36 ^c	71,05 ^c	69,47 ^d	0,278
Nötr deterjan lif (NDF), %	14,60 ^a	13,98 ^{ab}	13,89 ^b	13,62 ^b	13,40 ^b	0,376
Asit deterjan lif (ADF), %	3,67 ^a	3,64 ^a	3,59 ^a	3,44 ^b	3,14 ^c	0,043
Suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK), g/kg	23,32 ^a	20,33 ^b	16,18 ^c	15,52 ^d	12,69 ^e	0,244

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0,05). *SH: standart hata; TM: taze materyal

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesi NDF, ADF içeriklerini önemli düzeyde düşürmüş ve sırasıyla; %13,40-14,60, %3,14-3,67 arasında değişmiştir. Silajlara artan dozlarda LB ilavesinin silo ortamında mikrobiyal fermantasyonu artırarak (Çizelge 3) hücre duvarları bileşenlerini sindirmesi sonucunda azaldığı söylenebilir (Basso vd., 2012; Ferraretto vd., 2014; Calixto vd., 2017). Araştırmada saptanan NDF ve ADF Junior vd. (2014)'nin bildirmiş oldukları %13,74 ve %3,13 ile benzer, Basso vd. (2012), Ferraretto vd. (2014) ve Calixto vd. (2017)'nin bildirmiş oldukları sonuçlardan ise yüksek bulunmuştur.

Farklı dozlarda LB ile silolanmış YNDMS'nin SÇK içeriği 12,69 ile 23,32 g/kg KM arasında değişmiş ve deneme grupları arası farklılıklar önemli bulunmuştur (p<0,05). Yüksek nemli dane

mısıra artan dozlarda LB ilavesinin SÇK içeriğini düşürmesi, SÇK'ların büyük oranda uçucu yağ asitlerine dönüşmesi ile açıklanabilir (Çizelge 3). Silajların SÇK içerikleri KM düzeyinin artışına bağlı olarak artmıştır. Araştırmada bulunan SÇK içeriği YNDMS'ye farklı dozlarda LB kullanan Kung vd. (2001)'nin bildirmiş olduğu %5,96-7,75'den daha düşük saptanmıştır. Kung vd. (2007)'nin YNDMS'nin aerobik stabilitesini artırmak için LB kullandığı denemede bildirdikleri %1,35 SÇK'dan ise yüksek bulunmuştur.

3.2. Yüksek nemli dane mısır silajının mikrobiyolojik özellikleri

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesinin silajların mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi saptanmış ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Yüksek nemli dane mısır silajlarının mikrobiyolojik özellikleri

Unsurlar	<i>Lactobacillus buchneri</i> dozu, Log ₁₀ kob g ⁻¹ TM					*SH
	0 (Kontrol)	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	
LAB, log ₁₀ kob/g TM	6,87 ^e	7,64 ^d	8,59 ^c	9,23 ^b	9,75 ^a	0,167
Maya, log ₁₀ kob/g TM	3,17 ^a	2,82 ^{ab}	2,66 ^b	1,74 ^c	1,60 ^c	0,195
Küf, log ₁₀ kob/g TM	1,67 ^a	0,67 ^{ab}	0,67 ^{ab}	0,67 ^{ab}	0,33 ^b	0,577

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0,05). *SH: standart hata TM: taze materyal; LAB: laktik asit bakterileri

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi silajların mikrobiyolojik özelliklerini önemli düzeyde etkilemiştir (p<0,05). Laktik asit bakterisi (LAB) sayısı LB dozunun artışına bağlı olarak artmış; 9,75 log₁₀ kob g⁻¹ TM ile en yüksek 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM LB ilave edilen grupta saptanmıştır. Araştırmada saptanan LAB sayısı Kung vd. (2014)'nin bildirmiş oldukları 7,95 log₁₀ kob g⁻¹ ile benzer bulunurken, Agma Okur vd. (2022)'nin bildirmiş oldukları 2,723 ve 4,303 log₁₀ kob g⁻¹'dan daha yüksek

saptanmıştır. Bu durum denemede kullanılan mısır çeşidi farklılığından kaynaklanmış olabilir.

Silajlara LB ilavesi silajların maya ve küf miktarını önemli düzeyde düşürmüştür (p<0,05). Maya ve küf sayısının düşmesi üzerinde en etkili LB dozu 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM olmuştur. Araştırmadan elde edilen bulgular LAB fermantasyon ürünlerinin (laktik asit, asetik asit) silajlardaki maya ve küf gelişimini önlediğini bildiren Weinberg vd. (2002) ve Kung vd. (2018)'nin bildirdikleri sonuçlarla

benzer bulunmuştur. Araştırmada saptanan maya miktarı Basso vd. (2012)'nin bildirmiş oldukları 1,341-6,700 log₁₀ kob g⁻¹ ile Kung vd. (2014)'nin bildirmiş oldukları 3,55 log₁₀ kob g⁻¹ ile aynı sınırlar içerisinde; Hoffman vd. (2011)'nin bildirmiş oldukları 8,85 log₁₀ kob g⁻¹'dan düşük bulunmuştur. Yüksek nemli dane mısır silajlarının

küf içeriği ise Kung vd. (2014)'nin bildirmiş oldukları 3,76 log₁₀ kob g⁻¹'dan düşük saptanmıştır.

3.3. Yüksek nemli dane mısır silajının fermantasyon özellikleri

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesinin silajların fermantasyon özellikleri üzerine etkisi saptanmış ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Yüksek nemli dane mısır silajlarının fermantasyon özellikleri

Unsurlar	<i>Lactobacillus buchneri</i> dozu, Log ₁₀ kob g ⁻¹ TM					*SH
	0 (Kontrol)	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	
pH	4,74 ^a	4,37 ^b	4,11 ^c	3,99 ^c	3,85 ^d	0,044
Laktik asit, g/kg KM	55,80 ^d	60,28 ^d	63,56 ^c	68,38 ^b	72,04 ^a	0,780
Asetik asit, g/kg KM	4,66 ^d	6,01 ^c	6,45 ^b	6,70 ^b	8,00 ^a	0,508
Propiyonik asit, g/kg KM	1,21 ^e	1,45 ^d	1,54 ^c	1,65 ^b	1,78 ^a	0,033
Bütirik asit, g/kg KM	0,67 ^a	0,60 ^b	0,54 ^c	0,50 ^c	0,41 ^d	0,026
Etanol, g/kg KM	4,96 ^a	4,87 ^a	4,46 ^a	3,62 ^b	3,02 ^b	0,369
Amonyak azotu (NH ₃ N)	7,61 ^a	5,74 ^b	5,37 ^c	4,82 ^d	4,22 ^e	0,150

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0,05). *SH: standart hata TM: taze materyal; NH₃N: amonyak azotu (NH₃N toplam N'in %'si olarak verilmiştir).

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi silajların fermantasyon özelliklerini önemli düzeyde etkilemiştir (p<0,05). Silajların pH'sı deneme gruplarına göre 3,85 ile 4,74 arasında değişmiştir. Silaj pH'sı üzerine LB düzeyinin etkisi incelendiğinde en yüksek pH, LB ilave edilmeyen kontrol YNDMS'de, en düşük ise 3,85 ile 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM LB ilave edilen grupta bulunmuştur. Silajlara LAB ilavesinin silo ortamında laktik, asetik, ve propiyonik asit üretimini artırarak silo yemlerinin pH'larının düşmesine neden olduğu görüşleriyle (Stefanie vd., 2011; Kung vd., 2018), araştırma sonuçları benzer bulunmuştur. Araştırmada saptanan pH değeri bulguları Ferraretto vd. (2014) ve Ağa Okur vd. (2022)'nin bulguları ile uyumlu, Hoffman vd. (2011)'nin sonuçlarından yüksek bulunmuştur.

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi laktik asit (LA) düzeyini önemli düzeyde etkilemiş ve artırmıştır (p<0,05). Laktik asit içeriği en yüksek 72,04 ile 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM LB ilave edilen grupta, en düşük ise 55,80 g/kg KM ile LB ilave edilmeyen kontrol grubunda saptanmıştır. Silajlara LB ilave dozuna bağlı olarak LA üretimi artmıştır. Araştırmada saptanan LA düzeyi, YNDMS ile çalışan Basso vd. (2012)'nin bildirmiş oldukları 31,1-39,0 g/kg KM'den yüksek bulunmuştur. Bu durumun silo ortamında kullanılan silo katkı maddesinden ve mısır çeşidinden kaynaklandığı söylenebilir. Silo ortamına LAB ilavesinin LA üretimini artırdığı yapılan birçok çalışmada ortaya konmuştur (McDonald vd.,1991; Taylor ve Kung 2002; Muck, 2010; Calixto vd., 2017; Da Silva vd., 2018).

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi asetik asit (AA) propiyonik asit (PA) ve etanol düzeyini artırmış, bütirik asit (BA) ve amonyak azotu (NH₃N) düzeyini ise önemli düzeyde düşürmüştür (p<0,05). Heterofermantatif laktik asit bakterisi olan *Lactobacillus buchneri* YNDMS'da AA üretimini artırmış ve deneme gruplarına göre sırasıyla; 4,66 ile 8,00 g/kg KM arasında değişmiştir. Araştırmada saptanan AA düzeyi Basso vd. (2012)'nin farklı seviyelerde *Lactobacillus buchneri* (LB) kullanarak saptadıkları 3,4-4,2 g/kg KM'den daha yüksek saptanmıştır.

Silajların PA içeriği LB dozunun artışına bağlı olarak artmış ve en yüksek PA 1,78 g/kg KM 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM LB ilave edilen grupta saptanmıştır. Araştırmada saptanan PA miktarı Basso vd. (2012)'nin bildirdikleri 0,1-0,3 g/kg KM'den daha yüksek bulunmuştur. Silajların BA içeriği LB dozu artışına bağlı olarak düşmüştür. En düşük değer ise 0,41 g/kg KM ile 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM LB ilave edilen grupta saptanmıştır. Silajlara LB kültürlerinin ilavesi silo ortamında LA ve AA miktarını artırmış ve pH'yı düşürmüştür (Çizelge 3). Bu durum silo ortamında BA üreten bakteri sayılarını sınırlayarak BA miktarını sınırlandırmıştır (Soderholm vd., 1988; McDonald vd.,1991; Calixto vd., 2017).

Yüksek nemli dane mısır silajının NH₃N içeriği LB dozu artışına bağlı olarak 4,22 ile 7,61 g/kg Toplam Azot (TA) arasında değişmiştir. En düşük NH₃N 4,22 g/kg TA ile 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM LB ilave edilen grupta saptanmıştır. Laktik asit bakteri ilavesinin silajlarda NH₃N'nu düşürdüğü Taylor ve

Kung, (2002), Hoffman vd. (2011), Kung vd. (2018) ile Da Silva vd. (2018)'da yapmış oldukları çalışmalarla da ortaya konmuştur. Araştırma bulguları da yapılan çalışmalarla benzer bulunmuştur.

3.4. Yüksek nemli dane mısır silajının *in vitro* gaz, ME ve OMS özellikleri

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesinin silajların *in vitro* gaz üretimi, besin maddeleri sindirimi ve metabolik enerji içerikleri üzerine etkisi saptanmış ve Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Yüksek nemli dane mısır silajlarının *in vitro* gaz üretimi (mL), besin madde sindirimi ve metabolik enerji içerikleri

İnkübasyon süresi, saat	<i>Lactobacillus buchneri</i> dozu, Log ₁₀ kob g ⁻¹ TM					*SH
	0 (Kontrol)	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	
Gaz üretimi, mL						
3	17,63 ^c	17,36 ^c	18,10 ^{bc}	18,90 ^b	20,17 ^a	0,419
6	42,17 ^c	43,43 ^{bc}	43,70 ^{abc}	46,33 ^{ab}	47,67 ^a	1,606
12	59,67 ^b	60,00 ^b	60,50 ^b	61,00 ^b	62,77 ^a	0,654
24	66,63 ^c	67,50 ^c	68,00 ^c	70,83 ^b	72,77 ^a	0,536
48	74,28 ^c	75,63 ^c	76,44 ^c	78,18 ^b	81,383 ^a	0,572
72	77,26 ^c	78,46 ^c	80,46 ^b	81,63 ^b	84,03 ^a	0,757
Besin maddeleri sindirimi ve metabolik enerji (ME)						
OMS, %	81,75 ^d	82,74 ^{cd}	83,37 ^c	86,36 ^b	88,39 ^a	0,527
ME, MJ/kg KM	12,49 ^b	12,55 ^b	12,64 ^b	12,68 ^b	13,06 ^a	0,112

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0,05); *SH: standart hata TM: taze materyal; OMS: organik madde sindirimi; ME: metabolik enerji

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi *in vitro* gaz üretimini önemli düzeyde (p<0,05) etkilemiştir. İnkübasyon süresinin artışına bağlı olarak *in vitro* gaz üretimi artmış ve 72. saatteki deneme gruplarına göre 77,26 ile 84,03 mL/200 mg KM arasında değişmiştir. En yüksek *in vitro* gaz üretimi 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM LB ilave edilen grupta saptanmıştır (84,03 mL/200 mg KM). Silajlara artan dozlarda LB ilavesi *in vitro* gaz üretimini artırmıştır. Yüksek nemli dane mısır silajının *in vitro* gaz üretimi Mc Geough vd. (2011)'nin yapmış oldukları sonuçlarla benzer bulunmuştur. Aynı şekilde *in vitro* gaz üretimi mısır danesi ile çalışan Eren vd. (2021)'nin bildirmiş oldukları (83,17-89,83 mL/200 mg KM) sonuçlarla da benzer bulunmuştur.

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi silajların OMS'yi etkilemiş ve OMS %81,75-%88,39 arasında değişmiştir (p<0,05). En yüksek OMS 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM LB içeren YNDMS'de saptanmıştır. Araştırmada saptanan OMS, Kung vd. (2018)'nin bildirmiş oldukları %84,61-88,11 ile benzer; aynı şekilde mısır danesi ile çalışan Qiao vd. (2015) ve Karami vd. (2018)'nin bildirmiş oldukları OMS'den de yüksek bulunmuştur.

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi ME içeriğini önemli düzeyde etkilemiştir (p<0,05). Yüksek nemli dane mısır silajlarının ME içeriği üzerine LB dozunun artışına bağlı olarak artmış ve 13,06 MJ/kg KM ile 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM LB içeren YNDMS'de saptanmıştır. Diğer LB dozları ise

benzer bulunmuştur. Yüksek nemli dane mısır silajlarına LB inokulantı ilavesi silajların ME içeriklerini geliştirmiştir. Araştırmada YNDMS'de saptanan ME düzeyi mısır danesi ile çalışan Abaş vd. (2005), Qiao vd. (2015), Karami vd. (2018) ve Eren vd. (2021)'nin bildirmiş oldukları değerlerden yüksek bulunmuştur.

3.5. Yüksek nemli dane mısır silajının aerobik stabilite özellikleri

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesinin silajların aerobik stabilite özellikleri üzerine etkileri saptanmış ve Çizelge 5'te verilmiştir.

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi, mısır silajının aerobik ortamda pH'larını, maya ve küf sayılarını önemli düzeyde etkilemiş (p<0,05) ve silajların açıldığı zamana göre yükseltmiştir (Çizelge 3). Silajların aerobik stabilite testi süresi sonunda pH'sı deneme gruplarına göre 4,17 ile 5,57 arasında değişmiştir. Silaj pH'sı üzerine LB ilave dozu etkili olmuştur. Yüksek nemli dane mısır LB ilavesi silo ortamında laktik, asetik ve propiyonik asit üretimine neden olarak (Stefanie vd., 2011; Kung vd., 2018) silo ortamında pH'nın düşmesine ve böylece aerobik ortamdaki pH'nın düşük gerçekleşmesine neden olmuştur. Araştırmada saptanan pH değeri bulguları Hoffman vd. (2011), Ferraretto vd. (2014) ve Agma Okur vd. (2022)'nin bulguları ile uyumlu bulunmuştur.

Çizelge 5. Yüksek nemli dane mısır silajlarının aerobik stabilite özellikleri

Unsurlar	<i>Lactobacillus buchneri</i> dozu, Log ₁₀ kob g ⁻¹ TM					*SH
	0 (Kontrol)	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	
pH	5,57 ^a	4,74 ^b	4,49 ^c	4,37 ^d	4,17 ^e	0,013
Maya, log ₁₀ kob g ⁻¹ TM	5,57 ^a	4,75 ^b	4,52 ^c	3,17 ^d	2,89 ^e	0,346
Küf, log ₁₀ kob g ⁻¹ TM	3,17 ^a	2,88 ^b	2,23 ^c	1,86 ^d	1,09 ^e	0,192
CO ₂ , g/kg KM	42,44 ^a	28,46 ^b	25,19 ^c	22,35 ^d	19,97 ^d	0,944

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0,05). *SH: standart hata; TM: taze materyal; KM: kuru madde; CO₂: karbondioksit; LB: *Lactobacillus buchneri*

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi ile maya sayısı 2,89 ile 5,57 log₁₀ kob g⁻¹ TM arasında değişmiştir. En yüksek maya kontrol grubunda saptanmıştır. En düşük ise 2,89 log₁₀ kob g⁻¹ TM ile 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM LB ilave edilen grupta bulunmuştur. Küf sayısı da LB dozu ilavesine göre önemli düzeyde düşmüştür (p<0,05). Silajların küf sayıları 1,09 ile 3,17 log₁₀ kob g⁻¹ TM arasında değişmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular LAB fermentasyon ürünlerinin (laktik asit, asetik asit) silajlardaki küf gelişimini önlediğini bildiren Weinberg vd. (2002), Filya (2003) ve Kung vd. (2018)'nin bildirdikleri sonuçlarla benzer bulunmuştur.

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesinin karbondioksit (CO₂) üretimi üzerine etkileri önemli bulunmuştur (p<0,05). Silajların CO₂ üretimi üzerine LB düzeyi etkili olmuş ve LB dozunun artması CO₂ üretimini önemli düzeyde düşürmüştür (p<0,05). En düşük CO₂ üretimi 19,97 g/kg KM ile 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM LB ilave edilen grupta bulunmuştur. Yüksek nemli dane mısır silajlarına LAB inokulantı eklemesi CO₂ üretimini düşürerek, katıldıkları silajların aerobik stabilitelerini geliştirmiştir. Silajlara eklenen LAB inokulantlarının aerobik stabiliteyi geliştirdiği Taylor ve Kung, (2002), Kung vd. (2004) ve Kung vd. (2018) tarafından da bildirilmiştir. Araştırmada saptanan sonuçlar Agma Okur vd. (2022)'nin aerobik sitabilite testi sonuçları ile uyumlu olarak bulunmuştur. Yüksek nemli dane mısır silajına LB ilavesi silajların CO₂ üretim miktarını düşürerek aerobik stabilitelerini geliştirmiştir.

4. Sonuç ve öneriler

Sonuç olarak, bu araştırma yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda *Lactobacillus buchneri* (LB) ilavesinin silajların ham besin maddeleri bileşimi, silaj fermentasyonu, laktik asit bakteri (LAB) miktarını geliştirmiştir. Ayrıca silajların *in vitro* gaz üretimi, metabolik enerji (ME), organik madde sindirimi (OMS) ve aerobik stabilitelerini de önemli düzeyde geliştirmiştir. Yüksek nemli dane mısır silajları üzerinde en etkili LB dozunun 10⁶ ile 10⁷ log₁₀ kob g⁻¹ TM olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmayla yüksek nemli dane mısırdan hem katkı maddeli hem de katkısız silaj yapılabileceği ortaya konulmuştur. Araştırma Türkiye'de yapılan ilk çalışmalardan birisini oluşturmaktadır. Bu alanda hem *in vitro*, hem de *in vivo* çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

5. Kaynaklar

Abaş, İ., Özpınar, H., Kutay, H.C. and Kahraman, R. (2005). Determination of the Metabolizable Energy (ME) and Net Energy Lactation (NEL) Contents of Some Feeds in the Marmara Region by In vitro Gas Technique. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29:751-757.

Agma Okur, A., Gozluklu, K., Okur, E., Okuyucu, B., Koc, F. and Ozduven, M.L. (2022). Effects of apple vinegar addition on aerobic aeterioration of fermented high moisture maize using infrared thermography as an indicator. *Sensors* 2022, 22, 771. <https://doi.org/10.3390/s220307>.

Anonim, 2017. Yemlerin Resmi Kontrolü İçin Numune Alma ve Analiz Metotlarına Dair Yönetmelik. RG 21.01.2017/29955.

AOAC. (2005). Association Official Analytical Chemist. *Official Methods of Analysis* (18th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.

Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Azrieli, A., Hen, Y. and Horev, B. (1991). A simple system to study the aerobic deterioration of silages. *Canadian Agricultural Engineering* 33, 391-393.

Barker, S.B., Summerson, W.H. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *Journal of Biological Chemistry*, 138, 535-554.

Basso, F.C., Bernardes, T F., de Toledo Piza Roth, A.P., Rabelo, C.H.S., Ruggieri, A.C. and Reis, R.A. (2012). Fermentation and aerobic stability of high-moisture corn silages inoculated with different levels of *Lactobacillus buchneri*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(11), 2369-2373.

Calixto, M., Jr., Jobim, C. C., Osmari, M. P., Tres, T. T. 2017. Nutritional additives in high moisture corn silage. *Revista Brasileira de Ciências*

Agrárias, 12(1); 105-111. doi: 10.5039/agraria.v12i1a5413

Da Silva, N.C., Nascimento, C.F., Nascimento, F.A., de Resende, F.D., Daniel, J.L.P., Siqueira, G.R. (2018). Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4158-4167. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13797>

DuBois, M., Giles, K. A., Hamilton, J. K., Rebes, P. A. and Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3): 350-356.

Ensminger, M. E., Oldfield, J. E. and Heinemann, W. W. (1990). Feed and nutrition. The Ensminger Publishing Company.

Eren, T., Sezer, E. ve Canbolat, Ö. (2021). Farklı teknolojik işlemlerden geçirilmiş mısır dane yeminin yem değeri ve rumen fermantasyonu üzerine etkisi. 14. Ulusal Zootečni Öğrenci Kongresi, Bursa, Türkiye, 24 Nisan - 22 Mayıs 2021, ss.10-21.

Ferraretto, L. F., Taysom, K., Taysom, D. M., Shaver, R. D. and Hoffman, P. C. (2014). Relationships between dry matter content, ensiling, ammonia-nitrogen, and ruminal in vitro starch digestibility in high-moisture corn samples. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 3221-3227.

Filya, I. (2001). Silaj Teknolojisi. Hakan Ofset, İzmir.

Filya, I. (2003). The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. *Journal of Applied Microbiology*, 95; 1080-1086.

Hoffman, P. C., Esser, N. M., Shaver, R. D., Coblenz, W. K., Scott, M. P., Bodnar, A. L., Schmidt, R. J. and Charley, R. C. (2011). Influence of inoculation and storage time on alteration of the starch-protein matrix in high moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 94(5), 2465-2474. doi: 10.3168/jds.2010-3562.

Junges, D., Morais, G., Spoto, M. H. F., Santos P. S., Adesogan, A. T., Nussio, L. G. and Daniel, J. L. P. (2017). Short communication: Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 9048-9051. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12943>

Junior, P. P., Júnior, G. A. A., Costa, C., Meirelles, P. R. L., Silveira, J. P. F., Panichi, A., Silva, M. G. B., Factori, M. A., Cavasano, F. A. and Mendonça, S.A. (2014). Nutritional value of high moisture corn silage in the diet of Holstein cows. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinaria Zootecnia*, 66(5), 1495-1503.

Karabulut, A., ve Filya, I. (2020). Yemler bilgisi ve yem teknolojisi. U. Ü. Ziraat Fak. Ders Notları. No: 67. Bursa. 306.

Karami, M., Palizdar M.H. and Almasi M.S. (2018). The effect of different processing of corn grain on gas production kinetics and in vitro digestibility in Taleshi cows. *Livestock Science*, 9: 101-106.

Keskin, B., Akdeniz, H., Temel, S. ve Eren B. (2018). Farklı tane mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin besleme değerlerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1), 15-19.

Kung, L. Jr., and Ranjit, N. K. (2001). The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. *Journal of Dairy Science*, 85(5), 1149-1155.

Kung, L. Jr., Schmidt, R. J., Ebling, T. E. and Hu, W. (2007). The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 90(5), 2309-2314.

Kung, L. Jr., Shaver, R. D., Grant, R. J. and Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020-4033.

Kung, L. Jr., Windle, M. C. and Walker N. (2014). The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 97(3), 1707-1712. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7469>

Lynch, J. P., Baah, J. and Beauchemin, K. A. (2015). Conservation, fiber digestibility, and nutritive value of corn harvested at 2 cutting heights and ensiled with fibrolytic enzymes, either alone or with a ferulic acid esterase-producing inoculant. *Journal of Dairy Science*, 98(1214-1224). doi: 10.3168/jds.2014-8768.

Mc Geough, E., O'Kiely, P., O'Brien, M., and Kenny, D.A. (2011). An evaluation of the methane output associated with high-moisture grains and silages using the in vitro total gas production technique. *Animal Production Science*, 51(7), 627-634. <https://doi.org/10.1071/AN10243>

- McDonald, P., Henderson, A. R., and Heron, S. J. E. (1991). *The Biochemistry of Silage*, 2nd ed. Chalcombe Publications, Abersytwyth, United Kingdom.
- Menke, K.H. and Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. and Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>
- Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 183-191. doi: 10.1590/S1516-35982010001300021.
- Naiara, C. da Silva, Cleisy, F., Nascimento, Vinícius, M.A., Campos, Michele A.P. Alves, Flávio D. Resende, João L.P. Daniel, and Siqueira, G.R. (2019). Influence of storage length and inoculation with *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of high-moisture corn and rehydrated corn grain silage. *Animal Feed Science and Technology*, 251, 124-133. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.03.003>
- Ogunade, I.M. Martinez-Tupppia, C. Queiroz, O.C.M. Jiang, Y. Drouin, P. Wu, F. Vyas, D. and Adesogan, A.T. 2018. Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation, *Journal of Dairy Science*, 101(5); 4034-4059. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13788>.
- Qiao, F.Q., Wang, F., Ren, L.P., Zhou, Z.M. Meng, Q.X. and Bao, Y.H. (2015). Effect of steam-laking on chemical compositions, starch gelatinization, in vitro fermentability, and energetic values of maize, wheat and rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 14 (5). 949-955.
- SAS (2004). *Statistical Analysis System. SAS/STAT User guide, Version 9.1.2*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Seale, D.R., Pahlow, G., Spoelstra, S.F., Lindgren, S., Dellaglio, F. and Lowe, J.F. (1990). *Methods for the Microbiological Analysis of Silage*, Proceeding of The Eurobac Conference, 147, Uppsala.
- Snedecor, G.W. and Cochran, W. (1976). *Statistical Methods*. The Iowa State Univ. Pres. Amer. IA. USA.
- Soderholm, C. G., Otterby, D. E., Linn J. G., Hansen W. P., Johnson, D. G. and Lundquist, R. G. (1988). Addition of ammonia and urea plus molasses to high moisture snapped ear corn at ensiling. *Journal of Dairy Science*, 71(3).
- Stefanie, J. W. H., Elferink, O., Driehuis, F., Gottschal, J. C. and Spoelstra, S. F. (2011). *Silage fermentation processes and their. Manipulation*. FAO Electronic Conference on Tropical Silage.
- Tabacco, E., Piano, S., Revello-Chion, A. and Borreani, G. (2011). Effect of *Lactobacillus buchneri* LN4637 and *Lactobacillus buchneri* LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5589-5598. doi: 10.3168/jds.2011-4286.
- Taylor, C. C., and Kung, L. Jr. (2002). The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. *Journal of Dairy Science*, 85(6), 1526-1532.
- Van Soest, P.J.J., Robertson, J.B. and Lewis. B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Weinberg, Z. G., Ashbell, G., Hen, Y., Azrieli, A., Szakacs, G. and Filya, I. (2002). Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 28, 7-11.
- Wiedmeier, R.D., Arambel, M.J. and Walters, J.L. (1987). Effect of orally administered pilocarpine on ruminal characteristics and nutrient digestibility in cattle. *Journal of Dairy Science*. 70, 284-289. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80009-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80009-7).

Özgün Araştırma/Original Article

Dondurma işleminin mandalina polifenollerinin biyoerişilebilirliği üzerine etkisi

Effect of freezing on the bioaccessibility of mandarin polyphenols

Nurdan Özdemirli¹ , Senem Kamiloğlu^{1,2*}  

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, Bursa

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (BİTUAM), 16059, Görükle, Bursa
(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0001-8741-1416, Yüksek Lisans Öğrencisi

ORCID ID: 0000-0003-3902-4360, Doç. Dr.

*Sorumlu yazar/Corresponding author: skamiloglu@uludag.edu.tr

Geliş / Received : 19.12.2022

Kabul / Accepted : 17.02.2023

Çevrimiçi / Online : 07.04.2023

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı, taze ve donuk Klementin türü mandalinada ve mandalina kabuğunda toplam fenolik maddenin, toplam flavonoid maddenin, toplam antioksidan kapasitenin ve flavanon glikozitlerin biyoerişilebilirliklerinin *in vitro* sindirim modeli kullanılarak değerlendirilmesidir.

Materyal ve yöntem: Mandalina polifenollerinin biyoerişilebilirliğinin tespitinde sırasıyla ağız, mide ve ince bağırsaktaki sindirimi simüle eden bir *in vitro* sindirim modeli uygulanmıştır. Toplam fenolik madde içeriği, toplam flavonoid madde içeriği ve toplam antioksidan kapasitedeki değişimler spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmiş olup, flavanon glikozitlerin tespiti yüksek performanslı sıvı kromatografisi–fotodiyot dizi dedektörü (HPLC–PDA) ile yapılmıştır. Örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkların değerlendirilmesi için, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve ardından Tukey testi uygulanmıştır ($p < 0,05$).

Bulgular ve sonuç: Taze ve donuk mandalinalar için toplam fenolik madde (sırasıyla %92 ve %85) ve toplam antioksidan kapasite (sırasıyla %57-128 ve %46-96) biyoerişilebilirliği bakımından önemli bir fark görülmemiştir ($p > 0,05$). Ancak donuk mandalinaların toplam flavonoid madde biyoerişilebilirliğinin taze mandalinaya kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek olduğu saptanmıştır (sırasıyla %39 ve %20) ($p < 0,05$). HPLC–PDA ile yapılan kromatografik analiz sonucunda mandalinada bulunan başlıca flavanon glikozitler, narirutin ve hesperidin olarak tespit edilmiştir. Spektrofotometrik analizle elde edilen toplam flavonoid madde içeriği sonuçlarında olduğu gibi donuk mandalinaların flavanon glikozit biyoerişilebilirliğinin taze mandalinaya kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür (sırasıyla %32-65 ve %25-43) ($p < 0,05$). Öte yandan mandalina kabuklarının toplam fenolik madde (%33), toplam flavonoid madde (%18), toplam antioksidan kapasite (%36-63) ve flavanon glikozit (%1,5-18) biyoerişilebilirliğinin iç meyveden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: klementin; bireysel hızlı dondurma; *in vitro* sindirim; toplam fenolik madde; toplam antioksidan kapasite; hesperidin; narirutin

Abstract

Objective: The objective of this study was to evaluate the bioaccessibility of total phenolics, total flavonoids, total antioxidant capacity and flavanone glycosides in fresh and frozen clementine mandarins, and mandarin peels using an *in vitro* digestion model.

Material and method: An *in vitro* digestion model simulating the digestion in the mouth, stomach, and small intestine was applied to determine the bioaccessibility of mandarin polyphenols. Changes in total phenolic content, total flavonoid content and total antioxidant capacity were determined using spectrophotometric methods, whereas the detection of flavanone glycosides was carried out with high performance liquid chromatography–photodiode array detector (HPLC–PDA). For the evaluation of statistical differences

between the samples, one-way analysis of variance (ANOVA) was applied followed by Tukey's post-hoc test ($p<0.05$).

Results and conclusion: Although there was statistically no significant difference between the fresh and frozen mandarins in terms of the bioaccessibility of total phenolics (92% and 85%, respectively) and total antioxidant capacity (57-128% and 46-96%, respectively) ($p>0.05$), the bioaccessible total flavonoids from frozen mandarin was found to be significantly higher than fresh mandarin (39% and 20%, respectively) ($p<0.05$). Chromatographic analysis by HPLC–PDA revealed narirutin and hesperidin as the major flavanone glycosides. Confirming the results obtained with spectrophotometric total flavonoid content method, bioaccessibility of flavanone glycosides was found to be higher than that of fresh mandarin (32-65% and 25-43%, respectively) ($p<0.05$). On the other hand, bioaccessibility of total phenolics (%33), total flavonoids (%18), total antioxidant capacity (%36-63) and flavanone glycosides (%1.5-18) were lower in mandarin peels compared to fruit pulp.

Keywords: clementine; individual quick freezing; *in vitro* digestion; total phenolic content; total antioxidant capacity; hesperidin; narirutin

1. Giriş

Turunçgillerden mandalina *Rutaceae* familyasına ait olup kökeni Güneydoğu Asya'dır. Daha sonra buradan dünyanın farklı bölgelerine yayılan bu meyve, günümüzde Akdeniz'in en önemli ticari ürünleri arasında yer almaktadır (Langgut vd., 2017). Gıda ve Tarım Örgütü'nün istatistiksel verilerine göre, mandalina portakaldan sonra dünyada en çok üretimi yapılan turunçgildir. Türkiye, Çin ve İspanya'dan sonra mandalina üretiminde dünyada 3. sırada yer almaktadır. Bununla birlikte, Türkiye mandalina ihracatında 443 milyon dolar değerinde 900 bin tona yakın miktarda üretim ile de dünyada 2. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2022). King, Satsuma ve Klementin en bilinen mandalina çeşitleri olup bunlardan Klementin çekirdeksiz ve daha tatlı olması ve kolay soyulması sebebiyle endüstriyel üretim için uygundur (Barry vd., 2020).

Mandalina taze olarak tüketilebildiği gibi mevsimsel ve çabuk bozulan bir yapıya sahip olmasından dolayı raf ömrünü artırmak adına bazı proseslere de tabi tutulmaktadır. Meyve suyu, konsantre, reçel, jöle ve kurutulmuş meyve mandalınanın yaygın olarak işlendiği ürünlerden bazıları olup (Mahawar vd., 2020) bu ürünler gıda endüstrisinde donuk mandalina kullanılarak üretilmektedir. Mandalina dilimlerinin endüstriyel olarak dondurulması düşük sıcaklıkta ve yüksek hızda hava püskürtmeli akışkan yataklı dondurucularda bireysel hızlı dondurma (IQF) işlemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlem neticesinde yan ürün olarak mandalina kabukları açığa çıkmakta olup dünya çapında üretilen yıllık mandalina kabuğu miktarının 14,5 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Cho vd., 2020). Birleşmiş Milletler üyesi ülkeler tarafından 2030 yılı sonuna kadar ulaşılması amaçlanan hedefleri içeren evrensel eylem çağrısındaki 17 küresel çağrıdan bir tanesi de; endüstriler, işletmeler ve tüketicilerin atıklarının azaltılmasını teşvik etmeyi içermektedir (UN, 2020). Benzer şekilde "Sıfır Atık Projesi" uygulamalarının artırılması konusu 11. Kalkınma Planı hedefleri arasında da yer almaktadır (Onbirinci Kalkınma Planı, 2019). Bu nedenle, mandalina kabuğu gibi atık olarak ayrılan yan ürünlerin değerlendirilme potansiyellerinin araştırılması önem arz etmektedir.

Mandalina, polifenoller özellikle de hesperidin ve narirutin gibi flavanon glikozitler açısından zengin bir meyvedir. Flavanonlar lipit metabolizması, antitümör ve antioksidan aktivite üzerindeki çeşitli faydalı etkilerle ilişkilendirilmektedirler (Cebadera vd., 2020). Ayrıca, hesperidin son yıllarda küresel bir pandemiye dönüşen koronavirüs hastalığına

(COVID-19) karşı umut verici aktiviteye sahip bir ilaç maddesi olarak da önerilmiştir (Meneguzzo vd., 2020). Öte yandan, polifenollerin insan sağlığını destekleyici aktivitelerinin gastrointestinal sistemdeki biyoerişilebilirliklerine bağlı olduğu bilinmektedir. Gastrointestinal koşulların simülasyonu için pratik, güvenilir ve *in vivo* metotlardaki gibi etik kaygılar sebebi ile kısıtlaması olmayan *in vitro* sindirim yöntemlerinin kullanımı oldukça yaygındır (Wojtunik-Kulesza vd., 2020). Polifenollerin biyoerişilebilirliğini etkileyen pek çok faktör olup bunlardan biri de gıda prosesidir. Literatürde *in vitro* gastrointestinal sindirim modelleri kullanılarak mandalınanın meyve suyuna proses edilmesi sonucunda polifenollerin biyoerişilebilirliğinde meydana gelen değişimleri inceleyen bazı çalışmalar mevcut olmakla birlikte (Cilla vd., 2020; Sentandreu vd., 2020), bilindiği kadarıyla daha önce yapılan hiçbir çalışmada dondurma işleminin mandalina polifenollerinin biyoerişilebilirliğine olan etkisi incelenmemiştir. Yine daha önce yapılan çalışmalarda endüstriyel üretim sonucu açığa çıkan mandalina kabuğunda bulunan polifenollerin biyoerişilebilirliği taze ve donuk ürün ile de mukayese edilmemiştir.

Yukarıda sunulan bilgiler dikkate alınarak bu çalışmanın amacı, taze ve donuk mandalınada ve mandalina kabuğunda toplam fenolik maddenin, toplam flavonoid maddenin, toplam antioksidan kapasitenin ve flavanon glikozitlerin biyoerişilebilirliklerinin *in vitro* sindirim modeli kullanılarak değerlendirilmesidir.

2. Materyal ve yöntem

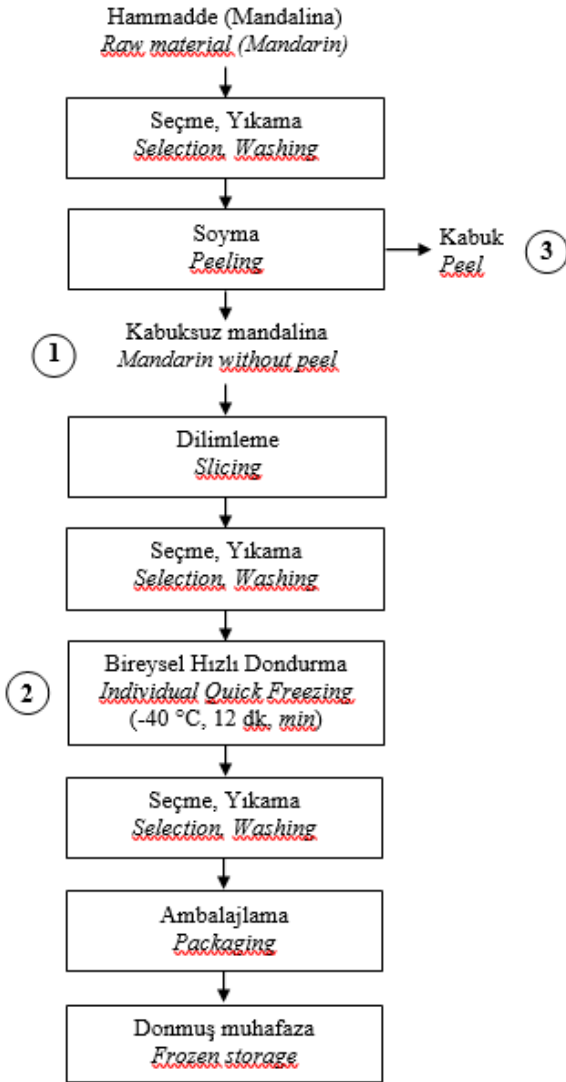
2.1. Materyal

İzmir'in Seferihisar ilçesinden hasat edilen Klementin türü mandalinalar endüstriyel bir gıda işleme fabrikasında (Mevsim Gıda Sanayi ve Soğuk Depo Ticaret A.Ş., Salıhlı, Manisa) bireysel hızlı dondurma işlemine tabii tutulmuştur (FloFreeze MX, Frigoscandia, Helsingborg, İsveç). Şekil 1 üzerinde gösterilen 3 noktadan farklı üretim günlerinde 3 tekrarlı olarak örnekleme yapılmıştır. Toplanan örnekler soğuk zincirle laboratuvara ulaştırıldıktan sonra değirmen (IKA A11, Staufen, Almanya) ile ince toz halinde öğütülerek -80°C'de muhafaza edilmiştir.

2.2. Kimyasallar

In vitro sindirim simülasyonu için Sigma-Aldrich'den (Steinheim, Almanya) temin edilen α -amilaz (insan tükürüğünden), pepsin (domuz mide mukozasından), pankreatin (domuz

pankreasından) ve safra (domuzdan) kullanılmıştır. Spektrofotometrik analizlerde kullanılan kimyasal ve reaktifler analitik saflık derecesinde olup aksi belirtilmediği takdirde yine Sigma-Aldrich'den (Steinheim, Almanya) temin edilmiştir. Kromatografik yöntemle flavanon glikozitlerin tespiti için yüksek saflıkta hesperidin (Dr. Ehrenstorfer, Ausberg, Almanya) ve narirutin (MedChemExpress, New Jersey, ABD) standartları satın alınmıştır.



Şekil 1. Mandalina dilimlerinin endüstriyel olarak dondurulması işleminde yer alan adımları özetleyen akım şeması. Bu çalışma kapsamında incelenen örnekler: 1: taze mandalina, 2: donuk mandalina, 3: mandalina kabuğu.

Figure 1. Flow chart outlining the steps involved in the industrial freezing of mandarin slices. Samples examined in this study: 1: fresh mandarin, 2: frozen mandarin, 3: mandarin peel.

2.3. *In vitro* sindirim modeli

Mandalina polifenollerinin biyoerişilebilirliğinin tespitinde sırasıyla ağız, mide ve ince bağırsaktaki sindirimi simüle eden bir *in vitro* sindirim modeli

çalkalayıcı su banyosu (Nüve ST 30, Ankara, Türkiye) kullanılarak uygulanmış (Minekus vd., 2014) ve hazırlanan elektrolit solüsyonlarının içeriği Çizelge 1'de belirtilmiştir. Ağızdaki sindirimin simülasyonu için 10 g taze ve donuk mandalina ve de mandalina kabuğu üzerine 7 mL ağız solüsyonu, 1 mL 1500 U/mL aktiviteye sahip α -amilaz enzimi, 0,05 mL 0,3 M kalsiyum klorür (Tekkim, Bursa, Türkiye) ilave edilerek su banyosunda 37°C'de 2 dk. süresince çalkalanmıştır. 4 mL ağız sindirimi sonrası örneği toplanmasının ardından mide sindiriminin simülasyonu için 12 mL mide solüsyonu, 2,56 mL 25000 U/mL aktiviteye sahip pepsin enzimi, 0,008 mL 0,3 M kalsiyum klorür ilave edilerek pH 1 M hidroklorik asit ile 3'e getirilmiştir. Distile su ile toplam hacim 16 mL'ye tamamlandıktan sonra su banyosunda 37°C'de 2 saat süresince çalkalanmıştır. Yine 4'er mL mide sindirimi sonrası örneği toplanmasının ardından ince bağırsak sindiriminin simülasyonu için 15,4 mL ince bağırsak solüsyonu, 7 mL 800 U/mL aktiviteye sahip pankreatin enzimi, 3,5 mL 160 mM safra, 0,056 mL 0,3 M kalsiyum klorür ilave edilerek pH 1 M sodyum hidroksit (Merck, Darmstadt, Almanya) ile 7'ye getirilmiştir. Distile su ile toplam hacim 28 mL'ye tamamlandıktan sonra su banyosunda 37°C'de 2 saat süresince çalkalanmış ve ardından ince bağırsak sindirimi sonrası örnekleri toplanmıştır. Toplanan örnekler uygulanacak analizlerde sindirim sıvılarından kaynaklanabilecek etkileşimlerin önlenmesi amacıyla mandalina örnekleri katılmadan yukarıdaki işlemler tekrar edilerek kör örnek de elde edilmiştir.

Biyoerişilebilirlik aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

Biyoerişilebilirlik (%) = (sindirim sonrası polifenol miktarı/sindirim öncesi polifenol miktarı) \times 100

2.4. Polifenol ekstraksiyonu

Sindirilmemiş taze ve donuk mandalina ve mandalina kabuğundaki polifenollerin ekstraksiyonu daha önce literatürde belirtilen şekilde yapılmıştır (Kamiloglu, 2019a). 2 g örnek üzerine 5 mL %0,1 formik asit içeren %75 metanol eklenerek 15 dk. soğutulmuş ultrasonik banyoda (Elma LC30H, Darmstadt, Almanya) tutulmuştur. Ardından 4°C'de 10 dk. süresince 10000 g hızında santrifüjlenmiştir (Hitachi CF15RN, Tokyo, Japonya). Üst fazlar temiz tüplere alınarak, işlemler bir kez daha tekrar edilmiştir. Daha sonra toplanan üst fazlar bir araya getirilerek elde edilen ekstraktlar analizlerden önce -20°C'de muhafaza edilmiştir.

2.5. Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde tayini daha önce literatürde belirtilen şekilde yapılmıştır (Velioglu vd., 1998). 100 µL ekstrakta 0,75 mL Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiş, 5 dk. beklendikten sonra 0,75 mL %6 sodyum karbonat (Merck, Darmstadt, Almanya) ilave edilmiştir. Karışımlar 90 dk. oda sıcaklığında

bekletildikten sonra UV-Vis spektrofotometre (Agilent Cary 60, Santa Clara, Kaliforniya, ABD) ile 725 nm'de absorbans ölçümü yapılmıştır. Gallik asit standart kalibrasyon eğrisi 10-600 ppm aralığında lineerlik göstermiş olup ($R^2= 0,9999$), elde edilen sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 1. *In vitro* sindirim simülasyonu için kullanılan elektrolit solüsyonlarının içeriği

Table 1. Content of electrolyte solutions used for the simulation of *in vitro* digestion

Bileşenler <i>Constituents</i>	Marka <i>Brand</i>	Konsantrasyon (mol/L) <i>Concentration</i> (mol/L)	Hacim (mL), <i>Volume (mL)</i>		
			Ağız solüsyonu (<i>Oral</i> <i>solution</i>)	Mide solüsyonu (<i>Gastric</i> <i>solution</i>)	İnce bağırsak solüsyonu (<i>Small</i> <i>intestinal</i> <i>solution</i>)
Potasyum klorür <i>Potassium chloride</i>	Isolab, İstanbul, Türkiye	0,5	15,1	6,9	6,8
Sodyum bikarbonat <i>Sodium bicarbonate</i>	Isolab, İstanbul, Türkiye	1	6,8	12,5	42,5
Monopotasyum fosfat <i>Monopotassium phosphate</i>	Honeywell, Charlotte, Kuzey Karolina, ABD	0,5	3,7	0,9	0,8
Sodyum klorür <i>Sodium chloride</i>	Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya	2	-	11,8	9,6
Amonyum karbonat <i>Ammonium carbonate</i>	Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya	0,5	0,06	0,5	-
Magnezyum klorür heksahidrat <i>Magnesium chloride</i> <i>hexahydrate</i>	Merck, Darmstadt, Almanya	0,15	0,5	0,4	1,1
Hidroklorik asit <i>Hydrochloric acid</i>	Merck, Darmstadt, Almanya	6	0,09	1,3	0,7

2.6. Toplam flavonoid madde tayini

Toplam flavonoid madde tayini daha önce literatürde belirtilen şekilde yapılmıştır (Kim vd., 2003). 1 mL ekstrakta 0,3 mL %5 sodyum nitrit eklenerek 5 dk. beklendikten sonra 0,3 mL %10 alüminyum klorür ilave edilmiştir. 1 dk. sonra 2 mL 1 M sodyum hidroksit ve ardından 2,4 mL distile su eklendikten sonra UV-Vis spektrofotometre ile 510 nm'de absorbans ölçümü yapılmıştır. Rutin standart kalibrasyon eğrisi 1–800 ppm aralığında lineerlik göstermiş olup ($R^2= 0,9958$), elde edilen sonuçlar mg rutin eşdeğeri (RE)/100 g olarak ifade edilmiştir.

2.7. Toplam antioksidan kapasite tayini

2.7.1. Bakır iyonu indirgeme antioksidan kapasitesi (CUPRAC)

CUPRAC yöntemi ile toplam antioksidan kapasite tayini daha önce literatürde belirtilen şekilde yapılmıştır (Apak vd., 2004). 100 µL ekstrakta 1'er mL 10 mM bakır (II) klorür (Merck, Darmstadt, Almanya), 7,5 mM neokuproin, 1 M amonyum asetat ve 1 mL distile su eklenmiştir. Karışımlar 30 dk. süresince oda sıcaklığında bekletildikten sonra

UV-Vis spektrofotometre ile 450 nm'de absorbans ölçümü yapılmıştır. Troloks® (Acros, New Jersey, ABD) standart kalibrasyon eğrisi 10–800 ppm aralığında lineerlik göstermiş olup ($R^2= 0,9993$), elde edilen sonuçlar mg Troloks® eşdeğeri (TE)/100 g olarak ifade edilmiştir.

2.7.2. Demir iyonu indirgeyici antioksidan gücü (FRAP)

FRAP yöntemi ile toplam antioksidan kapasite tayini daha önce literatürde belirtilen şekilde yapılmıştır (Benzie ve Strain, 1996). 100 µL ekstrakta 900 µL FRAP reaktifi (10:1:1 (v:v:v) pH 3,6 asetat tamponu, 10 mM 2,4,6-tripiridil-s-triazin (TPTZ) ve 20 mM demir (III) klorür) eklenmiş ve 4 dk. beklendikten sonra UV-Vis spektrofotometre ile 593 nm'de absorbans ölçümü yapılmıştır. Troloks® standart kalibrasyon eğrisi 1–200 ppm aralığında lineerlik göstermiş olup ($R^2= 0,9931$), elde edilen sonuçlar mg Troloks® eşdeğeri (TE)/100 g olarak ifade edilmiştir.

2.7.3. 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürme aktivitesi

DPPH yöntemi ile toplam antioksidan kapasite tayini daha önce literatürde belirtilen şekilde yapılmıştır (Kumaran ve Karunakaran, 2006). 100 µL ekstrakta 2 mL 0,1 mM DPPH reaktifi eklenmiş ve 30 dk. beklendikten sonra UV-Vis spektrofotometre ile 517 nm'de absorbans ölçümü yapılmıştır. Troloks® standart kalibrasyon eğrisi 10-100 ppm aralığında lineerlik göstermiş olup ($R^2= 0,9923$), elde edilen sonuçlar mg Troloks® eşdeğeri (TE)/100 g olarak ifade edilmiştir.

2.8. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi - fotodiyot dizisi dedektörü (HPLC-PDA) ile flavanon glikozitlerin kantifikasyonu

Mandalina örneklerinde bulunan başlıca flavanon glikozitlerin kantifikasyonu HPLC-PDA (Shimadzu LC-2030, Kyoto, Japonya) ile daha önce literatürde belirtilen şekilde yapılmıştır (Kamiloglu, 2019a). Membran filtrelerden (0,45 µm) geçirilerek amber viallere alınan örnekler 10 µL hacminde sisteme enjekte edilmiştir. Durgun faz olarak C18 kolonu (250 x 4,6 mm, 5 µm, MZ-Analysentechnik, Mainz, Almanya) mobil faz olarak ise trifloroasetik asit (TFA):ultra saf su (1:1000 (v:v), mobil faz A) ve TFA:asetonitril (1:1000 (v:v), mobil faz B) kullanılmıştır. Dakikada 1 mL akış hızıyla uygulanan lineer gradyan şu şekildedir: 0 dk., %95 A ve %5 B; 45 dk., %65 A ve %35 B; 47 dk., %25 A ve %75 B; 49 dk., %65 A ve %35 B; 50 dk., %95 A ve %5 B.

Flavanon glikozitlerin tanımlanmasında kolonda tutunma süreleri ve karakteristik UV spektraları dikkate alınmış olup, spektral ölçümler 280 nm'de gerçekleştirilmiştir. Bileşiklerin kantifikasyonunda kullanılan narirutin (naringenin 7-O-rutinozit) ve hesperidin (hesperetin 7-O-rutinozit) standartlarının kalibrasyon eğrileri 5-100 ppm aralığında lineerlik göstermiş olup ($R^2 \geq 0,9995$), elde edilen sonuçlar mg/100 g olarak ifade edilmiştir.

2.9. İstatistiksel analiz

Tüm analizler 3 tekrarlı olarak alınan örneklerde 3'er ölçüm yapılarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler ortalama \pm standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. SPSS (sürüm 24, IBM, Chicago, Illinois, ABD) yazılımı ile tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve örnekler arasındaki farklar Tukey testi ile tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içerikleri, toplam antioksidan kapasite analizleri arasındaki korelasyonlar Excel (Microsoft, Redmond, Washington, ABD) yazılımı ile hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içerikleri

In vitro sindirim simülasyonu sırasında mandalina örneklerinin toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içeriklerinde meydana gelen değişimler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. *In vitro* sindirim sırasında toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içeriklerinde meydana gelen değişimler
Table 2. Changes in total phenolic and total flavonoid contents during *in vitro* digestion

Örnek Sample	Sindirilmemiş Undigested	Ağız Mouth	Mide Stomach	İnce bağırsak Small intestine
Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g) – Total phenolic content (mg GAE/100 g)				
Taze mandalina Fresh mandarin	109,7 \pm 3,4 B,b	55,9 \pm 0,7 B,d	122,0 \pm 2,9 B,a	100,7 \pm 2,8 B,c
Donuk mandalina Frozen mandarin	114,7 \pm 1,3 B,a	60,5 \pm 3,3 B,c	119,0 \pm 1,6 B,a	97,1 \pm 3,0 B,b
Mandalina kabuğu Mandarin peel	523,2 \pm 19,3 A,a	167,8 \pm 2,8 A,c	358,8 \pm 16,8 A,b	171,4 \pm 3,2 A,c
Toplam flavonoid madde (mg RE/100 g) – Total flavonoid content (mg RE/100 g)				
Taze mandalina Fresh mandarin	26,7 \pm 2,2 B,a	8,1 \pm 1,4 B,c	20,1 \pm 2,8 C,b	5,4 \pm 1,2 C,c
Donuk mandalina Frozen mandarin	26,4 \pm 4,0 B,a	10,1 \pm 2,8 B,b	33,6 \pm 4,4 B,a	10,4 \pm 2,4 B,b
Mandalina kabuğu Mandarin peel	178,8 \pm 5,0 A,a	48,0 \pm 5,2 A,c	125,7 \pm 3,7 A,b	32,1 \pm 1,1 A,d

Sindirim öncesinde taze ve donuk mandalinaların toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemesine rağmen ($p > 0,05$)

mandalina kabuğunun toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içeriğinin taze ve donuk mandalinalardan sırasıyla 4 ve 6 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Daha önce

literatürde elde edilmiş veriler de mandalina kabuklarının iç meyveye kıyasla daha yüksek miktarda toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içerdiğini göstermiştir (Chen vd., 2020). Ağız sindirimi simülasyonundan sonra tüm örnekler için sindirim öncesine kıyasla daha düşük miktarlarda toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içerikleri elde edilmiştir ($p<0,05$). Bu bulgu literatürde daha önce elde edilen verilerle tutarlı olup (Kamiloglu, 2019c) bu durumun ağız sindirimi simülasyonu süresinin polifenollerin gıda matrisinden salınımı için yetersiz olmasından kaynaklandığı öne sürülmektedir. Mide sindirimi simülasyonu sonrasında ağız sindirimi simülasyonuna kıyasla toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içeriklerinde artışlar gözlenmiş ve ince bağırsak sindirimi simülasyonundan sonra ise mide sindirimine kıyasla düşüşler görülmüştür ($p<0,05$).

Taze ve donuk mandalinalar için fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliği bakımından önemli bir fark görülmemesine rağmen (sırasıyla %92 ve %85) ($p>0,05$), donuk mandalinaların flavonoid biyoerişilebilirliğinin taze mandalinalara kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek olduğu bulgusuna erişilmiştir (sırasıyla %39 ve %20) ($p<0,05$). Dolayısıyla dondurma işlemi neticesinde mandalinalardaki fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliğinin korunduğu, flavonoidlerin biyoerişilebilirliğinin ise arttığı tespit edilmiştir. Literatürde dondurmanın fasulye polifenollerini üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada da dondurma prosesinin biyoerişilebilir flavonoid miktarlarında artışa neden olduğu görülmüş (Kamiloglu, 2019b) ve bu bulgunun dondurma esnasında oluşan buz kristallerinin gıda matrisinde oluşturduğu değişikliklerden dolayı flavonoidlerin sindirim simülasyonu esnasında ekstrakte edilebilirliklerini arttırması ile ilişkili olabileceği öne sürülmüştür. Öte yandan mandalina kabukları için elde edilen fenolik ve flavonoid biyoerişilebilirlik değerlerinin (%18-33) iç meyveden daha düşük olmasının sebebinin mandalina kabuğu lif oranının iç meyveye kıyasla yaklaşık 2 kat daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Czech vd., 2021). Diyet lifinin polifenollerini hapsederek gastrointestinal sıvılar içerisindeki çözünürlüğünü olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Jakobek ve Matic, 2019; Kamiloglu vd., 2021). Diğer taraftan, her ne kadar mandalina kabuğundaki fenolik ve flavonoidlerin biyoerişilebilirlik değerleri iç meyveye kıyasla düşük olsa da ince bağırsak sindirimi simülasyonu sonrası elde edilen toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içerikleri miktarsal olarak mandalina kabuğunda iç

meyveden daha yüksektir (sırasıyla ortalama 171,4 mg GAE/100 g ve 32,1 mg RE/100 g). Bu da mandalina kabuğunun sindirim sonrasında bile toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içeriği bakımından zengin bir yan ürün olabileceğine işaret etmektedir.

Toplam fenolik madde içeriğinin tespitinde kullanılan Folin–Ciocalteu metodu basit, sağlam ve tekrarlanabilir olmasının yanı sıra özel bir ekipman gerektirmemesi gibi avantajlara sahiptir. Bununla birlikte, bu metodun bazı dezavantajları da mevcuttur. Bu yöntem ile fenolik bileşiklerin yanı sıra askorbik asit, sitrik asit, basit şekerler veya bazı amino asitler gibi diğer indirgeyici bileşikler de ölçülebildiğinden sonuçlar gerçek değerinin üzerinde hesaplanabilmektedir (Capanoglu vd., 2022). Benzer şekilde toplam flavonoid madde içeriğinin tespitinde kullanılan alüminyum klorür metodu da flavonoidlere özgü bir yöntem olmayıp fenolik asitleri de ölçülebilmektedir (Kamiloglu, 2019a). Dolayısıyla, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içeriklerini belirlemek için uygulanan spektrofotometrik yöntemlerin spesifik olmadığı göz önünde bulundurularak, daha güvenilir sonuçlar elde etmek adına bu çalışma kapsamında HPLC-PDA ile flavanon glikozitlerin kantifikasyonu da gerçekleştirilmiştir.

3.2. Toplam antioksidan kapasite içeriği

In vitro sindirim simülasyonu sırasında mandalina örneklerinin toplam antioksidan kapasitelerinde meydana gelen değişimler 3 farklı yöntem (CUPRAC, FRAP ve DPPH) kullanılarak belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. En yüksek toplam antioksidan kapasite verileri CUPRAC yöntemi ile tespit edilmiş olup FRAP ve DPPH yöntemleri ile daha düşük değerler elde edilmiştir. Bu bulgunun CUPRAC yöntemi ile hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidanlar ölçülürken, FRAP yöntemi ile yalnızca hidrofilik, DPPH yöntemi ile de yalnızca lipofilik antioksidanların ölçülmesiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Capanoglu vd., 2022). Toplam fenolik madde ve flavonoid madde içeriklerinde olduğu gibi sindirim öncesinde genel olarak taze ve donuk mandalinaların toplam antioksidan kapasite içeriklerinde önemli bir farklılık görülmemekle birlikte mandalina kabuğunun toplam antioksidan kapasitesinin taze ve donuk mandalinalardan 1,5-8 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Mandalina kabuğunun polifenoller haricinde karotenoidler gibi diğer bazı antioksidan özellik gösteren biyoaktif bileşenler açısından da iç meyveden daha zengin olduğu bilinmektedir (Costanzo vd., 2020). Sindirim boyunca toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde

içeriklerindeki benzer bir trend izlenmiştir. Ağız sindirimi simülasyonundan sonra tüm örneklerde daha düşük miktarlarda toplam antioksidan kapasite değerleri belirlenmiş, mide sindirimi

simülasyonundan sonra artışlar gözlenmiş ve de ince bağırsak sindirimi simülasyonundan sonra ise yine düşüşler olduğu görülmüştür ($p < 0,05$).

Çizelge 3. *In vitro* sindirim sırasında toplam antioksidan kapasitede meydana gelen değişimler
Table 3. *Changes in total antioxidant capacity during in vitro digestion*

Örnek <i>Sample</i>	Sindirilmemiş <i>Undigested</i>	Ağız <i>Mouth</i>	Mide <i>Stomach</i>	İnce bağırsak <i>Small intestine</i>
CUPRAC (mg TE/100 g) – CUPRAC (mg TE/100 g)				
Taze mandalina <i>Fresh mandarin</i>	104,7 ± 13,9 C,a	26,9 ± 0,3 B,c	98,7 ± 8,2 B,a	59,7 ± 8,4 B,b
Donuk mandalina <i>Frozen mandarin</i>	150,1 ± 11,2 B,a	28,7 ± 2,7 B,d	97,0 ± 9,6 B,b	68,9 ± 8,9 B,c
Mandalina kabuğu <i>Mandarin peel</i>	448,1 ± 9,9 A,a	147,1 ± 4,4 A,c	321,1 ± 14,4 A,b	160,7 ± 4,7 A,c
FRAP (mg TE/100 g) – FRAP (mg TE/100 g)				
Taze mandalina <i>Fresh mandarin</i>	16,1 ± 1,5 B,b	19,8 ± 1,0 B,ab	24,6 ± 1,3 B,a	16,3 ± 2,5 B,b
Donuk mandalina <i>Frozen mandarin</i>	20,1 ± 4,9 B,b	22,6 ± 1,5 B,b	31,0 ± 3,6 B,a	17,4 ± 0,8 B,b
Mandalina kabuğu <i>Mandarin peel</i>	151,4 ± 1,5 A,a	64,1 ± 2,9 A,c	126,3 ± 3,5 A,b	68,1 ± 2,1 A,c
DPPH (mg TE/100 g) – DPPH (mg TE/100 g)				
Taze mandalina <i>Fresh mandarin</i>	26,8 ± 2,3 B,c	22,3 ± 1,0 C,c	62,7 ± 3,5 C,a	34,3 ± 0,8 B,b
Donuk mandalina <i>Frozen mandarin</i>	35,3 ± 4,2 B,b	25,3 ± 0,9 B,c	71,0 ± 4,3 B,a	33,8 ± 1,7 B,b
Mandalina kabuğu <i>Mandarin peel</i>	88,1 ± 5,7 A,b	35,3 ± 1,2 A,d	99,6 ± 1,6 A,a	55,6 ± 0,6 A,c

Toplam fenolik madde içeriği için elde edilen veriler ile uyumlu olarak, dondurma işlemi sonucunda antioksidanların biyoerişilebilirliğinin korunduğu görülmüştür ($p > 0,05$). Taze ve donuk mandalinalarda bulunan antioksidanların biyoerişilebilirliği (sırasıyla %57-128 ve %46- 96) mandalina kabuğuna (%36-63) kıyasla yüzdesel olarak daha yüksek olmakla birlikte toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içeriklerinde olduğu gibi mandalina kabuğunun toplam antioksidan kapasite değerleri de miktarsal olarak iç meyveden daha yüksektir (55,6-160,7 mg TE/100 g). Bu da yine mandalina kabuğunun biyoerişilebilir antioksidanlar açısından iyi bir materyal olabileceğine dikkat çekmektedir.

Toplam fenolik madde ve flavonoid madde içerikleri ve de toplam antioksidan kapasite analizleri arasındaki korelasyonlar da tespit edilmiştir (Çizelge 4). Sindirim simülasyonu öncesinde tüm spektrofotometrik analiz yöntemleri arasında oldukça lineer bir ilişki olduğu görülmüştür ($R^2 \geq 0,9675$). Bu pozitif lineer ilişki ağız, mide ve ince bağırsak sindirimi simülasyonları boyunca da devam etmiştir ($R^2 \geq 0,9013$). Bu durum sindirim süresince

polifenollerin antioksidan kapasiteye büyük oranda katkıda bulunduğuna işaret etmektedir. Bu çalışmada uygulanan toplam antioksidan kapasite yöntemlerinin pH koşulları göz önüne alındığında, asidik pH'da çalışan FRAP yöntemi mide simülasyonu sonrası antioksidan kapasiteyi ölçmek için daha uygunken, fizyolojik pH'da çalışan CUPRAC ve DPPH yöntemlerinin ağız ve ince bağırsak simülasyonu sonrası antioksidan kapasiteyi ölçmek için daha uygun olduğu söylenebilir. Ayrıca, FRAP yöntemi inkübasyon süresinin kısa olması sebebi ile yavaş kinetik davranışa sahip polifenollerin protokol süresi içinde ölçmek mümkün olmayabilir. İlâveten, mandalina gibi renkli bir gıda matrisinde DPPH ile yakın dalga boyu aralığında absorbe edilen bazı antioksidanların bulunması sebebiyle bu yöntemle elde edilen sonuçların doğru yorumlanması güç olabilmektedir. Dolayısıyla CUPRAC yöntemi diğer toplam antioksidan kapasite ölçüm metotlarına kıyasla daha avantajlı olmasına rağmen gıdaların toplam antioksidan kapasite ölçümlerinde farklı mekanizmalara sahip birden fazla yöntemin uygulanması önerilmektedir (Capanoglu vd., 2022).

Çizelge 4. Spektrofotometrik analizler arasındaki korelasyonlar**Table 4.** Correlations between spectrophotometric assays

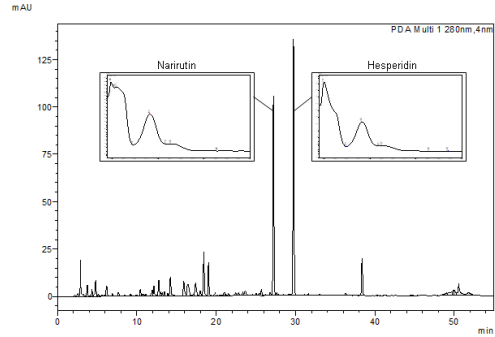
Analiz Assay	Sindirilmemiş Undigested	Ağız Mouth	Mide Stomach	İnce bağırsak Small intestine
TFM–TFLM	0,9988	0,9837	0,9698	0,9368
TFM–CUPRAC	0,9794	0,9985	0,9895	0,9653
TFM–FRAP	0,9957	0,9964	0,9877	0,9906
TFM–DPPH	0,9725	0,9350	0,9110	0,9892
TFLM–CUPRAC	0,9768	0,9811	0,9685	0,9662
TFLM–FRAP	0,9962	0,9897	0,9897	0,9661
TFLM–DPPH	0,9675	0,9013	0,9537	0,9280
CUPRAC–FRAP	0,9829	0,9936	0,9905	0,9788
CUPRAC–DPPH	0,9853	0,9293	0,9131	0,9727
FRAP–DPPH	0,9675	0,9229	0,9328	0,9801

TFM: Toplam fenolik madde - Total phenolic content; TFLM: Toplam flavonoid madde - Total flavonoid content

3.3. Flavanon glikozit içeriği

HPLC-PDA ile kromatografik analiz sonucunda mandalinalarda bulunan başlıca flavanon glikozitler narirutin ve hesperidin olarak tanımlanmıştır (Şekil 2). Bu bulgu literatürde daha önce yapılmış pek çok çalışma ile uyumlu olup bu çalışmada olduğu gibi hesperidin ana flavanon glikozit olarak belirlenmiştir (De Ancos vd., 2017; Hunlun vd., 2017; Roussos vd., 2019). *In vitro* sindirim simülasyonu sırasında mandalina örneklerinde bulunan narirutin ve hesperidin miktarlarında meydana gelen değişimler Çizelge 5’te verilmiştir. Sindirim öncesinde donuk mandalinalarda taze mandalinalara kıyasla daha düşük miktarda narirutin ve hesperidin tespit edilmiştir (%17-29) ($p<0,05$). Bu bulgunun dondurma işlemi sırasında buz kristallerinin oluşumu sebebiyle gıda matrisine zarar verilmesi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Gıda matrisindeki bu değişimler hücre duvarı maserasyonuna ve oksidasyon ve bozunmaya karşı daha yüksek hassasiyete neden olabilmektedir (Oliveira vd., 2016; Kamiloğlu, 2020). Spektrofotometrik analiz sonuçları ile paralel olarak, mandalina kabuğunun iç meyveden %67-341 daha fazla flavanon glikozit içerdiği görülmüştür ($p<0,05$). Ağız ve mide sindirimi simülasyonu sonrasında sırasıyla önce düşüşler sonra artışlar gözlenmiş ($p<0,05$) ve görülen trend spektrofotometrik yöntemler ile elde edilen verilerle benzerlik göstermiştir. Ayrıca spektrofotometrik yöntemlerden farklı olarak ince bağırsak sindirimi simülasyonundan sonra taze ve donuk mandalinalar için mide sindirimine kıyasla artışlar olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Literatürde ince bağırsak sindirimi sonrasında mide sindirimine kıyasla polifenol miktarında artışların tespit edildiği başka çalışmalar da olmakla beraber gözlenen bu durum gıdaların sindirim sıvıları ile olan temas süresinin artması sonucu bağırsak enzimlerinin polifenollerin salınımını

kolaylaştırması ile açıklanmıştır (Kamiloğlu, 2019c; Özdemirli ve Kamiloğlu, 2022).



Şekil 2. Mandalinalarda bulunan başlıca flavanon glikozitleri gösteren HPLC-PDA kromatogramı

Figure 2. HPLC-PDA chromatogram showing the major flavanone glycosides present in mandarin

Taze mandalinalarda bulunan narirutin ve hesperidin için tespit edilen biyoerişilebilirlik değerleri (sırasıyla %43 ve %25) daha önce literatürde elde edilen veriler ile uyumludur (De Ancos vd., 2017). Hesperidin biyoerişilebilirliğinin narirutinden düşük olmasının sebebinin hesperidin suda çözünmesinin çok düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Anwer vd., 2014). Toplam flavonoid madde içeriği sonuçlarında olduğu gibi donuk mandalinaların flavanon glikozit biyoerişilebilirliğinin (%32–65) taze mandalinalara kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu bir kez daha dondurma işleminin flavonoidlerin biyoerişilebilirliğini olumlu yönde etkilediğine işaret etmektedir. Yine spektrofotometrik toplam flavonoid madde içeriği verileri ile uyumlu olarak mandalina kabuğunun flavanon glikozit biyoerişilebilirliğinin iç meyveden oldukça düşük olduğu görülmüştür (%1,5-18) ($p<0,05$). Bu durumun daha önce de bahsedildiği gibi kabukta yüksek miktarda bulunan diyet lifinin flavonoidlerin biyoerişilebilirliğini olumsuz yönde etkilemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Kamiloğlu vd., 2021).

Çizelge 5. *In vitro* sindirim sırasında flavanon glikozitlerde meydana gelen değişimler**Table 5.** *Changes in flavanone glycosides during in vitro digestion*

Örnek Sample	Sindirilmemiş Undigested	Ağız Mouth	Mide Stomach	İnce bağırsak Small intestine
Narirutin (mg/100 g)				
Taze mandalina Fresh mandarin	31,6 ± 0,4 B,a	5,3 ± 0,2 B,c	7,4 ± 1,0 B,c	13,7 ± 2,9 A,b
Donuk mandalina Frozen mandarin	22,3 ± 0,4 C,a	3,8 ± 0,2 C,d	7,8 ± 1,0 B,c	14,4 ± 1,0 A,b
Mandalina kabuğu Mandarin peel	52,9 ± 1,3 A,a	7,5 ± 0,3 A,c	34,4 ± 0,9 A,b	9,6 ± 2,1 A,c
Hesperidin (mg/100 g)				
Taze mandalina Fresh mandarin	39,2 ± 0,4 B,a	0,4 ± 0,02 B,d	4,4 ± 0,3 B,c	9,7 ± 0,1 B,b
Donuk mandalina Frozen mandarin	32,6 ± 0,6 C,a	0,3 ± 0,01 B,d	4,0 ± 0,3 B,c	10,5 ± 0,5 A,b
Mandalina kabuğu Mandarin peel	143,8 ± 2,2 A,a	2,0 ± 0,3 A,c	18,1 ± 0,7 A,b	2,1 ± 0,3 C,c

4. Sonuç

Bu çalışmanın sonuçları mandalınanın endüstriyel ölçekte dondurulması neticesinde biyoerişilebilir polifenollerin korunduğunu ya da arttığını göstermiştir. İlâveten, mandalina işleme sonucu atık olarak ayrılan kabukların sindirim sonrasında bile polifenoller açısından zengin bir yan ürün olabileceğine dikkat çekilmiştir. Öte yandan, bu çalışma kapsamında yalnızca dondurma işleminin mandalina polifenollerinin biyoerişilebilirliği üzerine olan etkisi değerlendirilmiş olup, optimum biyoerişilebilirlik koşullarının oluşturulması için soğuk depolama süresince de polifenollerde meydana gelen değişimlerin incelenmesi gereklidir. İleride yapılacak olan çalışmalarda bu çalışmada kullanılan *in vitro* sindirim simülasyonu modeline kalın bağırsakta gerçekleşen mikrobiyal fermentasyonun da eklenmesi klinik çalışmalar ile daha uyumlu sonuçlar elde etmek açısından uygun olacaktır. Bununla birlikte, dondurma işleminin mandalina polifenollerinin biyoerişilebilirliğine olan etkisini tam anlamıyla anlamak için *in vivo* araştırmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

5. Teşekkür

Bu çalışma Nurdan Özdemirli'nin yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilmiş olup Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından finansal olarak desteklenmiştir (Proje No: FYL-2022-1096). Yazarlar Mevsim Gıda Sanayi ve Soğuk Depo Tic. A.Ş. firmasına numunelerin teminindeki desteklerinden dolayı teşekkür eder.

6. Kaynaklar

Anwer, M. K., Al-Shdefat, R., Jamil, S., Alam, P., Abdel-Kader, M. S., and Shakeel, F. (2014). Solubility of bioactive compound hesperidin in six

pure solvents at (298.15 to 333.15) K. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 59(6), 2065-2069. <https://doi.org/10.1021/je500206w>

Apak, R., Guclu K., Ozyurek 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. <https://doi.org/10.1021/jf048741x>

Barry, G. H., Caruso, M., and Gmitter Jr, F. G. (2020). Commercial scion varieties. *In The Genus Citrus* (pp. 83-104). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00005-X>

Benzie, I.F., and Strain, J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>

Capanoglu, E., Kamiloglu, S., Demirci Cekic, S., Sozgen Baskan, K., Avan, A.N., Uzunboy, S., and Apak, R. (2022). Antioxidant Activity and Capacity Measurement. In H.M. Ekiert, K.G. Ramawat and J. Arora (Eds.), *Plant Antioxidants and Health* (pp. 709-773). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78160-6_22

Cebadera, L., Dias, M.I., Barros, L., Fernández-Ruiz, V., Cámara, R. M., Del Pino, Á., ... and Cámara, M. (2020). Characterization of extra early spanish clementine varieties (Citrus clementina Hort ex Tan) as a relevant source of bioactive compounds with antioxidant activity. *Foods*, 9(5), 642. <https://doi.org/10.3390/foods9050642>

- Chen, Q., Wang, D., Tan, C., Hu, Y., Sundararajan, B., and Zhou, Z. (2020). Profiling of flavonoid and antioxidant activity of fruit tissues from 27 Chinese local citrus cultivars. *Plants*, 9(2), 196. <https://doi.org/10.3390/plants9020196>
- Cho, E.J., Lee, Y.G., Chang, J., and Bae, H.J. (2020). A high-yield process for production of biosugars and hesperidin from mandarin peel wastes. *Molecules*, 25(18), 4286. <https://doi.org/10.3390/molecules25184286>
- Cilla, A., Rodrigo, M. J., De Ancos, B., Sánchez-Moreno, C., Cano, M. P., Zacarías, L., ... and Alegria, A. (2020). Impact of high-pressure processing on the stability and bioaccessibility of bioactive compounds in Clementine mandarin juice and its cytoprotective effect on Caco-2 cells. *Food & Function*, 11(10), 8951-8962. <https://doi.org/10.1039/D0FO02048F>
- Costanzo, G., Iesce, M. R., Naviglio, D., Ciaravolo, M., Vitale, E., and Arena, C. (2020). Comparative studies on different citrus cultivars: A revaluation of waste mandarin components. *Antioxidants*, 9(6), 517. <https://doi.org/10.3390/antiox9060517>
- Czech, A., Malik, A., Sosnowska, B., and Domaradzki, P. (2021). Bioactive substances, heavy metals, and antioxidant activity in whole fruit, peel, and pulp of citrus fruits. *International Journal of Food Science*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6662259>
- De Ancos, B., Cilla, A., Barberá, R., Sánchez-Moreno, C., and Cano, M. P. (2017). Influence of orange cultivar and mandarin postharvest storage on polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity during gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 225, 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.098>
- FAOSTAT (2022a). Erişim tarihi: Aralık, 2022. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>.
- Hunlun, C., De Beer, D., Sigge, G. O., and Van Wyk, J. (2017). Characterisation of the flavonoid composition and total antioxidant capacity of juice from different citrus varieties from the Western Cape region. *Journal of Food Composition and Analysis*, 62, 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.04.018>
- Jakobek, L., and Matić, P. (2019). Non-covalent dietary fiber-polyphenol interactions and their influence on polyphenol bioaccessibility. *Trends in Food Science & Technology*, 83, 235-247. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.11.024>
- Kamiloglu, S. (2019a). Effect of different freezing methods on the bioaccessibility of strawberry polyphenols. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(8), 2652-2660. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14249>
- Kamiloglu, S. (2019b). Endüstriyel dondurma işlemi ve in vitro gastrointestinal sindirim sırasında taze fasulyenin fenoliklerinde, flavonoidlerinde ve antioksidan kapasitesinde meydana gelen değişimler. *Akademik Gıda*, 17(2), 176-184. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.613559>
- Kamiloglu, S. (2019c). Taze ve dondurulmuş elmalarda ve elma posasında polifenol biyoerişilebilirliğinin değerlendirilmesi. *Gıda*, 44(3), 409-418. <https://doi.org/10.15237/gida.gd19026>
- Kamiloglu, S. (2020). Industrial freezing effects on the content and bioaccessibility of spinach (*Spinacia oleracea* L.) polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(11), 4190-4198. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10458>
- Kamiloglu, S., Tomas, M., Ozdal, T., and Capanoglu, E. (2021). Effect of food matrix on the content and bioavailability of flavonoids. *Trends in Food Science & Technology*, 117, 15-33. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.030>
- Kim, D.O., Jeong, S.W., and Lee, C.Y. (2003). Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*, 81(3), 321-326. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00423-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00423-5)
- Kumaran, A., and Karunakaran R.J. (2006). Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry*, 97(1), 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.032>
- Langgut, D. (2017). The citrus route revealed: From southeast asia into the mediterranean. *HortScience*, 52(6), 814-822. <https://doi.org/10.21273/HORTSCII1023-16>
- Mahawar, M.K., Jalgaonkar, K., Bibwe, B., Bhushan, B., Meena, V.S., and Sonkar, R.K. (2020). Post-harvest processing and valorization of Kinnow mandarin (*Citrus reticulata* L.): A review. *Journal of Food Science and Technology*, 57(3), 799-815. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04083-z>
- Meneguzzo, F., Ciriminna, R., Zabini, F., and Pagliaro, M. (2020). Review of evidence available on hesperidin-rich products as potential tools against COVID-19 and hydrodynamic cavitation-based extraction as a method of increasing their production. *Processes*, 8(5), 549. <https://doi.org/10.3390/pr8050549>

Minekus, M., Alming M., Alvito P., Ballance S., Bohn T., Bourlieu C., ... and Brodtkorb A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food—an international consensus. *Food & Function*, 5(6), 1113-1124. <https://doi.org/10.1039/C3FO60702J>

Oliveira, A., Alexandre, E. M., Coelho, M., Barros, R. M., Almeida, D. P., and Pintado, M. (2016). Peach polyphenol and carotenoid content as affected by frozen storage and pasteurization. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 361-368. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.037>

Onbirinci Kalkınma Planı (2019). https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Plani-2019-2023.pdf

Özdemirli, N., ve Kamiloğlu, S. (2022). Kavun çekirdeği şerbetinde (sübye) fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliğinin değerlendirilmesi. *Gıda*, 47(6), 1130-1139. <https://doi.org/10.15237/gida.GD22083>

Roussos, P. A., Flessoura, I., Petropoulos, F., Massas, I., Tsafouros, A., Ntanos, E., and Denaxa, N. K. (2019). Soil physicochemical properties, tree nutrient status, physical, organoleptic and phytochemical characteristics and antioxidant capacity of clementine mandarin (Citrus clementine cv. SRA63) juice under integrated and organic farming. *Scientia Horticulturae*, 250, 414-420. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.082>

Sentandreu, E., Stinco, C. M., Vicario, I. M., Mapelli-Brahm, P., Navarro, J. L., and Meléndez-Martínez, A. J. (2020). High-pressure homogenization as compared to pasteurization as a sustainable approach to obtain mandarin juices with improved bioaccessibility of carotenoids and flavonoids. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121325. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121325>

UN (2020). Erişim tarihi: Aralık, 2022. <https://www.un-page.org/page-and-sustainable-development-goals>

Velioglu, Y.S., Mazza G., Gao L., and Oomah B.D. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113-4117. <https://doi.org/10.1021/jf9801973>

Wojtunik-Kulesza, K., Oniszcuk, A., Oniszcuk, T., Combrzyński, M., Nowakowska, D., and Matwijczuk, A. (2020). Influence of in vitro digestion on composition, bioaccessibility and

antioxidant activity of food polyphenols—A non-systematic review. *Nutrients*, 12(5), 1401. <https://doi.org/10.3390/nu12051401>

Original Article/Özgün Araştırma

The impact of the COVID-19 pandemic on eating and food shopping habits

COVID-19 pandemisinin yeme ve gıda alışverişi alışkanlıkları üzerine etkisi

Hacer Akpolat^{1*}, Mukaddes Kılıç Bayraktar², Büşra Demirel²

¹Bayburt University, Department of Nutrition and Dietetics, BAYBURT, TÜRKİYE

²Karabük University, Department of Health Science, Nutrition and Dietetics, KARABÜK, TÜRKİYE

(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0002-8335-9005, Ph.D.

ORCID ID: 0000-0002-8871-8820, Ph.D.

ORCID ID: 0000-0003-1945-0485, Ph.D.

*Corresponding author/Sorumlu yazar: haceraakpolat@bayburt.edu.tr

Geliş / Received : 26.10.2022

Kabul / Accepted : 22.02.2023

Çevrimiçi / Online : 07.04.2023

Abstract

Objective: This study aimed to investigate the effect of the COVID-19 pandemic on eating and food shopping habits among the Turkish adult population.

Material and method: Demographics, eating and food shopping habits, and food label reading habits of the participants were collected via online surveys. Coronavirus anxiety was assessed using the Coronavirus Anxiety Scale. The survey was conducted from November 2021 to the end of January 2022. Student's t-test was used to determine the statistical difference between quantitative variables. Chi-Square and Marginal Homogeneity Tests, depending on the number of categories, were used to determine the difference between qualitative variables.

Results and discussion: Unpackaged food consumption decreased during the pandemic. More than half of the participants started to pay more attention to food labels, spend less time for grocery shopping, and started using nutritional supplements. The changes in eating, grocery shopping, and food label reading habits among Turkish consumers during the pandemic have been demonstrated.

Keywords: COVID-19; coronavirus; food shopping habits; eating habits; pandemic

Öz

Amaç: Bu çalışmada COVID-19 pandemisinin Türk yetişkin popülasyonunda yeme ve gıda alışverişi alışkanlıkları üzerine etkisi incelenmiştir.

Materyal ve yöntem: Katılımcıların demografik verileri, yeme ve gıda alışverişi alışkanlıkları, gıda etiketi okuma alışkanlıkları ile ilgili bilgiler çevrimiçi anketler aracılığıyla toplanmıştır. Koronavirüs Anksiyete Ölçeği kullanılarak koronavirüs kaygısı değerlendirilmiştir. Veri toplama işlemi Kasım 2021 ve Ocak 2022 arasında gerçekleştirilmiştir. Kantitatif verilerde istatistiksel farkı bulmak için Student's t-test, kalitatif verilerde ise kategori sayısına bağlı olarak Ki-Kare ve Marginal Homogeneity Test kullanılmıştır.

Tartışma ve sonuç: Pandemi süresince paketsiz gıda tüketiminde azalma tespit edilmiştir. Katılımcıların yarısından fazlası gıda etiketlerine daha fazla dikkat etmeye, market alışverişine daha az vakit ayırmaya ve besin takviyesi kullanımına başlamıştır. Bu çalışmada market alışverişi, yeme ve gıda etiketi okuma alışkanlıklarındaki değişim gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: COVID-19; koronavirüs; gıda alışverişi alışkanlıkları; yeme alışkanlıkları; pandemi

1. Introduction

The World Health Organization declared the novel coronavirus (COVID-19) outbreak a Public Health Emergency of International Concern on 30 January 2020, and a global pandemic on 11 March 2020 (World Health Organization, 2022). The rapid increase in the number of cases has forced governments to take a series of measures to prevent the spread of the disease worldwide. These measures include full and partial closures, quarantine, maintaining social distancing, closing non-essential public places, working from home, distance education, and disinfecting cities at night (Wilder-Smith and Freedman, 2020). After the declaration of the COVID-19 pandemic and public health measures, public concern has grown rapidly, and all these measures have significantly affected daily life such as eating, social interactions, shopping, health behaviors, local and international economy, etc. (World Health Organization, 2022), as interruption of life routine is directly associated with pandemics (Nicola et al., 2020; Prem et al., 2020).

One of the most affected sectors during the pandemic was the food sector. During the home closure, consumers' grocery shopping preferences and eating habits have led to changes such as what is eaten and where it is eaten (Faour-Klingbeil et al., 2021). In addition to this, as the economic problems experienced during the COVID-19 pandemic affected access to food, psychological and physical health factors also affected the food choice behaviors and dietary habits of consumers (Scarmozzino and Visioli, 2020).

In the literature, many studies investigated how the COVID-19 pandemic affects the diet and lifestyle of consumers in different countries. For instance, the COVID-19 outbreak has caused significant changes in grocery shopping preferences among consumers in the United States. They were less willing to shop in the market during the period when the cases increased (Grashuis et al., 2020). In Italy, during the closures in the COVID-19 outbreak, 48.6% of the participants tended to gain weight, while 15% preferred local producers and organic foods when purchasing fruits and vegetables. Participants aged between 18-30 adhered more to the Mediterranean diet compared to the younger and older population (Di Renzo et al., 2020). In a study on eating habits and lifestyle changes during the COVID-19 lockdown in the United Arab Emirates, it was observed that participants preferred an unhealthier diet rather than Mediterranean Diet (Ismail et al., 2020).

Food packaging labels are materials that contain necessary information about the product, such as nutritional elements (fat, carbohydrate, protein, etc.), amount, calories, and portion of the food in the package. The most crucial purpose of food labeling in terms of consumers is to support their conscious food choices (An et al., 2021). Previous studies have demonstrated that the habit of reading food labels is effective in healthy eating, weight control and reducing the prevalence of chronic diseases (Bonanno et al., 2018).

The change coming with an unannounced pandemic is valuable to document. There are not enough studies investigating eating and food shopping habits in Türkiye. Therefore, the objective of this study was to investigate the effect of the COVID-19 pandemic on eating and food shopping habits among Turkish consumers using an online survey.

2. Material and methods

2.1. Study design and participants

This is a cross-sectional observational study conducted between November 2021 and January 2022 with adults (19-64 years old) in Türkiye. The data was collected online with a web-survey. The survey was distributed through e-mail and social networks (Twitter, Instagram, Whatsapp, and Facebook). Participants completed the questionnaire by connecting directly to the Google platform. Anyone who is under 19 and older than 64 years old was excluded from the study. The minimum sample size was decided as 250 participants with G-Power analysis using Power test PS 3.0 package program taking into account the 95% confidence interval at 80% power. The random sampling method, which is one of the non-probability sampling methods, was used in the study.

This study, in which participants participated on a voluntary basis, was conducted in accordance with ethical approval from the Social and Human Sciences Research Ethics Committee. Study participants were informed about the aim and method of the study, and the study was conducted in accordance with the principle of the Declaration of Helsinki. An online informed consent form was obtained from all participants.

2.2. The questionnaire

The questionnaire included sociodemographic characteristics, medical conditions, weight change

during the pandemic, etc. Moreover, the questionnaire included Coronavirus Anxiety Scale (CAS), questions about eating habits, food-shopping habits, and food label reading habits before and during the pandemic to identify any changes. The questions about eating habits were asked about the number and frequency of the meals consumed during the day separately for the pre-pandemic period and during the pandemic. Food-shopping habits questions included comparative questions to investigate the difference before and during the pandemic. Food label reading habits were asked about how often a particular label information is being checked by the participants on a five point scale from never to always (never, rarely, sometimes, often, always).

The Coronavirus Anxiety Scale (CAS) is developed by Sherman A. Lee (2020). Turkish validation study was conducted (Evren et al., 2020), and determined that the CAS is a valid and reliable measure to assess the severity of dysfunctional coronavirus related anxiety. The CAS is a reliable scale with robust factorial (single-factor; sociodemographic invariance) and structural (correlated with anxiety, depression, suicidal ideation, and substance/alcohol coping) validity (> 0.90). The diagnostic properties of CAS (90% sensitivity and 85% specificity) are comparable to related screening tools such as General Anxiety Disorder-7. CAS consists of 5 questions rated on a 5-point scale from 0 (never) to 4 (almost every day) based on experience over the past two weeks. High scores on a particular item or a high overall scale score (≥ 9) may indicate the individual's problematic symptoms that may require further evaluation and/or treatment.

2.3. Statistical analysis

SPSS software (Statistical Package for Social Sciences, version 25.0, Chicago, IL, USA) for Windows was used for data analysis. Descriptive statistics are given as mean \pm standard deviation, and for nominal variables the number of cases (n) and percentage (%) are shown. Student's t-test was used to evaluate whether there was a statistical difference between quantitative variables. Chi-Square and Marginal Homogeneity Tests, depending on the number of categories, were used to determine the difference between qualitative variables. The statistical significance level was accepted as $p < 0.05$, and the data were evaluated within the 95% confidence interval.

3. Results and discussion

A total of 604 people completed the online questionnaire. General characteristics of the

population were reported in detail in Table 1. The gender of the participants was 420 females (69.5%) and 184 males (30.5%). Participants' age range was 19-64 years with a mean of 32.06 ± 11.03 years. The mean body mass index was 25.09 ± 10.32 kg/m². The rate of smoking was 16.2% and drinking was 12.4% among the participants. Almost half of the participants (299) stated that their body weight remained stable during the pandemic, while 104 (17.2%) people reported a decrease and 201 people (33.3%) reported an increase in their body weight. A similar percentage of people who gained weight during the pandemic was determined in another study in the United Arab Emirates (Ismail et al., 2020), while an Italian survey reported a weight gain of 48.6% of the participants (Di Renzo et al., 2020). Weight gain could be explained by the lockdown and changes in the eating habits of people. Although we did not ask physical activity of people specifically, it is well known that decreased physical activity is conversely related to poor weight maintenance (Fogelholm and Kukkonen-Harjula, 2000). Therefore, that might be another unconfirmed reason of weight gain since the closures and quarantine were applied during the pandemic. The number of participants infected by the disease was only around one-third (191) of the participants. Since most of the data collection for the study was performed at the end of 2021, the Omicron variant which is more easily spreading than the previous variants of the virus including Delta variant (Centers for Disease Control and Prevention, 2022) has not yet come to exist to the best of our knowledge at that time.

The mean score of responses to the CAS was 1.47 ± 2.28 . Turkish validation study of the scale developed by Lee (2020) reported a mean score of 6.66 ± 2.65 (Evren et al., 2020). Another study reported a mean anxiety score of 1.35 ± 2.60 in breast cancer patients in Türkiye (Kiyak and Türkben Polat, 2022). Moreover, in a study investigating the relationship between coronavirus anxiety and professional performance level in healthcare professionals working in emergency medical services, the mean anxiety score was reported as 1.95 ± 1.10 (Hoşgör et al., 2020). For the studies conducted in Türkiye, the scores were similar except for the original validation study with a higher mean score. Our study was conducted at the end of the second year of the pandemic, so the lower mean score in our study may indicate the participants got used to the idea of living in pandemic times considering the timing of the study.

Table 1. General characteristics of study participants

		n (%)
Gender	Female	420 (69.5)
	Male	184 (30.5)
Education level	Elementary	2 (0.3)
	High school	30 (5.0)
	Undergraduate	355 (58.8)
	Graduate	217 (35.9)
Smoking	Yes	98 (16.2)
	No	506 (83.8)
Alcohol use	Yes	75 (12.4)
	No	529 (87.6)
Chronic disease	Yes	165 (27.3)
	No	439 (72.7)
Regular medication	Yes	128 (21.2)
	No	476 (78.8)
COVID-19 infected	Yes	191 (31.6)
	No	413 (68.4)
Body weight change	Increase	201 (33.3)
	Decrease	104 (17.2)
	No change	299 (49.5)
	X±SD	
Age (mean) (years)		32.06±11.03
BMI (kg/m ²)		25.09±10.32
CAS (mean)		1.47±2.28

BMI: Body Mass Index

CAS: Coronavirus Anxiety Scale

Table 2 shows eating habits in terms of frequency and the number of meals people consume during the day before and during the pandemic. Results showed a significant increase in the percentage of participants consuming one or two meals a day and a significant reduction in the percentage of participants consuming three meals a day during the pandemic ($p=0.004$). While the frequency of breakfast changed significantly ($p=0.004$) for the study participants, no significant change was found for lunch and dinner habits. On the other hand, snacking habits of participants were asked and results showed that the percentage of people who are snacking increased in general regardless of having snacks regularly or sometimes ($p<0.001$). Moreover, the number of people who do not snack regularly before pandemic (40.9%) decreased during the pandemic (35.3%). The results of the present study were consistent with the previous literature. In another study conducted in Türkiye also reported an increase in snack and two main meals consumption among college students (Yılmaz et al., 2020). Kaya et al. (2021) also

reported that the number of participants skipping breakfast and snacks decreased significantly, while lunch skipping increased and dinner skipping stayed stable among the participants. Another study from Italy reported a change in the number of main meals during the day for 42.2% of the study participants (Di Renzo et al., 2020). Moreover, unhealthy diet patterns such as restricted eating, skipping meals, and overeating were reported during the pandemic in the United States (Khubchandani et al., 2020).

Table 3 shows the comparison of food shopping habits before and during the COVID-19 outbreak. The majority of the participants (60.3%) stated that the time they spent for grocery shopping decreased during the pandemic compared to before the pandemic. Moreover, the frequency of grocery shopping decreased for most of the participants (57.1%) during the pandemic. The decrease in the time spent and frequency for shopping means that people tried to stay outside less with the anxiety of getting COVID -19 even for basic needs. On the other hand, the majority of the participants (63.1%) did not shop online for groceries. This might be due to the availability of online shopping platforms at the time and location of the data collection. The number of people (341, 56.5%) stating that they would like to go back to their old shopping frequency and duration when the COVID -19 pandemic is over was similar to the people shop less frequently (345, 57.1%). In another study asking food shopping habits, it was reported that 34% of the participants would keep the same shopping frequency, while almost half of the respondents (47%) were willing to visit food and grocery shops more often once the pandemic is over (Faour-Klingbeil et al., 2021). The results showed that participants are concerned about being exposed to coronavirus during their shopping, and trying to decrease the risk by decreasing regular shopping time and frequency. Similar results were reported in the literature (Bracale and Vaccaro, 2020).

As a result of anxiety due to the pandemic, food safety was a rising concern among consumers. Packaged food is better in terms of decreasing the microbiological risk than freshly prepared or unpackaged foods (Cutter, 2002). Many countries took serious measures for unpackaged foods including restrictions on touching the food with bare hands during shopping (Aday and Aday, 2020). The survey included questions on buying unpackaged foods before and during the pandemic. Cheese, olives and bread are some of the most common unpackaged foods available in most of the supermarkets and farmers' markets in Türkiye.

Participants stated that they bought unpackaged bread before the pandemic (70.2%); however, this ratio decreased to 58.8% during the pandemic. A

similar decrease on purchasing unpackaged cheese (25.5 to 20.4%) and olives (42.1 to 34.4%) was shown in Table 3.

Table 2. Eating habits before and during COVID-19 pandemic.

Daily eating habits	Before the pandemic n(%)	During the pandemic n(%)	p*
Number of meals			
One	19 (3.1)	34 (5.6)	0.004
Two	299 (49.5)	328 (54.3)	
Three	286 (47.4)	242 (40.1)	
Frequency of having breakfast			
Everyday	441 (73.0)	465 (77.0)	0.004
5-6 times a week	63 (10.4)	64 (10.6)	
3-4 times a week	41 (6.8)	23 (3.8)	
1-2 times a week	40 (6.6)	34 (5.6)	
Rarely or none	19 (3.1)	18 (3.0)	
Frequency of having lunch			
Everyday	225 (37.3)	234 (38.7)	0.065
5-6 times a week	91 (15.1)	65 (10.8)	
3-4 times a week	96 (15.9)	86 (14.2)	
1-2 times a week	88 (14.6)	98 (16.2)	
Rarely or none	104 (17.2)	121 (20.0)	
Frequency of having dinner			
Everyday	511 (84.6)	515 (85.3)	0.446
5-6 times a week	52 (8.6)	49 (8.1)	
3-4 times a week	29 (4.8)	31 (5.1)	
1-2 times a week / Rarely or none	12 (2.0)	9 (1.5)	
Regular snacking			
Yes	106 (17.5)	134 (22.2)	<0.001
Sometimes	251 (41.6)	257 (42.5)	
None	247 (40.9)	213 (35.3)	

* Marginal homogeneity test

Moreover, a more general question on the opinions of the consumers for food being packaged was asked. Fifty-six percent of the respondents reported that their opinion about whether the food is packaged or not changed, while the rest did not report a change when compared to before the pandemic. Accordingly, majority of the study participants (67.4 %) reported an increase in their packaged food consumption as well. These results were as expected since consumers believe packaged food is safer than unpackaged equivalents (Aytop et al., 2021). Also, a general increase in packaged food consumption was reported because people tend to choose more hygienic options and shopping time for packaged food is shorter (Bracalend and Vaccaro, 2020; Artik and Kumral, 2023). Many reports showed functional foods potentially have anti-viral properties and can enhance innate immunity decreasing the risk of damage caused by viruses (Han and Hoang, 2020; Lange, 2021). Most of the participants (87.7%) in our study stated that they

think nutrition is directly related to the immune system. Moreover, health-conscious people are reported to be more prone to buy healthy foods such as functional foods to have better health (Enriquez and Archila-Godinez, 2021). Our results are consistent with the literature. Almost half of the respondents (46.5%) stated that their consumption of functional foods (such as kefir, probiotic yogurt, and ginger) has increased compared to before the pandemic. While more people (87.7%) stated that nutrition is related to the immune system, less people (46.5%) act accordingly. This might be because acting about something is much more complicated than having knowledge about the topic (Pfeffer and Sutton, 1999). Moreover, lack of knowledge on the connection between functional foods and immune system could be another reason, which we did not investigate specifically. Another study reported that 34.9% of the dietitians used functional foods during the pandemic (Kamarli Altun et al., 2021). The suggestions of dietitians have been a guide for the public, and lots of

discussions about healthy nutrition have been widespread and publicly available during the pandemic (Alkhatib, 2020). Similarly, 309 participants (51.2%) reported that they started to use nutritional supplements (vitamins, minerals, nutritional extracts, propolis, etc.) during the pandemic. The popularity and consumption of immune related compounds such as nutritional supplements and foods increased during the pandemic. This increase was because of the efforts

for improving immunity and preventing themselves from catching COVID -19 or for a better recovery (Hamulka et al., 2021). Although there is no clear evidence of getting certain benefits from nutritional supplementation, circulating news stories and reports on different media platforms about nutritional supplements and their benefits in preventing the spread of the coronavirus increased the popularity of the supplements (Hamulka et al., 2021; Lange, 2021).

Table 3. Food shopping habits during the COVID -19 pandemic

	Yes n (%)	No n (%)
During the pandemic, my packaged food consumption increased compared to before the pandemic	197 (32.6%)	407 (67.4%)
My opinion about whether the food is packaged or not has changed compared to before the pandemic.	341 (56.5%)	263 (43.5%)
During the pandemic, I paid more attention to food labels.	319 (52.8%)	285 (47.2%)
During the pandemic, I started to pay more attention to the ingredients list of the food label than before the pandemic.	258 (42.7%)	346 (57.3%)
During the pandemic, I started to pay more attention to the vitamin content of the foods than before the pandemic.	315 (52.2%)	289 (47.8%)
During the pandemic, I started to pay more attention to the calorie content of the foods than before the pandemic.	190 (31.5%)	414 (68.5%)
During the pandemic, I started to pay more attention to the mineral content of the foods than before the pandemic.	226 (37.4%)	378 (62.6%)
During the pandemic, I started to pay more attention to the fat content of the foods than before the pandemic.	206 (34.1%)	398 (65.9%)
During the pandemic, I started to pay more attention to the carbohydrate content of the foods than before the pandemic.	209 (34.6%)	395 (65.4%)
During the pandemic, I started to pay more attention to the protein content of the foods than before the pandemic.	246 (40.7%)	358 (59.3%)
I think nutrition is directly related to the immune system.	530 (87.7%)	74 (12.3%)
During the pandemic, I started using nutritional supplements (vitamins, minerals, nutritional extracts, propolis, etc.)	309 (51.2%)	295 (48.8%)
During the pandemic, the time I spend for grocery shopping decreased compared to before the pandemic.	364 (60.3%)	240 (39.7%)
During the pandemic, I did most of my grocery shopping online.	223 (36.9%)	381 (63.1%)
During the pandemic, the frequency of my grocery shopping decreased.	345 (57.1%)	259 (42.9%)
I would like to return to the old shopping frequency and duration when COVID-19 pandemic is over.	263 (43.5%)	341 (56.5%)
My consumption of functional foods (such as kefir, probiotic yogurt, ginger) during the pandemic has increased compared to before the pandemic.	281 (46.5%)	323 (53.5%)
Before the pandemic, I used to buy unpackaged cheese.	154 (25.5%)	450 (74.5%)
During the pandemic, I am buying unpackaged cheese.	123 (20.4%)	481 (79.6%)
Before the pandemic, I used to buy unpackaged olives.	254 (42.1%)	350 (57.9%)
During the pandemic, I am buying unpackaged olives.	208 (34.4%)	396 (65.6%)
Before the pandemic, I used to buy unpackaged bread.	424 (70.2%)	180 (29.8%)
During the pandemic, I used to buy unpackaged bread.	355 (58.8%)	249 (41.2%)

n=604

A food label contains information such as caloric content, serving size, ingredients and nutrition facts that identify the product presenting insight to the consumer during the purchase of the product. It allows conveying the information in an understandable and practical way. Research studies

show that food label reading habit can help weight control, support healthy eating, and decrease the prevalence of chronic diseases (Güne et al, 2014), and health-conscious consumers tend to read food labels more than others (Wandel, 1997). In this study, 319 (52.8%) participants stated that they

paid more attention to food labels in general during the pandemic. Moreover, 258 (42.7%) participants reported that they paid more attention to the ingredients list of the food they buy. Similarly, Jribi et al. (2021) reported that most of the respondents in their study declared to check food labels always (61%) and often (35%). Consumers need information to comfort them making the right food choice to reduce the perceived risk of COVID-19, and they check the label for this purpose (Jribi et al., 2021). When it comes to specific nutritional ingredient such as vitamins, minerals, the number of calories, protein, fat, and carbohydrate content of the food, 52.2%, 37.4%, 31.5%, 40.7%, 34.1%, 34.6% of the participants started to pay attention during the pandemic, respectively (Table 3).

The frequency of checking food label for a particular information during the COVID-19 pandemic among residents of Türkiye are

presented in Table 4. In terms of energy, carbohydrates, and total fat, female participants` tendency to read label information was found to be significantly higher than male participants in our study ($p < 0.05$). On the other hand, checking for the saturated fat, cholesterol, protein, salt, vitamin, fiber, calcium and iron content information was not significantly different between male and female participants. Moreover, female participants were more label-conscious than male participants in general for the other components of the label information regardless of statistical significance of the difference. However, both male and female participants reported a similar interest for the protein content in the label (Table 4). Several studies in the literature reported female consumers more frequently checked the nutritional label than male consumers (Azman and Sahak, 2014; Shamim et al., 2022).

Table 4. Food label reading habits of participants for particular information on the label

	Female		Male		p*
	X	SD	X	SD	
a. Energy (Calories)	1.95	1.30	1.59	1.38	0.002
b. Carbohydrates	1.86	1.33	1.57	1.35	0.015
c. Total fat	1.79	1.30	1.54	1.36	0.035
d. Saturated fat	1.74	1.37	1.51	1.37	0.064
e. Cholesterol	1.47	1.29	1.36	1.34	0.377
f. Protein	1.78	1.34	1.78	1.42	0.973
g. Salt or sodium	1.56	1.27	1.51	1.33	0.686
h. Vitamin content	1.95	1.34	1.72	1.39	0.058
i. Fiber	1.29	1.25	1.18	1.29	0.340
j. Calcium	1.54	1.30	1.39	1.33	0.196
k. Iron	1.56	1.31	1.35	1.32	0.073
l. Percentage of the daily nutrient reference value	1.70	1.38	1.37	1.30	0.006
m. Statements like “low fat”, “light” or “a good source of fiber”	1.76	1.35	1.43	1.31	0.006
n. Nutritional information such as calories, protein, fat in one serving	1.91	1.38	1.52	1.37	0.001
o. Information on how much a serving is	1.96	1.37	1.65	1.37	0.011
p. Statements describing how the food is related to health problems (health claims)	2.18	1.44	1.78	1.38	0.002

*Student t-test ($p < 0.05$)

SD Standard Deviation

X Mean score of the respondents' attitudes on a 5-Likert scale: 5 “Always”, 4 “Often”, 3 “Sometimes”, 2 “Rarely”, 1 “Never”.

This study is not without limitations. First, the habit of food label checking was not investigated for pre-pandemic period to avoid a markedly long questionnaire. So, we asked about food label reading habits for during the pandemic. However, eating habits, the number of meals during the day and shopping habits were asked for before and

during the pandemic. Second, most of the participants were female having college degree or above possibly due to voluntary sampling using Internet platforms. Therefore, selection bias should be considered for the interpretations of the results (Tsuboi et al., 2015). Last, it is a self-reported

questionnaire so misreporting could be possible, and we cannot exclude these from the study.

4. Conclusion

This study explored eating, food-shopping and label reading habits during the second half of the second year of the COVID-19 pandemic in Türkiye and demonstrated the dietary habit changes. Further investigations are necessary to investigate long-term effects of the pandemic on eating and food shopping habits. For food shopping habits, it could be also better to investigate online shopping habits and its relation to the food choices because of the changing dynamics and growing number of options in online food shopping in Türkiye. Moreover, since it is an ongoing pandemic, our data need to be confirmed and investigated in more extensive population studies in the future.

5. References

- Aday, S. and Aday, M. S. (2020). Impact of COVID-19 on the food supply chain. *Food Quality and Safety*, 4(4), 167–180. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyaa024>
- Alkhatib, A. (2020). Antiviral functional foods and exercise lifestyle prevention of coronavirus. *Nutrients*, 12(9), 1–17. <https://doi.org/10.3390/nu12092633>
- An, R., Shi, Y., Shen, J., Bullard, T., Liu, G., Yang, Q., ... Cao, L. (2021). Effect of front-of-package nutrition labeling on food purchases: a systematic review. *Public Health*, 191, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.06.035>
- Artık, B. and Kumral, A.Y. (2023). Bursa ili kentsel ve kırsal alanında yaşayan tüketicilerin gıda satın alma ve tüketme davranışlarına Covid-19 pandemisinin etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (29), 21-30.
- Aytop, Y., Dağ, M. M. and Çetinkaya, S. (2021). Food safety perception of consumers during the Covid-19 pandemic. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 8(4), 1084–1093.
- Azman, N. and Sahak, S. Z. (2014). Nutritional label and consumer buying decision: A preliminary review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 130, 490–498. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.04.057>
- Bonanno, A., Bimbo, F., Cleary, R. and Castellari, E. (2018). Food labels and adult BMI in Italy – An unconditional quantile regression approach. *Food Policy*, 74(June 2017), 199–211. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.12.008>
- Bracale, R. and Vaccaro, C. M. (2020). Changes in food choice following restrictive measures due to Covid-19. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 30(9), 1423–1426. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2020.05.027>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2022). Retrieved May 21, 2022, from <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/variants/omicron-variant.html#:~:text=The Omicron variant spreads more,spread the virus to others>
- Cutter, C. N. (2002). Microbial control by packaging: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408690290825493>
- Di Renzo, L., Gualtieri, P., Pivari, F., Soldati, L., Attinà, A., Cinelli, G., ... De Lorenzo, A. (2020). Eating habits and lifestyle changes during COVID-19 lockdown: An Italian survey. *Journal of Translational Medicine*, 18(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12967-020-02399-5>
- Enriquez, J. P., and Archila-Godinez, J. C. (2021). Social and cultural influences on food choices: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), 1–7. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1870434>
- Evren, C., Evren, B., Dalbudak, E., Topcu, M. and Kutlu, N. (2020). Measuring anxiety related to COVID-19: A Turkish validation study of the Coronavirus Anxiety Scale. *Death Studies*, 0(0), 1–7. <https://doi.org/10.1080/07481187.2020.1774969>
- Faour-Klingbeil, D., Osaili, T. M., Al-Nabulsi, A. A., Jemni, M. and Todd, E. C. D. (2021). An on-line survey of the behavioral changes in Lebanon, Jordan and Tunisia during the COVID-19 pandemic related to food shopping, food handling, and hygienic practices. *Food Control*, 125(September 2020), 107934. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107934>
- Fogelholm, M. and Kukkonen-Harjula, K. (2000). Does physical activity prevent weight gain - A systematic review. *Obesity Reviews*, 1(2), 95–111. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789x.2000.00016.x>
- Grashuis, J., Skevas, T. and Segovia, M. S. (2020). Grocery shopping preferences during the COVID-19 pandemic. *Sustainability (Switzerland)*, 12(13). <https://doi.org/10.3390/su12135369>
- Güne, F. E., Aktaç, Ş. and Korkmaz, B. İ. O. (2014). Behaviours and attitudes of Turkish consumers towards food labels. *Akademik Gıda*, 12(3), 30–37.

- Hamulka, J., Jeruszka-Bielak, M., Górnicka, M., Drywień, M. E. and Zielinska-Pukos, M. A. (2021). Dietary supplements during covid-19 outbreak. Results of google trends analysis supported by plifecovid-19 online studies. *Nutrients*, 13(1), 1–17. <https://doi.org/10.3390/nu13010054>
- Han, B. and Hoang, B. X. (2020). Opinions on the current pandemic of COVID-19: Use functional food to boost our immune functions. *Journal of Infection and Public Health*, 13(12), 1811–1817. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.08.014>
- Hoşgör, H., Dörttepe, Z. Ü. and Sağcan, H. (2020). Acil sağlık hizmetleri çalışanlarında COVID-19 anksiyetesi ve mesleki performans ilişkisinin tanımlayıcı değişkenler açısından incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(3), 865–886.
- Ismail, L. C., Osaili, T. M., Mohamad, M. N., Marzouqi, A. Al, Jarrar, A. H., Jamous, D. O. A., ... Dhaheri, A. S. A. (2020). Eating habits and lifestyle during covid-19 lockdown in the united arab emirates: A cross-sectional study. *Nutrients*, 12(11), 1–20. <https://doi.org/10.3390/nu12113314>
- Jribi, S., Ben Ismail, H., Dogui, D. and Debbabi, H. (2021). Consumer behaviour toward food labels and its implication on food waste during COVID-19 crisis in Tunisia. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 5(4), 405–423. <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2021.415.6>
- Kamarli Altun, H., Karacil Ermumcu, M. S., and Seremet Kurklu, N. (2021). Evaluation of dietary supplement, functional food and herbal medicine use by dietitians during the COVID-19 pandemic. *Public Health Nutrition*. <https://doi.org/10.1017/S1368980020005297>
- Kaya, S., Uzdil, Z. and Cakiroğlu, F. P. (2021). Evaluation of the effects of fear and anxiety on nutrition during the COVID-19 pandemic in Turkey. *Public Health Nutrition*, 24(2), 282–289. <https://doi.org/10.1017/S1368980020003845>
- Khubchandani, J., Kandiah, J. and Saiki, D. (2020). The covid-19 pandemic, stress, and eating practices in the united states. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 10(4), 950–956. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10040067>
- Kiyak, S. and Türkben Polat, H. (2022). The relationship between death anxiety and COVID-19 fear and anxiety in women with breast cancer. *OMEGA - Journal of Death and Dying*, 003022282210860. <https://doi.org/10.1177/00302228221086056>
- Lange, K. W. (2021). Food science and COVID-19. *Food Science and Human Wellness*, 10(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2020.08.005>
- Lee, S. A. (2020). Coronavirus Anxiety Scale: A brief mental health screener for COVID-19 related anxiety. *Death Studies*, 44(7), 393–401. <https://doi.org/10.1080/07481187.2020.1748481>
- Nicola, M., Alsafi, Z., Sohrabi, C., Kerwan, A., Al-Jabir, A., Iosifidis, C., ... Agha, R. (2020). The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): A review. *International Journal of Surgery*, 78(7), 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2020.04.018>
- Pfeffer, J. and Sutton, R. I. (1999). Knowing “What” to do is not enough: Turning knowledge into action. *California Management Review*, 42(1), 83–108. <https://doi.org/10.1177/000812569904200101>
- Prem, K., Liu, Y., Russell, T. W., Kucharski, A. J., Eggo, R. M., Davies, N., ... Klepac, P. (2020). The effect of control strategies to reduce social mixing on outcomes of the COVID-19 epidemic in Wuhan, China: a modelling study. *The Lancet Public Health*. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30073-6](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30073-6)
- Scarmozzino, F. and Visioli, F. (2020). Covid-19 and the subsequent lockdown modified dietary habits of almost half the population in an Italian sample. *Foods*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/foods9050675>
- Shamim, K., Khan, S. A., and Ahmad, S. (2022). Consumers’ understanding of nutrition labels for ultra-processed food products. *Journal of Public Affairs*, 22(1). <https://doi.org/10.1002/pa.2398>
- Tsuboi, S., Yoshida, H., Ae, R., Kojo, T., Nakamura, Y. and Kitamura, K. (2015). Selection bias of internet panel surveys. *Asia Pacific Journal of Public Health*, 27(2), NP2390–NP2399. <https://doi.org/10.1177/1010539512450610>
- Wandel, M. (1997). Food labelling from a consumer perspective. *British Food Journal*, 99(6), 212–219. <https://doi.org/10.1108/00070709710181559>
- Wilder-Smith, A. and Freedman, D. O. (2020). Isolation, quarantine, social distancing and community containment: Pivotal role for old-style public health measures in the novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak. *Journal of Travel Medicine*. <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa020>
- World Health Organization. Retrieved May 21, 2022, from <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s->

opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020

World Health Organization. Retrieved May 21, 2022, from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331497>

Yılmaz, H. Ö., Aslan, R. and Unal, C. (2020). Effect of the COVID-19 pandemic on eating habits and food purchasing behaviors of university students. *Kesmas*, 15(3), 154–159. <https://doi.org/10.21109/KESMAS.V15I3.3897>

Özgün Araştırma/Original Article

Bitki ekstraktlarının marine hamsinin depolama stabilitesi üzerine etkisi

Storage of marinated anchovy of plant extracts effect on stability

Ahmet Faruk Yeşilsu^{1*}, Esen Alp-Erbay¹, Büket Buşra Dağtekin¹

¹Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, TRABZON, TÜRKİYE

(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0002-6071-1600, Dr. Gıda Yük. Müh.

ORCID ID: 0000-0001-5486-7425, Dr. Gıda Yük. Müh.

ORCID ID: 0000-0003-1706-6228, Dr. Su Ürünleri Yük. Müh.

*Sorumlu yazar/Corresponding author: yesilsu@mail.com

Geliş Tarihi : 17.08.2022

Kabul Tarihi : 29.03.2023

Öz

Amaç: Bu çalışmada, doğal bitki özleri olarak antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri ile bilinen kekik ve biberiye tozu ekstraktlarının; soğukta muhafaza edilen marine hamsilerin kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik özelliklerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve yöntem: Hamsi filetoları sodyum klorür NaCl (%10) ve asetik asit (%4) ile marine edilmiştir. 4°C'de 6 ay süre ile depolama esnasında içinde bekletildiği bitkisel yağa ilave edilen kekik (750 ppm) ve biberiye (750 ppm) ekstraktlarının, marine edilmiş hamsilerin depolama stabilitesi ve mikrobiyolojik değişimleri üzerine etkisi incelenerek duyu analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve sonuç: Çalışma sonunda kekik ve biberiye ilave edilen grupların L^* değerleri sırasıyla $56,90 \pm 0,18$ ve $57,28 \pm 0,51$ olarak tespit edilmiştir. Grupların pH, asitlik ve tuz değerlerinin depolama boyunca birbirine benzer sonuçlar gösterdiği belirlenmiştir. Depolama sonunda peroksit değerleri kekik grubunda 13,68, biberiye grubunda 15,19; Tiobarbitürik Asit (TBA) değerleri ise sırasıyla 4,59 ve 4,49 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 180. gününde analizi yapılan örneklerdeki histamin miktarının kekik grubunda 8,90 ppm ve biberiye grubunda ise 8,33 ppm ile kabul edilebilir limitlerin içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte örneklerin hiçbirinde toplam aerobik mezofilik bakteri, laktik asit bakterisi, psikrotrofik bakteri ve maya-küf gelişiminin 2001/24307 nolu Su Ürünleri Yönetmeliği ile belirlenen sınırlar içerisinde kaldığı gözlenmiştir. Duyusal özellikler açısından tat ve lezzet puanlarına bakıldığında 60. günde kekik ilave edilen grubun biberiye ilave edilen gruptan daha yüksek puanlar aldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak kekik ve biberiye ekstraktlarının bazı kalite parametreleri ve belirli depolama zamanlarında birbirine üstünlük sağladıkları, genel olarak ise her iki ekstraktın da hamsi marinasyonunda depolama stabilitesini artırmada etkin oldukları gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: kekik; biberiye; marinasyon; hamsi; oksidatif stabilite

Abstract

Objective: It was aimed to determine the effects of thyme and rosemary extracts, which are known for their antimicrobial and antioxidant properties as natural plant extracts, on the chemical, physical and microbiological properties of marinated anchovies stored in the cold.

Materials and methods: Anchovy fillets were marinated with NaCl (10%) and acetic acid (4%). Extracts of thyme (750 ppm) and rosemary (750 ppm) were added to the vegetable oil, and the marinated samples were refrigerated at 4°C for 6 months. The effects of this plant extracts on the storage stability and microbiological alterations of marinated anchovies were investigated. Additionally, sensory analyses were performed.

Discussion and conclusion: At the end of the study, the L^* values of the groups to which thyme and rosemary were added were determined as 56.90 ± 0.18 and 57.28 ± 0.51 , respectively. The pH, acidity, and salt levels of the groups were found to be identical throughout storage. PV values were 13.68 in the thyme group and 15.19

in the rosemary group at the end of storage, with PCA values of 4.59 and 4.49, respectively. The level of histamine in the samples evaluated on the 180th day of storage was found to be within acceptable limits, with 8.90 ppm in the thyme group and 8.33 ppm in the rosemary group. However, no sample showed development of total aerobic mesophilic bacteria, lactic acid bacteria, psychrotrophic bacteria, or yeast-mold within the limitations established by Communiqué No. 2001/24307. In terms of sensory qualities, it was discovered that the thyme group received higher marks than the rosemary group on the 60th day. As a consequence, thyme and rosemary extracts were shown to be superior to each other in specific quality criteria and storage periods, and both extracts were efficient in boosting storage stability in anchovies marination.

Keywords: thyme; rosemary; marination; anchovy; oxidative stability

1. Giriş

Günümüzde hazır gıda tüketiminin artmasıyla birlikte tüketime hazır su ürünleri üretimi de önemli hâle gelmiştir. Su ürünleri; tuzlama, tütsüleme, dondurma, kurutma, konserve ve marinasyon gibi teknolojilerle işlenebilmektedir. Bu işleme teknolojileri, ürünün uzun ömürlü olmasını sağlarken aynı zamanda farklı tat ve aroma kazanmasını da sağlamaktadır (Olgunoğlu, 2007; Çakır, 2010).

Marine edilmiş balıklar, belirli oranlarda asetik asit ve tuz içeren salamurada balığın soğuk bir ortamda olgunlaştırılmasıyla üretilmektedir. Marinasyon sırasında ve sonrasında elde edilen ürünün pH değerinde düşüş, iyonik kuvvette ise artış meydana gelmektedir (Poligne ve Collignan, 2000). Tam marinasyon için, salamuradaki bileşenlerin balık etine tam olarak nüfuz etmesi ve koruyucu bir mekanizma için enzimler ve bakteriler üzerinde engelleyici bir etkiye sahip olması gerekir. Salamuradaki asit miktarının artması muhafazayı arttırsa da, aşırı artış tüketimi olumsuz etkileyebilir. Salamuradaki tuz, çiğ balığı yenilebilir hale getirirken, son ürüne çeşitli baharatlar, soslar, sebzeler, şeker veya bitkisel yağlar da aroma verici olarak eklenebilir (İnanlı vd., 2010).

Marine edilmiş gıdaların raf ömrünün, düşük sıcaklıklarda saklandığında birkaç ay, oda sıcaklığında saklandığında ise birkaç hafta olduğu bildirilmektedir (Bilir, 2011). Marine edilmiş gıdaların depolama stabilitesini iyileştirmek, daha lezzetli hale getirmek ve böylece tüketicilerin ilgisini arttırmak için çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Tüketiciler, diğer birçok gıda ürününde olduğu gibi işlenmiş deniz ürünlerinde de sentetik katkı maddelerinin kullanımına karşı temkinli davranmaktadır. Bu nedenle doğal katkı maddeleri kullanılarak üretilen ürünlere olan ilgi artmakta ve bu konuda yapılan araştırmalar da hız kazanmaktadır. Yapılan çalışmalarda, doğal antioksidan ve antimikrobiyal bitki özleri kullanılarak üretilen gıdaların raf ömrünün uzatıldığı ve aynı zamanda bunlardan elde edilen çeşitli aroma bileşenlerinin gıdaların duyu kalitesini iyileştirdiği bilinmektedir (Dhanze vd., 2013; Kamkar vd., 2014).

Bu çalışmada, doğal bitki özleri olarak antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri ile bilinen kekik ve biberiye tozu ekstraktlarının soğukta muhafaza edilen hamsilerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada Trabzon ilinden temin edilen hamsi (*Engraulis encrasicolus*) kullanılmıştır. Bitkisel ekstrakt olarak Alfazol® firmasından temin edilen kekik ve biberiye toz ekstraktları, salamurada ise gıda kökenli asetik asit kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Marinat üretimi

Hamsiler, marine edilmek üzere fileto haline getirilerek su ile iyice yıkandıktan sonra %4 asetik asit ve %10 NaCl içeren salamura sularına yatırılarak 48 saat süreyle 0±2°C'lik soğuk ortamda olgunlaşmaya bırakılmıştır. Olgunlaştırma işleminde salamura:balık oranı; 10:9 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Olgunlaştırma işleminin ardından hamsi filetoları 300 ml'lik sızdırmaz ve hava almaz, kapaklı, plastik kaplara konulmuş ve bitki ekstraktı (750 ppm) ilave edilmiş ayçiçeği yağı ile tamamlanmıştır. Marinatlar 4°C'de 6 ay süre ile depolanmak üzere saklanmıştır. Deneme planı Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme planı

	Kontrol	Marinat-K	Marinat-B
Asetik Asit (%)	4	4	4
NaCl (%)	10	10	10
Kekik (ppm)	-	750	-
Biberiye (ppm)	-	-	750

Marinat-K: kekik ekstraktı içeren grup, Marinat-B: biberiye ekstraktı içeren grup

2.2.2. Bitkisel ekstraktlarda toplam fenolik madde tayini

Singleton ve Rossi (1965) tarafından belirlenen metoda göre yapılan bu analizde; öncelikle 0,5 mL numuneye 0,2 N Folin-Ciocalteu çözeltisinden 2,5 mL ilave edilip homojen hale getirildikten sonra 5 dk. karanlık ortamda bekletilmiştir. Daha sonra sodyum karbonat (Na₂CO₃) çözeltisinden 2 mL eklenmiştir. Tekrar 1 saat süre ile karanlıkta ve oda sıcaklığında beklemeye alınmıştır. Ardından örneklerin 760 nm dalga boyunda absorpsanları okunmuş ve sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g olarak ifade edilmiştir. Farklı derişimlerde gallik asit çözeltileri hazırlanarak kalibrasyon eğrisi çizilmiştir.

2.2.3. Marinat analizleri

2.2.3.1. Fiziksel analizler

Renk ölçümleri (Konica Minolta Chromameter CR-400, Japan) *L**, *a** ve *b** değerleri ölçülerek gerçekleştirilmiştir (Association of Official Analytical Collaboration International [AOAC], 1990). Tekstür analizi Einen ve Thomassen

(1998)'in belirttiği yonteme göre yapılmıştır. P/0,5mm'lik silindirik problu tekstür analiz cihazı (CT3 Texture Analyzer, Brookfield Engineering Laboratories, USA) kullanılmış, sertlik ve çignenebilirlik parametreleri ölçülmüştür. Tekstürel özelliklere depolamanın başlangıç (0. gün) ve son gününde (180. gün) bakılmıştır.

2.2.3.2. Kimyasal analizler

Balık etindeki asitlik miktarı AOAC (1990)'a göre, tuz miktarı ise Fuselli vd. (1994)'e göre belirlenmiştir. pH değerleri gıda pH metresi (Mettler-Toledo, Schwerzenbach, Switzerland) ile ölçülmüştür (Ludorff ve Meyer, 1973).

Serbest yağ asitliği derecesi ve peroksit değeri AOCS (1994)'a göre ölçülen örneklerin tiyobarbitürik asit (TBA) miktarları Tarladgis vd. (1960)'nin bildirdiği yonteme göre yapılmıştır. Örneklerdeki toplam uçucu bazik azot (TVB-N) miktarları ise Antonacopoulos ve Vyncke (1989)'e göre gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki histamin düzeyi ise Antoine vd. (1999)'de belirtilen yonteme göre yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC, Agilent HP-1100, ABD) kullanılarak belirlenmiştir.

2.2.3.3. Mikrobiyolojik analizler

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı için Doğan ve Tükel (2000); psikrotrofik bakteri sayısı için Alp ve Aksu (2010); laktik asit bakteri sayısı için de Dalgaard vd. (1999)'nin uyguladığı yöntemler uygulanmıştır. Maya-küf sayısı için ise Harrigan ve McCance (1976)'in belirlediği metot uygulanmıştır.

2.2.3.4. Duyusal değerlendirme

Sekiz eğitimli panelist tarafından; görünüş, koku, tat-lezzet, tekstür gibi kategorileri dikkate alarak 9'lu skala kullanarak puanlama yapılmıştır. Puanlama sisteminde 7-9 arası "çok iyi", 4,1-6,9 arası "iyi", 4 "tüketilebilir", 1-3,9 arası ise "kabul edilemez" olarak belirlenmiştir. Tekstür ise 1-4 arası yapılan puanlama üzerinden değerlendirilmiştir (Olgunoğlu, 2007). Buna göre 4 "yeterince sert", 3 "lifli", 2 "biraz yumuşak" ve 1 "çok yumuşak" tekstürü ifade etmektedir.

3. Tartışma ve sonuç

3.1. Bitkisel ekstraktların toplam fenolik madde miktarı

Çizelge 2'de de görüleceği üzere biberiye ekstraktının toplam fenolik madde miktarı daha fazladır. Yapılan birçok çalışmada biberiye ekstraktının kekik ekstraktına oranla daha yüksek fenolik madde içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir

(Kim vd., 2011; Vallverdú-Queralt vd., 2014; Yeşilsu ve Özyurt, 2019).

Çizelge 2. Bitki ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarı

Ekstrakt	Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/g numune)
Kekik	44,01±1,96
Biberiye	78,15±1,25

3.2. Renk ve tekstür

Marinatlara ait renk değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Taze hamsinin L^* , a^* , b^* değerleri sırası ile 38,48; 3,85 ve 6,29 iken, olgunlaşmadan hemen sonra marinatların parlaklığı ifade eden L^* değerlerinin 59,98 ve 62,07 arasında değiştiği gözlenmiştir. Depolama sonunda ufak farklılıklar gözlemlenen kekik ve biberiye ekstraktlı marinatların parlaklık değerlerinin depolamanın son gününde istatistiksel olarak birbirine benzediği, kontrol numunesinin ise her iki gruba göre daha parlak kaldığı görülmüştür. Bu, ekstrakt ilavesi yapılmamış kontrol grubunda beklenen bir durumdur. Her iki ekstrakt ilaveli grup, yeşilden ($-a^*$) kırmızıya ($+a^*$) renk dönüşümünü ifade eden a^* değeri açısından depolama süresince farklılıklar göstermekle birlikte, özellikle 4. aydan sonra birbirine benzer a^* değerleri sergiledikleri görülmüştür ($p<0,05$). Kontrol grubu örneklerin her iki muamele grubuna göre daha az kırmızılığa sahip olduğu tespit edilmiştir (1,64). Maviden ($-b^*$) sarıya ($+b^*$) renk dönüşümünü ifade eden b^* değeri açısından bakıldığında ise her iki grup örnekleri 5. aya kadar dalgalı b^* değerleri sergilemiş ve bu aydan itibaren Marinat-K örnekleri sabit bir değere ulaşırken, Marinat-B örnekleri ise artış eğilimi gösteren b^* değeri sergilemişlerdir. Depolama sonunda sarılık değeri sıralaması ise şu şekilde gerçekleşmiştir: Kontrol>Marinat-B>Marinat-K (Çizelge 3).

Kadak (2012), kitosan ilave ettiği hamsi marinatlarında yaptığı renk analizlerinde taze balığa ait L^* , a^* ve b^* değerlerini sırasıyla 40,01; 0,29 ve 9,14 bulmuş ve aydınlık değerlerinin (L^*) depolama süresince ve balık bayatladıkça düşüş gösterdiğini bildirmiştir. Yapılan çalışmalarda da bildirildiği üzere balık eti marinata dönüştükten sonra renklerinde bir miktar açılma olmaktadır (Kılınç, 2009; Szymczak, 2011).

Çalışmanın başlangıcı ve sonunda yapılan ölçümlere göre marinatlara ait tekstür analizi sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir. Sertlik ve çignenebilirlik bakımından tüm gruplarda günler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Böylece depolamanın sonunda tüm örneklerde görülen yumuşama ile

birlikte çığnenebilirliklerinin de azaldığı tespit edilmiştir.

Depolamanın ilerlemesiyle birlikte tüm grupların sertliklerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durumun asetik asidin etkisiyle proteinlerin koagüle olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra depolama esnasındaki enzim faaliyetleri de etkenlerden birisi

olabilir (Szymczak vd., 2018). Szymczak (2011), ringa balığından (*Clupe aharrengus* L.) ürettiği marinatlardan zamana bağlı sertlik derecelerini karşılaştırdığında, depolama boyunca sertlikte düşüş olduğunu bildirmiştir. Hamsiden elde edilen marinatlarda depolama boyunca tekstür; enzimatik, bakteriyel ve asidik proteoliz sonucu değişim göstermektedir (Yeannes ve Casales, 2008).

Çizelge 3. Marinatların renk değerlerinin zamana bağlı değişimi

Gün	L*			a*			b*		
	Kontrol	Marinat-K	Marinat-B	Kontrol	Marinat-K	Marinat-B	Kontrol	Marinat-K	Marinat-B
0	59,98±0,90 ^{a1}	61,81±2,23 ^{bc2}	62,07±1,20 ^{c2}	1,75±0,16 ^{a1}	2,54±0,73 ^{b2}	3,35±0,49 ^{d3}	10,64±1,07 ^{a1}	10,13±0,48 ^{ab1}	10,29±0,53 ^{ab1}
30	64,13±0,12 ^{b2}	62,25±0,42 ^{bc1}	63,75±0,96 ^{d2}	1,74±0,11 ^{a2}	2,32±0,07 ^{b3}	0,97±0,16 ^{a1}	12,45±0,53 ^{b2}	13,35±1,17 ^{c3}	10,87±0,13 ^{b1}
60	60,83±0,55 ^{a2}	61,08±0,63 ^{b2}	59,25±0,57 ^{b1}	3,33±0,32 ^{b3}	1,41±0,27 ^{a1}	2,45±0,44 ^{bc2}	10,37±0,32 ^{a1}	13,92±0,58 ^{c3}	11,5±0,44 ^{c2}
90	60,62±0,28 ^{a1}	60,61±0,47 ^{b1}	61,98±0,84 ^{c2}	3,01±0,34 ^{b2}	3,44±0,35 ^{c3}	2,00±0,35 ^{b1}	10,56±0,34 ^{a2}	9,57±0,48 ^{a1}	12,16±0,35 ^{cd3}
120	63,93±0,21 ^{b3}	62,98±0,34 ^{c2}	59,08±0,88 ^{b1}	2,10±0,08 ^{a1}	3,00±0,40 ^{bc2}	2,84±0,35 ^{cd2}	11,12±0,44 ^{b3}	10,66±0,14 ^{b2}	10,1±0,18 ^{a1}
150	64,96±0,90 ^{b3}	56,29±0,18 ^{a1}	58,13±0,46 ^{ab2}	1,81±0,65 ^{a1}	2,83±0,37 ^{bc2}	3,06±0,01 ^{d2}	13,48±0,74 ^{bc3}	10,69±0,17 ^{b1}	11,91±0,01 ^{cd2}
180	65,51±0,52 ^{b2}	56,90±0,18 ^{a1}	57,28±0,51 ^{a1}	1,64±0,56 ^{a1}	3,03±0,37 ^{bc2}	3,10±0,05 ^{d2}	14,18±0,70 ^{c3}	10,43±0,32 ^{ab1}	12,58±0,40 ^{c2}

± Standart sapmayı göstermektedir. Aynı sütundaki üstel *harfler* günler arasındaki istatistikî farklılıkları ($p>0,05$), aynı satırdaki üstel *rakamlar* ise gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($p>0,05$); belirtmektedir.

Çizelge 4. Marinatların tekstür analizi sonuçları

Gruplar	Sertlik (g)		Çığnenebilirlik (mJ)	
	0. gün	180. gün	0. gün	180. gün
Kontrol	365,22±26,3 ^{b12}	106,4±20,8 ^{a2}	0,39±0,10 ^{a1}	0,11±0,04 ^{b1}
Marinat-K	401,67±12,58 ^{b2}	76,67±7,64 ^{a1}	0,67±0,15 ^{a2}	0,13±0,06 ^{b1}
Marinat-B	341,67±20,82 ^{b1}	180,00±26,46 ^{a3}	0,37±0,12 ^{a1}	0,17±0,06 ^{b1}

± sonrası değer, standart sapmayı göstermektedir. Aynı satırdaki üstel *harfler* günler arasındaki istatistikî farklılıkları ($p<0,05$); aynı sütundaki üstel *rakamlar* ise gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($p<0,05$) belirtmektedir.

3.3. pH, asitlik ve tuz

Mevsimplere ve türlere bağlı olarak değişim gösteren balıklardaki pH değeri, balığın boyutu ile de ilgili olabilmektedir. Hamsi gibi küçük balıklarda pH değeri nispeten daha yüksektir. Balıkların pH'sı ölüm sertliği sonrası 6,2-6,5 iken, taze balık için tüketilebilir pH değerlerinin 6,5-7,0 arasında olabileceği bildirilmiştir (Çelik vd, 2002; Kadak, 2012). Çalışmamızda marinasyon öncesinde taze hamsilerin pH değeri 6,5 olarak tespit edilmiştir. Marine ürünlerde pH değerinin 4,5'i geçmemesi gerektiği bildirilmektedir (Çaklı, 2007). Depolama süresi boyunca tüm örneklerdeki pH değeri 4,5 değerini aşmamıştır (Çizelge 5).

Marine ürünlerin asitlik miktarının genel olarak depolama ile birlikte arttığı bildirilmektedir. Çakır (2010), hamsi filetolarına çeşitli doğal katkı maddeleri ilave ederek hazırladığı marinatlarda, depolama başlangıcında şarap sirkesi ile hazırladığı marinatların asitliğinin asetik asit ile hazırladıklarından daha düşük değerlere (%0,53-0,67) sahip olduğunu, depolama süresince genel olarak artan asitliğin dereotu ilave edilen gruplarda da asetik asitle marine edilen örneklerde olduğu

kadar yüksek değerlere ulaştığını bildirmiştir. Dokuzlu (1996), %4 asetik asit ve %12 tuz ile olgunlaştırdığı marinatlarda asitliğin depolama başlangıcında %1,34 olduğunu, 7. ayda %1,94'e yükseldiğini, 8. ayda ise düşüş yaşanarak %1,48 olarak belirlendiğini bildirmiştir.

Çizelge 5. Marinatların pH miktarının zamana bağlı değişimi

Gün	Kontrol	Marinat-K	Marinat-B
0	4,19±0,01 ^{a3}	4,10±0,01 ^{a1}	4,16±0,01 ^{a2}
30	4,24±0,01 ^{b2}	4,21±0,01 ^{c1}	4,22±0,01 ^{c1}
60	4,19±0,01 ^{a1}	4,16±0,03 ^{b1}	4,19±0,01 ^{b1}
90	4,21±0,01 ^{a2}	4,17±0,02 ^{b1}	4,18±0,02 ^{ab1}
120	4,31±0,02 ^{cd2}	4,23±0,02 ^{cd1}	4,31±0,02 ^{cd2}
150	4,32±0,01 ^{d2}	4,22±0,01 ^{cd1}	4,31±0,01 ^{cd2}
180	4,29±0,01 ^{c1}	4,25±0,01 ^{d1}	4,26±0,02 ^{d1}

± sonrası değer, standart sapmayı göstermektedir. Aynı sütundaki üstel *harfler* günler arasındaki istatistikî farklılıkları ($p<0,05$); aynı satırdaki üstel *rakamlar* ise gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($p<0,05$) belirtmektedir.

Bu çalışmada da marine edilen hamsilerin başlangıç asitlik değerleri kontrol numunesi için %1,50 bulunurken, muamele gruplarının ise birbiri ile aynı (%1,71) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6). Depolama ilerledikçe tüm gruplarda asitlik miktarlarının arttığı gözlenmiş, 5. aydan sonra

asitlik değerlerinde her iki grupta da azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 6. Marinatların asitlik miktarının zamana bağlı değişimi

Gün	Kontrol	Marinat-K	Marinat-B
0	1,50±0,04 ^{a1}	1,71±0,02 ^{a2}	1,71±0,02 ^{a2}
30	1,58±0,01 ^{b1}	1,88±0,01 ^{b2}	1,89±0,06 ^{b2}
60	2,08±0,02 ^{c1}	2,14±0,03 ^{c2}	2,06±0,04 ^{c1}
90	2,36±0,01 ^{e3}	2,33±0,01 ^{d2}	2,29±0,01 ^{e1}
120	2,36±0,04 ^{e2}	2,33±0,01 ^{d1}	2,40±0,01 ^{f2}
150	2,16±0,02 ^{d1}	2,14±0,04 ^{c1}	2,12±0,02 ^{d1}
180	2,13±0,02 ^{d12}	2,13±0,03 ^{c12}	2,09±0,04 ^{c1}

± sonrası değer, standart sapmayı göstermektedir. Aynı sütundaki üstel harfler, günler arasındaki istatistikî farklılıkları ($p<0,05$), aynı satırdaki üstel rakamlar ise gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($p<0,05$) belirtmektedir.

Marine edilen hamsilerin (%10 oranında tuz ile), depolama başlangıcında ölçülen tuz değerleri kontrol grubu için %4,44, kekik ve biberiye ilaveli örnekler için sırasıyla %4,80 ve %4,47 olarak ölçülmüştür (Çizelge 7). Çakır (2010), marinatlarda tuzluluk değerininin depolama başlangıcında %4.11-4.38 olarak saptamış ve tüm gruplarda tuzluluk miktarının depolama boyunca düzensiz bir değişim gösterdiğini belirtmiştir. Benzer bir değişim Dokuzlu (1996) tarafından da bildirilmiştir. Tuz miktarı bakımından çalışmamızdaki depolama boyunca elde edilen

sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir. Eke (2007), hamsi, zargana ve palamut balıklarından hazırladığı marinatlarda tuzluluk oranlarını depolamanın 10. gününde sırasıyla %9,49, %4,71 ve %4,41 olarak tespit etmiştir.

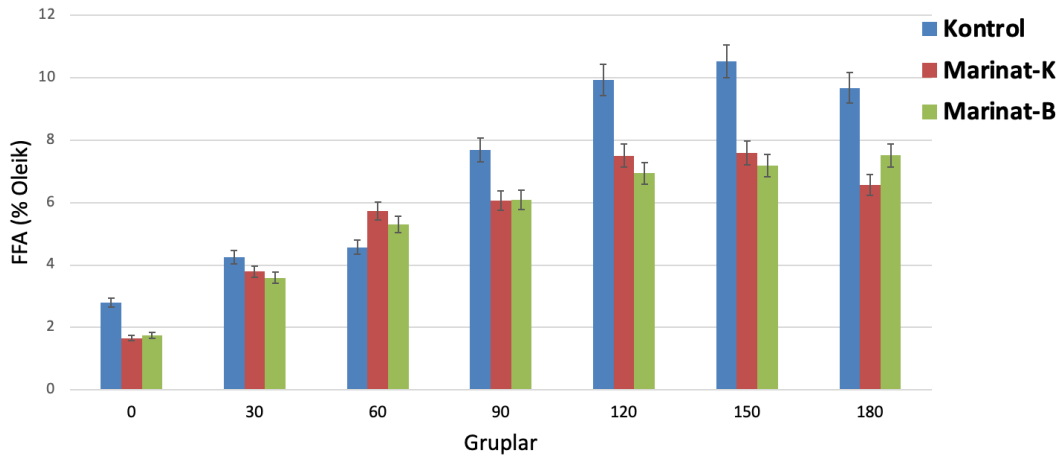
Çizelge 7. Marinatların tuz miktarının zamana bağlı değişimi

Gün	Kontrol	Marinat-K	Marinat-B
0	4,44±0,02 ^{b1}	4,80±0,31 ^{cd2}	4,47±0,02 ^{b1}
30	3,84±0,01 ^{a1}	4,58±0,02 ^{b2}	4,75±0,01 ^{d3}
60	4,69±0,05 ^{c1}	4,68±0,04 ^{c1}	4,68±0,04 ^{c1}
90	4,71±0,04 ^{c1}	4,66±0,05 ^{c1}	4,71±0,04 ^{cd1}
120	4,66±0,05 ^{c2}	4,35±0,04 ^{a1}	4,38±0,01 ^{a1}
150	4,93±0,09 ^{d2}	4,80±0,09 ^{cd1}	4,88±0,05 ^{e12}
180	5,11±0,05 ^{e3}	5,02±0,03 ^{d2}	4,97±0,04 ^{f1}

± sonrası değer, standart sapmayı göstermektedir. Aynı sütundaki üstel harfler, günler arasındaki istatistikî farklılıkları ($p<0,05$), aynı satırdaki üstel rakamlar ise gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($p<0,05$) belirtmektedir.

3.4. Serbest yağ asitliği (FFA) derecesi

Marinasyonun ardından marinatlardaki serbest yağ asitliği değişimi Şekil 1'de verilmiştir. Taze hamside bu değer 1,48 olarak tespit edilmiş olup, ilk gün yapılan analizlere göre ekstrakt ilavesi yapılmamış kontrol grubunda 2,80, kekik ilaveli marine hamsilerde 1,66, biberiye ilaveli grupta ise 1,75 olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Marine hamsilerde FFA değeri değişimi.

Depolama boyunca tüm grupların FFA değerleri artış göstermiştir. Depolamanın 150. gününe kadar tüm gruplarda FFA değeri artmış, depolamanın son gününde ise sadece biberiye grubunda artış devam etmiştir. Bu durum diğer oksidasyon bileşiklerinin oluşmaya başladığının göstergesi olarak açıklanmaktadır (Sampels, 2015). FFA, triaçilgliseritlerin kimyasal veya enzimatik hidrolizi yoluyla meydana gelmektedir ve 100 g yağ/oleik asit olarak ifade edilmektedir. FFA'nın oluşması, balık lipidlerinde meydana gelen

postmortem değişiklikleri gösteren önemli bir reaksiyondur (Chaijan vd., 2006). Trigliseritlerin hidrolizi ile oluşan FFA'lar daha sonra karboniller, alkenler ve alkoller gibi uçuculara dönüşebildiğinden istenmeyen bir durumdur (Karungi vd., 2004).

Yapılan bir çalışmada marine edilen hamside serbest yağ asitliği değerlerinin 0. günde 1,7 iken 7. ayda ise 9,97 olduğu bildirilmiştir (Olgunoğlu, 2007). Soyer ve Şahin (1999) dondurulmuş kolyoz balıklarında depolama süresince serbest yağ

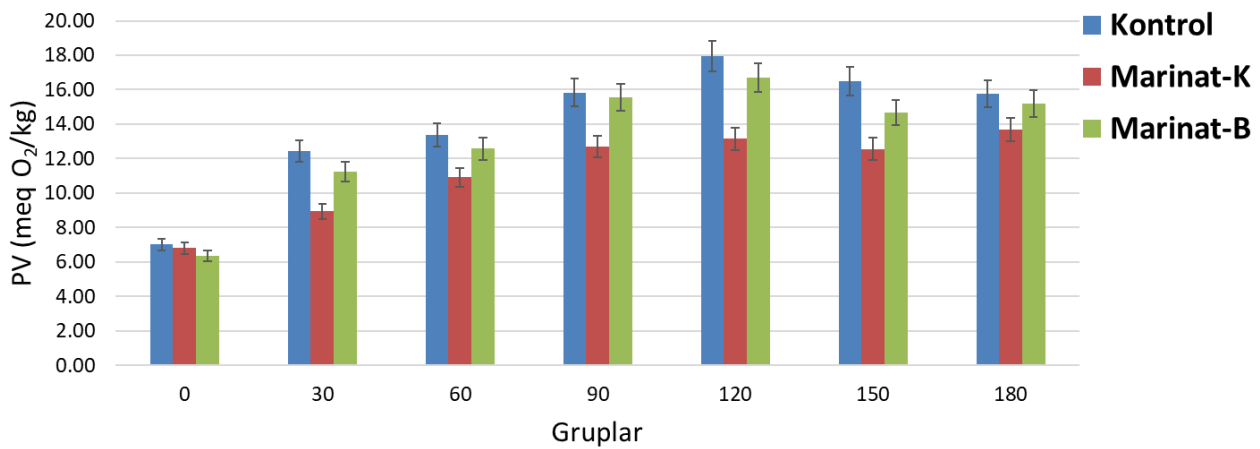
asitlerinde artış meydana geldiğini, depolamanın başlangıcında 1,64 olan serbest yağ asidi değerinin 10. ayda 12,18 değerine ulaştığını bildirmişlerdir. Gökoğlu vd. (2009), çalışma başlangıcında 2,21 olan marine hamsilerin serbest yağ asidi değerinin 21 günlük +4°C’de depolama sonucu 3,88’e çıktığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen FFA değerlerinin literatürle uyumlu olduğu görülmektedir.

3.5. Peroksit değeri (PV)

Peroksitler, doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucunda oluşan ürünlerden biridir. Kokusu ve tadı olmayan bu bileşiklerin, balığın duyu kalitesinde bir değişiklik meydana getirmediği bildirilmektedir. Peroksitlerin tespiti, oksidasyon nedeniyle ürünün kimyasal kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Peroksit değeri 4 meq O₂/kg’den az ise “çok iyi”; 5-10 meq O₂/kg “iyi”; 10-20 meq O₂/kg “tüketilebilir”; ve 20 meq O₂/kg’den daha yüksek ise balık “bozuk” olarak değerlendirilmektedir (Schormuller, 1968).

Çalışmamızın başlangıcında taze hamsinin peroksit değeri 1,85 iken, marinat yapımının

hemen ardından kontrol grubunda 7,01, kekik ilaveli marine hamsilerde 6,81 ve biberiye ilaveli grupta 6,36 olarak tespit edilmiştir (Şekil 2). Depolamayı takiben artış gösteren PV değeri, depolama sonunda kekik ilaveli grupta en düşük değerde kalmıştır (13,68 meq O₂/kg). Depolamanın 4. ayından itibaren, oluşan peroksit bileşiklerinin oluşumunun azalma seyrine girmesi, peroksitlerin oksitlenerek ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşmaya başlaması ile açıklanmaktadır. Kadak (2012), kitosan eklenmiş hamsi marinatlarının soğuk depolanması sırasında oluşan peroksit değerlerini kitosan eklenmemiş örneklerinde 0. günde 3,66 meq O₂/kg; 90. günde ise 15,52 meq O₂/kg olarak tespit etmiştir. Kılınç ve Çaklı (2005), sardalya marinatlarında peroksit değerlerinin pastörize edilmeyen örneklerde depolamanın başlangıcında 0,67 meq O₂/kg, 90. günde 2,75 meq O₂/kg, 360.günde ise 3,42 meq O₂/kg olarak bildirmişlerdir. Olgunoğlu (2007) ise 0-2°C deki marine hamsilerin depolama boyunca peroksit değerlerinin başlangıçta 1,48 meq O₂/kg, depolamanın 90. gününde 11 meq O₂/kg; 210. gününde ise 18,7 meq O₂/kg olarak belirlemişlerdir.



Şekil 2. Marine hamsilerde peroksit değeri (PV) değişimi.

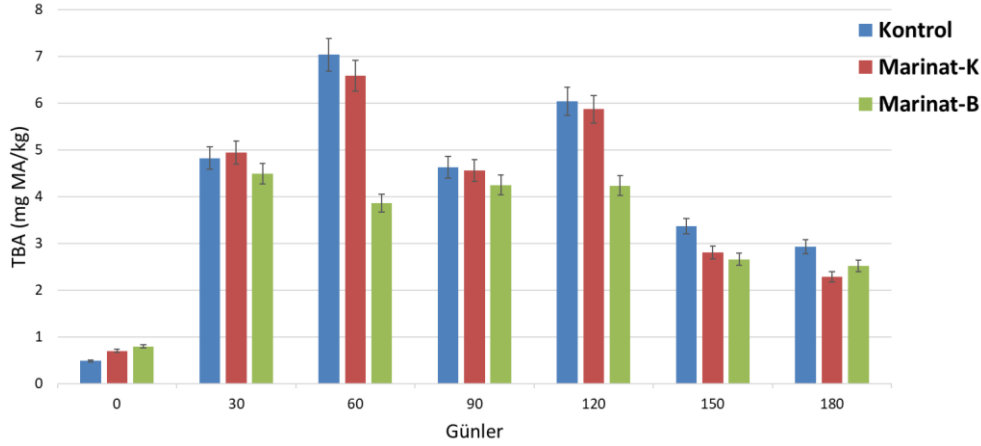
3.6. Tiyobarbitürik asit (TBA) değeri

TBA, doymamış yağ asitlerinin lipid oksidasyonunu gösteren önemli bir kalite indeksidir ve malondialdehit (MA) miktarı, mg MA/kg olarak ifade edilmektedir. Balıklarda TBA değerleri 3 mg MA/kg’den az olmalıdır. TBA değeri 3 mg MA/kg’ın altında olan balıklar iyi kalite olarak kabul edilmekte ve TBA değeri açısından tüketim sınırı ise 8 mg MA/kg balıktır (Cadun vd, 2008). Oksidasyonun ileri aşamasında peroksitler oksitlenerek aldehit ve ketonlara dönüşmektedirler. Balıkta hoşça gitmeyen kokunun ve acılaşmanın meydana geldiği aşama bu safhadır.

Yağların oksitlenmesi sonucu ilk aşamada oluşan peroksitlerin miktarı balığın başlangıçtaki kalitesi hususunda bir fikir elde etmeye yararken, ileri aşamada oluşan TBA değerinin tespiti de balık etinin acılaşması konusunda bilgi sahibi olmaya yaramaktadır (Özbay ve Ayas, 2011). Çalışmamızın başlangıcında taze hamsiden (0,32 mg MA/kg) yapılan marinyasyonun hemen başlangıcında hızlı bir TBA artışı gözlemlenmemiş ancak depolamayı takiben hızla arttığı tespit edilmiştir (Şekil 3). Depolama boyunca TBA değerindeki en az değişimin biberiye ilaveli grupta olduğu görülmektedir. Depolamanın sonunda kekik grubunun TBA değeri 2,28 mg MA/kg iken

biberiye grubunun 2,51 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir. Şekil 3'ten de görüleceği üzere kekik ilaveli marinatların TBA değerleri, herhangi bir ekstrakt katılmayan kontrol grubu örneklerinin TBA değerlerine oldukça yakın seyretmiştir. Çakır (2010), 10 ay süre ile depoladığı hamsi marinatlarında TBA değerlerinin kontrol grubunda, kekik (1000 ppm), biberiye (750 ppm) ve dereotu (1000 ppm) ilaveli gruplarda

depolamanın başlangıcında sırasıyla 1,21; 1,15; 1,12 ve 1,23 mg MA/kg ve depolamanın sonunda yine sırasıyla 4,81; 4,33; 4,45 ve 5,21 mg MA/kg olduğunu bildirmiştir. Zeytin yaprağı ekstraktının (%1) marine edilecek hamsinin salamura suyuna katıldığı bir çalışmada +5°C'de 22 günlük depolama sonucu TBA değerinin 5,68 olduğu bildirilmiştir (Testa vd., 2019).



Şekil 3. Marine hamsilerde TBA değeri değişimi.

3.7. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değeri

Balık başta olmak üzere, su ürünlerinde tazelik açısından önemli bir kriter olan TVB-N değeri, bozulmayla orantılı olarak artış eğilimindedir. Genel olarak TVB-N miktarı 25 mg/100g altındaki örnekler çok iyi, 35 mg/100g'dan fazla örnekler bozulmuş olarak değerlendirilir (Çetinkaya, 2017). Çalışmamızda tüm depolama boyunca örneklerin tamamı çok iyi kategorisinde kalmış, sadece 180. günde kontrol grubu ve biberiye ilaveli grup sırasıyla 25,08 ve 25,06 mg/100g TVB-N değerine ulaşmıştır (Şekil 4).

Erkan vd. (2000), pane kullandıkları marine alabalıkları modifiye atmosferde paketlenmiş ve raf ömrünü 120 gün olarak tespit etmişlerdir. 90. gün TVB-N değerlerini modifiye atmosferde paketlenmemiş örnekler için 16,69 mg/100g olarak belirlemişlerdir. Kılınç ve Çaklı (2005) domates soslu marine sardalya balıklarına pastörizasyon işlemi uygulamış ve hem pastörizasyon uygulanan hem de uygulanmayan marine sardalya balıklarının raf ömrünü 6 ay olarak tespit etmişlerdir. Altıncı ayın sonunda pastörize edilmemiş örneklerin TVB-N seviyelerinin 28,47 mg/100 g; pastörize edilenlerin ise 19,13 mg/100 g olduğunu bildirmişlerdir. Dokuzlu (1996), hamsi marinatlarını 8 ay depolamış ve yaptıkları raf ömrü çalışmalarında TVB-N değerlerini 6. ayda 9,8 mg/100 g, 7. ayda 11,2 mg/100 g ve 8. ayda ise 14

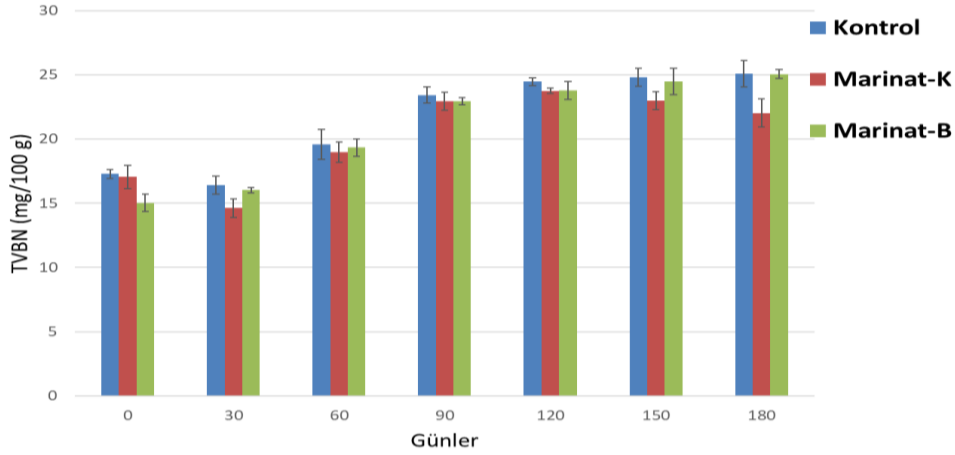
mg/100 g olarak tespit etmiştir. Olgunoğlu (2007), hamsi üzerinde yaptığı marinyasyon çalışması neticesinde depolama boyunca TVB-N değerlerini ilk aylarda ortalama olarak 11,90 mg/100 g tespit ederken 7. aya kadar sürekli yükseldiğini ve 16,91 mg/100 g'a ulaştığını bildirmiştir. Kadak (2012), hamsi marinatlarına kitosan eklemiş ve kitosan ilavesi olmayan hamsi marinatlarının TVB-N değerlerini depolamanın başlangıcında 5,43 mg/100 g depolamanın 90. gününde 7,42 mg/100 g olarak bildirmiştir.

3.8. Histamin miktarı

Balıkta biyogenik aminlerin meydana gelmesi, aminoasitlerin enzimatik yıkımı neticesinde, histamin, tiramin, agmatin, putrescin, kadaverin, spermin ve spermidin ortaya çıkması ile gerçekleşmektedir. Ülkemizde ve AB direktiflerinde; taze, dondurulmuş veya konserve balıklar için kabul edilebilir histamin değeri 100 ppm'in altında olması gerekirken (EU Directive, 2005), Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) bu değer için 50 ppm'in altını belirlemiştir. Bunun yanı sıra FDA, konserve balıklar için yasal histamin limitini 20 ppm olarak belirlemiştir (FDA, 2011). Çalışmamızda depolamanın son günü olan 180. günde örneklerin histamin değerlerine bakılmıştır. Marinatlarda histamin miktarının kontrol grubu dahil kabul edilebilir limitlerin çok altında olduğu görülmüştür

(Çizelge 8). Varlık (1994), soğukta depoladığı sardalya balıklarının histamin düzeylerinin 35 ppm'den 7. günde 197 ppm'e çıktığını bildirmiştir. Olgunoğlu (2007), alkol sirkesi (%4,5), tuz (%10) ve sitrik asit (%0,2) kullanarak marine edilen hamsilerin, marinasyonun ilk günü 8,1 ppm olan histamin düzeyinin 0-2°C'de 6 ay süre ile depolamada 34,5 ppm'e çıktığını bildirmiştir. Günşen vd. (2011), vakum ambalaj ve modifiye

atmosferde depoladıkları hamsi marinatlarının ilk gün 5,52 ppm olan histamin değerlerinin 6 haftalık depolama sonunda vakum ambalajlı olanlarda 37,42 ppm'e, modifiye atmosferde paketlenmişlerde ise 23,08 ppm'e çıktığını bildirmişlerdir. Görüldüğü üzere çalışmamızdaki örneklerin histamin düzeyi literatürle karşılaştırıldığında oldukça düşük seviyede kaldığı saptanmıştır.



Şekil 4. Marine hamsilerde TVB-N değeri değişimi.

3.9. Mikrobiyolojik değerlendirme

Altı aylık depolama süresi boyunca gruplarda toplam aerobik mezofilik bakteri, laktik asit bakterisi, psikrotrofik bakteri ve maya-küf miktarlarının 2 (log KOB/g)'nin altında kaldıkları gözlenmiştir. Türk Gıda Kodeksine göre balıklarda *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*, ve *Vibrio cholerae* tespit edilmemeli, *Staphylococcus aureus* en çok 5×10 kob/g, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı en fazla 10 kob/g toplam koliform bakteri sayısı en fazla 210 EMS/g, *E. coli* ise azami 12 EMS/g olmalıdır (Anonim, 2001). Bu durum kekik ve biberiye ekstraktı kullanılan marine hamsilerde mikrobiyolojik açıdan 6 ay boyunca depolamada herhangi bir sorun teşkil etmeyeceğini göstermektedir.

Çizelge 8. Taze hamsi ve depolanmış marinatların histamin düzeyleri (ppm)

Örnek	Histamin (ppm)
Taze Hamsi	4,80±0,12 ^a
Kontrol	9,86±0,32 ^d
Marinat-K	8,90±0,19 ^c
Marinat-B	8,33±0,12 ^b

± sonrası değer, standart sapmayı göstermektedir. Aynı sütundaki üstel harfler gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($p < 0,05$) belirtmektedir

3.10. Duyusal değerlendirme

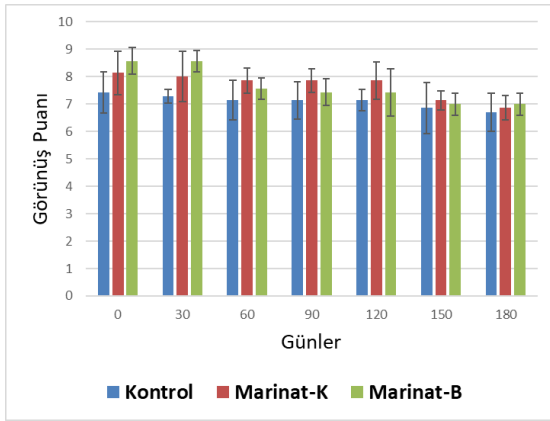
Su ürünlerinde duyusal muayene, ürünlerin tazeliğinin ortaya konmasında kullanılan basit,

hızlı ve kalite hakkında anında bilgi sağlayan bir yöntemdir (Reineccius, 1990). Duyusal panel, insanların duyusal olarak algıladıkları; tat, koku, görünüş ve tekstür gibi özelliklerin değerlendirilmesini kapsamaktadır. Depolama boyunca eğitimli panelistler ile gerçekleştirilen duyusal analiz sonuçları sırasıyla Şekil 5-8 arasında verilmiştir. Panelistlerin 9'lu skala kullanarak puanladığı görünüş kriteri, depolama boyunca azalma gösterirken kekikli ve biberiyeli gruplar arasında ilk 2 ayda biberiye grupları daha yüksek puanlanırken depolamanın sonuna doğru her iki grup görünüş açısından hemen hemen eşit olarak değerlendirilmiştir (Şekil 5). Koku özellikleri puanlandığında ise görünüş kriterlerinde olduğu gibi depolama süresince azalma gösteren puanlar biberiye ve kekikli gruplar arasında eşit dağılmamış, biberiyeli gruplar koku özelliği açısından daha kabul edilebilir olarak tanımlanmıştır (Şekil 6). Tat ve lezzet açısından ise depolama süresince lezzet kayıplarının yaşandığı anlaşılan sonuçlara göre, biberiye ekstraktı ilaveli gruplar ilk 2 ay daha yüksek puanlar alırken sonraki aylarda oksidasyona bağlı acılık veren bileşiklerin oluşması ile yeterince başarılı bulunmamış ve kekikli grupların daha kabul edilebilir lezzette olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 7). Tekstürel özellikler ise 4'lü skalaya göre puanlanmış ve eğitimli panelistler tarafından depolama sonuna doğru biberiyeli grupların daha

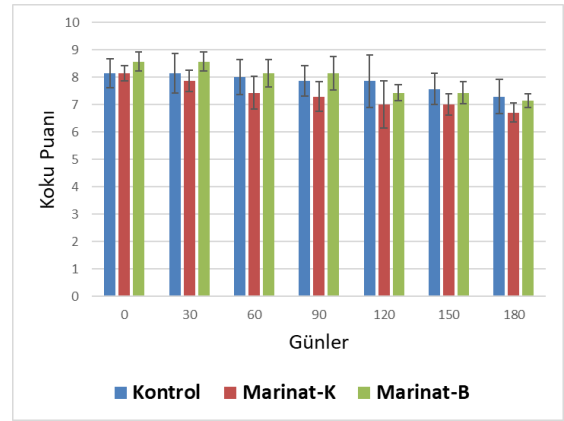
iyi tekstürel özellikler sergilediği belirlenmiştir (Şekil 8).

Gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite ölçümleri olumlu sonuçlar verse de, duyu analizler, ürün hakkında karar vermek için son değerlendirme basamağıdır (Huss,1995; Çelik, 2004). Özden ve Baygar (2003), marine balıkların bazı kalite kriterleri üzerine çeşitli paketlenme yöntemlerinin etkisini inceledikleri çalışmalarında duyu analiz sonuçlarına göre, yağ içerisinde sızdırmaz cam kavanozlarda depolanan marine hamsilerin 105 gün, polietilen ambalajda vakum paketlenip depolananların ise 90 gün raf ömrüne sahip olduğunu belirlemişlerdir. Sonuç olarak çalışmada kullanılan bütün marine edilmiş balık ürünleri için yaklaşık 3 aylık bir raf ömrü tespit etmişlerdir. Hecer (2011), marine edilmiş deniz ürünlerinden yapılan salatada 150 gün boyunca

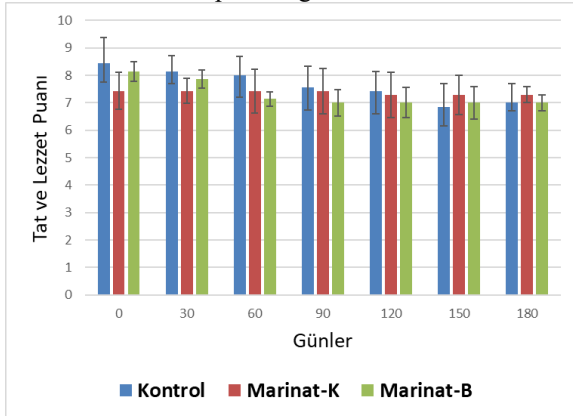
gerçekleşen duyu değişimleri incelemiş ve depolama süresi arttıkça görünüş, koku, lezzet ve doku yapısına ilişkin panelist puanlarında da önemli oranda bir düşüş olduğunu bildirmiştir. Başka bir çalışmada ise, tuzlanan ve marine edilen istavrit balığının 120 gün boyunca kalite değişimlerine yönelik panelist puanlarının düştüğü belirlenmiştir (Erdem vd., 2005). Yapılan birçok çalışma duyu açıdan marine balıkların 3 ile 6 ay iyi kalitede olduğunu göstermektedir (Erkan vd., 2000; Varlık vd., 2000; Özden ve Baygar 2003; Kılınç ve Çaklı 2004; Gökoglu, 2004, Erdem vd., 2005; Kaba vd., 2013). Tırakoğlu (2003), dondurulmuş ve glaze edilmiş Karadeniz ve Marmara hamsilerinden ürettikleri marinatların duyu özelliklerini incelemiş ve Karadeniz hamsisinde 6. ayda, Marmara hamsisinde ise 5. ayda kalitenin düşmeye başladığını bildirmiştir.



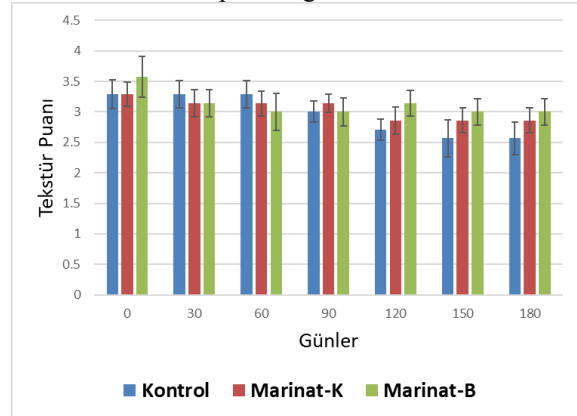
Şekil 5. Duyusal değerlendirme: 9'lü skalaya göre hamsi marinatların depolama süresince görünüş özelliklerinin puan değerleri



Şekil 6. Duyusal değerlendirme: 9'lü skalaya göre hamsi marinatların depolama süresince koku özelliklerinin puan değerleri



Şekil 7. Duyusal değerlendirme: 9'lü skalaya göre hamsi marinatların depolama süresince tat ve lezzet özelliklerinin puan değerleri



Şekil 8. Duyusal değerlendirme: 4'lü skalaya göre hamsi marinatların depolama süresince tekstür özelliklerinin puan değerleri.

4. Teşekkür

Bu çalışma, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Türkiye) tarafından desteklenmiş bir proje (No: TAGEM/HSGYAD/16/A05/P01/110)

kapsamında yapılmıştır. Yazarlar olarak, ekipman ve malzeme temini sağlayan Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü-SUMAE'ye (Trabzon, Türkiye) teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

- Anonim (2001). Türk Gıda Kodeksi. Su Ürünleri Yönetmeliği'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. T.C. Resmi Gazete, 03 Şubat 2001, Sayı: 24307. Bakanlıklar / Ankara
- Alp, E ve Aksu, M. İ (2010). Effects of Water Extract of *Urtica dioica* L. and Modified Atmosphere Packaging on the Shelf Life of Ground Beef. *Meat Science*, 86: 468-473.
- Antoine, F.R., Wei, C.I., L I Ttell, R.C., and Marshall, M. R (1999). HPLC method for analysis of free amino acids in fish using o-phthalaldehyde precolumn derivatization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(12): 5100-5107.
- Antonacopoulos, N., and Vyncke, W. (1989). "Determination of volatile basic nitrogen in fish: a third collaborative study by the West European Fish Technologists Association (WEFTA)", *Z. Lebensm Unters Forsch*, 189: 309-316.
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th Edition, Williams, S. (Ed), Arlington, Virginia.
- AOCS (1994). The Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, the American Oil Chemists' Society, Champaign, II
- Bilir, M. (2011). Sardalya (*Sardina pilchardus*) Balığından Marinat Üretiminde Farklı Sirke Kullanımının Kalite Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 89 s.
- Cadun A., Kışla D., Çaklı Ş (2008). Marination of Deep-Water Pink Shrimp with Rosemary Extract and the Determination of its Shelf-Life. *Food Chemistry*, 109(1): 81-87.
- Çakır, F. (2010). Farklı Doğal Katkı Maddeleri Kullanılarak Hazırlanan Hamsi Marinatlarının Raf Ömrü Sürelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Çanakkale
- Çaklı, Ş. (2007). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi-1. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 696 s.
- Çelik, U (2004). Marine Edilmiş Akivades (*Tapes decussatus* L., 1758)'in Kimyasal Kompozisyonu ve Duyusal Analizi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 21(3- 4): 219– 221.
- Çelik, U., Çaklı, Ş., ve Taşkaya, L. (2002). Bir süpermarkette tüketime sunulan dondurulmuş su ürünlerinin biyokimyasal kompozisyonu, fiziksel ve kimyasal kalite kontrolü. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19(1-2): 85-96.
- Çetinkaya, S. (2017). Su Ürünlerinde Marinat Teknolojisi ve Marinasyonun Kalite Özelliklerine Etkisi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 3(2): 117-128.
- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., and Faustman, C. (2006). Changes of lipids in sardine (*Sardinella gibbosa*) muscle during iced storage. *Food Chemistry*, 99(1): 83-91.
- Dalgaard, P., Leisner, J.J., and Vancanneyt, M. (1999). Identification of lactic acid bacteria from spoilage associations of marinated shrimps stored under modified atmosphere at temperatures between 0° C to 25° C. In 7th International conference of the International Committee on Food Microbiology and Hygiene (ICFMH) (pp. 164-166). Foundation Food Micro'99.
- Dhanze, H., Khurana, S. K., & Mane, B. G. (2013). Effect of seabuckthorn leaf extract on microbiological quality of raw chicken during extended periods of storage. *Journal of Food Quality*, 36(1), 59-65.
- Directive EU. 2005. Microbiological Criteria for Foodstuffs. Ofcial Journal of the European, Commission Regulation (EC) No 2073/2005, L338/1.
- Doğan, H. B ve Tükel, Ç. (2000). Toplam (aerobik mezofilik) bakteri. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları Kitabı. İkinci baskı. Ankara: Sim Matbaacılık Ltd. Şti, 323, 328.
- Dokuzlu, C. (1996). Marinat Hamsi Üretimi Sırasında Kullanılan Asit-Tuz Oranlarının Ürünün Mikrobiyolojik ve Organoleptik Kalitesi Üzerine Etkileri ve Raf Ömrünün Belirlenmesi. T.C. Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Doktora Tezi, 56s.
- Einen, O., Waagan, B., and Thomassen, M.S. (1998). Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*): I. Effects on weight loss, body shape, slaughter-and fillet-yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture*, 166(1-2): 85-104.
- Eke, E. (2007). Farklı Balık Türlerinden Marinat Yapımı ve Kalitesinin Belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 64s, Samsun.
- Erdem, M.E., Bilgin, S., ve Çağlak, E. (2005). Tuzlama ve Marinasyon Yöntemleri İle İşlenmiş

İstavrit Balığının (*Trachurus mediterraneus*) Muhafazası Sırasındaki Kalite Değişimleri. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 20(3):1-6.

Erkan, N., Metin, S., Varlık, C., Baygar, T., ve Özden, Ö. (2000). Modifiye Atmosferle Paketlemenin (MAP) Paneli Alabalık Marinatlarının Raf Ömrü Üzerine Etkisi. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 24: 585-591.

FDA (2011). Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance. 4th Edition, Florida, 476 pp.

Fuselli, S.R., Casales, M.R., Fritz, R., and Yeannes, M.I. (1994). Microbiology of the marination process used in anchovy (*Engraulis anchoita*) production. *LWT-Food Science and Technology*, 27(3): 214-218. <https://doi.org/10.1006/fstl.1994.1044>

Gökoglu, N. (2004). Changes in Biogenic Amines during Maturation of Sardine (*Sardina pilchardus*). Marinade. *Fisheries Science*, 69: 823-829.

Gökoğlu, N., Topuz, O.K., and Yerlikaya, P. (2009). Effects of pomegranate sause on quality of marinated anchovy during refrigerated storage. *LWT- Food Science and Technology*, 42: 113-118.

Günşen, U., Özcan, A., and Aydın, A. (2011). Determination of some quality criteria of cold stored marinated anchovy under vacuum and modified atmosphere conditions. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(2): 233-242.

Harrigan, W.F., and McCance, M.E. 1976. Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology. Academic Press, London.

Hecer, C. (2011). Changes in Chemical, Microbiological and Sensory Properties of Marinated Seafood Salad During Storage Period. *African Journal of Agricultural Research*, 6(22): 5087-5090.

Huss H.H. (1995). Quality and Quality Changes in Fresh Fish. FAO Fisheries Technical Paper, 348p, Rome.

İnanlı, A.G., Özpolat, E., Çoban, Ö.E. ve Karaton, N. (2010). Marine Edilmiş Hamsi Balığı'nın (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) Kimyasal Bileşimi ve Farklı Soslarda Duyusal Değerlendirmesi. *Journal of Fisheries Science*, 4(4): 455-461.

Kaba, N., Çorapçı, B., Yüce, Ş. and Eryaşar, K. (2013). Determining shelf life in refrigerator conditions of marinated meat ball produced with

smoked Bonito (*Sarda sarda*, Bloch 1793). *Journal of New Results in Science*, 3: 10-18.

Kadak, A.E. (2012). Kitosan Eklenmiş Hamsi Marinatlarının Soğuk Depolanmasında Oluşan Kimyasal Fiziksel Mikrobiyolojik ve Duyusal Değişimlerin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Kamkar, A., Jebelli Javan, A., Nemati, G., Falahpour, F., & Partovi, R. (2014). Effects of Mentha pulegium water extract dipping on quality and shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during superchilled storage. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(2): 341-353ç

Karungi, C., Byaruhanga, Y. B., and Muyonga, J.H. (2004). Effect of pre-icing duration on quality deterioration of iced Nile perch (*Lates niloticus*). *Food Chemistry*, 85(1): 13-17.

Kim, I.S., Yang, M., Lee, O. H., and Kang, S. N. (2011). The antioxidant activity and the bioactive compound content of Stevia rebaudiana water extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 44(5): 1328-1332.

Kılınç, B. and Çaklı, Ş. (2004). Chemical, Microbiological and Sensory Changes in Thawed Frozen Fillets of Sardine (*Sardina pilchardus*) during Marination. *Food Chemistry*, 88: 275-280.

Kılınç, B. (2009). Microbial, Sensory and Color Changes of Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) Patties During Refrigerated Storage. *Journal of Muscle Foods*, 20: 129-137

Kılınç, B. ve Çaklı, Ş. (2005). Determination of the Shelf Life of Sardine (*Sardina pilchardus*) Marinades in Tomato Sauce Stored at 4 °C. *Food Control*, 16: 639-644.

Ludorff, W and Meyer, V. (1973). "Fische und Fisherzeugnisse". Z. Auflage. Verlag Paul Parey in Berlin und Hamburg, 209-210.

Olgunoğlu, İ.A. (2007). Marine Edilmiş Hamside (*Engraulis engrasicolus* L., 1758) Duyusal, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Değişimler. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı Doktora Tezi, 111s

Özbay, T., ve Ayas, D. (2011). Dondurarak depolanan sardalya (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) filetolarının raf ömrü üzerine kitosan ve asetik asit uygulamalarının etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 7(2), 11-22.

- Özden, Ö. ve Baygar, T. (2003). The effect of different packaging methods on some quality criteria of marinated fish. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 27: 899-906.
- Poligne, I. and Collignan, A. (2000). Quick Marination of Anchovies (*Engraulis encrasicolus*) Using Acetic and Gluconic Acids. Quality and Stability of the Product. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, 33: 202-209.
- Reineccius, G. (1990). Off-flavors in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 29: 381-402.
- Sampels, S. (2015). The effects of processing technologies and preparation on the final quality of fish products. *Trends in Food Science & Technology*, 44(2), 131-146.
- Schormuller, J. (1968). *Handbuch der Lebensmittelchemie (Band III/2)*. Berlin: Springer
- 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.
- Soyer, M. ve Şahin, E. (1999). Dondurulmuş Kolyoz (*Scomber japonicus*) Balıklarındaki Lipid Oksidasyonuna Glazelemenin ve Depolama Süresinin Etkisi. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 23: 575-584.
- Szymczak, M (2011). Comparison of Physicochemical and Sensory Changes in Fresh and Frozen Herring (*Clupea harrengus* L.) During Marinating. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 91: 68-74.
- Szymczak, M., Felisiak, K., and Szymczak, B (2018). Characteristics of herring marinated in reused brines after microfiltration. *Journal of Food Science and Technology*, 55(11): 4395-4405.
- Tarladgis, B.G., Watts, B. M., Younathan, M. T., and Dugan Jr, L. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 37(1): 44-48.
- Testa, B., Lombardi, S. J., Macciola, E., Succi, M., Tremonte, P., and Iorizzo, M. (2019). Efficacy of olive leaf extract (*Olea europaea* L. cv Gentile di Larino) in marinated anchovies (*Engraulis encrasicolus*, L.) process. *Heliyon*. 5(5): e01727. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01727>
- Tırakoğlu, T. (2003). Farklı Yöntemlerle Depolanan ve Marinat Hamsi Üretiminde Kullanılan Hamsinin Tazeliğinin Ürünün Mikrobiyolojik ve Organoleptik Kalitesi Üzerine Etkilerinin Saptanması. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, s. 49.
- Vallverdú-Queralt, A., Regueiro, J., Martínez-Huélamo, M., Alvarenga, J. F. R., Leal, L. N., and Lamuela-Raventos, R.M. (2014). A comprehensive study on the phenolic profile of widely used culinary herbs and spices: Rosemary, thyme, oregano, cinnamon, cumin and bay. *Food Chemistry*, 154: 299-307.
- Varlık, C. (1994). Soğukta Depolanan Sardalyalarda Histamin Düzeyinin Belirlenmesi. *Gıda*, 19(2): 119-124.
- Varlık, C., Erkan, N., Metin, S., Baygar, T. ve Özden, Ö. (2000). Marine Balık Köftesinin Raf Ömrünün Belirlenmesi, *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 24: 593- 597.
- Yeannes, M. I., and Casales, M. R (2008). Modifications in the chemical compounds and sensorial attributes of *Engraulis anchoita* fillet during marinating process. *Food Science and Technology*, 28: 798-803.
- Yeşilsu, A. F., and Özyurt, G. (2019). Oxidative stability of microencapsulated fish oil with rosemary, thyme and laurel extracts: A kinetic assessment. *Journal of Food Engineering*, 240: 171-182. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.021>

Original Article/Özgün Araştırma

Perceptions of university students on nutrition as a useful tool to manage anxiety and depression levels

Üniversite öğrencilerinin kaygı ve depresyon düzeylerini yönetmek için yararlı bir araç olan beslenmeye ilişkin algıları

Maria Paula Junqueira-Goncalves¹, Mahmut Genc², Seda Genc^{2,3,*}, Anne Majumdar¹

¹Faculty of Sport, Allied Health and Performance Science, St Mary's University, London, United Kingdom

²Genc ve Naturel Food Industry and Trade Inc., Izmir, Türkiye.

³Yasar University Gastronomy and Culinary Arts Department, School of Applied Sciences, Izmir, Türkiye.

(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0002-9067-9955, Dr.

ORCID ID: 0000-0001-8421-6869, Dr.

ORCID ID: 0000-0003-4572-5518, Assoc. Prof.

ORCID ID: 0000-0003-4570-8515, Dr.

*Sorumlu yazar/Corresponding author: seda.genc@yasar.edu.tr

Geliş Tarihi : 02.09.2022

Kabul Tarihi : 18.05.2023

Abstract

Objective: Mental health problems among university students are an emergent public health issue and prevention is crucial. Dietary interventions are currently being investigated as additional treatment options for mental illness. This work aimed (i) to measure and correlate the general status of physical-mental health and diet habits of undergraduate students (n=164, 96 females and 68 males) from different universities, in England and Türkiye; (ii) to develop a specific questionnaire to measure their knowledge on nutrition for mental health (as only general nutrition knowledge questionnaires were available), and (iii) to identify barriers for healthier food choices and sustainable behavioural changes.

Materials and methods: The study was based on a cross-sectional survey. Undergraduate students were invited by email and their participation was voluntary and anonymous. Values were expressed as means and standard deviation. A significance level of 0.05 was set.

Discussion and conclusion: The results showed that more than 1/3 presented a medium to a high level of somatization symptoms while more than 1/4 presented a moderate to severe level of anxiety and depression. Moreover, results showed a significant negative correlation between nutritional knowledge with physical status, anxiety and depression level and a significant positive correlation with adherence to the Mediterranean diet. Cost, time, convenience and no healthy options on campus canteens/restaurants were the main reported barriers against a healthier diet. Most of the students showed poor nutritional knowledge on how nutrition may impact mental health, but a high interest in learning about nutrition to improve their physical and mental health. Nutrition education and the support of a nutritional team may be alternative tools at the universities to help students manage their anxiety/depression, general health status and academic performance.

Keywords: nutrition, mental health, anxiety, depression, nutritional knowledge, university students

Öz

Amaç: Üniversite öğrencilerinde görülen mental sağlık sorunları acil çözüme kavuşması gereken bir halk sağlığı sorunu olup, bu sorunun önlenmesi büyük önem arz etmektedir. Günümüzde diyet uygulamalarının mental sağlığı iyileştirme çalışmaları ek tedavi seçeneği olarak araştırılmaktadır. Bu çalışma ile (i) İngiltere ve Türkiye’de bulunan farklı üniversitelerde eğitim gören lisans öğrencilerinin

(n=164, 96 kadın ve 68 erkek) beden-mental sağlığı ve beslenme alışkanlıklarının genel durumunu ölçmek ve ilişkilendirmek; (ii) mental sağlık için beslenme konusundaki bilgilerini ölçmek amacıyla özel bir anket geliştirmek (yalnızca genel beslenme bilgisi anketleri mevcut olduğundan) ve (iii) kesitsel bir anket kullanılarak daha sağlıklı gıda seçimleri ve sürdürülebilir davranış değişikliklerinin önündeki engelleri belirlemek amaçlanmıştır.

Materyal ve yöntem: Çalışma, kesitsel bir araştırma olarak yapılandırılmış olup, lisans öğrencileri e-posta ile çalışmaya davet edilmiş, katılımları gönüllük esasına göre isimleri gizli tutulmuştur. Çalışmada değerler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiş ve anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlenmiştir.

Tartışma ve sonuç: Çalışmanın sonuçları, öğrencilerin 1/4'ten fazlasının orta ile şiddetli düzeyde anksiyete ve depresyon, 1/3'ten fazlasının ise orta ile yüksek düzeyde somatizasyon belirtileri olduğunu göstermiştir. Ayrıca, beslenme bilgisi ile fiziksel durum, anksiyete ve depresyon düzeyi arasında anlamlı bir negatif korelasyon, beslenme bilgisi ile Akdeniz diyetine bağlılık arasında ise anlamlı bir pozitif korelasyon olduğunu göstermiştir. Daha sağlıklı beslenmenin önündeki başlıca engeller maliyet, zaman, kolaylık ve kampüs kantinlerinde/restoranlarında sağlıklı seçeneklerin olmaması olarak belirlenmiştir. Öğrencilerin çoğunun beslenmenin mental sağlık üzerindeki etkisi konusunda yetersiz bilgiye sahip olduğu, ancak fiziksel ve mental sağlıklarını iyileştirmek için beslenmeyi öğrenmeye büyük ilgi duydukları görülmüştür. Beslenme eğitimi ve bir beslenme ekibinin desteği, üniversitelerde öğrencilerin kaygı/depresyon, genel sağlık durumu ve akademik performanslarını yönetmelerine yardımcı olacak alternatif araçlar olabileceği değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: beslenme, mental sağlık, anksiyete, depresyon, beslenme bilgisi, üniversite öğrencileri

1. Introduction

Depression and anxiety are common mental disorder conditions with increasing prevalence, and depression is the leading cause of mental and physical disability worldwide (DALYs GBD, 2018). According to the World Health Organization (WHO, 2017), the global statistic of people living with depression is estimated to be 4.4% (322 million people) whereas anxiety disorders affect more than 260 million people, which is 3.6% of the global population.

Patients affected by major depressive disorder experience poor physical health. They have a functional impairment and decreased quality of life and are more likely to develop cardiovascular disease and obesity (WHO, 2018). This happens even among young patients (Carney et al., 2021).

Mental health problems among university students are an emergent public health issue and evidence-based prevention is crucial (Dahlin et al., 2011) and it is particularly predominant in higher education (Yusoff et al., 2013; Hubble and Bolton, 2020). Studies also have shown that the number of depression and anxiety cases has been increasing among university students in recent years (Arslan et al., 2009; Kivrak et al., 2016), with evidence that these levels are inversely related to students' life quality (Oztasan et al., 2016). According to the Institute for Public Policy Research (IPPR) report, in 2015/16, 15, 395 UK-domiciled first-year university students disclosed a mental health condition-almost five times the number ten years ago (Thorley, 2017). In Türkiye, the high prevalence of depression, anxiety and stress symptoms among university students is alarming, mainly among first- and second-year students, with higher anxiety and stress scores among females (Bayram and Bilgel, 2008). Moreover, among undergraduate students, the symptoms of depression, anxiety, and distress are more common when contrasted with age-matched peers (Winzer et al., 2018).

Data has shown that better-quality nutrition is related to better mental health outcomes (Sánchez-Villegas et al., 2009; Lai et al., 2014; Meegan et al., 2017). The role of nutrition in the development of mental disorders and symptoms has become a recent research focus over the past decade (O'Neil et al., 2014), and dietary interventions are currently being investigated as additional treatment options for mental illness (Libuda et al., 2017; Marozoff et al., 2020).

Research outcomes on all these emerging scientific areas transfer the responsibility for the general

status of health and wellness to the individual's food choice, validating the importance of nutritional education for a healthier society, and stimulating disease prevention more than its treatment. Nutritional knowledge ensures the nutrient needs throughout the life cycle are met (Worsley, 2002) and contributes to better food choices and adequate nutritional intake among university students (Nani, 2016). However, studies have shown a limited level of university students' knowledge of healthy and unhealthy diet habits, in addition, they emphasize the necessity of promoting nutritional information programmes and healthy lifestyle behaviours among students to implement a healthy behavioural change (Sakamaki et al., 2005; Yahia et al., 2016; Nasir and Tahir, 2017). Studies among university students stated that the consumption of 'unhealthy' foods (e.g. sweets/cookies/snacks/fast food) was significantly positively correlated with perceived stress, depressive symptoms and increase of mental disorder risk (Popa and Ladea, 2012; El Ansari et al., 2014), whereas the Mediterranean diet (MD) has been related to a low incidence of depression.

In this context, from our research group perspective, nutritional education is a powerful instrument to manage the scary statistics on physical and mental public health. To the best of our knowledge, there is not enough research measuring the perception of university students on nutrition as a protective factor and an efficient tool that may modify how individuals cope with anxiety and stress and how it may help them prevent the development of a mental disorder. Moreover, no research study was found measuring this perception in different nations with different economic development, social and cultural customs as well as dietary patterns (such as the Mediterranean and non-Mediterranean countries) and how these differences influence students' food choices and general health status.

This cross-cultural study aimed to compare the data taking into consideration their economies (level of development); geography; social, cultural and climatic differences; and evaluate if these factors influence students' food choices and general health status. England and Türkiye were selected for this research as they present different cultural, social and economic characteristics, but a very close prevalence of depression and anxiety disorders. According to the detailed report of the WHO (WHO, 2017), the depression disorder ratios in the population are given as 4.5% in England and 4.4%

in Türkiye whereas the anxiety disorders are given as 4.2% and 4.0%, respectively.

Thereby, according to the presented background, this work aimed (i) to measure and correlate the general status of body-mind health and diet habits of undergraduate students from different universities, in England and Türkiye; (ii) to explore their perception of nutrition as a useful tool to manage anxiety and depression; (iii) to identify factors that are barriers for healthier food choices and sustainable behavioural changes.

2. Methods

2.1. Study design

This study is based on a cross-sectional survey designed to measure the general physical health quality, the level of anxiety, depression and adherence to a healthy diet. The survey was followed by questions to assess the participants' perception of nutrition as a useful tool to manage mental health and by questions and comments to identify factors that are barriers to healthier food choices and sustainable behavioural changes.

2.2. Sampling

Participants in this study are undergraduate students from two universities in England (St Mary's University, Twickenham, London and the University of Reading, Reading) and two universities in Türkiye (Yasar University, Izmir and Beykoz University, Istanbul). Ethical approval was obtained at each participating university, and data were collected simultaneously at the four universities, in both countries. The universities were selected by convenience, being the workplaces of the research group involved in this study. As English is the educational language for the Turkish selected universities, the same questionnaire was applied in both countries and its translation was not necessary.

Respondents were invited to be part of this study through e-mails, informed by themselves when decided to be a volunteer in this study, after receiving a brief explanation of the research proposal. This procedure was taken from the European General Data Protection Regulation (GDPR), introduced on 25th May 2018 (GDPR, 2018). The invitations sent from the research group explaining the research study, with a link to the online survey, were administered via Google forms. Before proceeding to complete the questionnaire, the student was required to sign an electronic informed consent form ([Appendix A](#)). The participation was voluntary and anonymous and the data was confidential and protected.

2.3. Questionnaire components

The questionnaire consists of six sections (from A to F) with closed/open-ended questions and comments ([Appendix B](#)). Section A is related to demographic information, such as age, gender, weight (kg), height (m), and university of origin (6 questions).

Section B measures the general physical health status, using a modified version of the standardized Patient Health Questionnaire - PHQ-15 (Kroenke et al., 2002), a brief self-report scale of somatic symptoms. A 14-item version of the PHQ-15 was used, hereinafter referred to as the PHQ-15. The item on *sexual pain and problems* was left out for ethical reasons and for not being relevant in this study. The self-rated symptom burden with higher scores implies a higher burden. Scores range from 0-4 (no - minimal); 5-9 (low); 10-14 (medium) and 15-28 (high).

Section C evaluates mental health. Anxiety, measured with the 7-item Generalized Anxiety Disorder Scale - GAD-7 (Löwe et al., 2008), and depression assessed by the Patient Health Questionnaire 9-item depression scale - PHQ-9, (Kroenke et al., 2001) both within the last two weeks. The anxiety questionnaire was used as a screening tool and a severity measure of both generalized anxiety disorder as well as other common anxiety disorders. Scores range from 0-4 (no - minimal); 5-9 (mild); 10-14 (moderate) and 15-21 (severe). The depression questionnaire evaluates the presence of the nine Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM) criteria for major depression. Scores range from 0-4 (no - minimal); 5-9 (mild); 10-14 (moderate) and 15-19 (moderately severe) and 20-27 (severe).

Section D measures adherence to the Mediterranean diet, a recognised healthy diet for physical and mental health, using the validated 14-item Mediterranean Diet Adherence Screener (MEDAS) Questionnaire (Schröder et al., 2011). Each matched criterion counts for 1 point. Scores range from zero (no adherence) to 14 (100% adherence).

Section E assesses the student's knowledge of certain recognised nutrient properties and eating habits as a way to manage anxiety and depression. The questionnaire was developed based on the scientifically proven benefits of some foods and habits. A score of 1 was given for the correct answer and 0 for incorrect responses. The total score for this section was 20. A pilot with Human Nutrition postgraduate students was conducted to

select and adjust the 20 questions in the final version.

Finally, section F, allows the student to express their health/wellness perception and the main difficulties of implementing a healthier eating habit and/or sustaining it. In addition, the evaluation of how they are interested in nutritional knowledge as a tool for implementing healthier habits and managing emotions. All questionnaires used in the study are validated except Nutritional Knowledge Questionnaire.

2.4. Data analysis

The statistical data were analysed using the Statistical Package for Social Sciences (IBM SPSS, version 24, Chicago, IL, USA). Values are expressed as means and standard deviation (SD). Variables were assessed for normality by the Shapiro-Wilk test. Independent sample t-tests were used to test for differences between group means of parametric samples. Mann Whitney-U tests were used to test for differences between group means of non-normally distributed variables (non-parametric samples). Analysis of Variance (ANOVA) was used to compare means among the four universities; the correlation between health status, adherence to the Mediterranean diet and nutritional knowledge was also assessed using Spearman's correlation coefficient. A significance level of 0.05 was set. Open-ended comments were coded to quantify the responses.

3. Results and discussion

A total of 164 students (96 females and 68 males, respectively, 58.5% and 41.5%), with a

predominant (77%) age range of 18-23 years, fully completed the survey, during the period from 1st May to 15th July 2018. As seen in Figure 1.A and 1.B, the majority of the participants (88%) are 18-25 years old which indicates that the majority are emerging adults.

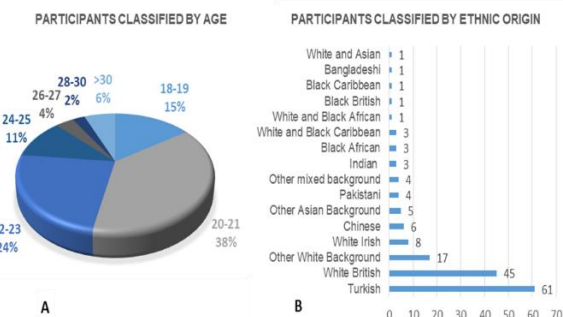


Figure 1. Participants classified by age range (A) and ethnic origin (B).

A significant difference ($p \leq 0.05$) was found between females and males in the parameters of weight, height, and body mass index (BMI); however, no significant difference ($p > 0.05$) was found between the countries. In the gender comparison, 52.08% of the female and 58.82% of the male students were within the healthy BMI range. Almost 1/4 of the students are overweight or obese, while more than 1/5 are underweight. The number of overweight and obese students was more than twice as high in males, while underweight cases were more than four times in females, and especially high in Turkish female students (Table 1).

Table 1. Characteristics of the participants.

Sample Characteristics	Males	Females	Total	p-value
Weight (kg)	77.98 ± 13.74	60.29±11.03	67.63±15.00	0.00
Height (m)	1.78 ± 0.73	1.66±0.68	1.71±0.09	0.00
*BMI (kg/m ²)	24.55 ± 3.82	21.87±3.68	22.98±3.96	0.00
Normal (BMI:20-24.9)	58.82%	52.08%	54.88%	
Overweight (BMI:25-29.9)	22.06%	10.42%	15.24%	
Obese (BMI>30)	11.76%	5.21%	7.93%	
Underweight (BMI<19.9)	7.35%	32.29%	21.95%	
BMI (kg/m ²) – UK Students	24.98±3.81	22.32±3.69	23.07±3.89	0.000
Normal (BMI:20-24.9)	60.71%	60.56%	60.61%	
Overweight (BMI:25-29.9)	21.43%	11.27%	14.14%	
Obese (BMI>30)	14.29%	5.63%	8.08%	
Underweight (BMI<19.9)	3.57%	22.54%	17.17%	
BMI (kg/m ²) – TR Students	24.24±3.85	20.60±3.42	22.84±4.08	0.000
Normal (BMI:20-24.9)	57.50%	28.0%	46.15%	
Overweight (BMI:25-29.9)	22.50%	8.0%	16.92%	
Obese (BMI>30)	10.0%	4.0%	7.69%	
Underweight (BMI<19.9)	10.0%	60.0%	29.23%	

The total mean (\pm SD) sum-scores of the PHQ-15 was 7.94 (\pm 5.32), indicating a low (5-9) risk for somatization. The mean for females was 9.30 (\pm 4.88), whereas for males, was 6.01 (\pm 5.37). On the other hand, the total mean (\pm SD) sum-scores of the GAD-7 was 6.51 (\pm 5.45), indicating a mild (5-9) anxiety level. The mean for females was 7.50 (\pm 5.67), whereas for males, was 5.10 (\pm 4.83) (Table 2). Both in general physical status levels and generalized anxiety disorder levels, a significant difference ($p \leq 0.05$) was found between females and males whereas no significant difference ($p > 0.05$) was established between the countries.

The total mean (\pm SD) sum-scores of the PHQ-9 was 6.88 (\pm 5.10), indicating a mild (5-9) depression level. The mean for females was 7.31 (\pm 5.12), whereas for males, was 6.26 (\pm 5.05). The statistical results also showed no significant difference ($p > 0.05$) in the mental health (depression levels) between females and males for both countries (Table 2). Students in Türkiye presented a higher level of depression. A moderate to severe level of depression (> 10 points) was reported by 26.2% of all the students (13.86 ± 2.98), being 35.4% in Türkiye and 17.2% in England. The data for depression are summarized in Table 2.

Table 2. Mean \pm SD of the General Physical Status Questionnaire, Generalized Anxiety Disorder Questionnaire, and Patient Health Questionnaire – Depression.

Population	General Physical Status Questionnaire (0-28 points) PHQ-15		Generalized Anxiety Disorder Questionnaire (0-21 points) GAD-7		Patient Health Questionnaire– Depression (0-27 points) PHQ-9	
	Mean \pm SD	p-value	Mean \pm SD	p-value	Mean \pm SD	p-value
All students (n=164)	7.94 \pm 5.32		6.51 \pm 5.45		6.88 \pm 5.10	
Females (n=96)	9.30 \pm 4.88		7.50 \pm 5.67		7.31 \pm 5.12	
Males (n=68)	6.01 \pm 5.37	0.000	5.10 \pm 4.83	0.006	6.26 \pm 5.05	0.172
Students in the UK (n=99)	7.84 \pm 5.27		6.09 \pm 5.68		6.12 \pm 5.12	
Students in Türkiye (n=65)	8.09 \pm 5.44	0.661	7.14 \pm 5.05	0.065	8.03 \pm 4.89	0.008

The somatic physical symptoms and the mental health symptoms correlation results showed a strong significant positive correlation when the physical status was compared with both anxiety and depression levels, and a very strong significant positive correlation between anxiety and depression. Table 3 illustrates the results of the correlation analysis.

Table 3. Correlation analysis between physical and mental symptoms.

Variables	1	2
Physical Status		
Anxiety Level	0.0641**	
Depression Level	0.618**	0.775**

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

To assess the MD adherence in the student population, MEDAS scores were divided into three groups: low (1-5 points), medium (6-8 points) and high (9-14 points). The total mean (\pm SD) sum-scores of the MEDAS was 5.04 (\pm 2.01), meaning a 36% (low) adherence level. The mean for females was 5.22 (\pm 2.00), whereas for males, was 4.79 (\pm 2.02). When the students were split by countries, UK and Türkiye, a significant difference ($p < 0.05$)

were shown. Low adherence was reported by 60.37% of the students, while medium adherence by 33.54%. Only 6.09% of the population reported a high level of adherence (above 60%) to the Mediterranean Diet. The data are summarized in Table 4. The 14-Item MEDAS questionnaire, the criteria of adherence and the population distribution for each answer is shown in [Appendix C](#).

Table 4. Mean \pm SD of Adherence to the Mediterranean Diet.

Population	Mediterranean Diet Adherence Screener (MEDAS) Questionnaire (0-14 points)	
	Mean \pm SD	p-value
All students (n=164)	5.04 \pm 2.01	
Females (n=96)	5.22 \pm 2.00	
Males (n=68)	4.79 \pm 2.02	0.107
Students in the UK (n=99)	5.43 \pm 2.07	0.001
Students in Türkiye (n=65)	4.45 \pm 4.89	

SD: Standard Deviation. Means bearing the same letter are not significantly different ($p > 0.05$) as determined by the Tukey test

The adherence to the MD was correlated with physical and mental status using the Spearman's correlation coefficient (rs). Results showed a weak

significant negative correlation to physical status and depression level (Table 5).

Table 5. Correlation analysis between the adherence to the MD with physical and mental symptoms.

		Adherence to the Mediterranean Diet
Physical Status	R	-0.220**
	P	0.005
Depression Level	R	-0.240**
	P	0.002
Anxiety Level	R	-0.140
	P	0.073

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

To assess the nutritional knowledge for mental health, the nutritional knowledge questionnaire scores were divided into two groups: good knowledge (>10 points or 50% or more of correct answers) and poor knowledge (<10 points or less than 50% of correct answers).

The total mean (\pm SD) sum scores of the Nutrition Knowledge Questionnaire was 8.41 (\pm 2.17), meaning 42.05% (poor) of knowledge on nutrients and food habits to manage mental health issues, such as anxiety and depression. No significant difference ($p>0.05$) was detected between females and males. 69.5% of the student population showed poor nutritional knowledge to manage mental health issues, while the remaining students presented good nutritional knowledge (Table 6). The Nutritional Knowledge for Mental Health Questionnaire, the criteria for receiving 1 point, and the population distribution for each answer are shown in [Appendix D](#).

Table 6. Mean \pm SD of Nutritional Knowledge to manage mental health issues.

Population	Mean \pm SD	p-value
All Students (n=164)	8.41 \pm 2.17	
Females (n=96)	8.54 \pm 2.19	0.336
Males (n=68)	8.22 \pm 2.15	
Students in the UK (n=99)	5.43 \pm 2.07	0.147
Students in Türkiye (n=65)	4.45 \pm 4.89	

SD: Standard deviation. Means bearing the same letter are not significantly different ($p>0.05$) as determined by the Tukey test.

The nutritional knowledge was correlated to physical, mental status (anxiety and depression) and the adherence to the Mediterranean Diet using the Spearman's correlation coefficient (r_s). The nutritional knowledge showed a very weak significant negative correlation with physical status, anxiety and depression level and a weak

significant positive correlation with adherence to the MD (Table 7).

Table 7. Correlation analysis of Nutritional Knowledge with physical and mental symptoms and with the adherence

		Nutritional Knowledge	
Physical Status	r	-0.163*	
	p	0.037	
Anxiety Level	r	-0.162*	
	p	0.039	
Depression Level	r	-0.259**	
	p	0.001	
Adherence to the MD	r	0.296**	
	P	0.000	

*Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

**Correlation is significant at the level (2-tailed)

This reported perceptions and opinions in this section were spread in groups of females, males, UK and Türkiye university students. The result of question 9, the main reported difficulties to implement a healthier eating habit, is depicted in Figure 2, while the other answers are expressed in [Appendix E](#).

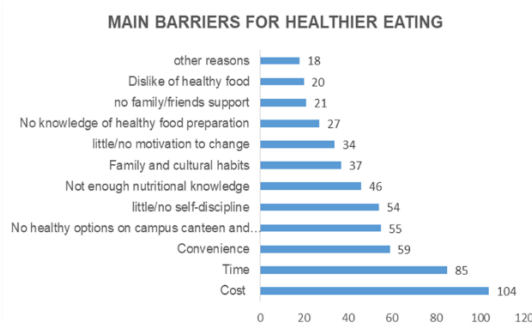


Figure 2. Main reported barriers to healthier eating. The number of votes each state received is expressed beside the bars. The students have voted in all the alternatives considered barriers for them.

In the health perception analysis, the students reported that the six main barriers to healthier eating are: cost, time, convenience, no healthy options on the campus canteen or restaurant, little/no self-discipline and not enough nutritional knowledge for better choices. Some of the reported factors reinforce the necessity of more nutritional education and support to improve the students eating habits, such as not enough nutritional knowledge, little/no self-discipline, little/no motivation to change, no knowledge of healthy food preparation and dislike of healthy food (Fig.2). The students perceived their physical health as in a better condition than the measured one by the General Physical Status Questionnaire. The opposite was observed for their mental health, which they perceive as much worse when the poor

and fair reported conditions levels were compared with the moderate to severe levels (≥ 10 points) of anxiety and depression measured by the questionnaires as expressed in [Appendix E](#).

The student's perception of their weight classification is also different from the calculated BMI. In general, they overestimated the normal and overweight conditions and underestimated the obese and underweight situations. Women overestimated their level of overweight and underestimated their level of underweight, while men underestimated their level of obesity (Table 1 and [Appendix E](#)).

The most common daily eating habit reported is 3 meals with snacks, followed by 2 meals with snacks. Only 3% of the population nibbles with no specific meals. Males and students in Türkiye reported nibbling more compared to females and students in the UK. The same was found for the high number of times eating in restaurants and takeaways weekly, although the average for most of the students is only 1-2 times per week ([Appendix E](#)).

Most of the students were reported as active; however, most females and students in Türkiye reported a light activity level. Most of the students (73.2%) stated showed to believe in the correlation of the physical health state with diet. However, only 56.1% agreed with the relation between diet and mental health status. The vast majority of the students (91.5%) agreed that nutritional knowledge may motivate better food habits and 73.2% were interested in accessing this knowledge through free courses, while 54.3% are willing to pay for the information. More than 2/3 (76.9%) of the students reported being interested in the service of a university nutrition team, with expertise in nutritional psychiatry, food sensitivities and nutritional deficiencies, indicating that there is a demand for more education in the area of nutrition for a better health and wellness state ([Appendix E](#)).

Twenty-nine students answered the open-ended questions, and most of them mentioned that it would be very useful to receive nutritional knowledge to improve their health status. Those who had previous knowledge about the effect of nutrition on health came from their undergraduate courses in the areas of sports, health and nutrition.

As a result, the students showed a low level of adherence to a healthy diet and a low level of knowledge about nutrition for mental health, but they showed a high interest in getting free and even paid courses to access nutritional information to improve their health status. Many studies have

reported that nutrition education may improve students' dietary habits and food choices (Ha and Caine-Bish, 2009; Lin and Dali, 2012; Philippou et al., 2017) and according to the way the information is delivered, it may cause a positive behavioural change. However, the students have pointed out the cost of healthy food and the lack of a healthy option in the campus canteen/restaurant as very important barriers to a healthier food habit, and for convenience reasons, they eat unhealthy meals. In research with German students Hilger et al. (2017) reported very similar results. Intervention studies centring on university canteens demonstrated that offering higher food quality, variety and reduced prices resulted in healthier eating habits (Guagliardo et al., 2011; Michels et al., 2008). In the modern world, the ages between 18-25 ages are redefined by Arnett (Arnett, 2000) as emerging adulthood, which is mainly a transitional period in the life span when identity, career and relationship formation are extended. This period corresponds to increased flexibility and potential for changes and the students experience an increased amount of responsibility and independence concerning their lifestyle choices, and begin to establish long-lasting behaviours that are associated with long-term health risks (Robertson et al., 2017). In this context, it is important to understand that the healthier food habit among university students should be achieved through collaborative work among educators, government, universities and campus canteens/restaurants.

The strength of this study is mainly that there were no previous studies about university students' nutritional knowledge assessment on nutrition as a useful tool to manage anxiety and depression levels among British and Turkish in general and among university students in particular. The current study provides a useful survey to measure nutrition knowledge to manage mental health issues to encourage healthy habits in the emerging adulthood period. There is a growing understanding that post-secondary students should be targeted for health promotion efforts, including recommendations that their health is a 'very important but neglected public health concern' (Kwan et al., 2013).

In recent years, the use of food to treat mild to moderate mental disorders such as anxiety and depression has raised. The current revolution is wider, comprising the quickly accumulating knowledge of how inflammation, gut microbiome imbalance (dysbiosis), oxidative stress, and impaired mitochondrial output impact brain function (Kaplan et al., 2015). In this scenario, diet, specifically some nutrients, cannot be neglected as

an essential factor for mental disorder prevention. Physiologically, nutrition is interrelated with mental disorders through hormonal, neurotransmitter and signalling pathways in the gut that control brain functions such as appetite, sleep, reward mechanisms, mood and cognitive function (Lang et al., 2015). Vitamins and minerals are required by all biochemical pathways as co-factors for proper enzyme function, and insufficient nutrient amounts can negatively influence a wide variety of metabolic processes. Several different nutrients have been studied and reported to be involved in pathways relevant to mental disorders and brain function (Kaplan et al., 2015; Ross, 2003). Scott (2011) states that a diet based on real whole food serves as the basis for ending anxiety, providing vital nutrients that are essential for the production of neurotransmitters and hormones by the body. The author also reinforces the importance of respecting our biochemical individuality, taking into consideration that there is no single anti-anxiety/depression food solution. The nutrients and their amounts will not be the same for everybody.

Additionally, a healthy diet has been highlighted as an alternative to the widespread use of drugs for treating these mental conditions worldwide. The adverse side effects of the drugs are urgently demanding the use of alternative approaches (Khan & Alam Khan, 2016; Moncrieff, 2016). Clinicians, in general, have usually underestimated and underutilized therapeutic lifestyle changes despite the profuse evidence of their positive therapeutic potential and nutrition is considered a significant one (Walsh, 2011). Therefore, the results of the current study further support the use of healthy eating to prevent and manage anxiety and depression.

The current study presents some limitations. Data for the research were collected from a cross-sectional, limited size and convenience sample, which excludes the ability to extrapolate the findings to all university students in both studied countries. Additionally, the research design disallows the ability to determine causal relationships between the variables. A higher significant negative correlation between adherence to the MD and physical and mental health issues could be found if the students presented a better level of adherence to a healthy diet. The same was expected if their level of nutritional knowledge was not very low. However, our results collaborate on a new field to be explored among university students and youths, education through nutrition for mental health support. This study evidenced the interest of university students in learning more about how food choices and lifestyles affect

physical and mental health. The service of a university nutrition team, with expertise in nutritional psychiatry, food sensitivities and nutritional deficiencies may be a good alternative to improve students' general physical and mental health, as well as their academic performance. According to El Ansari et al. (2012), the student's transition from school to university coincides with changing living arrangements, which might also result in a reorientation of eating behaviours and in an appropriate time for education on Nutrition with lasting healthier choices. Similarly, Genc and Genc (2019) found very low adherence to Mediterranean Diet, especially among the students who don't live together with their family during the education period.

When we educate university students about healthy habits, we are preparing future professionals, opinion leaders, business managers, doctors, teachers and parents to contribute to the formation of future generations. Through education, we may prevent diseases instead of treating them, which is much more efficient, pleasant, and cheaper.

The research findings open up an area for more investigation and training. Future research may wish to investigate nutrition knowledge for mental health in specific populations, provide them with information and support for better food habits, and measure the reduction of mental health issues among the focused group post-intervention.

4. Conclusion

The mental health status among university students is a cause for concern in both studied countries as well as their adherence to a healthier diet. Nutrition is an underexplored therapeutic resource by the students to prevent and treat diseases, especially mental disorders. Despite the increasing scientific evidence and public knowledge of the health benefits of the Mediterranean Diet, student adherence to this dietary pattern is low, even in Mediterranean countries as Türkiye, which showed more westernised and globalized dietary habits. Social and economic circumstances and the globalization pressure may be related to this tendency. Despite the low level of nutritional knowledge for managing mental health issues, the students showed a high level of interest in learning about how nutrition can be a useful tool to improve their health status and academic performance.

Study results suggest that Nutrition Education and the support of a nutritional team may be alternative tools at the universities Wellbeing Service to help students manage their anxiety/depression, general health status and academic performance.

5. Acknowledgement

The authors would like to thank all students who have agreed to participate in this study and Trudy Scott for her help with the Nutritional Knowledge Questionnaire. Additionally, the authors are also thankful to the reviewers for their valuable comments that contributed to the content of the work.

6. References

- Arnett, J. J. (2000). Emerging adulthood: A theory of development from the late teens through the twenties. *American Psychologist*, *55*(5), 469–480. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.5.469>
- Arslan, G., Ayranci, U., Unsal, A., Arslantas, D. (2009). Prevalence of depression, its correlates among students, and its effect on health-related quality of life in a Turkish university. *Upsala Journal of Medical Sciences*, *114*(3), 170–177. <https://doi.org/10.1080/03009730903174339>
- Bayram, N., and Bilgel, N. (2008). The prevalence and socio-demographic correlations of depression, anxiety and stress among a group of university students. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, *43*(8), 667–672. <https://doi.org/10.1007/s00127-008-0345-x>
- Carney, R., Firth, J., Pedley, R., Law, H., Parker, S., Lovelld, K. (2021). The clinical and behavioral cardiometabolic risk of children and young people on mental health inpatient units: A systematic review and meta-analysis. *Gen Hosp Psychiatry*. May-Jun; *70*: 80–97.
- Dahlin, M., Nilsson, C., Stotzer, E., Runeson, B. (2011). Mental distress, alcohol use and help-seeking among medical and business students: A cross-sectional comparative study. *BMC Medical Education*, *11*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/1472-6920-11-92>
- DALYs GBD (2018), GBD 2017 DALYs and HALE Collaborators. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 359 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the global burden of disease study 2017. *Lancet*; *392*(10159):1859–922.
- El Ansari, W., Stock, C., Mikolajczyk, R. T. (2012). Relationships between food consumption and living arrangements among university students in four European countries - A cross-sectional study. *Nutrition Journal*, *11*(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-11-28>
- El Ansari, W., Adetunji, H., Oskrochi, R. (2014). Food and mental health: Relationship between food and perceived stress and depressive symptoms among university students in the United Kingdom. *Central European Journal of Public Health*, *22*(2), 90–97. <https://doi.org/10.21101/cejph.a3941>
- European General Data Regulation, https://commission.europa.eu/law/law-topic/data-protection/data-protection-eu_en.
- Genc, M., and Genc, S. (2019). Mediterranean Diet adherence in emerging adults in Izmir. *British Food Journal*, *121*(3), 725–737. <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2018-0470>
- Guagliardo, V., Lions, C., Darmon, N., Verger, P. (2011). Eating at the university canteen. Associations with socioeconomic status and healthier self-reported eating habits in France. *Appetite*, *56*(1), 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.11.142>
- Ha, E. J., and Caine-Bish, N. (2009). Effect of Nutrition Intervention Using a General Nutrition Course for Promoting Fruit and Vegetable Consumption among College Students. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, *41*(2), 103–109. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2008.07.001>
- Hilger, J., Loerbroks, A., Diehl, K. (2017). Eating behaviour of university students in Germany: Dietary intake, barriers to healthy eating and changes in eating behaviour since the time of matriculation. *Appetite*, *109*, 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.11.016>
- Hubble, S., and Bolton, P. (2020). Support for students with mental health issues in higher education in England. Available: <https://commonslibrary.parliament.uk/>
- Kaplan, B. J., Rucklidge, J. J., Romijn, A., McLeod, K. (2015). The emerging field of nutritional mental health: Inflammation, the microbiome, oxidative stress, and mitochondrial function. In *Clinical Psychological Science* (Vol. 3, Issue 6, pp. 964–980). <https://doi.org/10.1177/2167702614555413>
- Khan, S., Alam Khan, R. (2016). Healthy Diet a Tool to Reduce Anxiety and Depression. *Journal of Depression and Anxiety*, *05*(02). <https://doi.org/10.4172/2167-1044.1000220>
- Kıvrak, Y., Kokaçya, M. H., Sevim, E., Çöpoğlu, Ü. S. (2016). Depressive symptom prevalence and risk factors in eastern Turkish university students. *Journal of Clinical and Analytical Medicine*, *16*(7), 440–444.

- Kroenke, K., Spitzer, R. L., Williams, J. B. W. (2001). The PHQ-9: Validity of a brief depression severity measure. *Journal of General Internal Medicine*, 16(9), 606–613. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1497.2001.016009606.x>
- Kroenke, K., Spitzer, R. L., Williams, J. B. W. (2002). The PHQ-15: Validity of a new measure for evaluating the severity of somatic symptoms. *Psychosomatic Medicine*, 64(2), 258–266. <https://doi.org/10.1097/00006842-200203000-00008>
- Kwan, M. Y., Faulkner, G. E., Arbour-Nicitopoulos, K. P., Cairney, J. (2013). Prevalence of health-risk behaviours among Canadian post-secondary students: Descriptive results from the National College Health Assessment. *BMC Public Health*, 13(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-548>
- Lai, J. S., Hiles, S., Bisquera, A., Hure, A. J., McEvoy, M., Attia, J. (2014). A systematic review and meta-analysis of dietary patterns and depression in community-dwelling adults. *American Journal of Clinical Nutrition*, 99(1), 181–197. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.069880>
- Lang, U. E., Beglinger, C., Schweinfurth, N., Walter, M., Borgwardt, S. (2015). Nutritional aspects of depression. In *Cellular Physiology and Biochemistry* (Vol. 37, Issue 3, pp. 1029–1043). <https://doi.org/10.1159/000430229>
- Libuda, L., Antel, J., Hebebrand, J., Föcker, M. (2017). Nutrition and mental diseases: Focus depressive disorders. *Nervenarzt*, 88(1), 87–101. <https://doi.org/10.1007/s00115-016-0262-2>
- Lin, L. P., and Dali, W. P. E. W. (2012). The impact of nutrition education interventions on the dietary habits of college students in developed nations: A brief review. In *Malaysian Journal of Medical Sciences* (Vol. 19, Issue 1, pp. 4–14).
- Löwe, B., Decker, O., Müller, S., Brähler, E., Schellberg, D., Herzog, W., Herzberg, P. Y. (2008). Validation and standardization of the generalized anxiety disorder screener (GAD-7) in the general population. *Medical Care*, 46(3), 266–274. <https://doi.org/10.1097/MLR.0b013e318160d093>
- Marozoff S., Veugelers P.J., Dabravolskaj J., Eurich D.T., Ye M., Maximova K. (2020). Diet Quality and Health Service Utilization for Depression: A Prospective Investigation of Adults in Alberta's Tomorrow Project. *Nutrients*. 12:2437. doi: 10.3390/nu12082437.
- Meegan, A. P., Perry, I. J., Phillips, C. M. (2017). The association between dietary quality and dietary guideline adherence with mental health outcomes in adults: A cross-sectional analysis. *Nutrients*, 9(3), 238. <https://doi.org/10.3390/nu9030238>
- Michels, K. B., Willett, W. C., Michels, K. B., Michels, K. B., Rosner, B. A., Bloom, B. R., Riccardi, P., Rosner, B. A. (2008). A Study of the Importance of Education and Cost Incentives on Individual Food Choices at the Harvard School of Public Health Cafeteria. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(1), 6–11. <https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719669>
- Moncrieff, J. (2016). Misrepresenting harms in antidepressant trials. In *BMJ (Online)* (Vol. 352). <https://doi.org/10.1136/bmj.i217>
- Nani, M. O. (2016). *Relationship between Nutrition Knowledge and food intake of College students. Master Dissertation.* Kent State University.
- Nasir, J. A., and Tahir, M. H. (2017). Factors affecting nutritional attitudes among university adults. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)*, 11(2), 644–652.
- O'Neil, A., Quirk, S. E., Housden, S., Brennan, S. L., Williams, L. J., Pasco, J. A., Berk, M., Jacka, F. N. (2014). Relationship between diet and mental health in children and adolescents: A systematic review. In *American Journal of Public Health* (Vol. 104, Issue 10, pp. e31–e42). American Public Health Association. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2014.302110>
- Oztasan, N., Ozyrek, P., Kilic, A. (2016). Factors Associated With Health-Related Quality of Life Among University Students in Türkiye. *Materia Socio Medica*, 28(3), 210. <https://doi.org/10.5455/msm.2016.28.210-214>
- Philippou, E., Middleton, N., Pistos, C., Andreou, E., Petrou, M. (2017). The impact of nutrition education on nutrition knowledge and adherence to the Mediterranean Diet in adolescent competitive swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 328–332. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.023>
- Popa, T. A., and Ladea, M. (2012). Nutrition and depression at the forefront of progress. *Journal of Medicine and Life*, 5(4), 414–419.
- Robertson, D., Kumbhare, D., Nolet, P., Srbely, J., Newton, G. (2017). Associations between low back pain and depression and somatization in a Canadian emerging adult population. *Journal of*

- the Canadian Chiropractic Association*, 61(2), 96–105.
- Ross, J. (2003). The mood cure. *Total Health*, 25(2), 21–23.
- Sakamaki, R., Toyama, K., Amamoto, R., Liu, C. J., Shinfuku, N. (2005). Nutritional knowledge, food habits and health attitude of Chinese university students—a cross sectional study. *Nutrition Journal*, 4 (1), 1–5.
- Sánchez-Villegas, A., Delgado-Rodríguez, M., Alonso, A., Schlatter, J., Lahortiga, F., Serra-Majem, L., Martínez-González, M. A. (2009). Association of the Mediterranean dietary pattern with the incidence of depression: The Seguimiento Universidad de Navarra/University of Navarra follow-up (SUN) cohort. *Archives of General Psychiatry*, 66(10), 1090–1098. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2009.129>
- Schröder, H., Fitó, M., Estruch, R., Martínez-González, M. A., Corella, D., Salas-Salvadó, J., Lamuela-Raventós, R., Ros, E., Salaverría, I., Fiol, M., Lapetra, J., Vinyoles, E., Gómez-Gracia, E., Lahoz, C., Serra-Majem, L., Pintó, X., Ruiz-Gutierrez, V., Covas, M. I. (2011). A Short screener is valid for assessing mediterranean diet adherence among older Spanish men and women. *Journal of Nutrition*, 141(6), 1140–1145. <https://doi.org/10.3945/jn.110.135566>
- Scott, T. (2011). *The antianxiety food solution: How the foods you eat can help, you calm your anxious mind, improve your mood, and end cravings*. New Harbinger Publications.
- Thorley, C. (2017). Not By Degrees: Not by degrees: Improving student mental health in the UK's universities. In *Institute for Public Policy Research*.
- Walsh, R. (2011). Lifestyle and mental health. *American Psychologist*, 66(7), 579–592. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/a0021769>
- World Health Organization (2017). WHO | Depression and Other Common Mental Disorders, Global Health Estimates. In *WHO*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2018). Management of physical health conditions in adults with severe mental disorders: WHO guidelines.
- Winzer, R., Lindberg, L., Guldbbrandsson, K., Sidorchuk, A. (2018). Effects of mental health interventions for students in higher education are sustainable over time: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PeerJ*, 2018(4), e4598. <https://doi.org/10.7717/peerj.4598>
- Worsley, A. (2002). Nutrition knowledge and food consumption: can nutrition knowledge change food behaviour? In *Asia Pacific journal of clinical nutrition: Vol. 11 Suppl 3* (pp. S579–S585). John Wiley and Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1046/j.1440-6047.11.supp3.7.x>
- Yahia, N., Wang, D., Rapley, M., Dey, R. (2016). Assessment of weight status, dietary habits and beliefs, physical activity, and nutritional knowledge among university students. In *Perspectives in Public Health* (Vol. 136, Issue 4, pp. 231–244). SAGE PublicationsSage UK: London, England. <https://doi.org/10.1177/1757913915609945>
- Yusoff, M.S.B., Abdul Rahim, A.F., Baba, A.A., Ismail, S.B., Mat Pa, M.N., Esa, A.R. Prevalence and associated factors of stress, anxiety, and depression among prospective medical students. *Asian J Psychiatr*. 2013 Apr; 6 (2):128–33.

Derleme Makale/Review Paper

Gıda sanayiinde akıllı ambalajlama ve uygulamaları

Intelligent packaging and applications in the food industry

Muhammed Yüceer^{1*} , Cengiz Caner² 

¹Gıda İşleme Bölümü, Çanakkale Teknik Bilimler MYO, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, ÇANAKKALE, TÜRKİYE

²Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, ÇANAKKALE, TÜRKİYE

(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0001-6709-1347, Doç. Dr.

ORCID ID: 0000-0002-8293-7301, Prof. Dr.

*Sorumlu yazar/Corresponding author: myuceer@comu.edu.tr ve ccaner@comu.edu.tr

Geliş Tarihi : 26.12.2022

Kabul Tarihi : 08.05.2023

Öz

Amaç: Gıdaların ambalajlanması; kalitenin korunması, çevresel, fiziksel ve mikrobiyolojik faktörlerden koruma gibi temel işlevleri yerine getirmektedir. Son zamanlarda, değişen tüketici tercihleri ve beklentileri ile ambalajın rolü temel işlevinin de ötesine geçmiştir. Gıda ambalajlama sistemlerindeki yenilikler ve akıllı ambalajlama çözümleri daha güvenli ve yüksek kaliteli gıda ürünlerinin piyasaya sunulmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca yeni gelişmeler etkileşimli ambalajlama sistemlerinin geliştirilmesi ile akıllı ambalajlama sistemlerinin daha da gelişmesine imkân tanımıştır. Bu sistemler, gıda güvenliğini sağlamak için kalite göstergeleri görevi görmekte ve genel olarak doğrudan (nem, zaman-sıcaklık, tazelik ve biyosensör) veya pasif (izlenebilirlik ve izleme) göstergeler olarak sınıflandırılmaktadırlar.

Sonuç: Bu derlemede akıllı ambalajlama sistemlerindeki güncel gelişmeler ve ticari uygulamalar değerlendirilmiştir. Akıllı ambalajlama sistemleri ile tüketicilerin ambalajlı gıdaların güvenliği ve raf ömrü hakkında bilgi edinmeleri sağlanmaktadır. Ayrıca akıllı ambalajlama sistemleri, küresel gıda israfının ve kaybının azaltılmasına katkı sunan yeni bir yaklaşımdır.

Anahtar kelimeler: gıda güvenliği; raf ömrü; indikatörler; akıllı etiketler; gıda kalitesi

Abstract

Objective: Food packaging fulfills basic functions such as protection of quality, and protection from environmental, physical, and microbiological factors. Recently, with the changing in consumer preferences and expectations, the role of packaging has gone beyond its basic function. Innovations in food packaging systems and smart packaging solutions help bring safer and higher-quality food products to the market. In addition, new developments have enabled the development of intelligent (smart) packaging systems with the development of interactive packaging systems. These systems act as quality indicators to ensure food safety and are generally classified as direct (humidity, time-temperature, freshness, and biosensor) or passive (traceability and monitoring) indicators.

Conclusion: Current developments in smart packaging systems and commercial applications are evaluated and smart packaging systems are integrated with food applications about the shelf life of packaged foods, it will be possible for consumers to be informed about the quality of foodstuffs and to further reduce food waste.

Keywords: food safety; shelf life; indicators; intelligent labels; food quality

1. Giriş

Ambalajlama, üreticiden tüketicinin eline ulaşmaya kadar kalite ve güvenlik açısından gıdaları fiziksel, kimyasal hem de mikrobiyolojik kontaminasyondan korumada etkili temel rol oynamaktadır. Ambalajlanmış gıdanın raf ömrü, gıdanın hem doğasına (pH, su aktivitesi ve solunum hızı) hem de dış faktörlere (depolama sıcaklığı, bağıl nem) bağlı olarak değişim göstermektedir (Prasad ve Kochhar, 2014; Ghoshal, 2018).

Ambalajın klasik işlevleri olan ürünün muhafazası ve çevresel etkenlerden koruma yanında günümüzde iletişim fonksiyonu da önem kazanmıştır (Bhargava vd., 2020). Ambalajlı gıdaların çevresel koşulları izlenerek, ürün kalitesi ve raf ömrünün müşteri tarafından gözlenebilmesi mümkün hale gelmiştir. Daha açık bir ifadeyle akıllı ambalajlama, ambalajlanmış gıda ürününün iç ve dış ortamlardaki değişiklikleri izleyerek ürünün bulunduğu durum ve kalitesi hakkında bilgi veren iletişim sistemlerini kullanan bilim ve teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Yam, 2012; Drago vd., 2020; Soltani-Firouz vd., 2021). Akıllı ambalajlama sistemleri, gıda güvenliğinin tesis edilmesinde kalite göstergeleri; aktif (nem, zaman-sıcaklık, tazelik ve biyosensör) ve pasif (izlenebilirlik ve izleme) indikatörler olarak sınıflandırılmaktadır (Bhargava vd., 2020).

Akıllı ambalaj, fiziksel dünya ile dijital dünya arasında bir bağlantı kurmakta ve üreticiler, perakendeciler, tüketiciler ve sosyal medya kanalları arasında bir "dijital köprü" işlevi oluşturmaktadır. Ürünün durumunu izlemek, depolama koşulları (sıcaklık) ve tazeliğin izlenmesinde sensörler kullanılmaktadır. Alternatif olarak, göstergeler (indikatörler) veya sensörler, ambalajın dışına veya içine yerleştirilerek ambalaja entegre edilebilmektedir. EFSA (European Food Safety Authority), akıllı ambalaj malzemelerini "ambalajlanmış gıdanın veya gıdanın etrafındaki çevrenin durumunu izleyen malzemeler ve sistemler" olarak tanımlamaktadır (Drago vd., 2020). Akıllı gıda ambalajlama sistemleri; ambalajlanmış gıdanın kalitesini izlemeyi, bulunduğu koşulları algılamayı, kaydetmeyi ve tüketicieye göstererek gıda güvenliğini garanti etmeyi ve ambalajlanmış gıdanın kalitesi hakkında son müşteriye bilgi vermeyi amaçlamaktadır. Basit veya reaktif bir akıllı ambalaj olmasına bağlı olarak, bunlar birincil (dış veya iç), ikincil veya üçüncül ambalaja yerleştirilebilmektedir (Rukchon vd., 2014; Biji vd., 2015; Ghaani vd., 2016).

Gıda üretildikten sonra tüketime kadar kalitenin korunması, ambalajın maruz kaldığı iç ve dış

koşulların (ambalaj içindeki gaz kompozisyonu, bağıl nem, basınç, ışık ve sıcaklık) değişimine bağlı olup, ambalajın bulunduğu dış koşullardaki değişiklikler ambalaj içinde de değişikliğe yol açabilmektedir. Gıda ambalajındaki tepe boşlukları, zaman içinde gıda bileşimlerinde değişiklikler meydana getirmektedir. Ambalaj içindeki atmosferde gözlenen değişiklikler, transfer ve depolama sırasındaki sıcaklıklar ve gıdaların mikrobiyolojik kalitesini tanımlayabilen, ölçebilen ve/veya raporlayabilen cihazlar nihai tüketici, üretici ve/veya pazarlamacının pazarlama zincirinde kullanılan koruma stratejilerinin etkinliği hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır (Janjarasskul ve Suppakul, 2018). Ayrıca akıllı ambalajlama, örneğin barkodlar, artırılmış gerçeklik, NFC (Near Field Communication: Yakın Alan İletişimi), hoparlörler, radyo çipleri veya ekranlar aracılığıyla bilgilendirme, otomasyon, pazarlama veya koruma işlevlerini de yerine getirmektedir. Akıllı ambalajlama, gıdanın güvenliğini ve kalitesini sağlamak için; algılama, kayıt, izleme ve bilgileri tüketicilere iletme gibi akıllı işlevleri yerine getirebilen bir ambalajlama sistemi olup ambalajlı ürünün güncel durumu hakkında tüketiciyi bilgilendirmektedir (Coma, 2008; Realini ve Marcos, 2014; Janjarasskul ve Suppakul, 2018; Mustafa ve Andreescu, 2018; Wang vd., 2019). Japonya, Amerika Birleşik Devletleri ve Avustralya başta olmak üzere akıllı ambalajlama teknolojisinin gıda ambalajlamasında kullanımı hızla artmaktadır. Bu sistem, gıda arzının israfını ve eksikliğini azaltmak için verimli bir şekilde çalışabilmektedir. Akıllı ambalaj kullanımı, gıda bilimi ve teknolojisinin en büyük başarı alanlarından biri olma potansiyeline sahiptir (Biji vd., 2015). Akıllı ambalajlama teknolojileri; indikatörler, sensörler ve veri taşıyıcılar olarak üç ana teknoloji temellidir;

(i) **İndikatörler;** Gıdaların kalite özelliklerindeki değişiklikleri izlemektedir. Örnek olarak zaman sıcaklık indikatörleri, gaz bileşimi ve gaz sızıntısı indikatörleri verilebilmektedir. İzleme faktörüne bağlı olarak, bu sistemler ambalajın içine veya dışına yerleştirilebilmektedir (Realini ve Marcos, 2014).

(ii) **Kalite Sensörleri;** Gıdanın kendisinin kalite özelliklerinin doğrudan izlenmesi için kullanılır ve ambalajın içinde bulunmaktadır. Bunlar tazelik sensörleri ve biyosensörlerdir. Kalite göstergeleri genellikle tüketiciler tarafından kalıcı ve yorumlanması kolay renk değişikliklerini göstermektedir (Realini ve Marcos, 2014).

Veri Taşıyıcılar (İzlenebilirlik cihazları): Depolama, dağıtım ve izlenebilirlik amaçlarına yönelik olan barkodlar ve RFID'dir. Bu sistemler yalnızca veri depolamak ve aktarmak için kullanılırken, göstergeler ve sensörler dış ortamı izlemek ve daha sonra bilgileri görüntülemek için kullanılmaktadır. Veri taşıyıcılarının işlevi izlenebilirliği garanti etmek ve otomasyondur

(Muller ve Schmid, 2019). Ayrıca hırsızlık vakalarını azaltmak için hologramlar, özel mürekkepler ve boyalar, lazer ve elektronik etiketler kullanılmaya başlanmıştır (Janjarasskul ve Suppakul, 2018). Çizelge 1'de yaygın olarak kullanılan bazı iç ve dış indikatörlere yer verilmiştir.

Çizelge 1. Yaygın olarak kullanılan bazı iç ve dış indikatörler (Kaur ve Puri, 2017)

İndikatörler	Prencip/Reaktifler	Tüketiciye Verdiği Bilgi	Uygulama
Zaman sıcaklık indikatörleri (Dış)	Mekanik Kimyasal Enzimatik	Depolama durumu	Soğutulmuş ve dondurulmuş koşullarda depolanan gıdalar
Oksijen indikatörleri (İç)	Redoks boyaları pH boyaları Enzimler	Depolama durumu Paket Sızıntısı	Düşük oksijen konsantrasyonlu ambalajlarda saklanan gıdalar
Karbondioksit-indikatörleri (İç)	Kimyasal pH boyaları	Depolama durumu Paket sızıntısı	Modifiye veya kontrollü atmosfer gıda ambalajı
Mikrobiyel büyüme indikatörleri (İç/Dış) veya Tazelik indikatörleri	Belirli metabolitlerle (uçucu veya uçucu olmayan) reaksiyona giren tüm boyalar	Bozulma (Mikrobiyel gıda kalitesi)	Et, balık ve kümes hayvanları gibi çabuk bozulabilir gıdalar
Patojen indikatörleri (İç)	Toksinlerle reaksiyona giren çeşitli kimyasal ve immüno kimyasal yöntemler	<i>Escherichia coli</i> 0157:H7 gibi spesifik patojenik bakteriler	Et, balık ve kümes hayvanları gibi çabuk bozulabilir gıdalar

2. Akıllı ambalajlama teknolojileri

2.1. İndikatörler

2.1.1. Zaman-sıcaklık indikatörleri (TTI)

Gıda ambalajına basılmış olan “en iyi kullanma, tavsiye edilen tüketim tarihi (TETT)” tarihi yalnızca gösterge niteliğindedir ve dağıtım-depolama sırasında gıdaların maruz kalabileceği sıcaklıktaki olası dalgalanmaları dikkate almamaktadır. Sıcaklık, dağıtım ve depolama sırasında gıda ürünlerinin raf ömrünü, kalitesi ve güvenliğini etkileyen önemli bir faktördür. Gıdanın sıcaklık koşullarının izlenmesi ve kaydedilmesi gıda güvenliği açısından önemlidir. Sıcaklıktaki değişim ya da sapma, gıdaların bozulmasına neden olan reaksiyonları hızlandırabilmekte ve mikroorganizmaların çoğalmasına neden olmaktadır. Sıcaklık geçmişinin kontrol edilmesi ve izlenmesindeki zorluk gıdaların raf ömrünü kesin olarak tahmin etmeyi zorlaştırmaktadır (Pereira de Abreu vd., 2012; Janjarasskul ve Suppakul, 2018; Chen vd., 2020). Nakliye, dağıtım ve depolama sırasında ortam sıcaklık değerlerini izleyerek soğuk zincirin kırıldığını tespit edebilmektedir. Gıda sıcaklığının gerçek geçmişini tespit etmenin zorluğu, raf ömürlerini tahmin etmeyi zorlaştırmaktadır (Brizio ve Prentice, 2015a).

Zaman sıcaklık göstergeleri (TTI), soğuk zincir geçmişinin görsel olarak bir özetini sunan yeni bir

teknoloji olup termal geçmişi kaydetmek ve depolama, dağıtım ve tüketimleri boyunca dayanıksız ürünlerin kalan raf ömrünü göstermek için kullanılan cihazlardır. Bu, zaman ve sıcaklığın kümülatif etkilerinden kaynaklanan geri dönüşü olmayan renk değişikliği prensibine dayanmaktadır (Wang vd., 2015).

Çalışma prensiplerine göre, TTI; kimyasal, fiziksel, enzimatik ve biyolojik sistemler olarak ayrılmaktadır.

2.1.1.1. Kimyasal zaman sıcaklık indikatörü

Son yıllarda TTI'nin önemli bir bölümünü oluşturan çeşitli kimyasal TTI sistemleri son yıllarda hızla gelişmiştir. Zaman ve sıcaklıktaki değişimin birikmesiyle, TTI kimyasal olarak reaksiyona girerek ve belirli bir renk değişimi meydana gelmektedir. Bu renk değişimi paketlenen ürünün kalitesini belirtmek için kullanılabilir (Taoukis ve Labuza, 2003; Wu vd., 2013).

Günümüzde kimyasal TTI, esas olarak polimerizasyon bazlı TTI, fotokromik bazlı TTI ve oksidasyon reaksiyonu bazlı TTI'dan oluşmaktadır (Wang vd., 2015).

Polimerizasyon bazlı zaman sıcaklık göstergesi; ilk kimyasal TTI türleri, bir monomerin asetilen grubuyla ($R_1C=C-C=CR_2$) katı hal polimerizasyon reaksiyonuna dayanmaktadır. Yüksek sıcaklık ve

yüksek radyasyon gibi dış çevresel koşullarda monomerler 1,4-katılma polimerizasyon reaksiyonunu izlemekte ve $(R_1[C=C-C=C]_nR_2)$ yapısına sahip bir polimer olan polidiasetilen (PDA) bileşiğini oluşturmaktadır. Ana zincir konfigürasyonundaki değişiklikler, polimerin absorpsiyon spektrumunu değiştirerek renk değişikliğine neden olmaktadır (Wang vd., 2015).

Fresh-Check® ve HEATmarker® (TempTime, New Jersey, ABD) gibi bazı asetilen polimerleri ticari TTI'da kullanılmıştır. Bu TTI, renkli opak polimerin renksiz asetilenik monomerden üretildiği 1,4-ilaveli polimerizasyondaki renk değişikliği esasına göre çalışmaktadır (Ellouze ve Augustin, 2010). Ayrıca ısı, kimyasallar, mekanik deformasyon, ışık ve diğerleri gibi uyarılar üzerine floresan özelliklerini değiştiren kromojenik polimerler de araştırılmıştır (Han vd., 2018; Muller ve Schmid, 2019). Etkili bir TTI'nin temel gerekliliği, hedef sıcaklıktaki değişimlere karşı net ve geri döndürülemez bir reaksiyon göstermektir. Bir TTI, gıda ürünleri için güvenli olmalı ve yalnızca gıda ürünlerinin son kullanma tarihinin ne zaman dolacağını kullanıcılara bildirmelidir. Aşağıda piyasada bulunan bazı ticari TTI örneklerine yer verilmiştir;

Fresh-Check® TTI (TempTime Corp., Morris Plains, NJ, ABD) bir katı hal polimerizasyon reaksiyonuna dayanan ve ölçülebilen bir renk değişikliğidir (Tsironi vd., 2008; Pavelková, 2013). Fresh-Check®, iç içe geçmiş iki eş merkezli daireden oluşmaktadır. Polimer, dış koyu renkli halkanın aksine iç açık renkli halkaya yerleştirilmekte, sıcaklık yükseldikçe ve reaksiyon süresi arttıkça, gıda kalitesindeki kayıpla orantılı bir hızda iç açık renk kademeli olarak açıktan koyuya doğru değişmektedir. Sıcaklık ne kadar hızlı yükselirse, polimerde renk değişiklikleri o kadar hızlı gerçekleşmektedir. Bu göstergeler meyveli kek, marul, süt ve soğutulmuş gıdalarda kullanılmaktadır (Mendoza vd., 2004; Manjunath, 2018; Chowdhury ve Morey, 2019).

HEAT marker®, diasetilen monomerlerinin polimerizasyonuna dayanan TempTime®'ın ticari bir TTI'sidir. Özellikle aşı viallerin izlenmesi için tasarlanmıştır. HEAT marker®, referans olarak donuk sarı bir daireden ve diasetilen monomerlerle kaplı hafif bir dikkörtgen alandan oluşmaktadır. Tüm tedarik zincirini izlenebilir, içteki dikkörtgenin renginin donuk daire ile aynı olması ile kullanıcıları bilgilendirmektedir (Wang vd., 2015)

Fotokromik tabanlı zaman sıcaklık göstergesi; Bu kimyasal TTI, belirli bir renk sergilemek için ışığın belirli dalga boylarıyla aktive edilen

fotokromik bir bileşiğe dayanmaktadır. TTI'yi hazırlamak için ters reaksiyon işleminde termal olarak indüklenen solma ilkesi kullanılmaktadır. Işık enerjisinin emilmesi, ışığın yansımaları, yayılması, bir enerji transferi veya dönüşümü gibi tersine çevrilebilir renk değiştirme olaylarını kolaylaştırmaktadır (Sadeghi vd., 2019). Reaksiyon hızı ve solma derecesi, zaman ve sıcaklığın artmasıyla değişmekte, böylece raf ömrü tüketiciye gözle görülür şekilde gösterilebilmektedir. Fotokromik bileşikler şarj edilmeden önce stabildir ve düşük çalışma sıcaklığına maruz kaldığında renk stabil kalmaktadır. Bu nedenle, bu tür TTI, düşük sıcaklıkta otomatik bir şarj cihazı ile belirli dalga boylarındaki ışığa, genellikle ultraviyole ışığa maruz bırakılarak etkinleştirilmektedir. Günümüzde, akıllı ambalajlamada kullanılan fotokromik bileşikler esas olarak spiraromatik hidrokarbon ve diaril vinil bileşiklerinden oluşmaktadır (Wang vd., 2015).

Uyaranın kaynağına bağlı olarak, kromojenik malzemeler elektrokromik (elektrik alanı), termokromik (ısı), fotokromik (ultraviyole-UV) solkatokromik (çözücüler-nem), biyokromik (oatojenler), kemokromik (kimyasal değişimler-pH, iyon, nem) olarak sınıflandırılmaktadır.

Spiropiranlar, spiro-oksazinler ve naftopiranlar endüstride yaygın olarak ticari fotokromik renklendiriciler olarak kullanılmaktadır. Güvenilir veri elde etmek için renk değiştirme süreci bozulma süreci ile senkronize edilmektedir (Maqsoudlou vd., 2019).

OnVu™ TTI (Fuchs, Andre. Schliengen-Obereggenen, Almanya) ambalajın üzerine de basılabilen, spiropiran'ün katı hal reaksiyonuna dayanan ve sıcaklığa duyarlı herhangi bir ürün için kullanılabilen bir TTI etiketidir. Gösterge sistemi, renkli bir "iç kalp" şekli ve renksiz bir "kabuğa" sahip bir "elma" şeklinde tasarlanmış olup, ışığa duyarlı bileşiklere dayanmaktadır (Manjunath, 2018). Işığa duyarlı mürekkep OnVu™ TTI, (Bizerba, Almanya) otomatik bir UV ışık şarj cihazı kullanılarak UV ışığı ile etkinleştirilmektedir. Aktive edilen renk referans renk ile aynı renge geldiğinde ürün raf ömrünün sonuna geldiğini göstermektedir. UV ışığı ile aktive olan organik pigmentler içermekte ve maruz kalma artan sıcaklıkla zamanla renk değiştirmektedir. Mavi iç kalıp, zamanın ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak beyaza dönüşmektedir (Pocças, 2001; Taoukis, 2008; Tsironi vd., 2008). Renk bozulması, şarj işleminde kullanılan ışık miktarı ile orantılıdır ve fotokromik pigmenti etkinleştirmek için kullanılan UV ışığının

darbe süresi ve yoğunluğu kontrol edilerek ayarlanabilmektedir. Rengin açığa çıkma süreci ve şarj işlemi, pratik uygulama için önemli gereklilikler olan izotermal ve izotermal olmayan koşullar altında iyi bir şekilde tekrarlanmaktadır (Brizio ve Prentice, 2015b). Bu TTI'lar, 5°C'de raf ömrü 5-6 gün olan et, balık, süt ürünleri ve hazır gıdalar için tasarlanmıştır (Tsironi vd., 2008; Kreyenschmidt vd., 2010; Sharrock, 2012; Pavelková, 2013; Brizio ve Prentice, 2015b; Taoukis ve Tsironi, 2016).

Redox reaksiyon bazlı zaman sıcaklık göstergesi; Redox reaksiyon bazlı TTI, redoks reaksiyonu veya ışığın indüklediği redoks reaksiyonu yoluyla renk değişikliğini göstermektedir. Sistem havadaki oksijenle reaksiyona girmektedir. Reaksiyon hızı, doğrudan zaman ve sıcaklık birikimi ile ilişkili olup, redoks reaksiyonuna dayalı TTI, toksik maddeler, yani antrakinonlar içermektedir. Ayrıca, ortamdaki oksijen redoks reaksiyonunu etkileyeceğinden ve kesin bir gösterge olamadığından ticari olarak kullanılmamaktadır (Wang vd., 2015).

2.1.1.2. Fiziksel zaman-sıcaklık indikatörü

Farklı çalışma prensiplerine dayalı olarak fiziksel TTI; difüzyon bazlı TTI, nanopartikül bazlı TTI, elektronik TTI vb. olarak ayrılabilirler. Yeni teknolojilerin ve malzemelerin gelişmesiyle birlikte, fiziksel özelliklerin renk değiştirmesine dayalı yeni TTI sistemleri geliştirilmektedir. Aşağıda piyasada bulunan bazı ticari TTI örneklerine yer verilmiştir;

Difüzyon tabanlı zaman sıcaklık göstergesi olarak ticarileştirilen monitör Mark™ TTI (3M Company, Minnesota, ABD), tipik bir difüzyon bazlı TTI sistemidir. TTI, renkli bir yağ asidi esterinin yüksek kaliteli kurutma kağıdından yapılmış gözenekli bir fitil boyunca maviye boyanmış bir yağ asidi esteriyile sıcaklığa bağlı difüzyon reaksiyonuna dayanmaktadır. Ölçülebilir yanıtı ise difüzyon mesafesi ile ilgili olup sıcaklık ne kadar yüksekse, difüzyon da o kadar hızlı yayılmaktadır (Wang vd., 2015; Manjunath, 2018). Sistem ile ürünün maksimum depolama sıcaklığını aştığı gün sayısını veya saati göstermektedir (Ghaani vd., 2016).

Tempix şirketi tarafından sunulan Tempix TTI, belirli bir maddenin morfolojik değişimine dayanan başka bir tür ticari fiziksel TTI'dır. Tempix göstergesindeki siyah kontrol çubuğu görüldüğünde, müşteri ürünün soğuk zincirde doğru sıcaklıkta taşındığından ve saklandığından emin olabilmektedir (Şekil 1) (Wang vd., 2015; Drago vd., 2020; Soltani-Firouz vd., 2021).



Şekil 1. Tempix ürününün etiketindeki uygulaması (Anonim, 2021)

Nanoparçacık tabanlı TTI; son yıllarda yapılan çalışmalarda termokromik özelliğe sahip nanomalzemeler TTI'larda uygulanmasını içermektedir. TTI'nin termokromik malzemesi olarak Ag nanoplakalar kullanılmaktadır; Ag nanopartikülünün, ısı emildiğinde, yüzey morfolojisi değişir, bu da dalga sayılarının görünür bir bölgeye kaymasına neden olur (Wang vd., 2015).

Elektronik zaman sıcaklık göstergesi sıcaklık sinyallerini elektrik sinyallerine dönüştüren ve daha sonra elektrik sinyallerini nihai bir görsel çıktıya dönüştüren bir termal sensör ile uyarı görevi üstlenen TTI sistemidir (Wang vd., 2015).

2.1.1.3. Enzimatik zaman-sıcaklık indikatörü

Enzimatik TTI, enzimin substrat ile renk değişimine neden olan hidroliz reaksiyonuna dayanmaktadır. Reaksiyonun kapsamı, zaman ve sıcaklık tarafından belirlenir, bu nedenle renk değişimi zaman ve sıcaklığın kümülatif etkisini ortaya çıkarabilmektedir. Buna göre ürünlerin kalan raf ömürleri dinamik olarak görüntülenebilmektedir (Wang vd., 2015). Enzimatik TTI'lar, diğer sistemler ile karşılaştırıldığında, düşük maliyet, istikrarlı performans ve kolay kontrol gibi birçok avantaja sahiptirler (Jaiswal vd., 2018). Aşağıda piyasada bulunan bazı ticari TTI örneklerine yer verilmiştir;

CheckPoint®/VITSAB (Vitsab, Malmö, İsveç), asit-baz reaksiyonu bazlı ticari bir enzimatik TTI'dır. VITSAB TTI, lipaz enzimine dayalı ilk ticari TTI'dır (Jaiswal vd., 2018). Çalışma prensibi, lipit substratın kontrollü koşullarda lipaz tarafından hidrolize edilmesi ve bunun da pH'ın düşmesi esasına dayanmaktadır (Manjunath, 2018). Sonuç olarak, pH indikatörünün rengi değişmektedir. Sıcaklık ne kadar yüksek olursa, lipit substratın hidroliz hızı o kadar hızlı olmaktadır. Sürekli renk değişimi de ölçülebilmekte ve böylece renk değişimi gözlemlenerek ürün kalitesi tahmin edilebilmektedir (Taoukis, 2008; Tsironi vd., 2008; Kuswandi vd., 2011).

2.1.1.4. Biyolojik zaman-sıcaklık indikatörü

Mayalar ve laktik asit bakterileri son zamanlarda biyolojik TTI sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Maya bazlı zaman sıcaklık göstergesi; Belirli koşullarda, özellikle belirli sıcaklıkta asit üretmek için mayanın anaerobik solunumu sonucunda pH indikatörünün renk değişikliğine dayanan biyolojik bir TTI sistemidir. TTI, reaktan yüzeydeki aktivatör ile temas ettiğinde aktif hale gelmektedir. TTI, asit üretiminden sorumlu olan mayanın aerobik solunumuna dayandığından, sistemdeki glikoz ve oksijen miktarı sıkı bir şekilde ayarlanmalıdır (Varlet-Grancher, 2006; Wang vd., 2015). *Lactobacillus* bazlı TTI'ler, belirli koşullar altında pH'ı değiştirmek için laktik asit bakterileri tarafından üretilen laktik asit üretimi ve mikrobiyal gelişme sonucunda oluşan laktik asit kaynaklı pH değişikliğine dayanmaktadır. Bu da zaman ve sıcaklığın birikim etkisini belirtmek için renk değişimine yol açmaktadır (Lu vd., 2013). Genel bir mikrobiyal temelli TTI sistemlere örnek olarak Traceo[®], Traceo Resrauration[®] ve eO[®] Gentilly sistemleri verilebilmektedir (Choi vd., 2014).

EO[®] TTI (CRYOLOG, Gentilly, Fransa), uygun pH göstergeleri aracılığıyla renk değişimiyle ifade edilen, kontrollü mikrobiyal büyüme seçilmiş laktik asit bakteri suşlarının neden olduğu zaman-sıcaklığa bağlı bir pH değişikliğine dayanmaktadır (Pavelková, 2013).

Mevcut zaman sıcaklık gösterge sistemleri, özelliklerine göre güvenilir ve tekrarlanabilir cevaplar sağlamaktadır. Zaman-sıcaklık göstergeleri, zaman geçmişinde biriken ürün sıcaklıkları hakkında görsel bir özet sağlar ve zamanın ve sıcaklığın etkilerini kaydetmektedir (Ellouze ve Augustin, 2010; Manjunath, 2018). Piyasada farklı özelliklere sahip olan bazı ticari zaman-sıcaklık indikatörleri (TTI) ise; OnVu[™], OnVu Ice, Monitor Mark[™], WarmMark, CheckPoint, ColdSNAP, Fresh-Check[®], VarioSens[®], Log-ic[®], ThermRF, ShockWatch, Coldmark ve HeatWatch'tir (Pereira de Abreu vd., 2012; Pavelková, 2013). 9860A-H, 9861A ve 9864C kategorilerini içeren Monitor Mark[™] TTI'lar geniş zaman ve sıcaklık aralıklarında mevcut olup, çabuk bozulan yiyecekler, aşular, kan ve diğerleri için soğuk zincir lojistiğini izlemek için kullanılabilir (3M Food Safety, 3M[™] Monitor Mark[™]) (Kuswandi vd., 2011; Pavelková, 2013).

2.1.2. Tazelik ve/veya olgunluk indikatörleri

Gıda kalite göstergeleri olarak da adlandırılan tazelik sensörleri, tazelik ve güvenlikte değişiklikler meydana getiren biyokimyasal süreçlerin veya mikrobiyal büyümenin ürünlerini doğrudan izlemektedir. Sıcaklık kontrollü tedarik zincirinin kesintiye uğraması (örn. Soğuk zincir) veya ambalaj bütünlüğünde fark edilemeyen

bozulma durumunda şüpheli olabilecek gıda ürünlerinin gerçek durumunun izlenmesine izin vermektedir. Tazelik göstergeleri, belirtilen son kullanma tarihine rağmen tüketiciyi gıda bozulmasına karşı uyarabilmektedir. Tazelik göstergeleri, gıda ürünündeki kimyasal değişikliklere veya hedef mikroorganizmalar ve bunların gıda bozulmasına neden olan metabolitleri (karbon dioksit ve kükürt, amonyak, uçucu nitrojen bileşikler, biyojenik aminler, hidrojen sülfür, diasetil, etanol veya organik asitler, enzimler ve toksinler) ve kimyasal reaksiyonlara (lipit oksidasyonun) dayalı olarak ürün kalitesi (tazelik) hakkında bilgiler vermektedirler. Bu bozulma bileşenler ile temas halinde olabilmesi için tazelik göstergelerinin ambalajın içerisine yerleştirilmesi gerekir. Gösterge sistemine bağlı olarak, bu bilgiler farklı yöntemlerle tespit edilebilir (Lee vd., 2019; Muller ve Schmid, 2019). Özellikle renk bazlı pH duyarlılık göstergeleri, paketlenmiş balık, karides, broyler tavuk tazelik için mikrobiyal metabolitlerin belirlenmesi açısından umut verici akıllı ambalajlama olarak bildirilmektedir (Kuswandi vd., 2011; Kalpana vd., 2019; Lee vd., 2019). Bu göstergeler, et ve su ürünleri bozulduğunda oluşan uçucu aminlerin neden olduğu tepe boşluğunun pH'ındaki artış nedeniyle asitten bazik forma dönüştürülen bromokresol yeşili, kurkumin, bromokresol moru doğal boyalardır (Ezati vd., 2019; Moradi vd., 2019). Depolamada özellikle et ürünlerindeki hidrojen sülfür veya n-bütirat, L-laktik, D-laktat ve asetik asit gibi organik asitlerin konsantrasyonundaki artışlar ile meyveler ve sebzelerde gözlenen metabolit oluşumu, pH değişimi, mikrobiyal metabolitlerin ve olgunluğun göstergeleri uygun indikatörleri olarak bu sistemlerde kullanılmaktadır (Pereira de Abreu vd., 2012; Ghaani vd., 2016; Janjarasskul ve Suppakul, 2018). Gıda proteinlerinin mikrobiyal bozunmasının bir diğer göstergesi ise uçucu bazik nitrojendir. Trimetilamin (TMA), amonyak (NH₃) ve dimetilamin (DMA) gibi volatil aminler toplam uçucu bazik nitrojen bileşiklerini (TVB-N) içermektedir. Bu nedenle, pH'a duyarlı boyalar et, balık ve kümes hayvanlarında temel uçucu aminlerin tespiti için sensörler geliştirmek için kullanılabilir. Ana hedef ise, metabolit olarak CO₂ kullanan, pH boyalarına dayalı birkaç tazelik göstergesi konsepti geliştirmek olup, pH boyası bromotimol mavisinin mikrobiyal büyüme yoluyla CO₂ oluşumunun bir göstergesi iyi bir örnektir (Kalpana vd., 2019; Lee vd., 2019).

Tazelik indikatörleri başlıcaları ise pH'a duyarlı indikatörler, uçucu azot bileşiklerine duyarlı indikatörler, hidrojen sülfite duyarlı indikatörler ve

çeşitli mikrobiyal metabolitlere duyarlı indikatörlerdir. Tazelik ve/veya olgunlaşma göstergeleri FreshTags®, Timestrip®, RipeSense® ve SensorQ™ şeklindedir. Aşağıda piyasada bulunan bazı ticari TTI örneklerine yer verilmiştir;

FreshTag®, karides, kabuklu deniz ürünleri ve beyaz etlerin depolama sırasında üretilen uçucu aminleri gazların reaktifle temas etmesine izin vermektedir, bu ise etiketteki fitilin parlak pembe renge dönüşmesine ve görsel olarak tazelik tazelikliğini izlemek için kullanılmaktadır (Ellouze ve Augustin, 2010).

SensorQ™ özellikle sığır ve kümes hayvanları için tasarlanmış ve ambalajın içindeki gazlarda, özellikle sülfid gazında mikrobiyel büyüme ile artışa dayanmaktadır (Fuertes vd., 2016).

Olgun indikatörü; Auckland Plant ve Food Research tarafından geliştirilen gıdaların kalitesini gösterebilen başka bir akıllı indikatördür. Olgunluk göstergeleri, meyve olgunlaşması, meyvelerin daha yenilebilir olmalarına neden olan bir süreçtir. Olgunlaşma sürecinde klorofil kaybı; karotenoid ve antosiyanin üretimi, nişastanın şekere dönüştürülmesi; organik asitler, proteinler ve yağlardaki değişiklikler; aroma gelişimi, etilen üretimi ve tanenlerin ve fungistatik bileşiklerin azaltılması gibi meydana gelmektedir. Bazı meyvelerde, renkteki değişiklikler, tüketicilerin meyvelerin olgunlaşmış ve yenmeye durumu bilgisi verirken (örneğin kayısı, muz ve çilek gibi), bazıları ise açık olgunlaşma belirtileri göstermemektedir. İndikatörler, meyvelerin olgunlaştıkça verdikleri aroma esterleri tespit ederek renk değiştirirler. Fenol kırmızısı başlangıçta kırmızı renkte (pH 8,4) yavaş yavaş turuncu-kırmızı, turuncu ve en son olarak asidik formda ise sarı renke (pH 6,8) dönüşmektedir (Janjarasskul ve Suppakul, 2018).

RipeSense® meyvelerin olgunlaşmasını derecesini kolorimetrik olarak gösterebilen bir indikatördür. Bu sensör, meyvenin olgunlaşırken karakteristik ürettiği aroma ve aromatik bileşikler belirlenip, reaksiyona girmesine ve renk değiştirmesine dayanmaktadır. İndikatörün başlangıç rengi kırmızıdır (gevrek meyveyi gösterir) ancak yavaş yavaş turuncuya (sert) ve son olarak sarıya dönmektedir (meyvelerin tamamen olgunlaşmış ve en sulu noktada olduğu). İndikatörün rengini meyve olgunlaşma derecesi ile eşleştirerek, müşteriler meyveyi sırasıyla “çıtır/kıtır”, “sert” ve “sulu” olarak doğru bir şekilde tanımlanabilmektedir. Bu teknoloji, armut, kivi, kavun, mango, avokado ve çekirdekli meyve gibi meyvelere uygulanmaktadır (Pereira de Abreu vd., 2012; Ghaani vd., 2016).

3. Sensörler

Sensörler, akıllı ambalajlama sistemleri içerisinde yenilikçi ve en umut verici teknolojisi olarak kabul edilmektedir. Sensör sayesinde, fiziksel veya kimyasalların özelliği veya kimyasalların konsantrasyonunu tespit edebilmektedir (Ghaani vd., 2016; Janjarasskul ve Suppakul, 2018). Aşağıda belirtildiği şekilde farklı parametreleri araştıran farklı tipte sensörler vardır.

3.1. Gaz sensörleri

Bu sensörlerle CO₂ veya H₂S gibi belirli gazların konsantrasyonu izlenerek bozulmanın ilerlemesi belirlenmektedir (Ghaani vd., 2016; Janjarasskul ve Suppakul, 2018).

3.1.1. Biyosensörler

Biyolojik reaksiyonların algılanması, kaydedilmesi ve iletilmesini sağlayan kompakt cihazlardır. Kimyasal biyosensörler ve sensörler arasındaki temel fark tanıma katmanında yatmaktadır. Kimyasal sensörlerde reseptör kimyasal bir bileşik iken, biyosensörlerin tanıma katmanı enzimler, antikorlar, hormonlar, antijenler, fajlar ve nükleik asitler gibi biyolojik malzemelerdir ve biyolojik malzemelerden yapılmış bir reseptöre sahiptirler (Pereira de Abreu vd., 2012; Ghaani vd., 2016).

Toksin Guard™, Monoklonal antikorları içeren biyokimyasal sensörlerden oluşan tazelik bozulması indikatörüdür. Salmonella spp., Campylobacter spp., Listeria spp. ve *Escherichia coli* bakteriler ile pestisitler gibi kimyasallar ve genetik modifikasyon markerleri gibi diğer patojenleri saptayabilmektedir (Sonuç görsel bir sinyal ile gösterilir) (Pereira de Abreu vd., 2012).

Diğer akıllı ambalajlama sistemleri; Sözü edilen sistemlere kıyasla daha az uygulama alanı bulan akıllı cihazlar arasında “termokromik mürekkep” sistemler ve “doneness=iyi pişmiş” göstergeleri bulunmaktadır. Bazı durumlarda, renk değişikliğine eş zamanlı olarak “kullanır-içilmeye hazır” gibi kısa bir mesaj görüntülenmektedir.

4. Veri taşıyıcılar (İzlenebilirlik cihazları)

Dağıtım zincirinde ürünlerin takibini, daha fazla bilginin kayıt altında alınmasını ve istenildiği zamanda ulaşılmasına imkân sağlayan bir teknolojidir. Gıda endüstrilerinin küreselleşmesi ile izlenebilirlik önemli ölçüde artmıştır. Bu nedenle güvenilir bir tanımlama ve izleme sistemine duyulan ihtiyaç, tüketiciye ulaşan gıdaların güvenliğini ve kalitesini sağlamak için gereklidir. Gıda izlenebilirliği, tedarik zinciri optimizasyonu, ürün güvenliği, tüketici güveni ve daha fazla pazara erişim gibi birçok avantaj

sağlamaktadır. İzlenebilirlik, tedarik zinciri içinde bir şeyler ters gittiğinde ürün geri çağırma gibi düzeltici eylemlerin hızlı ve etkili bir şekilde uygulanmasına imkân sağlamaktadır. Bu teknolojiler Barkot ve RFID (Radyo frekans tanımlanması) sistemleridir (Anaza vd., 2016).

4.1. Barkod

Barkod; farklı kalınlıktaki dik çizgiler ve boşluklardan oluşan, verilerin otomatik olarak hatasız biçimde başka bir ortama aktarılması için kullanılan bir yöntemdir. Kodlanan bilgiler, bilgilerin depolandığı ve işlendiği bir sisteme ileten optik bir barkod tarayıcı tarafından okunmaktadır. Barkod sistemleri perakende sektörü için bir gerekliliktir; envanter doğruluğunu artırmaya, zamandan tasarruf etmede, ucuz, kullanımı kolay ve stok kontrolü, stok kaydı yanında ödeme işlemlerini de kolaylaştırmaktadır. Barkodlarda iki genel barkod sınıfı vardır: bir boyutlu (1D veya doğrusal) ve iki boyutlu (2D) sistemlerdir. 1D ve 2D barkod tarama arasındaki temel fark, her birinde depolanabilen verilerin düzenine ve miktarına dayanmaktadır, ancak her ikisi de çeşitli otomatik tanımlama uygulamalarında etkili bir şekilde kullanılabilir. Tipine bağlı olarak farklı depolama kapasiteleri vardır (Şekil 2) (Ghaani vd., 2016).

Barkod sisteminin faydaları:

- **Doğruluk:** Kullanıcı hatalarını ortadan kaldırarak bilgiyi doğru, güvenli ve detaylı alınmasını sağlamaktadır.
- **Hız:** İstenen bilgileri çok hızlı ve doğru bir şekilde toplayarak, hızlı işlemekte ve iletmektedir.
- **Maliyet:** Doğruluğun ve veri giriş hızının artmasıyla işçilik maliyeti düştüğünden daha ekonomiktir.
- **Kullanışlılık:** Çok kolaydır. Hangi ürün ne kadar satıldığı, stokta eksikleri ve verilecek siparişleri hızlı cevap bulmaktadır.



Şekil 2. Bazı Barkod Uygulamaları (Anonim, 2021)

4.1.1. Tek boyutlu barkod çeşitleri

Barkod, 13 basamaklı veriyi temsil edecek şekilde düzenlenmiş paralel boşlukların ve çubuklardan oluşan bir modelidir. Çubukların ve boşlukların farklı düzenlenmesi, verilerin kodlanmasına neden olmaktadır. Kodlanan bilgiler, bilgilerin depolandıkları ve işlendikleri bir sisteme ileten optik bir barkod tarayıcısı tarafından okunmaktadır. Temel çalışma prensibi, lazer ışının sembolün üzerinde hareket ederken, koyu çubukları ve açık alanları taramak için harcadığı göreceli süreyi ölçmektedir.

1D barkod türleri: İlk olarak UPC (Uniform Product Code), daha sonra ise EAN geliştirilmiştir. UPCa, UPCe EAN8, EAN13, Kod 128, Kod 39, Interleaved 2/5, Databar, USPS ve IMB gibi değişik çeşitleri bulunmaktadır.

EAN barkodun UPC numaralandırma sisteminden üretilmiş ve genellikle Avrupa'da kullanılan bir numaralandırma sistemidir. Başlangıçta Avrupa ülkelerinde mal numaramla birliğini amaçlamış ve üye her ülkeye iki haneli numara tahsis edilmiştir. Ancak, hızla geliştiğinden, Kuzey Amerika'da kullanılan UPC (Uniform Product Code) ile uyumlu hale getirilerek kullanımı Avrupa sınırlarını aşmıştır. EAN, Belçika yasalarına göre kurulmuş olup, kazanç amacı bulunmamaktadır. Birliğe, Türkiye de dahil olmak üzere toplam 78 ülke üyedir. UPC/EAN, sadece nümerik olup, karakterler arasındaki boşluklar da bilgi içerdiğinden, sürekli bir koddur. EAN-13 ve EAN-8 olarak 2 türü bulunmaktadır (Peker ve Caner, 2006).

4.1.2. İki boyutlu barkod çeşitleri

İki boyutlu (2D) barkodlar, barlar ve boşluklar yerine, bir dizi veya matriste düzenlenmiş nokta ve boşlukları birleştirerek daha fazla bellek kapasitesi (ambalaj tarihi, parti numarası, ambalaj ağırlığı, besin bilgileri veya hazırlama talimatları vb.) sunmaktadır. 2D barkod yalnızca alfa sayısal bilgilerin yanı sıra, resimler, web sitesi adresleri, ses ve diğer ikili veri türlerini de içerebilmektedir. Yapıları nedeniyle, 2D barkodlar fiziksel olarak daha küçük görünmesine rağmen 1D kodlarından (2000 karaktere kadar) daha fazla veri (karakterleri kodlar) tutabilmektedir. Veriler desenin hem dikey hem de yatay düzenine göre kodlanarak böylece iki boyutta okunabilmektedir. Tek boyutlu barkodlar genellikle örnek numarası gibi yalnızca bir veri parçasını izlemektedir. İki boyutlu barkodlar, örnek kimliği, müşteri kimliği, lot numaraları ve daha fazlası dahil olmak üzere daha fazla veri kodladığından perakendeciler ve tüketiciler için büyük kolaylık sağlamaktadır. Her iki tip de

belirlenen bir mesafeden bir optik 2D barkod tarayıcı kullanılarak (barkod tarayıcı veya akıllı telefon kamerası) okunmaktadır. 2D barkodlara örnek olarak QR (hızlı yanıt) kodları verilebilmektedir. 2D barkod tarayıcılar 3 metreden daha uzak mesafeden okuyabilmektedir. 2D barkod sembolojisi çoğunlukla lojistik uygulamalar (özellikle otomotiv endüstrisinde), nakliye sistemleri (nakliye etiketleri vb.), tanımlama ve belge yönetimi (sürücü lisansları, pasaportlar vb.) alanlarında kullanılmaktadır (Anonim, 2022).

2D barkod türleri: QR Code, Data Matrix, PDF417, Aztek ve MaxiCode gibi 2D barkodlar verileri kodlamak için kareler, altıgenler, noktalar ve diğer şekil desenlerini kullanılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. 2D Barkod türlerinden karekoda ait bazı uygulamaları (Anonim, 2021)

4.2. Radyo frekansı ile tanımlama (RFID)

Radyo Frekansı Tanımlama (RFID), fiziksel olarak yerleştirilmiş elektronik etiketin radyo frekansları kullanarak bir okuyucu sayesinde nesnelere otomatik olarak tanımlama yöntemidir. Tipik bir RFID sistemi, RFID etiketleri (elektronik mikroçipin), okuyucu anten (radyo sinyallerini), RFID okuyucu (alıcı-verici) ve yazılım sistemi (yerel ağ, web sunucusu vb.) bulduran ana bilgisayar (veri tabanı, uygulama yazılımı) olmak üzere dört temel bileşenden oluşur (Ghaani vd., 2016).

RFID etiketi, radyo dalgalarını kullanarak algılama, tanımlama ve izlenebilirlik amacıyla bir nesneye yerleştirilir. RFID okuyucu, RFID cihazlarından/etiketlerinden bilgileri okuyan ve bilgileri veri tabanına aktarmak için ağa bağlanan RFID sistemindeki önemli donanım bileşenlerinden biridir. Okuma aşaması çok hızlı ve otomatiktir. Yazılım, RFID okuyucuyu kontrol eder, taramayı başlatır ve etiketlerden bilgi alır ve bilgileri yerel bir bilgisayara depolar veya bulut depolamaya göndermektedir (Anonim, 2022).

RFID teknolojisinin iki farklı özelliği ise; etikette saklanabilen kodun ve uzun mesafelere bile bilgi aktarma ve iletişim kurarak otomatik ürün tanımlanabilmesi ve izlenebilirlik özelliğine sahip olmasıdır (Saleem vd., 2012). RFID teknolojisi

etiketler Aktif RFID etiketleri ve Pasif RFID etiketleri olarak iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Aktif RFID, güç kaynağı olarak bir pil içeren ve aktif bir vericiden oluşan gerçek aktif olan etiketlerdir. Pasif RFID ise etiketleri ise okuyucu birimi tarafından güç verildiğinden ve daha yüksek güç gerektiren dahili pil güç kaynağına sahip olmayan etiketlerdir. Pasif etiketler bir pil içermediğinden ve bir yanıt oluşturmak için okuyucu sinyaline veya geri saçılmaya bağlı olduğundan, okuma aralıkları aktif bir RFID etiketi kadar güçlü değildir; okuma mesafesi 10 metreden fazla değildir. RFID sistemlerinde frekanslar dört kısımda incelenmektedir: düşük frekanslar (125-134 kHz), yüksek frekanslar (13.553-13.567 MHz), ultra yüksek frekanslar-UHF (400-1000 MHz) ve mikrodalga frekanslar ise (2.45 GHz). Okuma uzaklığı frekansın artmasıyla artmaktadır. Düşük frekanslar genellikle kartlı sistemlerde giriş kontrolünü sağlamak için, yüksek frekanslar yolcu çantalarının taşınmasında kullanılmaktadır. Okuma ve takip aralığı yüksek olduğundan, UHF en fazla kullanılan tekniktir. Gelişmiş RFID sistemi (2.45 GHz süper yüksek frekans aktif etiketler) mikrodalga frekanslar ise genellikle demiryollarının izlenmesinde kullanılmaktadır (Bibi vd., 2017).

RFID'nin "barkodlar" üzerindeki ana avantajları, uzaktan kontrole izin vermeleri, farklı bilgileri (menşei, proses parametreleri, ticari bilgiler vb.) depolamaları ve aynı anda birden çok öğenin izlenmesine izin vererek ürünün benzersiz bir şekilde tanımlanmasıdır. Bugün gelişerek büyüyen RFID sistemi üretim faaliyetleri ve tedarik zincirlerinde maliyet, üretim süresi gibi önemli kriterler açısından tercih edilen bir teknoloji olmuştur. RFID sistemlerinin kullanımı gıda kalitesini etkileyen iki ana faktör depolama süresi ve sıcaklığın izlenebilmesi ve gıda tedarik zincirinin takibi için önem arz etmektedir. RFID etiketi ile ürün arasındaki iletişim kolay olup, katı gıdalarda daha kolay uygulanma alanı bulmakta, sıvı gıdalarda ise genellikle ambalajların yüzeylerinde kullanılmaktadır (Saleem vd., 2012).

5. Sonuç

Akıllı ambalajlama sistemi, bilgi sağlama, raf ömrünü uzatma, gıda kalitesini iyileştirme ve güvenliği artırma avantajlarına sahiptir. Tüketiciler bütünlük, tazelik ve özgünlük beklerken; işletmeciler, distribütörler ve perakendeciler, yüklenme ve stok rotasyonunu kolaylaştırmak ve pazarlamayı geliştirmek için akıllı ambalajlama kullanılmaktadır. Yeni nesil akıllı ambalajlama sürekli büyüyen gıda tedarik zincirinin taleplerini karşılamak için daha yüksek bir kalite güvencesi

sunacak ve raf ömrünün en üst düzeye çıkarılmasını sağlayacaktır. Günümüzde akıllı ambalajlama esas olarak ilaç ve kozmetik endüstrilerinde kullanılarak daha yüksek seviyede ürün güvenliği sağlamaktadırlar. Gıda sektöründe, TTI sıcaklık dalgalanmaları izlenmesinde kullanılmakta; barkodlar ve RFID ise daha iyi izlenebilirlik sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, akıllı ambalaj teknolojilerinin çoğu, esas olarak bu tür entegre sistemlerin geliştirilmesi ve üretilmesinin yüksek üretim maliyeti ve uluslararası standart düzenlemelerin olmaması nedeniyle ticari uygulamaları hala sınırlıdır.

Son yıllarda bu konuda Web of Science (WOS) veri tabanı üzerinde yapılan taramada; hakemli özgün bilimsel makaleler 1541 adet, bilimsel derlemeler 240 adet, kitap bölümleri 57 adet ve bilimsel konferans bildirilerde ise 1029 adet çalışmaya konu olmuştur. Ayrıca bu çalışmalara 46000'den fazla atıf (h-endeksi:98) yapılmış olması konunun güncelliği hakkında bilgi vermektedir. Akıllı sistemler gıda ambalajları ile entegre edildiğinde, tüketicileri gıda maddelerinin kalitesi hakkında bilgilendirebilir ve sadece ürün kalitesini ve raf ömrünü artırmakla kalmayarak taze gıda israfını daha da azaltabilir.

6. Kaynaklar

Anaza, S.O., Abdulazeez, M.S., Anugboba, I., Anako, S.I., ve Abdullahi, K.U. (2016). A review of radio frequency identification (RFID) system. *International Journal of Electrical and Electronics Research* 4(4), 79-86.

Anonim, 2021. The indicator. <https://www.tempix.com/the-indicator>. (Erişim tarihi: 01.09.2021).

Anonim, 2022. Components of RFID technology and applications. <https://www.rfpage.com/components-of-rfid-technology-and-applications/> (Erişim tarihi: 15.04.2022).

Bhargava, N., Sharanagat, V.S., Mor, R.S., ve Kumar, K. (2020). Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review. *Trends in Food Science & Technology* 105, 385-401.

Bibi, F., Guillaume, C., Gontard, N., ve Sorli, B. (2017). A review: Rfid technology having sensing aptitudes for food industry and their contribution to tracking and monitoring of

food products. *Trends in Food Science & Technology* 62, 91-103.

Biji, K.B., Ravishankar, C.N., Mohan, C.O., ve Srinivasa Gopal, T.K. (2015). Smart packaging systems for food applications: A review. *Journal of Food Science and Technology* 52(10), 6125-6135.

Brizio, A.P.D.R., ve Prentice, C. (2015a). Development of Aa new time temperature indicator for enzymatic validation of pasteurization of meat products. *Journal of Food Science*, 80(6), M1271-1276.

Brizio, A.P.D.R., ve Prentice, C. (2015b). Development of an intelligent enzyme indicator for dynamic monitoring of the shelf-life of food products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 30, 208-217.

Chen, S., Brahma, S., Mackay, J., Cao, C., ve Aliakbarian, B. (2020). The role of smart packaging system in food supply chain. *Journal of Food Science* 85(3), 517-525.

Choi, D.Y., Jung, S.W., Kim, T.J., ve Lee, S.J. (2014). A prototype of time temperature integrator (TTI) with microbeads-entrapped microorganisms maintained at a constant concentration. *Journal of Food Engineering* 120, 118-123.

Chowdhury, E.U., ve Morey, A. (2019). Intelligent packaging for poultry industry. *Journal of Applied Poultry Research* 28(4), 791-800.

Coma, V. (2008). Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. *Meat Science* 78(1-2), 90-103.

Drago, E., Campardelli, R., Pettinato, M., ve Perego, P. (2020). Innovations in smart packaging concepts for food: An extensive review. *Foods* 9(11).

Ellouze, M., ve Augustin, J.C. (2010). Applicability of biological time temperature integrators as quality and safety indicators for meat products. *International Journal of Food Microbiology* 138(1-2), 119-129.

Ezati, P., Tajik, H., Moradi, M., ve Molaei, R. (2019). Intelligent ph-sensitive indicator based on starch-cellulose and alizarin dye to track freshness of rainbow trout fillet. *International*

Journal of Biological Macromolecules 132, 157-165.

Fuertes, G., Soto, I., Carrasco, R., Vargas, M., Sabattin, J., ve Lagos, C. (2016). Intelligent packaging systems: Sensors and nanosensors to monitor food quality and safety. *Journal of Sensors* 1-8.

Ghaani, M., Cozzolino, C.A., Castelli, G., ve Farris, S. (2016). An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology* 51, 1-11.

Ghoshal, G. (2018). Recent trends in active, smart, and intelligent packaging for food products. In: *Food packaging and preservation* Grumezescu, A.M. and Holban, A.M. (Eds.), Academic Press, pp. 343-374.

Han, J.W., Ruiz-Garcia, L., Qian, J.P., ve Yang, X.T. (2018). Food packaging: A comprehensive review and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17(4), 860-877.

Jaiswal, R.K., Mendiratta, S.K., Talukder, S., Soni, A., ve Saini, B.L. (2018). Enzymatic time temperature indicators: A review. *The Pharma Innovation Journal* 7(10), 643-647.

Janjarasskul, T., ve Suppakul, P. (2018). Active and intelligent packaging: The indication of quality and safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 58(5), 808-831.

Kalpana, S., Priyadarshini, S.R., Maria Leena, M., Moses, J.A., ve Anandharamakrishnan, C. (2019). Intelligent packaging: Trends and applications in food systems. *Trends in Food Science & Technology* 93, 145-157.

Kaur, S., ve Puri, D. (2017). Active and intelligent packaging: A boon to food packaging. *International Journal of Food Science and Nutrition* 2, 15-18.

Kreyenschmidt, J., Christiansen, H., Hübner, A., Raab, V., ve Petersen, B. (2010). A novel photochromic time-temperature indicator to support cold chain management. *International Journal of Food Science & Technology* 45(2), 208-215.

Kuswandi, B., Wicaksono, Y., Jayus, Abdullah, A., Heng, L.Y., ve Ahmad, M. (2011). Smart packaging: Sensors for monitoring of food quality and safety. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety* 5(3-4), 137-146.

Lee, E.S., Park, S.Y., ve Ha, S.D. (2019). Application of combined uv-c light and ethanol treatment for the reduction of pathogenic escherichia coli and bacillus cereus on gwamegi (semidried pacific saury). *Journal of Food Safety*, 1-9.

Lu, L., Zheng, W., Lv, Z., ve Tang, Y. (2013). Development and application of time-temperature indicators used on food during the cold chain logistics. *Packaging Technology and Science* 26, 80-90.

Manjunath, B.J. (2018). Time temperature indicators for monitoring environment parameters during transport and storage of perishables: A review. *Environment Conservation Journal* 19(3), 101-106.

Maqsoudlou, A., Sadeghi Mahoonak, A., Mora, L., Mohebodini, H., Ghorbani, M., ve Toldrá, F. (2019). Controlled enzymatic hydrolysis of pollen protein as promising tool for production of potential bioactive peptides. *Journal of Food Biochemistry*, e12819.

Mendoza, T.F., Welt, B.A., Otwell, S., Teixeira, A.A., Kristonsson, H., ve Balaban, M.O. (2004). Kinetic parameter estimation of time-temperature integrators intended for use with packaged fresh seafood. *Journal of Food Science* 69, FMS90-96.

Moradi, M., Tajik, H., Almasi, H., Forough, M., ve Ezati, P. (2019). A novel pH-sensing indicator based on bacterial cellulose nanofibers and black carrot anthocyanins for monitoring fish freshness. *Carbohydrate Polymers* 222, 115030.

Muller, P., ve Schmid, M. (2019). Intelligent packaging in the food sector: A brief overview. *Foods* 8(1).

Mustafa, F., ve Andreescu, S. (2018). Chemical and biological sensors for food-quality monitoring and smart packaging. *Foods* 7(10).

- Pavelková, A. (2013). Time temperature indicators as devices intelligent packaging. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 61(1), 245-251.
- Peker, Y., ve Caner, C. (2006). Gıdaların etiketlenmesi ve çizgi kod sistemi (barkod). *Akademik Gıda* 4(21), 37-41.
- Pereira de Abreu, D.A., Cruz, J.M., ve Paseiro Losada, P. (2012). Active and intelligent packaging for the food industry. *Food Reviews International* 28(2), 146-187.
- Pocças, M. (2001). Innovations in intelligent packaging technologies for perishable foods. In: *Novel processes and control technologies in the food industry*, Bozoglu, F., Deak, T. and Ray, B. (Eds.), NATO ScienceSeries, IOS Press, Netherlands.
- Prasad, P., ve Kochhar, A. (2014). Active packaging in food industry: A review. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* 8(III), 1-7.
- Realini, C.E., ve Marcos, B. (2014). Active and intelligent packaging systems for a modern society. *Meat Science* 98(3), 404-419.
- Rukchon, C., Nopwinyuwong, A., Trevanich, S., Jinkarn, T., ve Suppakul, P. (2014). Development of a food spoilage indicator for monitoring freshness of skinless chicken breast. *Talanta* 130, 547-554.
- Sadeghi, K., Lee, Y., ve Seo, J. (2019). Ethylene scavenging systems in packaging of fresh produce: A review. *Food Reviews International* 37(2), 155-176.
- Saleem, H., Khan, M.Z.A., ve Afzal, S. (2012). Review of various aspects of radio frequency identification (RFID) technology. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSRJCE)* 8(1), 01-06.
- Sharrock, K.R. (2012). Advances in freshness and safety indicators in food and beverage packaging. *Emerging food packaging technologies* (pp. 175-197).
- Soltani-Firouz, M., Mohi-Alden, K., ve Omid, M. (2021). A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. *Food Research International* 141, 110113.
- Taoukis, P., ve Tsironi, T. (2016). Smart packaging for monitoring and managing food and beverage shelf life. *The stability and shelf life of food* (pp. 141-168).
- Taoukis, P.S. (2008). Application of time-temperature integrators for monitoring and management of perishable product quality in the cold chain. *Smart packaging technologies for fast moving consumer goods* (pp. 61-74).
- Taoukis, P.S., ve Labuza, T.P. (2003). Time-temperature indicators (TTI). In: *Novel food packaging techniques*, Ahvenainen, R. (Ed.), Woodhead Publishing Limited, CRC Press LLC, Cambridge, UK, pp. 103-126
- Tsironi, T., Gogou, E., Velliou, E., ve Taoukis, P.S. (2008). Application and validation of the tti based chill chain management system smas (safety monitoring and assurance system) on shelf life optimization of vacuum packed chilled tuna. *International Journal of Food Microbiology* 128(1), 108-115.
- Varlet-Grancher, X., 2006. Time temperature indicator (TTI) system, Patent.
- Wang, L., Wu, Z., ve Cao, C. (2019). Technologies and fabrication of intelligent packaging for perishable products. *Applied Sciences* 9(22).
- Wang, S., Liu, X., Yang, M., Zhang, Y., Xiang, K., ve Tang, R. (2015). Review of time temperature indicators as quality monitors in food packaging. *Packaging Technology and Science* 28(10), 839-867.
- Wu, D., Wang, Y., Chen, J., Ye, X., Wu, Q., Liu, D., ve Ding, T. (2013). Preliminary study on time-temperature indicator (tti) system based on urease. *Food Control* 34(1), 230-234.
- Yam, K. L. (2012). Intelligent packaging to enhance food safety and quality. *Emerging food packaging technologies* (pp. 137-152).

GIDA VE YEM BİLİMİ-TEKNOLOJİSİ DERGİSİ

ETİK KURALLARI ve İNTİHAL KONTROLÜ

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

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

A- EDITÖRLER ve YAYIN KURULUNUN UYMASI GEREKEN ETİK KURALLAR

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

B-YAZARLARIN UYMASI GEREKEN ETİK KURALLAR

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

C-HAKEMLERİN UYMASI GEREKEN ETİK KURALLAR

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

2-Hakemler, yazarı ile aralarında rekabet, iş birliği veya başka türlü ilişki ya da bağlantılar bulunduğunu tespit ettiği 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. Dergide basılacak İngilizce makale sayısı toplam makale sayısının üçte birini geçemez.

Derleme makalelerde, en az %75'i son 10 yıla ait olmak üzere en az 50 kaynak olmalıdır.

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

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

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

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

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

Tüm aşamalardan geçmiş dergimizde yayınlanması uygun olarak değerlendirilmiş makaleler sisteme yükleniş tarihine göre yayınlanmak üzere sıraya konular. Hangi sayıda yayınlanacağı ile ilgili bilgi sorumlu yazara iletilir.

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

MAKALE GÖNDERİMİ

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

Makaledeki bilgilerin doğruluğunun sorumluluğu yazar(lar)a aittir.

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

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

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

Uygun bulunanlar, "Hakemlik Görev Yazısı Formu (BGA-FR-107)" doldurmuş olan o alandaki üç hakeme "Hakem Makale İnceleme Yazısı Formu (BGA-FR-106)" ile birlikte gönderilir (Öncelikle 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 Formu (BGA-FR-102)"nu doldurarak makale ile ilgili değerlendirmelerini editöre iletirler. Hakemlerin ve yazarların isimleri gizli tutulur ve raporlar beş yıl süreyle saklanır. Hakem raporlarından ikisi olumlu, diğeri olumsuz olduğu takdirde, yazı yayımlanır. Olumsuz görüş bildiren hakeme durum hakkında bilgi verilir. Yazarlar, hakemlerin görüş ve önerileri doğrultusunda düzeltmeleri yaparlar. Editör ve Yayın Kurulu gerektiği durumlarda yazıların yazım şekli üzerinde değişiklik yapabilir. Makalesi kabul edilen yazarlara "Makale Kabul Yazısı (BGA-FR-110)" bu makalede değerlendirme yapan hakemlere de "Hakem Makale Teşekkür Yazısı (BGA-FR-115)" gönderilir.

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

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

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

MAKALENİN HAZIRLANMASI

Dergiye başvuru sırasında gönderilecek makale, Microsoft Word yazılımıyla, A4 boyutundaki kağıdın tek yüzüne Times New Roman yazı tipi, 12 punto ve 2 satır aralıkla iki yana yaslanmış olarak yazılmalı; 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. Araştırma ve derleme makaleleri, 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: Başlık, İngilizce Başlık, Yazar İsimleri ve Adresleri ve ORCID ID, Özet, Türkçe Anahtar Kelimeler, Abstract, Keywords, Ana Metin (Giriş, Materyal ve Yöntem, Tartışma ve Sonuç), Teşekkür (gerekliyse) ve Kaynaklar ana başlıkları altında hazırlanmalıdır. Kısaltmalar metin içerisinde tanımlanmalıdır. Çalışma içerisinde geçen mikroorganizma isimleri ile Latince ifade ve isimler italik olarak yazılmalı ve kısaltmalarda uluslararası yazım kuralları göz önünde bulundurulmalıdır. İngilizce hazırlanacak makalelerde ana metin kısımları aynı başlıklardan oluşmalıdır.

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

Yazar İsimleri: Eserin yazar ya da yazarlarının adı ve soyadı başlığın hemen altında bir satır boşluktan sonra, ünvan belirtilmeden, 10 punto, yazarın isim ve soyadı baş harfleri büyük ve kelime koyu yazılmalıdır. Ünvan ve bağlı oldukları kurumlar yazar isimlerinin altında italik ve 8 punto olarak yazılmalıdır.

Özet/Abstract: Türkçede 250 İngilizcede 300 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır. Bölünmüş özet (Giriş, Materyal ve Yöntem, Tartışma ve Sonuç) olarak düzenleme yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler/Keywords: Özetlerin altına eser metnini ifade edebilecek en az 2 en çok 7 adet anahtar kelime belirtilmelidir.

Metin: Giriş, Materyal ve Yöntem, Tartışma ve Sonuç kısımlarından oluşur. Derlemelerde ise konuya uygun olarak bölümlendirme yapılabilir.

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 şekiller metin içinde atıf mutlaka yapılmalıdır. Metin içinde geçen veriler çizelge ve şekillerin tekrarı olmamalıdır. Çizelge ve şekillerin başlıkları içerikleriyle uyumlu ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller ve resimlerin yüksek çözünürlükte olmasına dikkat edilmelidir. Resimler (ve gerekiyorsa şekiller) *.jpg formatında metin içerisinde yer almalıdır. Çizelge ve şekillerde verilecek dipnotlar çizelge ve şekillerin altına 8 punto ve italik olarak yazılmalıdır. Tercihe bağlı olarak Türkçe araştırma makalelerinde çizelge/şekil başlığı ve varsa tüm dipnotlar çizelgede/şekilde yer alan Türkçe kelimelerin İngilizcesi de 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 yayımlandığı dergi isimleri kısaltma kullanılmadan ve italik olarak yazılmalıdır. Web adreslerine atıf yapılacağına (mümkün olduğunca Resmi web sayfalarına atıf yapılmalıdır) mutlaka ilgili web adresine erişim tarihi verilmelidir.

KAYNAKLAR:

Metin içinde yazar veya yazarlara yapılan atıf

Tek yazar:

Vurarak (2021) 'a göre

(Vurarak, 2021).

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,

ilk atıfta olduğu gibi atıf yapılır; eğer çok bilinen bir kurum ise, sonraki kullanımlarda kısaltması tercih edilir:

İlk atf: Association of Official Analytical Collaboration International’a (2021) göre

İkinci atf: AOAC’a (2021) göre

İlk atf: (Association of Official Analytical Collaboration International [AOAC], 2021)

İkinci atf: (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 sonnot kullanımı pek tercih edilmemektedir. Bundan dolayı mümkün olduğu kadar az dipnot kullanılmalıdır. Yalnızca çok elzem bir açıklayıcı not gerektiğinde dipnot kullanılmalıdır.

Önemli not:

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

Kaynak listesi:

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

Tek yazar:

Vurarak, Y. (2021). Semi-Mechanical Harvesting Method Effect on Oil Content and Fat Composition of Sesame. Gıda ve 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 Kansere Üzerine Etkisi. Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, (25), 1-14. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursagida/issue/60450/885980>

Üç ile yedi yazar arası:

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

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

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

Organizasyonun yazar olduğu durumlarda:

AOAC. (2021).

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

Çetin, T. (2019).

Çetin, T. (2020).

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

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

İç, E. ve Özçelik, F. (1999). Hıyar turşularının düşük tuzlu salamurada fermantasyonu üzerine bir araştırma. Gıda: 24 (2): 77-87. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği.

İç, E., Özçelik, F. ve Denli, Y. (1999). Hıyar Turşularının Depolanması Üzerine Kalsiyum Asetat ve Pastörizasyonun Etkisi. Gıda 24 (4): 243-250.

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

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

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

Bir yazarın aynı yıl yayımlanmış iki veya daha fazla çalışması varsa, (a, b, c) gibi harfler kullanılır:

Rice, W.E. (2017a). Alkalinity 2320 B, Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd Edition, ISBN: 9780875532875.

Rice, W.E. (2017b). Chloride 4500 CL, Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd edition, ISBN: 9780875532875.

Kitap: yazarı birden fazla olan ya da bilinmeyen durumlarda:

Anonim (1983). Gıda maddeleri muayene ve analiz yöntemleri. TOKB Köy Hiz. Gen. Müd. Yayınları, Genel Yayın No: 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., Sarıçoban, C. ve Aksoğan, M. (2003). Tavşan etinin prerigor ve postrigor aşamalarında bazı teknolojik özelliklerinin tespiti. Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi, 3, 15-19

İnternet Kaynağı:

Warrence, N.J., Bauder J.W. and Pearson K.E. (2004). Basics of salinity and sodicity effects on soil physical properties. Land Resources and Environmental Sciences Department, Montana State University, <http://waterquality.montana.edu/docs/methane/basics.pdf> (Accessed 15.12.2004).

