



YIL: 2025 **SAYI: 9**
ISSN 2757-5470 e-ISSN 2757-9239

YAYINCI

Et ve Süt Kurumu Genel Müdürlüğü

YAYIN SAHİBİ

Et ve Süt Kurumu Genel Müdürlüğü Adına
Mustafa KAYHAN
Yönetim Kurulu Başkanı - Genel Müdür

GENEL YAYIN YÖNETMENİ

BAŞ EDITÖR

Dr. Cemal ÇALIK

EDITÖR

Dr. İsmail Erim KÖSEOĞLU

MİZANPAJ EDITÖRÜ

Ayşe KAPLAN

SORUMLU YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ

TEKNİK EDITÖR

Süleyman DÜNDAR
Uzman Veteriner Hekim

YAYIN KOORDİNATÖRÜ

Prof. Dr. Kemal Kaan TEKİNŞEN

YAYIN İDARE MERKEZİ - ADRES

Tarım ve Orman Bakanlığı Kampüsü, Beştepe Mh.,
Cumhurbaşkanlığı Bul., Alparslan Türkeş Cd., No: 71
Beştepe, Yenimahalle / ANKARA

YAYIN İDARE MERKEZİ - TELEFON

0 (312) 304 80 00

YAYIN PERİYODU

Yılda 2 defa

YAYININ TÜRÜ

Yerel süreli ve hakemli

BASKI YERİ - ADRESİ

BASKI TARİHİ

Mart 2025

DergiPark
AKADEMİK

İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA MAKALELERİ RESEARCH ARTICLES

İstanbul İlindeki Pazar ve Marketlerde Açıkta Satılan Çiğ Süt ve Süt Ürünlerinde Koliform ve Toplam Mezofilik Aerobik Bakterilerin Varlığının Araştırılması
Investigation of the Presence of Coliform and Total Mesophilic Aerobic Bacteria in Raw Milk and Dairy Products Sold Openly in Markets and Supermarkets in Istanbul Province
Ayşe GÜNEŞ BAYIR, Aleyna ÇALIKOĞLU, Elifnur BİLGİN **4-12**

Et Bazlı Tüketime Hazır Gıdalarda Yabancı Dokuların Histolojik Muayene ile Tespiti
Detection of Foreign Tissues in Meat-Based Ready-to-Eat Foods by Histological Examination
Kadir GÖNEN, Karlo MURATOĞLU **13-18**

DERLEMELER REVIEWS

Yoğurt Üretiminde Hidrokolloid Kullanımı: Gelişen Teknolojiler ve İnovatif Çözümler
Hydrocolloid Use in Yoghurt Production: Emerging Technologies and Innovative Solutions
Nihat AKIN, Damla ÖZİŞİK, Furkan ARSLAN **19-27**

Gıda Endüstrisinde Yapay Zekâ Uygulamaları
Artificial Intelligence Applications in the Food Industry
Elif Ceren ÇAKIROĞLU, Güzin İPLİKÇİOĞLU ARAL **28-36**

DANIŞMA KURULU

Prof. Dr. Ahmet GÜNER
SÜ Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD

Doç. Dr. Ayşe GÜNEŞ BAYIR
KÜ Veteriner Fakültesi
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi AD

Prof. Dr. Ender YARSAN
AÜ Veteriner Fakültesi
Farmakoloji ve Toksikoloji AD

Prof. Dr. Gültekin YILDIZ
AÜ Veteriner Fakültesi
Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları
AD

Mehmet BİLİR
AÜ Ziraat Fakültesi
Bahçe Bitkileri Bölümü

Prof. Dr. Orhan ÇETİN
SÜ Veteriner Fakültesi
Zootečni AD

Prof. Dr. Osman ERGANİŞ
SÜ Veteriner Fakültesi
Mikrobiyoloji AD

Prof. Dr. Osman Cenap TEKİNŞEN
SÜ Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD (Emekli)

Prof. Dr. Recep KARA
AKÜ Veteriner Fakültesi
Besin/Gıda Hijyeni Teknolojisi AD

YAYIN KURULU

Prof. Dr. Abdullah DİLER
SDÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi İşleme
Teknolojisi AD

Prof. Dr. Adnan ŞEHU
AÜ Veteriner Fakültesi
Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD

Prof. Dr. Ahmet GÜNER
SÜ Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD

Doç. Dr. Arife Ezgi TELLİ
SÜ Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD

Prof. Dr. Ayhan BAŞTAN
AÜ Veteriner Fakültesi
Doğum ve Jinekoloji AD

Doç. Dr. Ayşe GÜNEŞ BAYIR
KÜ Veteriner Fakültesi
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi AD

Prof. Dr. Aytakin GÜNLÜ
SÜ Veteriner Fakültesi
Hayvancılık Ekonomisi ve İşletmeciliği AD

Prof. Dr. Cafer TEPELİ
SÜ Veteriner Fakültesi
Zootečni AD

Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN
SÜ Gıda Mühendisliği Fakültesi
Gıda Mühendisliği AD

Prof. Dr. Fatma Seda ERGENEKON
AÜ Veteriner Fakültesi
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü

Prof. Dr. Gürkan UÇAR
SÜ Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD

Prof. Dr. Gültekin YILDIZ
AÜ Veteriner Fakültesi
Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları
AD

Prof. Dr. Hakan YARDIMCI
AÜ Veteriner Fakültesi
Mikrobiyoloji AD

Prof. Dr. Kemal Kaan TEKİNŞEN
SÜ Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD

Prof. Dr. Meryem AYDEMİR ATASEVER
ATAÜNI Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD

Doç. Dr. Muhammet Ali CEBİRBAY
SÜ Sağlık Bilimleri Fakültesi
Beslenme ve Diyetetik AD

Prof. Dr. Mustafa ARDIÇ
ASÜ Mühendislik Fakültesi
Gıda Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Mustafa ATASEVER
ATAÜNI Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD

Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA
SÜ Gıda Mühendisliği Fakültesi
Gıda Mühendisliği AD

Prof. Dr. Mustafa TAYAR
BUÜ Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD

Doç. Dr. Nihat TELLİ
KTÜN Teknik Bilimler MYO
Gıda İşleme

Prof. Dr. Recep KARA
AKÜ Veteriner Fakültesi
Besin/Gıda Hijyeni Teknolojisi AD

Prof. Dr. Tarık Haluk ÇELİK
AÜ Veteriner Fakültesi
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi AD

Prof. Dr. Tolga KAHRAMAN
İÜC Veteriner Fakültesi
Besin Gıda Hijyeni ve Teknolojisi AD

Prof. Dr. Zafer KARAER
AÜ Veteriner Fakültesi
Parazitoloji AD (Emekli)

Prof. Dr. Zafer GÖNÜLALAN
YOBÜ Veteriner Fakültesi
Veterinerlik Halk Sağlığı AD

Prof. Dr. Zafer SAYIN
SÜ Veteriner Fakültesi
Mikrobiyoloji AD

TARİHÇE

1952 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Enstitüsü tarafından yayın hayatına başlayan Balık ve Balıkçılık Dergisi, 1952-1953 yılları arasında Et ve Balık Kurumunun desteğiyle; Ocak 1954 tarihinden itibaren tamamıyla Et ve Balık Kurumu Umum Müdürlüğü tarafından yayımlanmıştır. Dergimiz, 1966 yılından bu yana Et Endüstrisi, Et ve Balık Endüstrisi, Et ve Balık Kurumu ve son olarak 1993 yılında özelleştirme kapsamına girmesiyle Et ve Balık Ürünleri A.Ş. Dergisi adında yayın hayatını akademik düzeyde sürdürmüş, sonrasında yayın sürecine ara vermiştir. 2021 yılı itibarıyla *Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi* adıyla yeniden yayımlanmaya başlamıştır.

AMAÇ VE KAPSAM

Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Et ve Süt Kurumu Genel Müdürlüğü'nün bilimsel makalelerin yayımlandığı ulusal ve hakemli akademik bir dergisidir. Gıda sektörünün, paydaşları açısından istikrarlı ve sürdürülebilir bir hâle getirilmesine katkı sağlamak, Kurumumuzun ana statüsünde yer alan faaliyet konuları doğrultusunda yapılmış bilimsel yayınları yayımlamak.

Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi'nde, dünyada ve Türkiye'de gıda, tarım, hayvancılık, balıkçılık ve su ürünleri ile et ve süt sektörü temelinde gıda hijyeni ve teknolojisi, gıda güvenliği, gıda güvenliği yönetim sistemleri, kalite yönetim sistemleri, halk sağlığı, gastronomi, veteriner hekimliği bilimleri (anatomi, biyokimya, fizyoloji, histoloji, embriyoloji, veteriner hekimliği tarihi, deontoloji, farmakoloji ve toksikoloji, mikrobiyoloji, parazitoloji, patoloji, viroloji, cerrahi, doğum ve jinekoloji, iç hastalıkları, dölleme ve suni tohumlama, biyoistatistik, hayvan besleme ve beslenme hastalıkları, hayvan sağlığı ekonomisi ve işletmeciliği, zootekni) alanında, ulusal ya da uluslararası ilgi, uygulama içeren ve güncel bilgilere sahip bilimsel makalelere yer verilecektir. Yayımlanacak makalelerin, daha önceden yayımlanmamış ve araştırma sonuçlarına dayalı olması gerekmektedir (derleme makaleleri hariç).

Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi açık erişim sağlamak üzere yılda iki defa online/basılı olarak yayımlanır. Dergi yönetiminin kararları doğrultusunda özel ya da ek sayılar yayımlanabilir. Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi makale işlem ücreti (değerlendirme ücreti veya basım ücreti) ve makalelere erişim için herhangi bir ücret talep etmez.

ETİK İLKELER

Dergimiz basın meslek ilkeleri ile TR DİZİN, DergiPark, YÖK, ÜAK vb. tarafından tavsiye edilen akademik dergi kriterlerine, bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyar. Makaleler, araştırma ve yayın etiğine uygun olmalı, araştırma makalelerinde ICMJE ve COPE'un editör ve yazarlar için uluslararası standartları ve diğer tavsiyeleri dikkate alınmalıdır. Makaleler, etik kurallara uygunluk konusunda YÖK ve ÜAK'ın Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi'ne uygun olmalıdır. İntihal, sahtecilik, çarpıtma, tekrar yayım, dilimleme, haksız yazarlık gibi bilimsel araştırma ve yayın etiğine aykırı eylemlerden kaçınılmalıdır. Yapılan araştırmalar için ve etik kurul kararı gerektiren klinik ve deneysel insan ve hayvanlar üzerindeki çalışmalar için ayrı ayrı etik kurul onayı alınmış olmalı, bu onay makalede belirtilmeli, belgelendirilmeli, makale ile birlikte bu belgeler de sisteme yüklenmelidir.

Etik kurul izni gerektiren çalışmalarda, izinle ilgili bilgilere (kurul adı, tarih ve sayı no) makalede yer verilmelidir. Makalenin dergimize gönderilmesi ile birlikte sorumlu yazar; Araştırma ve Yayın Etiğine uyulduğunu kabul eder. Makalelerde gerçek anlamda katkı sağlayan kişiler yazar olarak yazılmalıdır. Makalenin yazar/ yazarları, ihtiyaç hissederseniz çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması olmadığını bildirebilir. Bu bildirim makalenin sonunda "Çıkar Çatışması" başlığı altında belirtmelidirler. Çıkar çatışmasına şu örnekler verilebilir: İstihdam, ortaklık, danışmanlıklar, hisse senedi sahipliği, hizmet karşılığı ödenen ücretler, ücretli bilirkişilik, akrabalık veya yakın kişisel ilişkiler. Hakemler, değerlendirdikleri makalede herhangi bir çıkar çatışması olduğundan şüphelendiklerinde değerlendirme süreci ile ilgili olarak dergi editörlüğüne bilgi vermeli ve gerekirse makale değerlendirmesini ret etmelidirler. Editör ihtiyaç hissederse yazardan çıkar çatışması beyanı talep edebilir.



İstanbul İlindeki Pazar ve Marketlerde Açıkta Satılan Çiğ Süt ve Süt Ürünlerine Koliform ve Toplam Mezofilik Aerobik Bakterilerin Varlığının Araştırılması

Investigation of the Presence of Coliform and Total Mesophilic Aerobic Bacteria in Raw Milk and Dairy Products Sold Openly in Markets and Supermarkets in Istanbul Province

Ayşe GÜNEŞ BAYIR^{1*}, Aleyna ÇALIKOĞLU², Elifnur BİLGİN³
¹KÜ Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Kastamonu

¹ORCID: 0000-0002-9993-7850  ²ORCID: 0009-0006-6069-2178 

³ORCID: 0009-0002-2408-7326 

*Sorumlu Yazar: agunesbayir@kastamonu.edu.tr

Geliş Tarihi: 20.01.2025

Kabul Tarihi: 14.03.2025

ÖZET

Süt ve süt ürünleri üretim-tüketim zincirinde, kimyasal, biyolojik ve fiziksel bulaşma riskleri sebebiyle çeşitli sağlık tehlikelerini beraberinde getirebilir. Çiğ süt ve süt ürünlerinin uygun hijyen koşullarında saklanması, bozulmayı önlemek ve gıda kaynaklı patojenlerin çoğalmasını engellemek için şarttır. Su ve gıdalarda koliform bakterilerin varlığı, fekal kontaminasyonun yanı sıra çevresel kirleticilerin varlığını da gösterir. Bu çalışmada, İstanbul ilindeki pazar ve marketlerde açıkta satılan çiğ süt ve süt ürünlerinde toplam mezofilik aerobik ve koliform bakterilerin varlığı araştırıldı. Bu amaçla, pazarlarda ve marketlerde açıkta satışa sunulan çiğ süt, beyaz peynir, tel peyniri, tereyağı ve sütlü dondurma 12'şer adet olmak üzere toplamda 60 örnek temin edildi. Örneklerin mikrobiyolojik analizleri kapsamında Skim Milk Plate Count Agar (Skim Milk PCA) ile toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) ve Violet Red Bile (VRB) besiyeri kullanılarak da koliform/laktoz pozitif kolonilerin tespiti ve sayımı gerçekleştirildi. Doğrulama için Gram boyama yapıldı. Çalışmada en yüksek TMAB ve koliform bakterileri koloni sayısı çiğ süt örneklerinde sırasıyla $7,50 \pm 2,05 \log_{10}$ kob/mL ve $6,51 \pm 1,45 \log_{10}$ kob/mL bulundu. Analiz edilen çiğ süt, beyaz peynir, tel peynir, tereyağı ve sütlü dondurmalarda sırasıyla %75, %66,6, %50, %25 ve %66,6'sında koliform bakteriler tespit edildi. Araştırma sonucunda, çalışmada yer alan örneklerden özellikle çiğ sütlerin mikrobiyolojik kalitesinin kodeks kriterlerine uygun olmadığı görüldü. Genel olarak, birinci basamak üretim işletmelerinde hijyen ve sanitasyon kurallarının yetersizliği, bu sonucun arkasındaki temel neden olarak görülmektedir. Ayrıca, çiğ süt dâhil süt ürünlerinin taşındığı ve satışa sunulduğu noktalarda soğuk zincirin sürdürülmesi, ısıl işlemin doğru ve yeterli yapılması, ısıl işlem uygulanan ürüne yeniden bulaşın önlenmesi gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Çiğ süt, Süt ürünleri, Koliform bakteriler, Toplam mezofilik aerobik bakteriler, Gıda hijyeni

ABSTRACT

There are risks of chemical, biological and physical contamination throughout the milk and dairy products production-consumption chain, and this may bring various health hazards. Storing raw milk and dairy products under appropriate hygienic conditions is essential to prevent spoilage and the proliferation of foodborne pathogens. The presence of coliform bacteria in water and food indicates that the majority of them are environmental pollutants, not just fecal contamination. In this study, the presence of total mesophilic aerobic and coliform bacteria in raw milk and dairy products sold openly in markets and supermarkets in Istanbul was investigated. For this purpose, a total of 60 samples were taken, 12 each from raw milk, white cheese, string

cheese, butter and milk ice cream sold openly in markets and supermarkets. Within the scope of microbiological analyses of samples, detection and counting of coliform/lactose positive colonies were also performed using Skim Milk Plate Count Agar (Skim Milk PCA) and total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) and Violet Red Bile (VRB) agar. Gram staining was performed for verification. In the study, the highest TMAB and Coliform bacteria colony counts were found in raw milk samples as $7.50 \pm 2.05 \log_{10}$ cfu/mL and $6.51 \pm 1.45 \log_{10}$ cfu/mL, respectively. Coliform bacteria were detected in 75%, 66.6%, 50%, 25% and 66.6% of the analyzed raw milk, white cheese, string cheese, butter and milk ice cream, respectively. As a result of the research, it was observed that the microbiological quality of the samples presented in the study, especially the raw milk, was not appropriate to codex criteria. In general, the inadequacy of hygiene and sanitation rules in first-stage production enterprises is seen as the main reason behind this result. In addition, at the points where dairy products, including raw milk, are transported and offered for sale, the cold chain must be maintained, heat treatment must be carried out correctly and adequately, and re-contamination of the heat-treated product must be prevented.

Keywords: Raw milk, Milk products, Coliform bacteria, Total mesophilic aerobic bacteria, Food hygiene

GİRİŞ

Optimal beslenme, sağlıklı beslenme alışkanlıklarının temelinde yer alan ve bireyin günlük enerji ihtiyacını karşılayacak, esansiyel amino asitleri, proteinleri, esansiyel yağ asitlerini, karbonhidratları, vitaminleri, mineralleri ve eser elementleri içeren dengeli bir diyet olarak tanımlanabilir (Veljkovic vd., 2017). Dengeli bir beslenmenin sağlanması, kepekli tahıllar, meyve ve sebzeler, et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, çeşitli protein kaynakları ve esansiyel yağ asitleri gibi farklı besin gruplarından gıdaların uygun miktarlarda tüketilmesini gerektirir (San-Cristobal vd., 2020). Süt ve süt ürünleri, birçok makro ve mikro besin unsurlarını içerdiğinden bireylerin hem fiziksel hem de zihinsel olarak

performansını arttırabilmesinden dolayı halk sağlığı açısından da önemli gıdalardandır (Verruck vd., 2019).

Süt ve süt ürünlerinin hem bebekler hem de yetişkinler için besleyici bir gıda olması, bu ürünlere olan global talebin artmasına neden olmuştur (Górska-Warsewicz vd., 2019). Bu artışın bir sonucu olarak, süt ve türevlerinin güvenilirliği ve saflığı, giderek daha fazla dikkat çeken bir konu haline gelmiştir. Biyolojik, kimyasal veya fiziksel kaynaklı herhangi bir kontaminasyon, tüketiciler için sağlık riskleri oluşturarak süt ürünlerinin güvenliğini tehlikeye sokabilir (Montgomery vd., 2020). Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'nde (Yönetmelik 2023) "bulaşan", gıdaya bilinçli olarak eklenmeyen; ancak gıdanın ilk üretim aşamasından itibaren, üretim, işleme, hazırlama, işleme, ambalajlama, paketleme, taşıma veya saklama süreçleri sırasında veya çevresel faktörlerden kaynaklanan kontaminasyon sonucunda gıda içinde bulunabilen, hayvan tüyü ve böcek parçası gibi yabancı maddeler dışındaki her türlü maddeyi ifade eder şeklinde tanımlanmaktadır. Süt ürünleri zincirinin her aşamasında potansiyel bulaşma noktalarını saptamak için derinlemesine bir inceleme yapılması, bu alandaki güvenlik protokollerinin temelini oluşturmaktadır (Sohail vd., 2023). Süt ve süt ürünlerinin hijyenik kalitesini belirlemede TMAB varlığı ve sayısı kullanılır. Sütün ortalama %87,5 su içermesi ve zengin besin değerine sahip olması, saprofit ve patojen bakteriler için uygun bir gelişim ortamı sağlar. Bu sebeple çiğ sütün mikrobiyal yükünü ve mikrobiyal kalitesini belirlemede TMAB sayısı önemlidir (Üzüm, 2006).

Süt ve süt ürünlerinin mikrobiyolojik analiz çalışmalarında hijyenik bir gösterge olarak kabul edilen *Enterobacteriaceae*'nin bazı üyeleri, gıda kaynaklı hastalıkların oluşumunda rol oynayan patojenlerdir (Mladenovic vd., 2021). Toksin üreten *Salmonella spp.* veya *Shigella spp.* gibi birkaç önemli gıda kaynaklı patojen bu familyaya aittir. Ayrıca, *Escherichia coli* (E. coli) bakterisinin çoğu suşu zararsız komensal olmasına rağmen, birkaç serotipi toksin üretir ve patojen kabul edilir. Bunların içinde en önemli gıda kaynaklı patojen, E.

coli O157:H7'dir. *Enterobacteriaceae*'nin çeşitli antibiyotiklere direnci günümüzde önemli tıbbi bir sorundur (Breijyeh vd., 2020).

Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde süt endüstrisinde, sağlıklı koşulların ve işlem sonrası kontaminasyonun göstergesi olarak koliform testlerinin kullanımı yaygındır (Martin vd., 2021). Türkiye'de süt ve süt ürünlerinin üretim ve tüketim miktarı bakımından sırasıyla çiğ süt, beyaz peynir, tel peyniri, tereyağı ve dondurma yer almaktadır ve bunların satışı çeşitli şartlarda gerçekleştirilmektedir. Fekal kontaminasyonun varlığı, ürüne doğrudan sadece dışkının bulaşmış olabileceği anlamına gelmez; dış ortamdan, topraktan, sulardan, işletmedeki alet ve ekipmanlardan da bulaşın olabileceğini gösterir. Ancak *E. coli*, koliform bakterilerden daha kuvvetli bir fekal bulaşma indikatörüdür (Çetin, 2011). Koliform bakteriler, 32–35 °C'de 48 saat içinde gaz ve asit üretmek için laktozu fermente edebilen aerobik veya fakültatif anaerobik, gram negatif, spor oluşturmeyen basil şeklinde bakterilerdir (Martin vd., 2021). Koliform bakteriler (Örn; *Escherichia*, *Klebsiella*) *Enterobacteriaceae* familyasındadır; bu sebeple, bu mikroorganizmaların varlığı ve miktarı, gıda güvenliği mevzuatında belirlenen mikrobiyolojik standartlar çerçevesinde düzenlenmiştir. Bu bağlamda, çiğ sütte tespit edilen koliform bakteriler süütün sağım, taşıma, depolama ve işleme sürecinde yetersiz hijyenik koşulları ifade eder. Genel olarak gıdaya doğrudan veya dolaylı bir yolla dışkı bulaşmasının işaretidir (Çiftçi ve Öncül, 2021). Süt ve süt ürünlerinde koliform bakterilerin varlığı çiğ sütlerin sağım ve depolama koşullarındaki aksaklıklardan kaynaklanan fekal bulaşmayı, enterik patojenlerin varlığını ve sanitasyon problemlerini gösterir.

Tüm bu sebeplerden dolayı bu çalışmada İstanbul ilindeki pazar ve marketlerde açıkta satılan çiğ süt, beyaz peynir, tel peynir, tereyağı ve sütlü dondurma örneklerinde Çiğ Sütün Arzına Dair Tebliğ (2017) ve Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği (2018) temel alınarak, örneklerin mikrobiyal kalitesi ve gıda güvenliği açısından TMAB ve koliform

bakterilerin varlığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

MATERYAL

Çalışmada, İstanbul piyasasında açıkta satılan ambalajsız çiğ süt, yoğurt, beyaz peynir, tel peynir, tereyağı ve sütlü dondurma örnekleri kullanılmıştır. Bu amaçla; 2023 yılı Kasım-Aralık aylarında toplam 60 adet örnek aseptik şartlarda toplanmış ve soğutucu kutularda Bezmîâlem Vakıf Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü Besin Mikrobiyolojisi laboratuvarına getirilmiştir.

Örneklerin Mikrobiyolojik Analizler İçin Hazırlanması

Toplanan çiğ süt örneklerinden 25 mL ve gıda örneklerinden (beyaz peynir, tel peynir, tereyağı ve dondurma) 25 g alınarak üzerine 225 mL (%0,1) steril pepton çözeltilisi (Conda, İspanya) eklenip, steril stomacher poşetinde mikrobiyolojik analiz için hazırlanan örnek Stomacher'da (VWR, İtalya) homojen hale getirilmiştir. Hazırlanan homojenizattan %0,1'lik pepton çözeltilisi kullanılarak desimal dilüsyonlar hazırlanmıştır (ISO 6887-1, 2017).

Çiğ Süt ve Süt Ürünleri Örneklerinde TMAB Varlığı ve Sayısının Belirlenmesi

TMAB varlığı ve sayımı için çiğ süt örnekleri dökme plak yöntemi ile gıda örnekleri de yayma plak yöntemi ile 2'şer paralelli bir şekilde ekildi. Çiğ süt örneklerinden hazırlanan dilüsyonlardan steril petri kaplarına 1 mL örnek ve 15-20 mL arasında Skim Milk Plate Count Agar (Skim Milk PCA) (Diatek, Türkiye) pipetlendi. Çiğ süt dışındaki örneklerden hazırlanan dilüsyonlardan 0,1 mL örnek Skim Milk PCA'ya ekilmiştir. Tüm örneklerin ekimi sonrası sonra petriler ters çevrilerek 37°C'de 48 saat boyunca inkübe edilmiştir (Nüve, Almanya). İnkübasyon sonunda 25-250 arasında koloni içeren petriler değerlendirmeye alınmış (FDA BAM, 2001) ve sonuçlar log₁₀ kob/mL veya log₁₀ kob/g olarak verilmiştir (Güneş Bayır ve Bilgin, 2019).

Çiğ Süt ve Süt Ürünleri Örneklerinde Koliform Bakterilerin Varlığı ve Sayısının Belirlenmesi

Koliform varlığı ve sayımı için çiğ süt örnekleri dökme plak yöntemi ile diğer örnekler yayma yöntemi ile ekim ile VRB (Oxoid) besiyeri kullanılarak ve 2'şer paralelli bir şekilde ekimler gerçekleştirilmiştir. Ekimi yapılan petripler 37 °C sıcaklıktaki inkübatörde (Nüve, Almanya) 48 saat boyunca inkübe edilmiştir. Besiyerinin üretici firmasının direktifleri doğrultusunda, 1-2 mm çapında kırmızımsı bir presipitat zonu ile çevrili kırmızı koloniler, *Enterobacteriaceae* familyasının laktoz pozitif üyeleri olan koliform bakteriler olarak sayılır; laktoz negatif üyeleri ise renksiz koloniler meydana getirirler. İnkübasyon süresinin sonunda, petri plaklarının makroskopik incelemesi yapıp petriplerdeki 1-2 mm çapındaki kırmızımsı bir presipitat zonu ile çevrili kırmızı koloniler sayılmıştır. Sonrasında bu koloniler Gram boyama (GBL, Türkiye) ile boyanıp mikroskop altında incelenmiştir. Gram boyama sonucunda gram negatif boyanan koloniler identifiye edilmiş, koliform bakteriler olarak değerlendirilmiştir (FDA BAM, 2020). İnkübasyon sonunda 25-250 arasında koloni içeren petripler değerlendirmeye alınmış (FDA BAM, 2001) ve sonuçlar log₁₀ kob/mL veya log₁₀ kob/g olarak verilmiştir (Güneş Bayır ve Bilgin, 2019).

BULGULAR

Çalışma sonucunda, çiğ sütlerde ve dört farklı süt ürünü çeşitlerinde tespit edilen TMAB ve koliform bakteri sayısı Tablo 1'de sunulmuştur. Örneklerin besiyerlerine ekimleri ikişerli paralelli gerçekleştirildiğinden sunulan değerler minimum ve maksimum değerlerin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Çiğ süt ve süt ürünleri örneklerinde tespit edilen TMAB ve koliform bakterilerin minimum ve maksimum ortalama değerleri. kob: koloni oluşturan birim

Örnek (Örnek sayısı)	TMAB (kob g veya mL)		Koliform bakteriler (kob g veya mL)	
	Minimum Ort.	Maks. Ort.	Minimum Ort.	Maks. Ort.
Çiğ süt (n = 12)	2,0 × 10 ⁴	3,2 × 10 ⁷	0,0	3,2 × 10 ⁴
Beyaz peynir (n = 12)	0,0	2,9 × 10 ⁶	0,0	2,4 × 10 ⁵
Tel peynir (n = 12)	0,0	5,1 × 10 ⁶	0,0	0,3 × 10 ⁵
Tereyağı (n = 12)	0,0	4,8 × 10 ⁶	0,0	1,1 × 10 ⁵
Sütlü dondurma (n = 12)	5,5 × 10 ³	2,7 × 10 ⁵	0,0	0,5 × 10 ⁵

Örnek (Örnek sayısı)	Minimum Ort.	Maks. Ort.	Minimum Ort.	Maks. Ort.
Çiğ süt (n = 12)	2,0 × 10 ⁴	3,2 × 10 ⁷	0,0	3,2 × 10 ⁴
Beyaz peynir (n = 12)	0,0	2,9 × 10 ⁶	0,0	2,4 × 10 ⁵
Tel peynir (n = 12)	0,0	5,1 × 10 ⁶	0,0	0,3 × 10 ⁵
Tereyağı (n = 12)	0,0	4,8 × 10 ⁶	0,0	1,1 × 10 ⁵
Sütlü dondurma (n = 12)	5,5 × 10 ³	2,7 × 10 ⁵	0,0	0,5 × 10 ⁵

Çiğ Süt ve Süt Ürünlerinde TMAB Varlığı ve Sayısı

Çalışmada yer alan altmış adet örneğin %93'ünde (n = 56) TMAB tespit edilmiştir. En fazla TMAB sayısı çiğ sütte, en az sütlü dondurma örneklerinde bulunmuştur (Tablo 1). Çiğ süt örneklerinde TMAB sayısı ortanca değeri 7,14 log₁₀ kob/mL'dir. On iki adet beyaz peynir, tel peynir ve tereyağı örneklerinden sadece birer tanesinde TMAB bulunmadı. Çalışmada en yüksek TMAB koloni sayısı çiğ süt örneklerinde 7,50 ± 2,05 log₁₀ kob/mL bulundu. Diğer örneklerde en yüksek TMAB koloni sayıları sırasıyla log₁₀ kob/g cinsinden beyaz peynir (6,09 ± 1,46), tereyağı (5,88 ± 1,02), dondurma (5,18 ± 1,65) ve tel peynirinde (4,51 ± 0,99)'dir.

Çiğ Süt ve Süt Ürünlerinde Koliform Bakterilerin Varlığı ve Sayısı

Çalışmada incelenen altmış adet örneğin %56,7'sinde (n = 34) koliform bakteriler tespit edilmiştir (Tablo 2). Örneklerin besiyerlerine ekimleri ikişerli paralelli gerçekleştirildiğinden tespit edilen bakteri sayılarının ortalaması ve standard sapması hesaplanmıştır. Koliform bakteriler sırasıyla en fazla oranda çiğ süt (%75, n = 9), beyaz peynir ve sütlü dondurma (%66,6, n = 8), tel peynir (%50, n = 6) ve tereyağı örneklerinde (%25, n = 3) bulunmuştur.

Çiğ süt örneklerinde koliform bakterilerin sayısı ortanca değeri 5,92 log₁₀ kob/mL, ortalama değer 5,96 log₁₀ kob/mL'dir. Çalışmada en yüksek koliform bakterileri koloni sayısı çiğ süt örneklerinde 6,51 ± 1,45 log₁₀ kob/mL'dir. Süt ürünlerinde sırasıyla log₁₀ kob/g cinsinden tel peynirinde (6,23 ± 1,88), tereyağı (5,06 ± 0,33), beyaz peynir (4,90 ± 1,45) ve sütlü dondurma (4,75 ± 0,69) örneklerinde en yüksek koliform bakteri koloni sayıları bulundu.

Tablo 2. Çiğ süt ve süt ürünleri örneklerinde tespit edilen koliform bakterilerin sayılarının ortalaması \log_{10} kob per gram veya mL olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar ortalama \pm standard sapma şeklinde verilmiştir.

Örnek numarası	Çiğ süt (\log_{10} kob/mL)	Beyaz peynir (\log_{10} kob/mL)	Tel peynir (\log_{10} kob/mL)	Tereyağ (\log_{10} kob/mL)	Sütlü dondurma (\log_{10} kob/mL)
1	0,00	4,30 \pm 0,85	0,00	3,48 \pm 0,15	
2	5,70 \pm 1,45	4,90 \pm 1,45	0,00	0,00	
3	0,00	3,88 \pm 0,55	0,00	0,00	
4	6,51 \pm 1,45	0,00	0,00	0,00	
5	0,00	0,00	4,35 \pm 0,54	0,00	0,00
6	5,83 \pm 1,40	4,60 \pm 0,00	4,40 \pm 1,17	0,00	
7	5,57 \pm 1,25	2,39 \pm 1,02	4,48 \pm 1,15	0,00	3,48 \pm 2,82
8	6,15 \pm 1,77	0,00	4,00 \pm 0,00	5,06 \pm 0,33	0,00
9	5,92 \pm 1,25	4,30 \pm 0,85	4,51 \pm 0,99	4,66 \pm 0,90	0,00
10	5,92 \pm 1,32	3,17 \pm 0,00	3,70 \pm 0,63	0,00	0,00
11	5,90 \pm 1,45	0,00	0,00	0,00	3,18 \pm 0,70
12	6,15 \pm 1,15	4,53 \pm 1,30	0,00	0,00	2,70 \pm 0,00

TARTIŞMA

Süt ve süt ürünleri, yaşamın tüm evrelerinde önemli olan bir dizi gıda bileşenlerinin önemli tedarikçileridir (Givens, 2020). Artık süt proteininin, küçük çocuklarda uzunlamasına kemik büyümesi ve kemik kütlesi edinimi için gerekli olan insülin benzeri büyüme faktörü-1'i (IGF-1) uyurabileceği ve böylece bodurluk riskini azaltabileceği kabul edilmektedir. Özellikle inek sütü, protein kalitesinin belirlenmesinde kritik öneme sahip olan dallı zincirli amino asitlerden lösin, izölösün ve valin bakımından zengindir. Yaşamın çeşitli dönemlerinde yüksek miktarda süt tüketiminin arkasındaki temel motivasyonlardan biri, kemik sağlığının korunması ve güçlendirilmesi için gerekli olan kalsiyumun sağlanmasıdır (Sohail vd., 2023).

Aerobik mezofilik koşullarda üreyen mikroorganizmalar, süt ve süt

ürünleri dâhil olmak üzere birçok gıdanın bozulmasında kritik bir rol oynar. Süt ve süt ürünlerindeki TMAB sayısı, gıdalarda patojen mikroorganizmaların varlığını göstermese de, gıda güvenliği ile dolaylı olarak ilişkilidir. Bu sayı, birçok gıdanın mikrobiyolojik kalitesini belirlemede kullanılan bir kriter olup gıdaların tazeliği ve raf ömrünü belirlemek için de önemlidir. Yüksek TMAB sayısı, süt ve süt ürünlerinin kalite sorunlarının bir göstergesi olarak kabul edilir (Dinçer, 2020). Türkiye’de Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği’ne göre süt ürünlerinin çoğu için TMAB ve koliform/laktoz pozitif bakteri limitleri belirtilmemiştir.

Çiğ sütte TMAB, koliform bakteri mikroorganizmalar, enterokoklar ve maya/küf sayıları gibi indikatör mikroorganizmaların belirlenmesi, hijyen, sanitasyon, kalite ve depolama koşullarını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılır. Bu mikroorganizmalar, gıda endüstrisinde ürün kalitesini sağlamak ve gıda güvenliğini korumak için hayati öneme sahiptir. Bu çalışmada yapılan mikrobiyolojik analizlerle, TMAB ve *Enterobacteriaceae* familyasında yer alan koliform bakterilerin varlığı araştırılmıştır. Çiğ Sütün Arzına Dair Tebliğ’de (2017) çiğ inek sütlerinde toplam canlı bakteri sayısının en fazla (30 °C’de) ≤ 100.000 kob/mL olması gerektiği bildirilmiştir. Çalışma sonucunda, tespit edilen TMAB sayısının minimum $2,0 \times 10^4$ ($4,30 \pm 0,00 \log_{10}$ kob/mL) ve maksimum $3,2 \times 10^7$ ($7,5 \pm 2,05 \log_{10}$ kob/mL) olduğu tespit edildi. Bu değerler, $5 \log_{10}$ kob/mL’den oldukça yüksektir. Toplam 12 çiğ süt örneğinin sadece 2’si Tebliğ’e (2017) uygundu. Diler ve Baran’ın (2014) Erzurum ilinin Hınıs ilçesindeki küçük ölçekli aile tipi işletmelerin tank sütlerinin toplam bakteri içeriğini araştırdığı çalışmada, TMAB ortalama değeri $5,43 \log_{10}$ kob/mL şeklinde bulunmuştur. Fethiye’de toplanan 60 adet çiğ süt örneğinde ise $<1,00 (\pm 0,00)$ - $9,62 (\pm 0,04) \log_{10}$ kob/mL (Çiftçi ve Öncül, 2021); Dinçer’in (2020) çalışmasında ise bu değer $6,74 \log_{10}$ kob/mL olarak rapor edilmiştir. Karaca ve Çetin’in (2022) çalışmasına göre, TMAB sayısı ortalama $7,34 \log_{10}$ kob/mL olarak Tebliğ’e (2017) göre yüksek oranda bulunmuştur.

Enterobacteriaceae familyası, gram negatif, fakültatif anaerobik, spor oluşturmayan ve çubuk şeklindeki bakterilerin oluşturduğu çeşitlilik gösteren bir gruptur (Janda ve Abbott, 2021). Bu familyanın üyeleri arasında, laktozu fermente ederek asit ve gaz oluşturabilen türler bulunmaktadır. *Enterobacteriaceae*'nin yaygın olarak bulunduğu yerler arasında hayvanların gastrointestinal sistemleri yer alır, bu da onların önemini artırmaktadır (Boor vd., 2017). Gıda endüstrisinde, bu bakteri ailesi, uzun zamandır hijyen ve üretim süreçlerinin kalitesini gösteren indikatör mikroorganizmalar olarak kullanılmaktadır. Her ne kadar, Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmada koliform sayımlarının *Bacillus cereus*, *E. coli O157:H7*, *L. monocytogenes* ve *Salmonella spp.* varlığının bir göstergesi olmadığı bildirilmiş (Jackson vd., 2012) olsa da mikrobiyolojik kalite değerlendirmelerinde, *Enterobacteriaceae*'nin sayımı ve koliform/*E. coli*'nin varlığı, hijyenik olmayan koşulları ve üretim sürecindeki olası aksaklıkları belirlemek için kullanılan önemli ölçütlerdendir (Mladenovic vd., 2021). Çalışmadaki çiğ süt örneklerinden %25'inde (n = 3) koliform bakteriler tespit edilmedi. Ancak, çalışmadaki tüm örnek çeşitleri gözetildiğinde koliform bakteriler en yüksek oranda çiğ sütlerde (%75, n = 9) bulundu. Çiğ süt örneklerinde koliform bakterilerin ortanca değeri 5,92 log₁₀ kob/mL, ortalama sayısı ise 5,96 log₁₀ kob/mL'dir. ABD'de süt çiftliklerinden alınan süt örneklerinde <1 ila 9.600 kob/mL arasında değişen ve ortalama 263 kob/mL koliform bakteri sayıları bildirmiştir (D'Amico vd., 2008). Diğer bir ABD'de yapılan çalışmada 214 çiğ süt örneğinin 213'ünde koliform bakteriler bulunmuş ve ortalama ile ortanca değerleri sırasıyla 1,7 × 10³ kob/g ve 2,6 × 10² kob/g olarak rapor edilmiştir (Jackson vd., 2012). Etiyopya'da 210 çiğ süt örneğinde koliform, salmonella ve şigella bakterileri araştırılmış ve çiğ sütlerde yüksek oranda (%20.5, n = 43) koliform bakterilerin bulunduğu tespit edilmiş (Tusa vd., 2024), fakat ortalama ve ortanca değerleri bildirilmemiştir.

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'ne (2018) göre peynir (eritme peynir hariç diğer tüm

peynirler) koagulaz pozitif stafilkoklar için 10²-10³ kob/g-mL limiti, Salmonella ve *L. monocytogenes* bakterilerinin de gıda örneğinin 25 gramında hiç bulunmaması şartı verilmiştir. Beyaz peynir ve tel peynir örneklerinde sırasıyla 2,9 × 10⁶ ve 5,1 × 10⁶ kob/g TMAB bulundu. Çalışmada, beyaz peynir örneklerinin altısında (%50) koliform bakteri tespit edilmemiştir. Geriye kalan 6 örnekte (%50) ise maksimum koliform bakteri bir beyaz peynir örneğinde 3,60 ± 0,00 ile 4,90 ± 1,45 log₁₀ kob/g; tel peynirde ise 3,70 ± 0,62 ile 4,51 ± 0,99 log₁₀ kob/g bulundu. Sakarya ilindeki halk pazarlarında açıkta satılan 43 adet beyaz peynir örneğinin 32'sinde (%74) koliform sayısı 0,30 ile 5,23 log₁₀ kob/g arasında tespit edilmiştir (Gödek vd., 2021). Çalışmamızda ise, analiz edilen peynirlerin (n = 24) 14'ünde (%58,33) koliform bakteriler tespit edilmiştir.

Çalışmada mikrobiyolojik analizler sonucunda, 1 tereyağı örneğinde TMAB hiç bulunmamış, analiz edilen diğer 11 adet tereyağı örneklerinde ise en düşük 5,0 × 10³ kob/g (3,70 log₁₀ kob/g) ve en yüksek TMAB sayısı 4,8 × 10⁶ kob/g (6,68 log₁₀ kob/g) bulundu. Benzer şekilde Trabzon tereyağlarının bazı kalite parametrelerinin incelendiği bir çalışmada TMAB sayıları ortalama 6,33 log₁₀ kob/g saptanmıştır (Akgül, 2015). Ayrıca, Kastamonu ilinin merkez köylerinde üretilen 13 adet tereyağının TMAB sayıları da 5,34 ila 7,07 log₁₀ kob/g arasında tespit edilmiştir (Kahyaoglu ve Musaoğlu, 2022). Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'ne (2018) göre tereyağı için koagulaz pozitif stafilkoklar için 10²-10³ kob/mL limiti ve salmonella bakterisinin de gıda örneğinin 25 gramında hiç bulunmaması şartı verilmiştir. Tereyağı, sürülebilir süt ürünleri ve sadeyağ için koliform bakteriler için belirli bir limit belirtilmemiştir. Bu çalışmada 9 örnekte (%75) ise koliform bakteriye rastlanmamıştır. Geriye kalan numunelerde ise sırasıyla koliform bakteriler 3,48 ± 0,15, 5,06 ± 0,33 ve 4,66 ± 0,90 log₁₀ kob/mL olarak bulunmuştur. Kastamonu ilinin merkez köylerinde üretilen 13 adet tereyağı örneklerinde koliform grubu bakteri sayısı 11'inde (%84,6) en düşük <2, iki adet örnekte (%15,4) ise en yüksek 3.88 log₁₀ kob/g olarak tespit edilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'nde (2018) dondurma ürünleri için *Enterobacteriaceae* 10^1 - 10^2 kob/g limiti, *Salmonella* ve *L. monocytogenes* bakterilerinin de gıda örneğinin 25 gramında hiç bulunmaması şartı yer almaktadır. Çalışmada analiz edilen sütlü dondurma örneklerin TMAB sayısı $5,5 \times 10^3$ ile $2,74 \times 10^5$ kob/g (3,74 ile 5,43 \log_{10} kob/g) arasında saptanmıştır. Örneklerin 4'ünde (%33,3) koliform bakterilere rastlanmamışken, geriye kalan örneklerde ise $5 \times 10^2 \pm 0,71$ ila $5,65 \times 10^4 \pm 4,95$ kob/g arasında değişen değerlerde ($2,70 \pm 0,00$ ve $4,75 \pm 0,69$ \log_{10} kob/g) bulunmuştur. Bu durumda 8 (%66,6) sütlü dondurma örneği yukarıda adı geçen tebliğe (2018) göre tüketime uygun bulunmadı. Afyonkarahisar'da yapılan çalışmada, TMAB sayısı ambalajsız dondurmalarda 3,20-5,96 \log_{10} kob/g arasında saptanarak (Acaröz vd., 2023) bu çalışma ile benzer sonuç elde edilmiştir. Aynı çalışmada koliform bakteriler 40 dondurma örneğinin %27,5'inde yukarıda adı geçen tebliğde (2018) belirtilen limite uygun iken çalışmamızda ise bu oran %33,3'tür.

SONUÇ

Çiğ süt örneklerinin mikrobiyolojik kalitesi incelendiğinde, düşük seviyede olduğu görülmüştür. Genel olarak, birincil üretim işletmelerinde hijyen ve sanitasyon kurallarının yetersizliği, bu sonucun arkasındaki temel neden olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, çiğ sütün taşındığı ve satışa sunulduğu noktalarda soğuk zincirin sürdürülmesi ve hijyenik koşulların sağlanması konusunda eksiklikler gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, gıda güvenliği ve kalite standartlarının daha sıkı bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'nde (2018) süt ürünlerinde *Enterobacteriaceae* ve/veya *E. coli* veya *Salmonella* bakterileri gıda güvenliği kriterleri olarak verilmiştir, ancak bu araştırmada koliform bakterileri sayısına bakılmıştır. *Enterobacteriaceae* familyası koliform bakteriler, çevremizde her yerde bulunur ve bu nedenle günlük yaşamımızda gıda maddelerinin kontaminasyonunu önlemek için bir dizi yöntem vardır: Gıdaların doğrudan veya dolaylı yollarla

kontaminasyondan korunması, kişisel hijyen uygulamalarının hayata geçirilmesi, gıda maddelerinin uygun yerlerde ve sıcaklıklarda muhafaza edilmesi ve gıda maddelerinin uygun bir şekilde depolanması örnekler arasındadır. Ancak koliform bakteriler, taze ve pastörize edilmemiş süten yapılan süt ürünlerinde sıklıkla tespit edilen mikrobiyal yükün önemli bir bölümünü oluşturabilmektedir. Çiğ sütler, işletmeler tarafından toplandığında veya doğrudan satışa sunulduğunda, elde edildikleri çiftliklerde sağım koşullarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Çiftliklerde sağım yapan personel ve sütün dağıtım sırasında kullanılan kapların temizlik ve dezenfeksiyon işlemlerine özen gösterilmelidir. Ayrıca, çiğ süt ve süt ürünleri satış noktalarının daha sık denetlenmesi ve satışlarına uygun olmayan yerlerin çiğ süt ve süt ürünleri satmalarının önlenmesi önemlidir. Özellikle çiğ süt satışı yapan kişilerin eğitilmesi ve sağlıklı koşullarda satılan sütlerin halk sağlığı üzerindeki riskleri vurgulanmalıdır. Resmi denetimlerin üretimden tüketime kadar her düzeyde gerçekleştirilmesinin halk sağlığı açısından faydalı olacağı kanısına varılmıştır.

AÇIKLAMALAR

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemiştir.

KAYNAKLAR

- Acaröz, U., Kara, R., Gürler, Z., Soylu, A. ve Küçükbüğrü, N. (2023). Afyonkarahisar'da Tüketime Sunulan Ambalajlı ve Ambalajsız Dondurma Örneklerinin Mikrobiyolojik Kalite Parametrelerinin Araştırılması. *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 16(1), 70-76.
- Akgül, H. İ. (2015). Trabzon tereyağlarının bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği AD, 95 s.
- Brejyeh, Z., Jubeh, B. ve Karaman, R. (2020). Resistance of Gram-Negative Bacteria to Current Antibacterial Agents and Approaches to Resolve

- It. *Molecules*, 25(6),1340. <https://doi.org/10.3390/molecules25061340>
- Boor, K. J., Wiedmann, M., Murphy, S. ve Alcaine, S. (2017). A 100-year review: Microbiology and safety of milk handling. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9933-9951. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12969>
- Çetin, M. Ş. (2011). Gıda Mikrobiyolojisi. İçinde Gıdalarda Patojen İndikatörleri. Ankara: Efil Yayınevi.
- Çiftçi, M. ve Öncül, N. (2021). The Detection and Enumeration of Coliform Bacteria in Some Ready-to-Eat Unpackaged Food in Fethiye Region. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(sp), 2552-2559. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9isp.2552-2559.4928>
- D'Amico, D. J., Groves, E. ve Donnelly, C.W. (2008). Low incidence of foodborne pathogens of concern in raw milk utilized for farmstead cheese production. *Journal of Food Protection*, 71(8), 1580-1589. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-71.8.1580>
- Dinçer, E. (2020). Sivas İlinde Üretilen Peskütan Yoğurdunun Mikrobiyolojik Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 2626-2638. <https://doi.org/10.21597/jist.696325>
- Diler, A. ve Baran, A. (2014). Erzurum'un Hınıs İlçesi Çevresindeki Küçük Ölçekli İşletme Tank Sütlerinden Alınan Çiğ Süt Örneklerinin Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Alinteri Dergisi*, 26(B), 18-24. Erişim (01.04.2019) adresi: <https://dergipark.org.tr/download/article-file/26321>
- FDA BAM. (2001). Food and Drug Administration Bacteriological Analytical Manual. FDA BAM. Aerobic Plate Count. In FDA's Bacteriological Analytical Manual, Edition 2001, (January 2001 Edition), Chapter 3. Erişim (18.02.2025) adresi: <https://www.fda.gov/media/178943/download?attachment>
- FDA BAM. (2020). Food and Drug Administration Bacteriological Analytical Manual. FDA BAM. Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. In FDA's Bacteriological Analytical Manual, Edition 8, Chapter 4. Erişim (17.01.2025) adresi: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm064948.htm>
- Givens, D. (2020). Milk Symposium review: The importance of milk and dairy foods in the diets of infants, adolescents, pregnant women, adults, and the elderly. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 9681-9699. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18296>
- Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Laskowski, W. ve Czczotko, M. (2019). Milk and Dairy Products and Their Nutritional Contribution to the Average Polish Diet. *Nutrients*, 11(8), 1771. <https://doi.org/10.3390/nu11081771>
- Gödek, Z., Mustafa, N., Semerci, A. B. ve Tunç, K. (2021). Sakarya ilindeki halk pazarlarında açıkta satılan beyaz peynirlerin mikrobiyal kalitelerinin belirlenmesi. *ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 44-49. <https://doi.org/10.46740/alku.822781>
- Güneş Bayır, A. ve Bilgin, M. G. (2019). The Effect of Cinnamon on Microbiological, Chemical and Sensory Analyses of Probiotic Yogurt. *Bezmialem Science*, 7(4), 311-316. <https://doi:10.14235/bas.galenos.2018.2628>
- Jackson, E. E., Erten, E. S., Maddi, N., Graham, T. E., Larkin, J. W., Blodgett, R. J., Schlessler, J. E. ve Reddy, R. M. (2012). Detection and enumeration of four foodborne pathogens in raw commingled silo milk in the United States. *Journal of Food Protection*, 75(8), 1382-1393. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-548>
- Janda, J. M. ve Abbott, S. L. (2021). The Changing Face of the Family *Enterobacteriaceae* (Order: "Enterobacterales"): New Members, Taxonomic Issues, Geographic Expansion, and New Diseases and Disease Syndromes. *Clinical Microbiology Reviews*, 34(2). <https://doi.org/10.1128/cmr.00174-20>

- Kahyaoğlu, D. T. ve Musaoğlu, G. (2022). Kastamonu ilinin merkez köylerinde üretilen tereyağlarının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 224-233. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1036674>
- Karaca, N. ve Çetin, Ö. (2022). Piyasada Satışa Sunulan Çiğ Sütlerin Bazı Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Parametreler Açısından İncelenmesi. *İstanbul Rumeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(1), 78-92.
- Martin, N. H., Torres-Frenzel, P. ve Wiedmann, M. (2021). Invited review: Controlling dairy product spoilage to reduce food loss and waste. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 1251-1261. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2020-19130>
- Mladenovic, K. G., Grujovic, M. Z., Kis, M., Furmeg, S., Tkalec, V. J., Stefanovic, O. D. ve Kocic-Tanackov, S. D. (2021). Enterobacteriaceae in food safety with an emphasis on raw milk and meat. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(23), 8615-8627. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11655-7>
- Montgomery, H., Haughey, S. A. ve Elliott, C. T. (2020). Recent food safety and fraud issues within the dairy supply chain (2015-2019). *Global Food Security*, 26, 100447. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100447>
- San-Cristobal, R., Navas-Carretero, S., Martínez-González, M. Á., Ordovas, J. M. ve Martínez, J. A. (2020). Contribution of macronutrients to obesity: implications for precision nutrition. *Nature Reviews Endocrinology*, 16(6), 305-320.
- Sohail, Z., Khan, N., Moazzam, M., Mujahid, S., Sindhu, A. T., Khan, H., Sohail, N., Afzal, M., Zaheer, A. ve Ishaq, I. (2023). Perspective Chapter: Beyond Delicious–The Hidden Functional Benefits of Cheese. <https://doi.org/10.5772/intechopen.113047>
- Tebliğ. (2017, 27 Nisan). Çiğ Sütün Arzına Dair Tebliğ (Tebliğ no: 2017/20). Resmî Gazete (Sayı: 30050). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/04/20170427-2.htm>
- Yönetmelik. (2018, 9 Ekim). Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği. Resmî Gazete (Sayı: 30560). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/10/20181009-2.htm>
- Yönetmelik. (2023, 5 Kasım). Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Resmî Gazete (Sayı: 32360). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/11/20231105-1.htm>
- Tusa, H., Alemayehu, T., Subussa, B. W., Ayalew, H. ve Ali, M. M. (2024). Hygienic Practices of Vendors and Their Contribution to Coliform, Salmonella, and Shigella Bacteria of Raw Milk at Asella Town, Oromia, Ethiopia. *International Journal of Food Science*, 2024(1), 8869022. <https://doi.org/10.1155/2024/8869022>
- Üzüm, M. (2006). Ankara Yöresinde Tüketime Sunulan Çiğ Sütlerde *Salmonella*, *Shigella* ve Bazı Patojenlerin İzolasyonu (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Veljkovic, V., Perovic, V., Anderluh, M., Paessler, S., Veljkovic, M., Glisic, S. ve Nicolson, G. (2017). A simple method for calculation of basic molecular properties of nutrients and their use as a criterion for a healthy diet. *F1000Research*, 6, 13. <https://doi.org/10.12688/f1000research.10537.1>
- Verruck, S., Balthazar, C. F., Rocha, R. S., Silva, R., Esmerino, E. A., Pimentel, T. C., Freitas, M. Q., Silva, M. C., da Cruz, A. G. ve Prudencio, E. S. (2019). Dairy foods and positive impact on the consumer's health. *Advances in Food and Nutrition Research*, 89, 95-164. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.03.002>



Et Bazlı Tüketime Hazır Gıdalarda Yabancı Dokuların Histolojik Muayene ile Tespiti

Detection of Foreign Tissues in Meat-Based Ready-to-Eat Foods by Histological Examination

Kadir GÖNEN^{1*}, Karlo MURATOĞLU²

¹Ü, Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul

²Ü, Cerrahpaşa Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD, İstanbul

¹ORCID: 0000-0001-6555-4475 ²ORCID: 0000-0001-8705-6813

*Sorumlu Yazar: kadir.gonen@ogr.iuc.edu.tr

Geliş Tarihi: 23.01.2025

Kabul Tarihi: 14.03.2025

ÖZET

Piyasa koşullarında haksız rekabetle daha etkin konuma gelmek ve daha fazla kazanç sağlamak isteyen bazı işletmeler tebliğ ve standartlarla tanımlanmış gıdaların içeriğini değiştirerek gıdalarda karkas eti dışında yabancı organ ve doku etleri kullanabilmektedir. Bu durum halkın kaliteli ve sağlıklı ürünlere ulaşmasına engel olmaktadır. Çalışmamızda İstanbul'da, özellikle sanayi ve hizmet sektörünün yoğun olduğu Beylikdüzü, Esenyurt, Bakırköy ve Avcılar ilçelerinde faaliyet gösteren 48 farklı işletmeden 24 lahmacun, 24 kıymalı börek örneği toplanmıştır. Örneklerde olası yabancı dokuların varlıklarını araştırmak amacıyla Hematoksilin-Eozin boyama yönteminden faydalanarak histolojik muayeneye tabi tutulmuştur. Toplanan 48 örneğin %12,5'inde en çok rastlanan yabancı dokunun taşlık dokusu olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin %6,25'inde kıkırdak, %4,17'sinde kemik, %2,1'inde karaciğer, %2,1'inde yumuşak damak ve %2,1'inde seröz bez dokuları olduğu tespit edilmiştir. Potansiyel sağlık risklerini belirlemek, halk sağlığını korumak ve gıdalarda taklit ve tağşişin önüne geçmek için gıdalarda histolojik tetkiklerin bakanlık denetim planlamasında daha sıklıkla yer almasının uygun olabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Halk sağlığı, histolojik analiz, taklit, tağşiş, yabancı doku

ABSTRACT

Some businesses that want to become more effective and gain more profit through unfair competition in market conditions can use foreign organs and tissues other than meat in foods by changing the content of foods defined by communiqués and standards. This situation prevents the public from accessing quality and healthy products. In our study, 24 lahmacun and 24 minced meat borek samples were collected from 48 different businesses operating in Istanbul, especially in the Beylikdüzü, Esenyurt, Bakırköy and Avcılar districts where the industry and service sectors are concentrated. In order to investigate the presence of possible foreign tissues in the samples, their histological examination was carried out using the Hematoxylin-Eosin staining method. It was determined that the most common foreign tissue in 12.5% of the 48 samples collected was the stony tissue. It was determined that 6.25% of the samples contained cartilage, 4.17% bone, 2.1% liver, 2.1% soft palate and 2.1% serous gland tissues. It has been concluded that it may be appropriate to include histological examinations in foods more frequently in ministry inspection planning in order to identify potential health risks, protect public health and prevent imitation and adulteration in foods.

Keywords: Public health, histological analysis, imitation, adulteration, foreign tissue

GİRİŞ

İnsan nüfusunun artmasıyla beraber günümüzde et ve et ürünlerinin tüketiminde önemli artış kaydedilmiştir (FAO ve OECD, 2021). Bu talebe karşılık vermek için gıda işletmeleri sayısında da önemli bir yükseliş görülmüştür. Piyasa koşullarında haksız rekabetle daha etkin konuma gelmek isteyen, daha fazla kazanç sağlamak isteyen bazı işletmeler tebliğ ve standartlarla tanımlanmış gıdaların içeriğini değiştirerek gıdalarda karkas eti dışında yabancı organ ve doku etleri kullanabilmektedir. Bu durum halkın kaliteli ve sağlıklı ürünlere ulaşmasına engel olmaktadır. Türk Gıda Kodeksi (TGK) Et Hazırlanmış Et Karışımları ve Et ürünleri tebliğine göre; Madde-5' in 1. kısmının a ve b bendinde 'Büyükbaş ve küçükbaş hayvan karkas etleri birbirleriyle karıştırılabilirken, Kanatlı hayvan türlerinden elde edilen karkas etleri ise birbirleriyle karıştırılabilir' ifadesi yer almaktadır. Madde-5'in 9. kısmında ise 'Sakatat kullanımı; dilli salam üretiminde dil, emülsifiye et ürünleri üretiminde baş eti hariç olmak üzere; sucuk, ısıl işlem görmüş sucuk, pastırma, kavurma, kıyma kavurma, jambon, köfte, kanatlı köfte, döner, kanatlı döner, mergez ve emülsifiye et ürünlerine sakatat katılamaz' ifadesi yer alır (Tebliğ, 2019). Bu dayanakla güvenilir, kaliteli ve hijyenik gıdaların insanlara ulaştırılması için et ürünlerinin sürekli denetlenmesi ve analizlerinin dikkatle yapılması önemlidir. Özellikle et içeren ürünlerin doku tespitinde histolojik analiz yöntemlerinden faydalanılmaktadır (Tremlová ve Štarha, 2003).

Çalışmamızda Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul'un, yaklaşık 2 milyon nüfusunu barındıran (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2023), özellikle sanayi ve hizmet sektörünün yoğun olduğu Avcılar, Bakırköy, Beylikdüzü ve Esenyurt ilçeleri seçilmiştir. Bu ilçelerde faaliyet gösteren 48 farklı gıda işletmesinden 24 lahmacun, 24 kıymalı börek örneği toplanmıştır. Kıymalı börek ve lahmacun gibi gıdalar hızlı pişirilebilen, ucuz maliyetli ve halk tarafından sevilerek yoğun olarak tüketilen geleneksel lezzetlerdir. Toplanan bu örneklerde histolojik muayene ile yabancı dokuların varlıkları araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmamızda, 2024 yılının Eylül ve Ekim aylarında İstanbul'un Avcılar, Büyükçekmece, Esenyurt ve Bakırköy ilçelerinden toplanan lahmacun ve börek örnekleri incelenmiştir. Her bir ilçede 6 börek ve 6 lahmacun üreten işletmeden numuneler alınmış olup, toplamda 48 farklı işletmeden 24'ü börek ve 24'ü lahmacun örneği olmak üzere 48 numune toplanmıştır. Yapılan analizler "TS 13511 Et ve Et Mamulleri Laboratuvar Analiz Yöntemleri-Histolojik Muayene" standardında uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, ilk olarak her bir örnekten 6 küçük eş parça alınarak örnek numaralarına göre kasetlere yerleştirilmiştir. Ardından fiksasyon işlemi için kasetler asetik asit, formaldehit ve pikrik asit içeren Bouin solüsyonuna (Mainz, Almanya) maruz bırakılmıştır. Tespiti yapılan dokulardan kesit alınabilmesi için parafine gömme işlemi yapılmıştır. Her bir örnekten elde edilen parafin bloktan mikrotom (Leica, RM 2245, Almanya) kullanılarak 5 µm'lik 3 farklı kesit elde edilmiştir. Kesitleri lam yüzeyine almak içinde su banyosunda yayma işlemi yapılmıştır. Lamlara yayılan preparatlar inkübatör içerisinde 82 °C'de 3 saat kurutulmuştur. Örneklerden oluşturulan toplamda 144 preparata Hematoksilen-Eozin boyama işlemi uygulanmış ve preparatlar fotoğraf makineli ışık mikroskopunda 10x ve 20x objektiflerde (Leica Dm 3000, Almanya) incelenmiştir.

BULGULAR

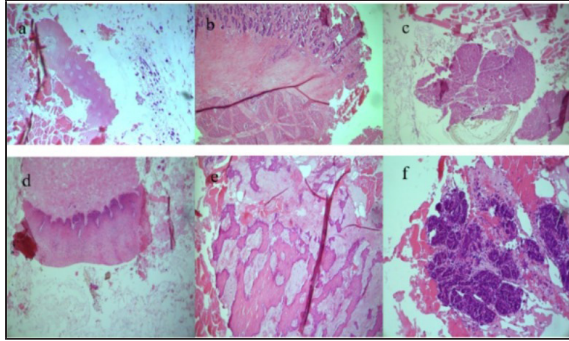
Mikroskop altında incelenen lahmacun ve kıymalı börek örneklerinde, farklı tespit edilen yabancı doku örnekleri Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Beylikdüzü, Esenyurt, Bakırköy ve Avcılar ilçelerinden toplanan 48 örneğin %12,5'inde en çok rastlanan yabancı dokunun taşlık dokusu olduğu tespit edilmiştir. Örneklerde tespit edilen diğer yabancı dokuların sırasıyla örneklerin %6,25'inde kıkırdak, %4,17'sinde kemik, %2,1'inde karaciğer, %2,1'inde yumuşak damak ve %2,1'inde seröz bez dokuları olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1. Histolojik muayenede kıymalı börek örneklerinde saptanan yabancı dokular (n: örnek sayısı)

Doku	Beylikdüzü (n:6)	Esenyurt (n: 6)	Avcılar (n:6)	Bakırköy (n:6)
Seröz Bez	-	1	-	-
Taşlık	2	1	-	1
Kemik	1	-	-	1
Kıkırdak	-	-	1	-

Tablo 2. Histolojik muayenede lahmacun örneklerinde saptanan yabancı dokular (n: örnek sayısı)

Doku	Beylikdüzü (n:6)	Esenyurt (n: 6)	Avcılar (n:6)	Bakırköy (n:6)
Karaciğer	-	1	-	-
Taşlık	-	1	1	-
Yumuşak Damak	-	-	1	-
Kıkırdak	-	-	2	-



Şekil 1. Mikroskop altında örneklerde saptanan yabancı doku örneklerin histolojik kesitleri:

- a-** Kıymalı börekte tespit edilen kıkırdak dokusu
- b-** Kıymalı börekte tespit edilen taşlık dokusunun muskuler yapısı ve bezleri
- c-** Lahmacunda tespit edilen karaciğer dokusu
- d-** Lahmacunda tespit edilen yumuşak damak epiteli ve belirgin papillaları
- e-** Kıymalı börekte tespit edilen kemik dokusu
- f-** Kıymalı börekte tespit edilen seröz bezler

TARTIŞMA

Çalışmamızda İstanbul'un Avcılar, Bakırköy, Beylikdüzü ve Esenyurt ilçelerinden satın alınan kıymalı börek ve

lahmacun örneklerinde et dışında seröz bez, kemik, kıkırdak, karaciğer, yumuşak damak gibi yabancı doku örnekleri, hatta taşlık gibi kanatlı türüne spesifik bir organ kullanımı tespit edilmiştir. Bu bulguların varlığı gıdalar hazırlanırken gıda standartlarına uyulmadığının, gıdalar hazırlanırken taklit ve tağşiş yapıldığının ve halkın tüketimine kalitesiz gıdaların sunulduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Türkiye’de bu konuda yapılan çeşitli araştırmalar incelendiğinde, Ayaz vd. (2012), topladıkları salam, sosis, fermente sucuk ve ısıtılmış işlem görmüş sucuk örnekleri üzerinde yaptıkları araştırmada toplam 842 örneğin 111’inin, Türk Gıda Kodeksi ’ne uygun olmadığını; örneklerde kıkırdak, deri ve bazı iç organlara ait yapıların tespit edildiğini rapor etmişlerdir. Sezer vd. (2013), Kars ilinde topladıkları fermente sucuk ve sucuk benzeri örneklerin %27,5’inde sero-müköz bezlere, %12,5’inde ise düz kas dokusu, kemik dokusu ve kıkırdak dokularını yaptıkları çalışmada tespit etmişlerdir. Kılıç Altun vd. (2015), Erzurum ilinden topladıkları sucuk ve sosis örneklerini incelediklerinde kemik, kıkırdak, deri ve serö-müköz bezleri tespit ettiklerini belirtmişlerdir. İnce ve Özfiliz (2016), süpermarketlerden topladıkları sucuklar üzerinde yaptıkları çalışmalarında kemik ve kıkırdak dokularını tespit ettiklerini bildirmişlerdir. 2018 yılında Şanlıurfa’da yapılan bir çalışmada; sosis örneklerinde ter bezleri, kemik, kıkırdak, deri ve saç folikülleri gibi dokular tespit edilmiştir (Harem ve Altun, 2018). Gürbüz vd. (2020), kasaplardan aldıkları fermente sucuk örneklerinde dalak, kıkırdak, akciğer dokularını saptadıklarını rapor etmişlerdir. Tuncay ve Özcan (2022), topladıkları köftelerde; kıkırdak, tendon parçaları ve geniş bağ dokulara rastladıklarını bildirmişlerdir. Erdem ve Gökmen (2023), 8 yıl süresince topladıkları 8577 adet sucuk örneği içerisinde; meme dokusu, kıkırdak ve sindirim sistemi organları gibi yabancı dokuları tespit etmişlerdir. Ünsaldı (2024), Türkiye’den topladığı 1000 adet salam, fermente sucuk ve sosis örneklerinde kalp, kıkırdak, kemik, meme ve uterus gibi çeşitli yabancı dokuları saptamıştır.

Dünya’da da bu konuda yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Amerika

Birleşik Devletleri'nde Prayson vd. (2008), çalışmalarında 8 farklı hamburger markasından aldıkları köftelerin 3'ünde kıkırdak ve 2'sinde de kemik dokusu tespit etmişlerdir. İtalya'da yapılan çalışmada, ülkenin geleneksel yemeği olan tortellini incelenmek üzere çeşitli satıcılardan örnekler toplanmış ve iç harçlarında yapılan histolojik muayenede sindirim sistemi epiteli, kıkırdak ve bezsel dokulara rastlanılmıştır (Ghisleni vd., 2010). İran'da Latorre vd. (2015), süpermarketler ve restoranlardan topladıkları toplam 20 farklı et ürünlerinde yaptıkları histolojik muayene sonucu örneklerin 2'sinde taşlık, 5'inde kıkırdak, 1'inde ovaryum tespit etmişlerdir. Malakauskienė vd. (2016), Litvanya'da satıcılardan topladıkları sosislerde bezsel dokuları tespit etmişler ve ürünlerin yoğun miktarda bağ doku içeriğine sahip olduklarını çalışmalarında belirtmişlerdir. Moghtaderi vd. (2019), İran'da yaptıkları çalışmada marketlerden alınan 20 farklı tip sosis örneğinin %28,30'unda kıkırdak, %8,30'unda kemik, %51,60'unda deri dokusu tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Sohrabi vd. (2020), İtalya'da yaptıkları çalışmada topladıkları kıyma ve pişmiş kıyma örneklerinde kıkırdak, kemik ve tükürük bezleri bulduklarını belirtmişlerdir. Darban Maghami vd. (2021), İran'da topladıkları kırmızı et örneklerinde tavuk taşlığı ve deri tespit etmişlerdir. Maghami vd. (2022) İran'da yapılan bir başka çalışmada topladıkları kıyma, hamburger köftesi ve sosis örneklerinde diğer çalışmalara benzer şekilde kıkırdak, kemik, mide ve deri gibi dokulara rastladıklarını bildirmişlerdir. Shaltout vd. (2023), Mısır'da topladıkları köfte, hamburger köftesi ve sosis örneklerinde; akciğer, kemik, kıkırdak ve bağırsak gibi dokuları tespit etmişlerdir. Elbarbary vd. (2024), Mısır'da satın aldıkları köfte, sosis, hamburger köftesi ve kıymalarda; akciğer, tükürük bezleri, kemik ve kıkırdak gibi gıdalara katılmaması gereken dokuların bulunduğunu bildirmişlerdir. Tavallaei vd. (2024), İran'da sosislerde; soluk borusu, kemik, kıkırdak ve deri dokusu tespit ettiklerini çalışmalarında raporlamışlardır. Ali vd. (2025), Mısır'da topladıkları köfte, salam ve sosislerde kemik, kıkırdak ve ter bezleri saptadıklarını bildirmişlerdir.

SONUÇ

Çalışmamızda, İstanbul'un en kalabalık nüfuslu ilçelerindeki farklı satış noktalarından toplanan örneklerde histolojik analiz yöntemleri ile yabancı dokuların varlığı tespit edilmiştir. Bu çalışma, et bazlı tüketime hazır gıdaların histolojik muayenesinin yapılmasının rutin analizlerde önemini de ortaya koymuştur. Bu tür analizler, potansiyel sağlık risklerini belirlemek, halk sağlığını korumak ve gıdalarda taklit ve tağşişin önüne geçmek için vazgeçilemez niteliktedir. Özellikle Tarım ve Orman Bakanlığı denetim planlarında yabancı doku analizlerinin, halka kaliteli ve güvenilir gıdaların ulaştırılmasını sağlamak adına histolojik tetkiki de içerecek şekilde daha sıklıkla yapılması önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Ali, F. H., Elmasry, A. A., Hassan, A. H., Mosa, A. M., Ouf, J. M. ve Hassan, A. H. (2025). Detection of adulteration in locally marketed retail meat products: Combined histological and chemical analyses. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 15(1), 70-74.
- Ayaz, Y., Kaplan, Y. Z., Ayaz, N. D. ve Aksoy, M. H. (2012). Et ürünlerinin histolojik muayenesi. *Etilik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 23(2), 49-56.
- Darban Maghami, N., Nabipour, A., Mohsenzadeh, M. ve Torabi, M. (2021). Detection of minced red meat mixing adulteration via molecular and histological techniques in Mashhad, Iran. *Health and Development Journal*, 10(1), 64-73. <https://doi.org/10.22062/jhad.2021.91587>
- Elbarbary, N. K., Darwish, W. S., Fotouh, A. ve Dandrawy, M. K. (2024). Unveiling the mix-up: investigating species and unauthorized tissues in beef-based meat products. *BMC Veterinary Research*, 20, 380. <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04223-4>
- Erdem, N. ve Gökmen, S. (2023). Türkiye'de üretilen geleneksel gıdalardan pastırma ve sucukların

- fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve serolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1239-1259. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1286400>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO) ve Organisation for Economic Cooperation and Development. (OECD). (2021). OECD-FAO agricultural outlook 2021-2030: Meat section (pp. 45-50). Retrieved from https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030_19428846-en
- Gürbüz, S., Ekebaş, G., Bayram, L. Ç. ve Kaplan, Y. Z. (2020). Quality determination of traditional fermented sausages by histological and immunohistochemical analyses. *Akademik Gıda*, 18(3), 288-295. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.818134>
- Ghisleni, G., Stella, S., Radaelli, E., Mattiello, S. ve Scanziani, E. (2010). Qualitative evaluation of tortellini meat filling by histology and image analysis. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(2), 265-270. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02130.x>
- Harem, S. I. ve Altun, K. S. (2018). Histological investigation of fermented sausages sold in Sanlıurfa province. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 7(10), 96-99.
- İnce, E. ve Özfıfız, N. (2016). Türkiye’de Süpermarketlerde Satışa Sunulan Fermente ve Isıl İşlem Görmüş Sucukların Histolojik Muayene ile Kalitelerinin Belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 35(1-2), 17-23. <https://doi.org/10.30782/uluvfd.393912>
- İlhan, T. ve Özcan, A. (2022). Histological and Molecular Evaluation of Raw Meatball Products. *Journal of Research in Veterinary Medicine*, 41(2), 112-116. <https://doi.org/10.30782/jrv.1170017>
- Kılıç Altun, S., Temur, A. ve Harem, İ. Ş. (2015). Erzurum ilinde satışa sunulan fermente sucuk ve sosislerin histolojik muayenesi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 4(2), 73-79.
- Latorre, R., Sadeghinezhad, J., Hajimohammadi, B., Izadi, F. ve Sheibani, M. T. (2015). Application of morphological method for detection of unauthorized tissues in processed meat products. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 2(2), 71-74.
- Moghtaderi, A., Raji, A., Khanzadi, S. ve Nabipour, A. (2019). Application of histological method for detection of unauthorized tissues in meat sausage. *Veterinary Research Forum*, 10(4), 357-360. <https://doi.org/10.30466/vrf.2018.89154.2160>
- Maghami, N. D., Nabipour, A., Mohsenzadeh, M. ve Torabi, M. (2022). Histological and stereological approaches for detection of tissues and fraud in some meat products. *Veterinary Research Forum*, 13(1), 47-53. <https://doi.org/10.30466/vrf.2020.115238.2742>
- Malakauskienė, S., Alionienė, I., Džiugienė, D., Babrauskienė, V., Riedel, C., Alter, T. ve Malakauskas, M. (2016). Histological analysis for quality evaluation of cured meat sausages. *Vet Med Zoot*, 74(96), 23-26.
- Prayson, B., McMahon, J. T. ve Prayson, R. A. (2008). Fast food hamburgers: what are we really eating? *Annals of Diagnostic Pathology*, 12(6), 406-409. <https://doi.org/10.1016/j.anndiagpath.2008.06.002>
- Shaltout, F., Hussein, M. ve Khaled Elsayed, N. (2023). Histological Detection of Unauthorized Herbal and Animal Contents in Some Meat Products. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 13(2), 157-160.
- Sohrabi, H., Cannizzo, F. T., Pregel, P., Scaglione, F. E., Beltramo, C., Acutis, P. L., Dalmasso, A. ve Biolatti, B. (2020). Tissue and species identification in minced

- meat and meat products from Italian commercial markets by DNA microarray and histological approach. *Veterinaria Italiana*, 56(2). <https://doi.org/10.12834/VetIt.1669.8871.3>
- Sezer, Ç., Aksoy, A., Çelebi, Ö., Deprem, T., Ögün, M., Oral, N. B., Vatansever, L. ve Güven, A. (2013). Evaluation of the quality characteristics of fermented sausages and sausage-like products sold in Kars. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 29(3), 143-149.
- Tebliğ. (2019, 29 Ocak). Türk Gıda Kodeksi Et Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği (2018/52). Resmî Gazete (Sayı: 30670). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/01/20190129-4.htm>
- Tremlová, B. ve Štarha, P. (2003). Histometric evaluation of meat products—determination of area and comparison of results obtained by histology and chemistry. *Czech Journal of Food Sciences*, 21(3), 101-106. <https://doi.org/10.17221/3484-cjfs>
- Tavallaei, A., Mashak, Z. ve Khaledi, A. (2024). Evaluation of Sausage Products Properties by Chemical, Microbial, and Histological Techniques in Qom Province, Iran. *Journal of Nutrition, Fasting and Health*, 12(1), 58-65. <https://doi.org/10.22038/jnfh.2024.76434.1484>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (TÜİK). (2023). *Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları, 2023* <https://www.tuik.gov.tr>
- Ünsaldi, E. (2024). Detection of adulteration in meat products by histological methods. *International Food Research Journal*, 31(4), 982-990.



Yoğurt Üretiminde Hidrokolloid Kullanımı: Gelişen Teknolojiler ve İnovatif Çözümler

Hydrocolloid Use in Yoghurt Production: Emerging Technologies and Innovative Solutions

Nihat AKIN¹, Damla ÖZİŞİK^{2*}, Furkan ARSLAN³

^{1,2,3}Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

¹ORCID: 0000-0002-0966-1126  ²ORCID: 0009-0006-9406-1518 

³ORCID: 0000-0003-3004-1615 

*Sorumlu Yazar: damlaozistik29@gmail.com

Geliş Tarihi: 11.10.2024

Kabul Tarihi: 14.03.2025

ÖZET

Son zamanlarda, teknolojinin ilerlemesi ve inovasyonun getirdiği değişimlerle birlikte hidrokolloidlerin önemi giderek artmıştır. Gıda sektörünün insan yaşamında temel bir rol oynaması nedeniyle hidrokolloidler, çeşitli gıdalarda farklı oranlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Jelleştirici, kıvam artırıcı, stabilize edici ve süspansiyon oluşturucu özellikleri sayesinde hidrokolloidler, gıda sanayisinde vazgeçilmez bileşenler haline gelmiştir. Farklı hidrokolloidlerin farklı oranlarda kullanılması, ürün çeşitliliğini artırmış ve gıda ürünlerinin yelpazesini genişletmiştir. Özellikle gıdaların taşınması ve tedarik zincirinde, gıdaların tekstürünü koruyarak tüketiciye ulaşmasında hidrokolloidlerin rolü büyük önem taşımaktadır. Bu derlemede, özellikle karragenan, aljinat ve karboksimetil selüloz gibi hidrokolloidlerin yapıları, kullanım alanları ve etkileri detaylı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidrokolloidler, Karragenan, Aljinat, Karboksimetik selüloz, İnovasyon

ABSTRACT

Recently, with the advancement of technology and the changes brought by innovation, the importance of hydrocolloids has gradually increased. Since the food industry plays a fundamental role in human life, hydrocolloids are widely used in various foods at different ratios. Thanks to their gelling, thickening, stabilising and suspending properties, hydrocolloids have become indispensable components in the food industry. The use of different hydrocolloids in different ratios has increased product diversity and expanded the range of food products. Especially in the logistics and supply chain of foods, the role of hydrocolloids is of great importance in preserving the texture of foods and reaching the consumer. In this review, the structures, usage areas and effects of hydrocolloids such as carrageenan, alginate and carboxymethyl cellulose were examined in detail.

Keywords: Hydrocolloid, Carrageenan, Alginate, Carboxymethyl cellulose, Innovation

GİRİŞ

Hidrokolloidler (gamlar), jelleştirici veya kıvam artırıcı etkiler sağlamak amacıyla suda çözünebilir veya dağılılabilen (dispersiyon) polimerik maddelerdir (Gibson ve Maughan, 2002). “Hidrokolloid” terimindeki “hidro” Yunanca’da su anlamına gelirken; “kolloid” terimi, Fransızca’da “col” (tutkal) ve ‘oid’ (benzer) sözcüklerinden türetilmiştir (Sworn, 2013). Binlerce yıl öncesine dayanan bir geçmişe sahip olan gamlar, başlangıçta bitkilerden sızan doğal, yapışkan, zamkimsi maddeler için kullanılmıştır (Ahmad vd., 2020). Mısırlıların mumyalama tekniklerinde kullandıkları ve “arabik” olarak adlandırılan zamkimsi madde ile İsrail halkının tükettiği cennet helvası, bu maddelerin tarihsel kullanımına dair kanıtlar sunmaktadır (Davis ve Williams, 2018). Teknik olarak, gamlar jelleştirici veya kıvam artırıcı etki sağlamak için suda çözünebilir veya dağılılabilen polimerik karbonhidratlar olarak tanımlanmaktadır (Brown vd., 2021).

Gıda endüstrisinde hidrokolloidler, kıvam artırıcı, jelleştirici, stabilize edici ve süspansiyon oluşturucu ajanlar olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar (Miller ve Thompson, 2019). Hidrokolloidlerin yaygın kullanılma sebepleri arasında ürün kalitesini artırmaları, yeni teknolojilerin uygulanmasını desteklemeleri ve bu teknolojilerle uyumlu üretim süreçlerini kolaylaştırmaları bulunmaktadır (Roberts ve King, 2022). Gamların gıdalardaki en önemli fonksiyonları arasında donma derecesini değiştirme, nem buharlaşmasını ve su tutma oranlarını azaltma, viskoziteyi düzenleme, reolojik özellikleri modifiye etme ve buz-kristali oluşumlarını kontrol etme yer almaktadır (Williams ve Patel, 2015). Ayrıca, insan sağlığı üzerinde olumlu etkiler yaratabilecek bazı hidrokolloidlerin, özellikle bağırsak sağlığı ve sindirim sistemi üzerine faydalı etkileri olduğu da bilinmektedir. Örneğin, bazı hidrokolloidler prebiyotik özellikler göstererek, bağırsak florasını destekleyebilir ve sindirim sisteminin düzenlenmesine yardımcı olabilir (Gibson ve Maughan, 2002). Bunların dışında, hidrokolloidler gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatabilir ve gıda güvenliği açısından da önemli bir rol oynamaktadır (Aslan vd., 2014).

Bu makale, teknolojik yeniliklerle birlikte gıda sektöründe giderek artan hidrokolloidlerin önemine odaklanmaktadır. Karragenan, aljinat ve karboksimetil selüloz

gibi öne çıkan hidrokolloidlerin yapısal özellikleri, çeşitli gıdalarda kullanım alanları ve bu ürünlere sağladıkları etkiler ayrıntılı olarak incelenmektedir. Ayrıca, hidrokolloidlerin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri de tartışılmakta ve bu bileşenlerin gıda sanayisindeki kritik rolü vurgulanmaktadır. Hidrokolloidlerin jelleştirici, kıvam artırıcı ve stabilize edici özellikleri doğrultusunda, bu bileşenlerin ürün çeşitliliği ve taşıma süreçlerindeki önemini açıklamak hedeflenmiştir.

HİDROKOLLOİDLERİN İNSAN SAĞLIĞINA FAYDALARI

Hidrokolloid yapıları gıdaların sindirim sisteminde kontrollü olarak parçalanması, sindirim, emilim ve fermantasyon oranlarına bağlı olarak birçok besinsel özelliği belirlemektedir (Gidley, 2013). Epidemiyolojik çalışmalar ve çeşitli *in vitro* model sistem çalışmalarından elde edilen ikna edici kanıtlara rağmen, hidrokolloidlerin (özellikle diyet lifi) sindirim sistemindeki ayrıntılı mekanizmaları şu anda sadece sınırlı bir şekilde belirlenmiştir (Slavin, 2013). Gastrik, ince bağırsak ve kalın bağırsak ortamlarında farklı hidrokolloid bazlı süreçler meydana gelmekte ve bu bölgeler arasında önemli biyolojik çapraz etkileşimler gözlemlenmektedir (Englyst vd., 2009). Hidrokolloidler, glisemik tepkinin (diyabet), plazma kolesterol seviyelerinin (kardiyovasküler hastalık) ve kalın bağırsak boyunca karbonhidrat fermantasyonunun (kolon kanseri) kontrolü yoluyla besin değerini uyarlamak ve potansiyel sağlık yararları sağlamak için önemli bir fırsat sunmaktadır (Poutanen vd., 2017). İnsan sindirim sisteminin sindirmek için evrimleştiği bitkisel orijinli gıdaların işlevselliği ile modern gıda yapılandırma teknolojilerinde ekstrakte edilmiş hidrokolloidlerin kullanımı arasında genellikle bir paralellik vardır (Gidley, 2013).

Gıda matrisindeki hidrokolloidler, enzimlerin aktif bölgesini bağlayarak veya enzim ve substrat etkileşimlerini bloke ederek karbonhidrat, lipid ve protein sindirim enzim aktivitelerini azaltabilir. Örneğin, kitosan ve aljinat gibi hidrokolloidler emülsifiye lipidlerin sindirimini farklı mekanizmalarla geciktirmektedir (Tablo 1). Kitosanın, bağ oluşturma yoluyla lipid damlacıklarının bir araya gelmesini teşvik ederek lipazın bu damlacıklara erişimini sınırladığı düşünülmektedir. Aljinatın ise

aynı işlevi kalsiyum iyonlarını tutarak ve emülsifiye lipid damlacıklarının birikmesini destekleyerek gerçekleştirdiği öne sürülmektedir (Qin vd., 2016).

Tablo 1. Hidrokolloidlerin Gıda Endüstrisindeki Kullanım Alanları ve Özellikleri

Hidrokolloid	Kaynağı	Fonksiyonları	Kullanım Alanları	Konsantrasyon Aralığı	Özellikler
Karragenan	Kırmızı deniz yosunu (<i>Chondrus crispus</i>)	Jelleştirici, koyulaştırıcı, bağlayıcı, stabilizatör	Süt ve süt ürünleri, dondurulmuş tatlılar, pastalar	%0.005-3	Düşük konsantrasyonlarda etkili jel yapma, viskozite arttırma, süt proteinleri ile kompleks oluşturma (Xu, 2021; Kobayashi vd., 2021)
Aljinat	Kahverengi deniz yosunu (<i>Phaeophyceae</i>)	Kalınlaştırıcı, jelleştirici, stabilizatör	Sulu çözeltiler, enkapsülasyon, filmler, lifler	-	Yüksek viskozite, ısıya dayanıklı jel oluşturma, toksik olmayan mekanik dayanıklılık (Gökbulut ve Sezer Öztürk, 2018; Rinaudo, 2006; Qin vd., 2018)
Karboksimetil Seliüloz	Seliüloz (bitki kaynaklı)	Stabilizatör, Bağlayıcı, Film oluşturu	Yoğurt, puding, krema, çorba, firn ürünleri	%0-0.5 (yoğurt için)	Düşük sinerez, yüksek viskozite, uzun depolama ömrü, düşük serum ayrılması (Arslan vd., 2014; Bakry vd., 2019)

KARRAGENAN

Karragenan ilk olarak İrlanda yosunu olarak adlandırılan *Chondrus crispus*'tan (kırmızı deniz yosunu) ekstrakte edilmiştir (Aslan vd., 2014). *Chondrus crispus* adlı kırmızı deniz yosunlarının en kıymetli kaynaklarının Kuzey Amerika'nın doğu sahillerinde bulunduğu belirtilmiştir (Haug ve Liener, 1982). Deniz seviyesine göre yaklaşık 7 metre derinlikte yetişen bu yosunlar, çalı görünümündedir ve ortalama olarak 8-15 cm yüksekliğe sahiptirler

(Kumar vd., 2021). Ticari anlamda, İrlanda yosunundan endüstriyel olarak saflaştırılması ve ekstraksiyonu ilk kez 1937 yılında gerçekleştirilmiştir (Ersöz, 2019). Son 200 yıldır gıda katkısı olarak kullanılan karragenanın en önemli özelliklerinden biri, süt veya su bazlı gıdalarda düşük konsantrasyonlarda bile farklı çeşitlerde jel oluşturabilmesidir (Xu, 2021). Bu özelliklerinden dolayı gıda sanayisinde koyulaştırıcı, bağlayıcı, jel yapıcı ve stabilizör ajanlar olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Aslan vd., 2014).

Mandıra tipi ürünlerde karragenanın tipik etkileri, tart tipi pastaların dolgusunda, donmuş tatlılarda, süt jellerinde, sterilize ve pastörize edilmiş sütlerde gözlemlenmektedir (Xu, 2021). Karragenan, viskozite ve jel yapısı istenen süt ürünlerinde fonksiyonel ve ekonomik avantajlar sunmaktadır. Süt proteinleri ile reaksiyona girerek, tuz, su ve diğer partikülleri tutarak üç boyutlu bir jel yapısı oluşturmaktadır (Xu, 2021). Kullanım dozu genellikle %0.005-3 arasında değişmektedir, ancak ürünün türüne ve istenilen özelliklere bağlı olarak bu oranlar değişebilmektedir (Doğan ve Şimşek, 2002). Karragenanın, özellikle düşük konsantrasyonlarda bile etkili bir şekilde jel yapabilmesi, onu süt ve süt ürünlerinde yaygın bir tercih haline getirmektedir (Miller ve Thompson, 2019).

Süt proteinleri ile kalıcı kompleksler oluşturabilen karragenan, bu işlemi kazein misellerinin yüzey kısmında bulunan birçok pozitif yük ile sülfat iyonları arasındaki elektrostatik etkileşimler sayesinde gerçekleştirebilmektedir (McHugh ve Morris, 2022). Karragenan, amonyum, kalsiyum, potasyum ve diğer çeşitli katyonların varlığıyla geri dönüşümlü ve elastik jeller oluşturmaktadır (Kumar vd., 2021). Karragenanın seyreltik çözeltileri viskoz olup, viskozite, pH, konsantrasyon, sıcaklık/süre, molekül ağırlığı, molekül tipi ve ortamda bulunan diğer maddelere bağlı olmaktadır (Li vd., 2023). Konsantrasyonun artması sonucunda viskozite artarken, çözelti ısıtıldığında depolimerizasyon nedeniyle viskozite düşer (Kobayashi vd., 2021). Bu düşüşün miktarı, zaman, pH değeri, karragenanın yapısında bulunan polisakkaritler ve sıcaklık/süre gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir (Sandıkçı, 2004; Yang vd., 2022). Polisakkaritler, asidik pH değerlerinde nötr pH değerlerine göre daha hızlı bir şekilde depolimerize olmaktadır. Depolimerizasyon, jel kuvvetinde ve

viskozitede düşüşe yol açmakta ancak jel sertliğinde düşük seviyelerde etkili olduğu bilinmektedir (Kobayashi vd., 2021).

Oda ısısındaki suda çözünebilir karragenanın tamamının çözünebilmesi için 55-80 °C arası bir sıcaklık gerekmektedir (Xu, 2021). Kappa, iota ve lambda karragenan türlerinin sodyum tuzları soğuk suda çözünürken, sıcaklık uygulandığında tamamen çözünebilir ve organik çözücülerde çözünmeyen özellikler göstermektedirler (Ali ve Ahmed, 2018). Karragenan, dondurmada mükemmel bir stabilite sağlamak ve ağızda dolgunluk hissi vermektedir; hoş, ince ve uygun bir yapı oluşturmaktadır (Miller ve Thompson, 2019). Dondurma için önerilen en iyi κ -karragenan dozu %0.6'dır. Ayrar üretiminde kullanılan λ -karragenan ise suda %0.05-1 ve sütte %0.05-0.1 oranında en iyi viskoziteyi sağlamaktadır (Kumar vd., 2021). Ticari önemi agardan daha fazla olan karragenan, kuru maddeler ile karıştırılarak, sütle ve soğuk su ile kuvvetli karıştırma işlemiyle dağıtılmalıdır (Sandıkçı, 2004; Li vd., 2023).

Yapılan bir çalışmada, süt yağının yerine kullanılan karbonhidrat bazlı (karragenan, selüloz ve guar gam), protein bazlı (sütten elde edilen, %7.9 laktoz ve %81 protein içeren) ve peynir altı suyu bazlı (%52 laktoz ve %35 peynir altı suyu proteini) ticari yağ ikamelerinin Cheddar peynirinin viskoelastik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır (Zhu vd., 2022). Karragenan ve kazein arasındaki etkileşimlerin yanı sıra, karragenanın su tutma kapasitesinin sinerjik olarak jelin kuvvetini artırdığı ve bu nedenle karbonhidrat bazlı yağ ikamelerinde kullanılabileceği rapor edilmiştir (Chen vd., 2021). Karragenan-kazein misel ağı, karragenanın su bağlama kapasitesi ile birlikte, %1.2 gibi düşük konsantrasyonlarda bir süt jeli oluşturma yeteneğini sinerjik olarak yaklaşık 10 kat artırmıştır (Ma vd., 1997).

Sweeney vd. (2020), κ -karragenan probiyotik bakteriler (*Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum*) ile birlikte kullanıldığında yoğurt kalitesini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Araştırma, karragenanın yoğurdun viskozitesini artırarak kıvamını iyileştirdiğini ve probiyotiklerin canlılığını desteklediğini ortaya koymuştur. Bu bileşenlerin etkileşimi, karragenanın su tutma kapasitesini artırarak yoğurdun raf ömrünü uzatmış ve duyuşal özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir. Çalışma sonucunda, karragenan ve

probiyotik kombinasyonu ile elde edilen yoğurtların genel kabul edilebilirliği belirgin bir şekilde artmıştır.

ALJİNAT

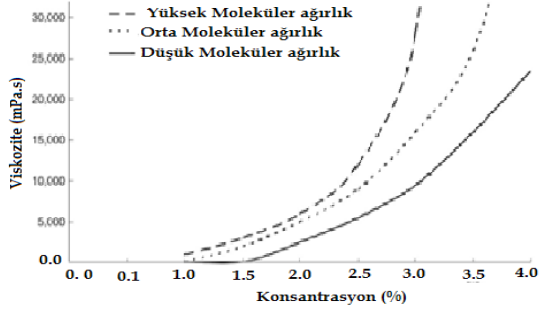
Aljinat, *Phaeophyceae* sınıfından kahverengi alglerden elde edilen doğal bir polisakkarittir (Haug ve Lien, 1980). Deniz yosununun biyokütlesindeki aljinik asidin alkali bir çözeltide çözülmesi, ardından sodyum aljinatın kalsiyum klorür ile çökeltmesi ve bu sürecin sonrasında filtreleme, saflaştırma ve kurutma aşamaları içeren işlemlerle deniz yosunundan elde edilmektedir (Tharanathan, 2003; Sandıkçı, 2004).

Aljinat, uzun zamandır gıda endüstrisinde yoğunlaştırıcı (kıvam artırıcı), jelleştirici ve koloidal stabilizör olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, çeşitli protein ve diğer bileşenlerin hücre dağılımı veya tutulmasında önemli bir rol oynamaktadır. Aljinat, neredeyse tüm enkapsülasyon yöntemlerine uygunluk göstermesi, farklı kabuk materyalleri ile uyumlu kombinasyonlar oluşturabilmesi, toksik yapı sergilememesi, oluşturduğu enkapsüllerin mekanik olarak dayanıklı olması, yüksek poroziteye sahip olması ve şelatlayıcı ajanlara karşı yüksek tolerans göstermesi gibi özellikleri nedeniyle geniş bir kullanım avantajı sunmaktadır (Rinaudo, 2006; Gökbulut ve Sezer Öztürk, 2018; Giddings vd., 2018).

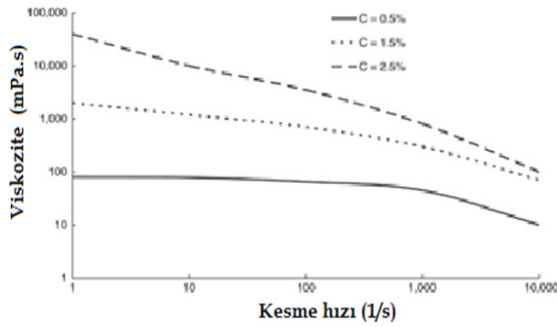
Aljinatın uygulamaları üç ana özelliğe dayanmaktadır: Öncelikle, sulu çözeltilerde çözüldüğünde ortaya çıkan çözeltiyi kıvam artırma kabiliyeti sayesinde, aljinat sulu çözeltilerin viskozitesini artırmaktadır (Qin vd., 2018). İkinci olarak, sudaki sodyum aljinat çözeltisine eklenen kalsiyum tuzu varlığında, ısı gereksiz ısıya dayanıklı jel oluşturabilme kapasitesi ile biyoaktif bileşenler üzerinde zararlı etkileri olan karragenan ve agar jellerinden farklıdır (Rinaudo, 2006). Üçüncü olarak, aljinat, sodyum veya kalsiyum aljinat filmleri ve kalsiyum aljinat lifleri oluşturma kabiliyetine sahip olduğu belirtilmektedir (Gökbulut ve Sezer Öztürk, 2018).

Suda çözünen doğal bir polimer olan aljinat, suda çözüldüğünde viskoz bir çözelti oluşturur. Şekil 1 ve Şekil 2, sırasıyla sodyum aljinat çözeltilerinin viskozitesi üzerindeki etkilerini göstermektedir. Sodyum aljinat çözeltilerinin viskoziteleri, diğer kıvam artırıcı maddelere kıyasla

daha yüksektir ve kayda değer bir kesme ve kıvam azaltıcı etkisi gösterirler. Bu özellik, işleme sırasında uygulanan kesme işleminin, diğer faydalarının yanı sıra, gıda karışımının viskozitesini düşürerek daha düzgün bir akış sağlamasına yardımcı olabilmesi açısından önemli olmaktadır (Qin vd., 2018).



Şekil 1. Konsantrasyonun sodyum aljinat çözeltisi viskozitesi üzerine etkisi (Qin vd., 2018).



Şekil 2. Kesme hızının sodyum aljinat çözeltisi viskozitesi üzerine etkisi (Qin vd., 2018).

Öztürk vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, aljinatın düşük yağlı yoğurtların viskozitesini artırarak sinerezisini azalttığı belirlenmiştir. Aljinat, su tutma kapasitesini artırarak yoğurdun kıvamını iyileştirmekte ve böylece daha hoş bir ağız hissi sağlamaktadır. Ayrıca, aljinatın mikroorganizmalar üzerindeki olumlu etkisi, yoğurtların raf ömrünü uzatmaktadır. Bu, ürünlerin mikrobiyolojik stabilitesini artırarak, tüketiciye daha kıvamlı ve güvenilir bir ürün sunulmasına olanak tanımaktadır. Araştırma, aljinatın yoğurt teknolojisinde önemli bir katkı sağladığını vurgulamaktadır.

KARBOKSİMETİL SELÜLOZ

Karboksümetil selüloz, kimyasal formülü $C_6H_7O_2Na$ (n) olan ve selülozun alkali selüloz polimeri ile monokloroasetik

asidin sodyum tuzu ile muamele edilmesiyle elde edilen bir selüloz türevidir (Arslan vd., 2014). En çok kullanılan selüloz türevidir olan karboksümetil selüloz, doğada bol miktarda bulunan hammadde kaynaklarından elde edilir ve bitkilerin yapılarında bulunmaktadır (Sandıkçı, 2004). Su ile çözünebilen bu madde, çeşitli endüstriyel ve ticari uygulamalarda önemli bir rol oynamaktadır. Karboksümetil selüloz, selülozun en önemli türevlerinden biri olup tipik bir anyonik polisakarittir. Karboksümetil selüloz; deterjan, kâğıt, gıda, tekstil, ilaç ve boya sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ayten ve Arslan, 2016). Bunların yanı sıra karboksümetil selüloz puding, krema ve hazır çorba gibi gıdalarda serum ayrılmasını engelleme, dondurulmuş çeşitli ürünlerde küçük buz kristalleri oluşturma, dondurmada ise stabilizatör özellikleri sebebiyle tercih edilmektedir. Fırın ürünlerinde karboksümetil selüloz, bayatlamayı geciktirici ve hacim artışı sağlayıcı olarak kullanılmaktadır (Arslan vd., 2014).

Ticari alanda, stabilizatör ve bağlayıcı olarak kullanılırken, aynı zamanda film ve kaplama malzemesi olarak da tercih edilmektedir (Arslan vd., 2014). Ayrıca, gıda katkı maddesi olarak da kullanımı yaygındır. Karboksümetil selülozun bu çok yönlü özellikleri, onun geniş bir kullanım yelpazesine sahip olmasını sağlamaktadır (Sandıkçı, 2004).

Karboksümetil selüloz, yoğurt üretiminde kıvam artırıcı ve stabilizatör olarak kritik bir rol oynamaktadır. Arslan vd. (2014) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, karboksümetil selülozun yoğurtların doku kalitesini iyileştirdiği ve su tutma kapasitesini artırarak raf ömrünü uzattığı belirlenmiştir. Ayrıca, bu çalışmada karboksümetil selülozun probiyotik bakterilerin canlılığını destekleyerek yoğurdun duyuşal özelliklerini olumlu şekilde etkilediği vurgulanmıştır.

Korkmaz (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, karboksümetil selüloz kullanımının yoğurt üretimindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma bulguları, karboksümetil selülozun yoğurdun doku kalitesini iyileştirerek stabilitesini artırdığını ve su tutma kapasitesini geliştirerek raf ömrünü uzattığını göstermektedir. Ayrıca, karboksümetil selülozun probiyotik bakterilerin canlılığını desteklemesi sayesinde yoğurdun duyuşal özelliklerini olumlu yönde etkilediği vurgulanmıştır. Bu sonuçlar, karboksümetil selülozun yoğurt

üretiminde önemli bir katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Sebayang (2019) çalışmasında, yer fıstığı selülozundan elde edilen karboksimetil selüloz inek sütü yoğurdunda stabilizatör olarak kullanılmıştır. Çalışmada, karboksimetil selülozun yoğurt üretiminde optimum konsantrasyonu %0,5 olarak belirlenmiş ve bu konsantrasyonla üretilen yoğurt, protein içeriği %7,69, yağ içeriği %2,11 ve pH 4,6 ile en iyi kalite sonuçlarını vermiştir. Organoleptik testlerde ise %0,3 karboksimetil selüloz eklenmiş yoğurt en beğenilen örnek olmuştur.

Hidrokolloidlerin nanoenkapsülasyon teknolojisi ile kullanımı, yoğurdun besinsel içeriğini ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek amacıyla önemli bir uygulama alanı bulmuştur (Gharsallaoui vd., 2007). Hidrokolloidler, yoğurdun yapısal stabilitesini artırmak, su tutma kapasitesini geliştirmek ve kıvamını optimize etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, nanoenkapsülasyon yöntemiyle bu bileşiklerin besinsel bileşenlerle birleştirilmesi, yoğurdun sağlık faydalarını artırmada yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Özellikle, omega-3 yağ asitleri, vitaminler ve probiyotikler gibi biyoaktif bileşenlerin nanoenkapsülasyonu, yoğurdun besinsel değerini artırarak tüketici sağlığına katkı sağlar (Yıldız vd., 2018). İnsanlar tarafından canlı bakteri tüketildiğine dair ilk kayıtlar 2000 yıldan daha eskidir (Fuller, 1992). Ancak geçen yüzyılın başında, probiyotikler ilk olarak Metchnikoff'un Paris'teki Pasteur Enstitüsü'ndeki çalışmalarıyla bilimsel bir temele oturtuldu. Metchnikoff (1907), normal bağırsak mikrobiyotasının konak üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini ve "ekşi süt" tüketiminin yardımcı olabileceğini varsaymıştır. Bu, şimdi bildiğimiz şekliyle probiyotik kavramının doğuşuydu. Probiyotiklerin etkileri genellikle türe özgüdür ve genel olarak konuşursak, ana olumlu etkiler gastroenterite karşı koruma, gelişmiş laktoz toleransı, bağışıklık sisteminin patojenik olmayan yollarla uyarılması, atopik koşulları etkileme ve kan lipidlerinde azalma ile ilişkilidir (Gareau vd., 2010; Aureli vd., 2011; Quigley, 2010). Son yıllarda, probiyotik içeren fermente süt ürünleri, özellikle yoğurt, probiyotik taşıyıcı sistemler arasında öne çıkmıştır (Akın ve Özişik, 2023). Nanoenkapsülasyon, bu biyoaktif bileşenlerin sindirim sisteminde korunmasını sağlar ve biyoyararlanımlarını artırmaktadır (Huang vd., 2010). Yoğurt

gibi süt ürünlerinde nanoenkapsüle edilmiş probiyotikler, hem besinsel faydaların korunmasına hem de ürünün duyu özelliklerinin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bu teknolojinin ilerleyen yıllarda gıda endüstrisinde daha yaygın bir şekilde kullanılacağı öngörülmektedir (Değirmencioğlu, 2020).

SONUÇ

Yoğurt üretiminde hidrokolloidlerin kullanımı, hem ürünün yapısal stabilitesini artırmak hem de ürünün uzatılmasından kritik bir öneme sahiptir. Hidrokolloidler, viskozite artırma, jel oluşturma ve sineresis azaltma gibi fiziksel özellikleri iyileştirerek yoğurt kalitesini yükseltirken, tüketici beklentilerini karşılamada da önemli bir rol oynamaktadır. Karragenan, aljinat ve karboksimetil selüloz gibi hidrokolloidler, yoğurt ve diğer süt ürünlerinde jelleştirici, kıvam artırıcı ve stabilizatör işlevleri ile öne çıkar. Karragenan düşük konsantrasyonlarda etkili bir jel oluştururken, aljinat ise mekanik dayanıklılığı ve ısıya dayanıklı yapısıyla dikkat çekmektedir. Karboksimetil selüloz ise özellikle yoğurt üretiminde düşük sineresis, yüksek viskozite ve uzun depolama ömrü sağlamaktadır. Bununla birlikte, doğal ve katkısız ürünlere olan talep arttıkça, hidrokolloidlerin sürdürülebilir ve bitkisel kaynaklardan elde edilmesi gerekliliği gündeme gelmiştir. Gelecek yıllarda nanoteknoloji ve enkapsülasyon gibi yenilikçi uygulamalar, yoğurdun besinsel içeriğini daha da zenginleştirerek fonksiyonel gıdalar kategorisindeki yerini güçlendirebilir.

Ayrıca, kişiselleştirilmiş beslenme ihtiyaçlarına yönelik özel hidrokolloid formülasyonlarının geliştirilmesi, yoğurt endüstrisinde önemli bir trend haline gelecektir. Sonuç olarak, hidrokolloidlerin yoğurt üretimindeki rolü, gıda teknolojisindeki ilerlemelerle birlikte daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyan bir alan olarak varlığını sürdürecektir.

KAYNAKLAR

Ahmad, M., Ritzoulis, C., Pan, W. ve Chen, J. (2020). Molecular interactions between gelatin and mucin: Phase behaviour, thermodynamics and rheological studies. *Food Hydrocolloids*, 102,

105585. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105585>
- Akın, N. ve Özışık, D. (2023). İnsan Bağırsak Mikrobiyomu Covid-19 İçin Tedavi Stratejileriyle İlişkilendiren Mekanizmalar. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 561-581. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1276832>
- Ali, A. ve Ahmed, S. (2018). Carrageenans: structure, properties and applications. In *Marine Polysaccharides* (pp. 29-52). Jenny Stanford Publishing. <https://doi.org/10.1201/9780429058929-3>
- Arslan, N., Çolak, S. ve Koca, N. (2014). Karboksimetil selüloz (KMS) ve kullanım alanları. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(24), 40947.
- Aslan, E., Yılmaz, A. ve Karaca, S. (2014). Hydrocolloids in food industry: Applications and trends. *Food Chemistry*, 165, 272-283.
- Aureli, P., Capurso, L., Castellazzi, A. M., Clerici, M., Giovannini, M., Morelli, L., Poli, A., Pregliasco F., Salvini, F. ve Zuccotti, G. V. (2011). Probiotics and health: an evidence-based review. *Pharmacological Research*, 63(5), 366-376. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2011.02.006>
- Ayten, A. ve Arslan, N. (2016). Limon kabuğundan elde edilen selüloz ve karboksimetil selülozun reolojik özellikleri. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(2), 119-133.
- Bakry, A. M., Chen, Y. Q. ve Liang, L. (2019). Developing a mint yogurt enriched with omega-3 oil: Physiochemical, microbiological, rheological, and sensorial characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12), e14287. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14287>
- Brown, J., Thompson, R. ve Lee, K. (2021). The role of hydrocolloids in food processing and stability. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(5), 2341-2350.
- Chen, X., Fu, X., Huang, L., Xu, J. ve Gao, X. (2021). Agar oligosaccharides: A review of preparation, structures, bioactivities and application. *Carbohydrate Polymers*, 265, 118076. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118076>
- Davis, L. ve Williams, T. (2018). Ancient uses of natural gums in food preservation. *Historical Food Technology Review*, 10(3), 112-125.
- Değirmenciöğlü, N. (2020). Su kefir: Kimyasal bileşimi ve sağlık üzerindeki etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2), 443-459.
- Doğan, M. ve Şimşek, B. (2002). Süt Ürünlerinde Karregen. Süt Mikrobiyolojisi ve Katkı Maddeleri. 6. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 465-472.
- Englyst, H. N., Kingman, S. M. ve Cummings, J. H. (2009). Classification and measurement of dietary carbohydrates. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(2), 134-146.
- Ersöz, D. (2019). Fındık sütünden muhallebi üretimi ve bazı özelliklerinin araştırılması (Yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Fuller, R. (1992). History and development of probiotics. *Probiotics. The Scientific Basis*, Chapman and Hall.
- Gareau, M. G., Sherman, P. M. ve Walker, W. A. (2010). Probiotics and the gut microbiota in intestinal health and disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 7, 503-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2010.117>
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A. ve Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107-1121. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>
- Gibson, R. ve Maughan, M. (2002). Introduction to Hydrocolloids. In *Food Hydrocolloids: Properties, Production, and Applications*. 1-20, CRC Press.
- Giddings, T. H., Ko, K. ve Liu, X. (2018). Applications of alginate in

- encapsulation technology. *Current Opinion in Food Science*, 23, 48-54.
- Gidley, M. J. (2013). Food structure and digestion. In *Handbook of Food Structure Development*. Springer. 257-290.
- Gökbulut, İ. ve Sezer Öztürk, F. (2018). Gıda mikrokapsülasyonunda aljinat kullanımı. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 8(1/2), 16-28.
- Haug, A. ve Lien, J. (1980). The determination of the molecular weight of alginic acid. *Acta Chemica Scandinavica*, 34(4), 280-284.
- Haug, A. ve Liener, I. E. (1982). The polysaccharide composition of red seaweeds. In *Seaweed Resources in Europe*, 234-245. John Wiley & Sons.
- Huang, Q., Yu, H. ve Ru, Q. (2010). Bioavailability and delivery of nutraceuticals using nanotechnology. *Journal of Food Science*, 75(1), R50-R57. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01457.x>
- Kobayashi, M., Yamaguchi, T. ve Matsumoto, N. (2021). Temperature and pH effects on the viscosity and gel strength of carrageenan. *Food Hydrocolloids*, 112, 106345.
- Korkmaz, H. (2017). Utilization of carboxymethyl cellulose in yogurt production. *Journal of Food Science and Technology*, 54(11), 3469-3476.
- Kumar, P., Sharma, R. ve Kumar, R. (2021). Marine algae as a source of valuable polysaccharides. *Journal of Applied Phycology*, 33(2), 573-584.
- Li, X., Zhang, S., Luo, X., Wang, R., Feng, W., Zhang, H., Chen, Z. ve Wang, T. (2023). Co-assemblies of carboxymethyl cellulose and wheat glutenins as colloidal carriers of vitamin D3 with enhanced stability against long-term storage and ultraviolet radiation. *Food Hydrocolloids*, 135, 108145. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108145>
- Ma, L., Drake, M. A., Barbosa-Cánovas, G. V. ve Swanson, B. G. (1997). Rheology of full-fat and low-fat Cheddar cheeses as related to type of fat mimetic. *Journal of Food Science*, 62(4), 748-752. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb15449.x>
- McHugh, D. J. ve Morris, E. R. (2022). Interactions of carrageenan with milk proteins: A review. *Dairy Science & Technology*, 102(5), 1349-1366.
- Metchnikoff, E. (1907). The prolongation of life. *Nature*, 77, 289-290.
- Miller, C. ve Thompson, A. (2019). Functional properties of hydrocolloids in dairy products. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5025-5035.
- Öztürk, B., Çelik, S. ve Koca, N. (2020). Aljinatın düşük yağlı yoğurtların fiziksel ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkileri. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 12(3), 123-134.
- Poutanen, K., Flander, L. ve Salminen, S. (2017). Dietary fibre and health. In *Handbook of Dietary Fiber*. 123-148. CRC Press.
- Qin, Y., Jiang, J., Zhao, L., Zhang, J. ve Wang, F. (2018). Applications of alginate as a functional food ingredient. *Biopolymers for Food Design*, 409-429. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0.00013-X>
- Quigley, E. M. M. (2010). Prebiotics and probiotics; modifying and mining the microbiota. *Pharmacological Research*, 61(3), 213-218. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2010.01.004>
- Rinaudo, M. (2006). Alginates: Biological functions and industrial applications. *Carbohydrate Polymers*, 63(3), 277-292.
- Roberts, G. ve King, R. (2022). Emerging technologies in hydrocolloid production and usage. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 101-113.
- Sandıkçı, S. (2004). Yoğurt üretiminde stabilizatör maddelerin kullanılması ve bu maddelerin yoğurdun organoleptik ve bazı fiziksel, mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkileri (Doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı, İstanbul, 93s.
- Sebayang, F. (2019). The utilization of carboxymethyl cellulose (CMC) from groundnut (*Arachis Hypogaea* L)

- cellulose as stabilizer for cow milk yogurt. *Journal of Chemical Natural Resources*, 1(2), 38-51. <https://doi.org/10.32734/jcnar.v1i2.1252>
- Slavin, J. (2013). Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*, 5(4), 1417-1435. <https://doi.org/10.3390/nu5041417>
- Sweeney, J., O'Neill, E. ve O'Sullivan, M. (2020). The effects of kappa-carrageenan and probiotic bacteria on the quality of yogurt. *Food Science & Nutrition*, 8(5), 2673-2681.
- Sworn, G. (2013). The Chemistry of Hydrocolloids. In *Hydrocolloids: The Science and Applications*, 25-45, Wiley-Blackwell.
- Tharanathan, R. N. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*, 14(3), 71-78. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00280-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00280-7)
- Xu, Y. (2021). Phage and phage lysins: New era of bio-preservatives and food safety agents. *Journal of Food Science*, 86(8), 3349-3373. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15843>
- Williams, P. ve Patel, M. (2015). Functional properties of hydrocolloids in food systems. *Journal of Food Engineering*, 156, 22-34.
- Yang, Y., Li, X. ve Xie, X. (2022). The effect of pH and temperature on carrageenan gelation. *International Journal of Biological Macromolecule*, 196, 659-665.
- Yildiz, G., Gibis, M., Ruiz-Moreno, M. J. ve Weiss, J. (2018). Encapsulation of omega-3 fatty acids in nanoparticle delivery systems for food fortification: A review. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 127-137.
- Zhu, L., Li, C. ve Chen, H. (2022). Evaluation of fat replacers on the rheological properties of cheddar cheese. *Dairy Science & Technology*, 102(4), 789-803.



Gıda Endüstrisinde Yapay Zekâ Uygulamaları

Artificial Intelligence Applications in the Food Industry

Elif Ceren ÇAKIROĞLU¹, Güzin İPLİKÇİOĞLU ARAL²

^{1,2}AÜVF, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi AD; Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü,
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Ankara

¹ORCID: 0009-0001-5710-7402  ²ORCID: 0000-0001-6897-8222 

*Sorumlu Yazar: elif_ceren_cakiroglu@gmail.com Geliş Tarihi: 13.12.2024 Kabul Tarihi: 14.03.2025

ÖZET

Dünya nüfusundaki hızlı artış, gıda kaynaklarına yönelik talebin de paralel şekilde yükselmesine neden olmaktadır. Bu durum, gıda endüstrisini hem yenilikçi değişikliklere ve hem de artan talepleri karşılamak amacıyla çözümler geliştirmeye yönlendirmiştir. Küreselleşme, teknolojik ilerlemeler ve tüketici beklentilerindeki değişiklikler, gıda endüstrisini önemli ölçüde dönüştürmüştür. Bu süreçte yapay zekâ (YZ) ve teknolojileri, gıda endüstrisindeki dönüşümlere öncülük etmektedir. Gıda endüstrisinde yapay zekâ; gıda güvenliği, kalite değerlendirmesi, kontrol sistemleri, üretim, işleme, ambalajlama ve dağıtım süreçlerinin verimliliğini artırarak daha güvenilir bir yapı sağlamaktadır. Yapay sinir ağları, bulanık mantık, genetik algoritma gibi yapay zekâ uygulamaları sektörde yaygın olarak son yıllarda kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, gıda endüstrisinde yenilikçi çözümler getirerek verimliliğin artmasına katkı sağlamıştır. Gıda güvenliği, halk sağlığını korumak ve gıda kaynaklı hastalıkların önlemek açısından büyük önem taşımaktadır. Gıda güvenliği yönetim sistemleri, tehlikeleri önlemek ve riskleri minimuma indirmek için çeşitli stratejiler sunmaktadır. Yapay zekâ, bu stratejilerin etkinliğini arttırmak için, veriye dayalı proaktif bir yaklaşımla riskleri tespit edebilen öncü göstergeler geliştirerek gıda güvenliği yönetiminde etkili rol oynamaktadır. Bunun yanında, yapay zekâ ve veri analitiği; gıda tedarik zincirinde risk yönetimi, kalite güvencesi ve tüketici tercihlerinin izlenmesi, ürün geliştirme ve pazarlama gibi alanlarda önemli avantajlar sağlamaktadır. Çiftlikten sofraya gıdaların izlenmesi, ekipman bakımı gibi birçok alanda yapay zekâ uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, atık su arıtmalarında da yapay zekâ teknolojileri kullanılarak çevresel riskleri azaltmak ve maliyetleri düşürmek için kullanılmaktadır. Yapay zekâ, gıda endüstrisinde üretim süreçlerinden tüketici tercihlerini anlamaya kadar geniş bir yelpazede yer bularak sektörü daha verimli, sürdürülebilir ve yenilikçi bir geleceğe taşıyacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, gıda, gıda güvenliği

ABSTRACT

The rapid increase in the world population has led to a parallel rise in the demand for food resources. This situation has driven the food industry to develop innovative changes and solutions to meet the growing demands. Globalization, technological advancements, and changes in consumer expectations have significantly transformed the food industry. In this process, artificial intelligence (AI) and its technologies are leading these transformations within the food sector. In the food industry, artificial intelligence enhances the efficiency of food safety, quality assessment, control systems, production, processing, packaging, and distribution processes, ensuring a more reliable structure. AI applications such as artificial neural networks, fuzzy logic, and genetic algorithms have been widely used in the sector in recent years. These applications have contributed to increased efficiency by introducing innovative solutions in the food industry. Food safety is of great importance for protecting public health and preventing foodborne illnesses. Food safety management systems offer various strategies to prevent hazards and minimize risks. Artificial intelligence plays an effective role in food safety management by

enhancing the efficiency of these strategies through data-driven, proactive approaches that can detect risks using leading indicators. Additionally, AI and data analytics provide significant advantages in areas such as risk management in the food supply chain, quality assurance, monitoring consumer preferences, product development, and marketing. AI applications are also widely used in tracking food from farm to table, equipment maintenance, and many other areas. Moreover, AI technologies are utilized in wastewater treatment to reduce environmental risks and lower costs. Artificial intelligence is expected to play a significant role in the food industry, spanning from production processes to understanding consumer preferences, leading the sector toward a more efficient, sustainable, and innovative future.

Keywords: Artificial intelligence, food, food safety

GİRİŞ

Yapay zekâ, insan bilişsel süreçlerini minimum insan müdahalesiyle taklit edebilen bir bilgisayar bilimi disiplini. Veri odaklı karar destek sistemlerinden ileri düzey robotik teknolojilere kadar geniş bir uygulama alanı yelpazesine sahiptir (Hamet ve Tremblay, 2017). Yapay zekâ, 1950'li yıllarda Alan Turing'in "Makineler düşünebilir mi?" sorusunu sormasıyla temelleri atılmış ve Turing Testi ile makinelerin insan zekâsını taklit edip edemeyeceğini test etme kriteri geliştirilmiştir. 1956'daki Dartmouth Konferansı'nda "yapay zekâ" terimi resmi olarak tanımlanmıştır. 1980'lerde yapay sinir ağları ve bulanık mantık gibi yöntemler geliştirilmiştir. 1990'lı yıllarda makine öğrenmesi ve derin öğrenme tekniklerinin gelişmesiyle yapay zekâ öne çıkmıştır (Mavani vd., 2022). Sağlık alanında, sağlık hizmetlerini geliştirmekle beraber (Sahu vd., 2022) tedarik zinciri, finans ve maliyet optimizasyonu gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Gharaei vd., 2019).

2050 yılına kadar dünya nüfusunun 9 milyarı aşması ve 2005 yılına kıyasla gıda talebinin %59-98 oranında artması öngörülmektedir. Artan nüfusun gıda talebini karşılamak için sürdürülebilir tarım ve gıda sistemlerine geçilmesi

gerekmektedir (McKenzie ve Williams, 2015). Sürdürülebilir tarım ve gıda sistemlerinin oluşturulmasında yapay zekâ, gıda güvenliği, tedarik zincirinde kalite kontrol, iklim değişikliği ve hijyen gibi sorunlara etkili bir çözüm yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Bu noktada, yapay zekâ gıda endüstrisinde çeşitli alanlarda yenilikçi çözümler geliştirmiştir. Yapay zekânın bir alt dalı olan makine öğrenimi (ML), yapay sinir ağları (ANN), uzman sistemler (ES), büyük veri (big data), bulanık mantık (FL), derin öğrenme (Deep Learning) gibi çözüm araçlarına sahiptir. Karar verme ve süreç tahmini gibi endüstride tercih edilen araç haline gelmiştir. Bu uygulamalar, ürün kalitesini artırma, genel maliyetin azaltılması, çevre koruma ve verimliliği yükseltme gibi avantajlar sunarak yenilikçi bir teknoloji olmuştur. Ek olarak blockchain teknolojinin kullanımı ile gıda tedarik zincirinde izlenebilirlik artmıştır. Fakat yüksek maliyet, işsizlik riski ve enerji tüketimi gibi zorluklar, bu teknolojinin yaygınlaşmasını sınırlayan faktörler arasında yer almaktadır (Ben Ayed ve Hanana, 2021).

Yapay zekâ gıda endüstrisinin birçok alanında, yapay sinir ağları, makine öğrenimi, bulanık mantık, uzman sistemler ve adaptif nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) gibi tekniklerle kullanılmaktadır. Bu algoritmalar, bilgisayar görüntüleme sistemi ve kızıl ötesi spektroskopi (NIRS) gibi sensörlere de entegre edilerek örneklerden veri toplama, analiz gibi süreçleri optimize etmede fayda sağlamaktadır (Mavani vd., 2022). Örneğin, Yapay zekâ alanında kullanılan yapay sinir ağları teknolojisi, doğrusal olmayan karmaşık ilişkilerin modellenmesinde kullanılan bir araçtır. Kurutma, ekstraksiyon ve raf ömrü değerlendirme, fermantasyon ve kalite değerlendirme gibi süreçlerin modellenmesinde yüksek doğrulukla sonuçlar sunarak geleneksel yöntemlere kıyasla zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır (Bhagya Raj ve Dash, 2022). Yapay sinir ağları, bulanık mantık ve uzman sistemler gibi algoritmaların kombinasyonlarıyla gıda kurutma süreçlerindeki zorlukları çözmek için de kullanılmıştır. Kalite göstergeleri ve kurutulmuş ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinin modellenmesi tahmini ve optimizasyonunda yapay zekâ

uygulamalarına ek yapay biyomimetik sistemler (ör. bilgisayarlı görüntüleme) ile etkinlik artırılmıştır. Yapay zekâ, kurutma endüstrisinde önemli ilerlemelere öncülük etmesi beklenmektedir (Sun vd., 2018).

Yapay zekâ teknolojileri, su kıtlığı ve kirliliği sorunları karşısında atık suyun geri dönüşümünde ve arıtılması gibi süreçlerde önemli rol oynamaktadır. Yapay sinir ağları, bulanık mantık gibi teknolojiler, farklı atık su artıma süreçlerinde kirletici giderim etkilerini doğru bir şekilde tahmin edebilmişlerdir. Yapay zekâ sadece tahmin etme değil, aynı zamanda süreçlerin optimizasyonunda da yaygın bir şekilde kullanılabilirliği için hibrit modelleri kullanılması daha etkin olabilmektedir (Xu vd., 2024). Atık su ve su dezenfeksiyonunda, patojenlerin eliminasyonu ve organik kirleticilerin giderilmesine yardımcı olmak, dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumunu kontrol ve kalıntı tahmini için de kullanılmaktadır. Yapay zekâ teknolojisi olan bulanık mantık diğer algoritmalara göre daha yüksek performans göstermekte fakat büyük ölçekli tesislerde tek başına yetersiz kalabilmektedir (Ding vd., 2024).

YAPAY ZEKÂ VE GIDA ENDÜSTRİSİ

Yapay zekâ, genel olarak insanların makinelerle yapabildiği eylemleri gerçekleştirebilen bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır. Ham verilerden hiyerarşik modellerle anlamlandırarak, işlem gücü sayesinde verimli sonuçlar üretmektedir. Yapay zekânın bir alt kümesi olan makine öğrenimi ise denetimli ve denetimsiz öğrenme yöntemleriyle geçmiş verilerden yararlanmaktadır. Yapay sinir ağları gibi teknikler, tahminlerde yüksek doğruluk sağlamak için kullanılmaktadır. YZ, gıda güvenliği gibi alanlarda sorunları geçmiş verilerle değerlendirmektedir. Bu şekilde, gıda güvenliğindeki riskleri öngörmek için etkili bir çözüm sunmaktadır (Goodfellow vd., 2016). Yapay zekâ, gıda işleme, taşıma, paketleme, hijyen ve gıda güvenliği alanında, tüketici odaklı uygulamalar gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bu alanlarda insan iş gücünü azaltırken süreçleri daha hızlı ve verimli hale getirmektedir (Mavani vd., 2022).

Makine öğrenimi teorisi;

yapay sinir ağları, derin öğrenme gibi algoritmaların temelini oluşturan prensipleri ve matematiksel çerçeveyi sunmaktadır (Jordan ve Mitchell, 2015). Modern Grafik İşleme Birimlerinin (GPU) hesaplama gücüyle Derin Öğrenme (Deep Learning) gibi yöntemlerde ilerlemiştir. Yapay zekâ bu şekilde daha büyük veriler kullanarak karmaşık görevleri yerine getirmektedir. Bu teknolojiler gıda üretimini daha sürdürülebilir duruma getirmektedir. Görsel algılama ve yapay zekânın gelişmesiyle beraber görüntü işleme, nesne algılama, optik karakter tanıma gibi teknikler gıda ürünlerinde analizlerin uygulanmasını sağlamıştır (Kim vd., 2024).

Yapay sinir ağları, insan beyninin karmaşık, doğrusal olmayan hesaplama gücünden örnek alınarak kullanılan bir tekniktir. Büyük veri setlerini analiz etmek ve karmaşık görevleri yerine getirmek için güçlü bir araçtır (Kyaw vd., 2019). Yapay sinir ağları gıda endüstrisinde, kalite kontrolü, ürün geliştirme gibi alanlarda etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Örneğin, yapılan bir çalışmada, ticari olarak satılan pürelerin yoğunlukları yapay sinir ağları kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada 13 farklı püre türü ve 5 farklı yoğunluğa sahip 390 numune kullanılmıştır. Yapay sinir ağları, püre numunelerinin rölatif konsantrasyonlarını %92,2 doğruluk oranıyla tahmin etmiştir. Sonuçlar yapay sinir ağlarının gıdaların kalite kontrolünde umut verici bir araç olduğunu göstermektedir (Pfisterer vd., 2018). Gıdalardaki bakteri gelişimi tahmini, yoğurttaki *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* popülasyonlarının değerlerinin yapay sinir ağları aracılığıyla kantitatif analiziyle gerçekleştirebilmektedir. Elde edilen veriler, özellikle fermente gıda ürünlerinde bakteriyel gelişimlerini anlamak ve süreç optimizasyonu sağlamak için önemli bir kaynak sunmaktadır. Bu yöntem, daha karmaşık mikrobiyal topluluklar için doğrulama gerektirse de üç ve üzeri bakteri popülasyonlarından oluşan fermente süt ürünleri endüstrisi için önemli bir potansiyele sahiptir. Bu yaklaşım, mikroorganizmaların kantitatif analizi için geniş bir kullanım alanı sağlamaktadır (Talon vd., 2002). FITR (Fourier Transform

Infrared Spectroscopy) spektroskopisinin yapay sinir ağ gibi modellerle birleştirilmesi, aerobik depolamada etin bozulmasını izleme konusunda etkili olmuştur. Toplanan FTIR spektral verileri; toplam canlı sayısı, *Pseudomonas spp.*, laktik asit bakterileri ve *Enterobacteriaceae* gibi mikrobiyolojik logaritmik verilerle ilişkilendirilmiştir. Önerilen modelleme şemalarıyla, spektral veriler kullanılarak et örneklerinin mikrobiyolojik popülasyonu doğrudan tahmin edilmiş ve kalite sınıflandırılması yapılmıştır (Kodogiannis vd., 2014).

Bulanık mantık, belirsiz ve kesin olmayan verilerin analizinde kullanılan bir yapay zekâ yaklaşımıdır. Bu şekilde karmaşık ve doğrusal olmayan problemlere esnek, hızlı ve uyumlu çözümler sunar. Gıda endüstrisinde ise özellikle duyuşal değerlendirmede, gıda kalitesi, ürün geliştirme gibi alanlarda etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır (Vivek vd., 2020). Gıdaların güvenliğini değerlendirmek amacıyla sülfür dioksit, benzoik asit ve sorbik asit konsantrasyonlarına dayanarak gıda konserveleri bulanık mantık çerçevesinde incelenmiştir. Bulanık mantık, kesin sınırlar yerine belirsiz verileri de değerlendirerek katkı maddelerinin tamamen güvenli ya da güvensiz olarak sınıflandırmak yerine, belirli güvenlik derecelerine göre analiz edebilen bir sistemdir. Örneğin, benzoik asit oranı %0.05 olduğunda tamamen güvenli ya da güvensiz sayılmak yerine %80 oranında güvenli kabul edilebilir. Yapılan çalışmada katkı maddelerinin konstrasyonları Malezya Gıda Yasası 1983 ve Gıda Yönetmeliği 1985'e göre değerlendirerek rastgele oluşturulan ve endüstriyel gıda örnekleriyle test edilmiş, manuel hesaplamalara karşılaştırıldığında uyumlu sonuçlar vermiştir. Geliştirilen çerçevenin gelecekte e-nose (elektronik burun) ve e-tongue (elektronik dil) gibi sensörlerle entegre edilerek gıda güvenliği izleme sistemlerine dönüştürülebilmesi planlanmaktadır (Mavani vd., 2024). Ek olarak; bulanık mantık, farklı sıcaklık ve depolama sürelerinde biyojen amin içeriğine göre balık kalitesini değerlendirmede etkin bir şekilde kullanılmıştır (Zare ve Ghazali, 2017). Mikrobiyal inaktivasyon süreçlerini modelleyerek, kalite kontrolü için hızlı ve doğru tahminler sunmaktadır. Yapılan bir

çalışmada, *Lactococcus lactis*'in basınç kaynaklı inaktivasyon süreçleri bulanık mantık modellerine dayalı bir şekilde ön görmüştür (Kilimann vd., 2005).

YAPAY ZEKÂ VE GIDA GÜVENLİĞİ

Gıda güvenliği, tüketicilerin sağlığını korumayı ve gıdaların güvenli şekilde tüketilmesini sağlamayı amaçlayan sistemlerdir. Tüketici güvenliğini korumak ve ekonomik kayıpları önlemek için kritik bir öneme sahiptir (Schroeder vd., 2007). Örneğin, 2018'de ABD (Amerika Birleşik Devletleri) ve Kanada'daki maruldan kaynaklı *E. coli* salgını, taze ürün pazarlarında büyük ekonomik kayıplara yol açmıştır. Doğrudan ya da dolaylı etkilerle gıda tedarik zincirinde yaklaşık 80 milyon dolar kayıp, toplam zarar ise 276-343 milyon dolar kadar olduğu gözlemlenmiştir. Etkilerin azaltılması için gıda güvenliği standartları ve izlenebilirlik sistemlerin gelişmesi önemlidir (Spalding vd., 2023).

Yapay zekâ, derin öğrenme, yapay sinir ağları gibi tekniklerle beraber birtakım teknolojileri kullanarak gıda güvenliği alanında da yer bulmaktadır. Sensor teknolojileri, veri bilimi, makine öğrenimi gibi modern teknolojilerle gelişmeler sağlayabilmektedir. Veri setleri kullanarak risk tahminleri ve gıda kaynaklı patojen tespiti gibi süreçleri hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Teknoloji, gıda güvenliği alanında önemli bir çözüm aracı olduğu bilinmektedir ve gıda güvenliği alanında yapay zekâ, veri altyapısı ve sensor teknolojileri alanındaki gelişmelerle dönüşüm sağlamaktadır (Nychas vd., 2021; Anonim, 2019).

Makine öğrenim tekniği olan Random Forest (Umoh vd., 2022) kullanılarak yapılan bir çalışmada, taze ürün alanlarından alınan toprak, sürüntü ve su örneklerinden *Listeria (L.) monocytogenes* izolasyonu ile ilişkili faktörler belirlenmiştir. Analiz sonucunda, *L. monocytogenes* izolasyonu en çok ilişkili olan faktörün su olduğu gözlemlenmiştir (Harrand vd., 2020). Gıda işleme süreçlerinde yapay zekâ, metagenomik dizileme ve biyoinformatik analizlerle kullanılmaktadır. Gıda matrisindeki kontaminantların tespit etmekte ve bileşimini doğrulukla belirleyebilmektedir. Yapılan

çalışmada, FASER gibi yapay zekâ destekli biyoinformatik boru hattı, DNA veya RNA dizileme verilerini analiz edebilmektedir. Bu yöntemle beraber gıda güvenliğinde önemli rol oynayıp kalite kontrol ve tedarik zincir sorunlarına çözüm sunmaktadır (Haiminen vd., 2019). Yine Random Forest yaklaşımı ve yapay zekâ kullanılarak edilen verilerin gıda güvenliği ile ilgili metagenomik uygulamaları genişletilebilme potansiyeline sahiptir. DiMucci vd. (2018), yapmış oldukları çalışmada *E. coli* ve diğer mikrobiyal topluluklar arasındaki çift yönlü etkileşimlerin tahmini için genlerin varlığı yokluğu gibi biyolojik olarak anlamlı veriler kullanılarak Random Forest adlı makine öğrenmesi modeli geliştirilmiştir. Random Forest yaklaşımıyla bu etkileşimler doğru şekilde tahmin edilmiştir ve etkileşim mekanizmalarını anlamada yardımcı olmuştur. Ek olarak; potansiyel olarak daha önce bilinmeyen etkileşim mekanizmalarını göstermiştir. Gıda güvenliği bağlamında, bu uygulama gıda kaynaklı patojenlerin kontrol stratejisi olarak kullanılan biyokoruyucuların etkisini tahmin etmede kullanılabilir.

Gıda endüstrisinde hijyen ve sanitasyon, özellikle çapraz kontaminasyonu önleme açısından önemlidir. Yapılan bir çalışmada, ultrasonik sensörlerden elde edilen verilerle makine öğrenimi ve yapay sinir ağı modelleri kullanılarak temizlik sırasında yüzey kirlenme alanı ve hacmi doğru tahmin edilmiştir. Bu veriler, temizlik süreçlerinin izlenmesi ve optimize edilmesi için önemli bir adım olmuştur (Simeone vd., 2020).

Modern üretim süreçlerinde yapay zekâ ve veri analitiğinin uygulanmasıyla özellikle *Listeria spp.* gibi patojenlerin tespiti, gıda kaynaklı hastalık riskini azaltmak için önemlidir. EnABLE (Environmental monitoring with an Agent-Based Model of *Listeria*) adlı yapay zekâ destekli simülasyon modeli soğuk füme somon üretim tesisinde çevresel izleme programlarıyla kullanılmıştır. *Listeria spp.*'nin bulaşma yollarını ve varsayımsal değişikliklerle olası kontaminasyon sonuçlarının aralığını ortaya koymuştur. Bu şekilde, gıda üretim tesisinde kontaminasyon risklerini belirlemeye yönelik karar sistemi sağlamaktadır. Model,

özellikle dondurulmuş gıda endüstrisi alanlarında gıda güvenliğine ek olarak genel üretim süreçlerinde daha geniş uygulama alanlarında kullanıma olanak sağlamaktadır. Çapraz kontaminasyon riskini azaltma, tüketici sağlığını koruma ve gıda sektöründe sürdürülebilirlik amaçlarına hizmet edebilmektedir (Zoellner vd., 2019).

Yapılan çalışmalar kapsamında, yapay zekâ araştırmalarıyla ilgili WoS (Web of Science) veri tabanından elde edilen literatür örnekleri üzerinde bibliyometrik analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, makine öğrenimi ve derin öğrenim algoritmalarının gıda güvenliği alanında sürdürülebilir ve güvenli gıda sistemleri için umut vadeden bir teknoloji olduğu görülmüştür (Liu vd., 2023).

ZORLUKLAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Artan dünya nüfusu, gıda talebi ve iklim değişiklikleri göz önüne alındığında, yapay zekâ, Birleşmiş Milletler'in 2030 Gündemi tarafından belirlenen 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi'ne ulaşmayı kolaylaştıran bir araç niteliğindedir. Yapay zekâ ve teknolojileri, veri izleme, analiz, karar verme gibi süreçlerde yardımcı olup gıda üretiminden dağıtımına kadar sürdürülebilirlik, izlenebilirlik ve gıda güvenliği gibi alanlarda yardımcı olarak yoksulluk ve açlıkla mücadeleye yardımcı olabilir. Gelişmekte olan ülkeler, yapay zekânın kullanımında finansal, uzmanlık ve eğitim eksikliği, düzenleyici çerçeve eksikliği, özelleştirme gerekliliği, kültürel normlar ve pazar erişimi, veri erişimi, disiplinler arası iş birliği gibi zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorlukların aşılması için bütüncül yaklaşımlar; belirli yatırımlar, iş birliği, politik destek, altyapı güçlendirmesi, eğitim programları gibi çözümler uygulanabilir (Ahmad vd., 2024; Qian vd., 2023).

Gıda güvenliğinde yapay zekânın uygulanması, verilere erişimin zorluğu, gizlilik, veri standardizasyonu, araç yetersizliği gibi zorluklarla istenilen şekilde ilerleyememektedir. Sorunların çözümü için en önemli kısım disiplinler arası iş birliğiyle ticari yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesi gerekliliğidir. Mikrobiyal

verilerin yüksek maliyetli ve yavaş toplanması, veri paylaşımı konusunda ticari ve yasal endişeler yapay zekânın kullanım alanlarını kısıtlamaktadır. Bu durum yapay zekâ aracının akademik düzeyde gelişimini zorlama ve gıda endüstrisinde kullanılabilecek ticari ürünlere dönüştürememektedir (Qian vd., 2023). Yapay zekâ kullanım zorluklarında sosyal, çevresel ve ekonomik faktörler de göz önüne alınmalıdır. Veri gizliliği, sahtecilik, etik değer kaygısı teknolojinin uygulanmasını sınırlandırabilir. Gıda güvenliğinde izlenebilirlik ve verimliliği arttırmada başlıca teknik zorluklar ve sürdürülebilirlik gelmektedir. Blockchain, gizlilik koruma, IoT (Internet of Things) ve yapay zekâ entegrasyonu; yeni teknolojik gelişmeler ve regülasyonlar; Blockchain tabanlı dijital pazarın geliştirilmesi izlenebilirlik ve veri güvenliği açısından değerlendirilmedi (Lei vd., 2022).

Gıdaların bileşenleri gibi kapsamlı bilgileri için bir veri tabanı geliştirmek, düzenleme ve denetim, tüketici farkındalığı ve kabulünde teknolojiyi yaygınlaştırmak yapay zekânın gıda endüstrisinde etkili ve yaygın bir şekilde kullanımını sağlayabilir. Ek olarak yapay zekâ tabanlı gıda katkı maddesi üretimi, gıda endüstrisinde değişimler yaratabilir (Yu vd., 2024). Yapay zekâ teknolojilerinin yaşadıkları en büyük zorluklara örnek olarak, yapay sinir ağlarının sahip olduğu kara kutu yapısı yer almaktadır. Bu, yapay sinir ağlarının giriş ve çıkışlar arasındaki ilişkileri tahmin edebilmesine rağmen, bu ilişkilerin kullanıcı tarafından anlaşılmasının zor olması anlamına gelir. Bu durum, yapay zekâ destekli otomasyon sistemlerinin çevrimiçi izleme ve kontrol uygulamalarında sınırlı kullanımına sebep olmaktadır (Sun vd., 2018).

Modern dizileme, örneğin yüksek çözünürlüklü dizileme ve tam genom dizilime gibi teknolojilerin yapay zekâ desteğiyle gelişmesi, patojenlerin kimliği, virulus potansiyeli ve fonksiyonel özellikleri gibi gıda güvenliğinin yönetiminde etkili kontrol önlemleri sağlamaktadır. Fakat bu bağlamda gıda üreticilerinin çoğu modern dizilemede kullanılan teknolojilere sahip değildir. Yüksek maliyetler nedeniyle bu teknolojiler spesifik olarak kullanılabildiği için proaktif

değil, reaktif kalmaktadır. Ek olarak tam genom dizileme verilerinin doğruluğu, regülasyon ve yasal olarak zorluklarla karşı karşıya kalmakta; veri paylaşımı ve analizlerin nasıl yönetileceğine dair düzenlemeler getirilmelidir (Imanian vd., 2022).

SONUÇ

Yapay zekâ , gıda güvenliği ve endüstrisinde süreçlerin daha verimli, sürdürülebilir ve izlenebilir hale getirilmesi için güçlü bir araçtır. Yapay zekânın gıda güvenliği ve kalite kontrolüne olan uyumu, gıda tedarik zinciri ve üretim sürecinde kalite güvencesinin sağlanmasını kolaylaştırmaktadır. Tahmine dayalı analizler, otomasyon, gıda kaynaklı patojenlerin tespitinde, gıda güvenliğine olan güvenin artmasına katkıda bulunmaktadır. Yapay zekânın adaptasyonu, veri gizliliği ve etik ilklere uyumlu şekilde entegrasyonu ve yeni uygulama alanlarıyla gıda endüstrisinde dönüşüm yaratma potansiyeline sahiptir. Teknolojilerin adaptasyonu ile beraber üretimden tüketime kadar olan süreçte izlenebilirlik artırılarak gıda güvenliği daha etkin bir şekilde sağlanabilir. Yapay zekâ destekli sistemler, sürdürülebilir tarım ve üretim yöntemlerine destek sağlayarak çevresel etkileri azaltıp gıda endüstrisinde önemli bir rol oynayabilmektedir. Yapay zekânın çeşitli teknikleri, olası gıda güvenliğini tehditlerini saptama ve ekonomik kayıpları minimize edebilmek gibi avantajları bulunmaktadır. Yapay zekânın gıda endüstrisindeki tam potansiyeline ulaşabilmesi için veri erişimi, altyapı eksiklikleri, regülasyon yetersizlikleri, yüksek maliyetler ve kullanıcı farkındalığı gibi zorlukların aşılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Ahmad, A., Liew, A. X. W., Venturini, F., Kalogeras, A., Candiani, A., Di Benedetto, G., Ajibola, S., Cartujo, P., Romero, P., Lykoudi, A., De Grandis, M. M., Xouris, C., Lo Bianco, R., Doddy, I., Elegbede, I., D'Urso Labate, G. F., García del Moral, L. F. ve Martos, V. (2024). AI can empower agriculture for global food security: Challenges

- and prospects in developing nations. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1328530. <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1328530>
- Anonim. (2019). Food Safety Magazine. Artificial intelligence and food safety: Hype vs. reality. *Food Safety Magazine*. Retrieved November 27, 2024, from <https://www.food-safety.com/articles/6416-artificial-intelligence-and-food-safety-hype-vs-reality>
- Ben Ayed, R. ve Hanana, M. (2021). Artificial intelligence to improve the food and agriculture sector. *Journal of Food Quality*, 2021, Article 5584754, 7. <https://doi.org/10.1155/2021/5584754>
- Bhagya Raj, G. V. S. ve Dash, K. K. (2022). Comprehensive study on applications of artificial neural network in food process modeling. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(10), 2756-2783. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1858398>
- DiMucci, D., Kon, M. ve Segrè, D. (2018). Machine learning reveals missing edges and putative interaction mechanisms in microbial ecosystem networks. *mSystems*, 3(5). <https://doi.org/10.1128/msystems.00181-18>
- Ding, Y., Sun, Q., Lin, Y., Ping, Q., Peng, N., Wang, L. ve Li, Y. (2024). Application of artificial intelligence in (waste) water disinfection: Emphasizing the regulation of disinfection by-products formation and residues prediction. *Water Research*, 253, 121267. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121267>
- Gharaei, A., Karimi, M. ve Hoseini Shekarabi, S. A. (2019). An integrated multi-product, multi-buyer supply chain under penalty, green, and quality control policies and a vendor managed inventory with consignment stock agreement: The outer approximation with equality relaxation and augmented penalty algorithm. *Applied Mathematical Modelling*, 69, 223–254. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2018.11.035>
- Goodfellow, I., Bengio, Y. ve Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press. Retrieved from <http://www.deeplearningbook.org>. *Healthcare Informatics Research*, 22(4), 351-354.
- Haiminen, N., Edlund, S., Chambliss, D., Kunitomi, M., Weimer, B. C., Ganesan, B., Baker, R., Markwell, P., Davis, M., Huang, B. C., Kong, N., Prill, R. J., Marlowe, C. H., Quintanar, A., Pierre, S., Dubois, G., Kaufman, J. H., Parida, L. ve Beck, K. L. (2019). Food authentication from shotgun sequencing reads with an application on high protein powders. *npj Science of Food*, 3(1), 24. <https://doi.org/10.1038/s41538-019-0056-6>
- Hamet, P. ve Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 69(Supplement), S36–S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>
- Harrand, A. S., Strawn, L. K., Illas-Ortiz, P. M., Wiedmann, M. ve Weller, D. L. (2020). *Listeria monocytogenes* Prevalence Varies More within Fields Than between Fields or over Time on Conventionally Farmed New York Produce Fields. *Journal of Food Protection*, 83(11), 1958–1966. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-120>
- Imanian, B., Donaghy, J., Jackson, T., Gummalla, S., Ganesan, B., Robert C. Baker, Henderson, M., Butler, E. K., Hong, Y., Ring, B., Thorp, C., Khaksar, R., Samadpour, M., Lawless, K. A., MacLaren-Lee, I., Carleton, H. A., Tian, R., Zhang, W. ve Wan, J. (2022). The power, potential, benefits, and challenges of implementing high-throughput sequencing in food safety systems. *npj Science of Food*, 6(35). <https://doi.org/10.1038/s41538-022-00150-6>
- Jordan, M. I. ve Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255–260. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>
- Kilimann, K., Hartmann, C., Delgado, A.,

- Vogel, R. ve Ganzle, M. (2005). A fuzzy logic-based model for the multistage high-pressure inactivation of *Lactococcus lactis* ssp. MG 1363. *International Journal of Food Microbiology*, 98(1), 89–105. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.05.010>
- Kim, D., Kim, S. Y., Yoo, R., Choo, J. ve Yang, H. (2024). Innovative AI methods for monitoring front-of-package information: A case study on infant foods. *PloS one*, 19(5), e0303083. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0303083>
- Kodogiannis, V. S., Kontogianni, E. ve Lygouras, J. N. (2014). Neural network-based identification of meat spoilage using Fourier-transform infrared spectra. *Journal of Food Engineering*, 142, 118–131. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.018>
- Kyaw, T., Oo, N. N. ve Zaw, W. (2019). Building travel speed estimation model for Yangon city from public transport trajectory data. In T. Zin & J. W. Lin (Eds.), *Big data analysis and deep learning applications. ICBDL 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, 744, 250-257. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0869-7_28
- Lei, M., Xu, L., Liu, T., Liu, S. ve Sun, C. (2022). Integration of Privacy Protection and Blockchain-Based Food Safety Traceability: Potential and Challenges. *Foods*, 11(15), 2262. <https://doi.org/10.3390/foods11152262>
- Liu, Z., Wang, S., Zhang, Y., Feng, Y., Liu, J. ve Zhu, H. (2023). Artificial Intelligence in Food Safety: A Decade Review and Bibliometric Analysis. *Foods*, 12(6), 1242. <https://doi.org/10.3390/foods12061242>
- Mavani, N. R., Ali, J. M., Othman, S., Hussain, M. A., Hashim, H. ve Abd Rahman, N. (2022). Application of artificial intelligence in food industry—a guideline. *Food Engineering Reviews*, 14(2), 134–175. <https://doi.org/10.1007/s12393-021-09290-z>
- Mavani, N. R., Mohd Ali, J., Hussain, M. A., Abd Rahman, N. ve Hashim, H. (2024). Determining food safety in canned food using fuzzy logic based on sulphur dioxide, benzoic acid and sorbic acid concentration. *Heliyon*, 10(4), e26273. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26273>
- McKenzie, F. C. ve Williams, J. (2015). Sustainable food production: Constraints, challenges and choices by 2050. *Food Security*, 7(2), 221–233. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0441-1>
- Nychas, G. J., Sims, E., Tsakanikas, P. ve Mohareb, F. (2021). Data Science in the Food Industry. *Annual Review of Biomedical Data Science*, 4, 341–367. <https://doi.org/10.1146/annurev-biodatasci-020221-123602>
- Pfisterer, K. J., Amelard, R., Chung, A. G. ve Wong, A. (2018). A new take on measuring relative nutritional density: The feasibility of using a deep neural network to assess commercially-prepared puréed food concentrations. *Journal of Food Engineering*, 223, 220–235. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.10.016>
- Qian, C., Murphy, S. I., Orsi, R. H. ve Wiedmann, M. (2023). How can AI help improve food safety? *Annual Review of Food Science and Technology*, 14(1), 517–538. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-013815>
- Sahu, M., Gupta, R., Ambasta, R. K. ve Kumar, P. (2022). Artificial intelligence and machine learning in precision medicine: A paradigm shift in big data analysis. In D. B. Teplow (Ed.), *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 190(1), 57–100. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2022.03.002>
- Schroeder, T. C., Tonsor, G. T., Pennings, J. M. E. ve Mintert, J. (2007). Consumer food safety risk perceptions and attitudes: Impacts on beef consumption across countries. *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, 7(1), Article 65. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2022.03.002>

- org/10.2202/1935-1682.1655
- Simeone, A., Woolley, E., Escrig, J. ve Watson, N. J. (2020). Intelligent Industrial Cleaning: A Multi-Sensor Approach Utilising Machine Learning-Based Regression. *Sensors*, 20(13), 3642. <https://doi.org/10.3390/s20133642>
- Spalding, A., Goodhue, R. E., Kiesel, K. ve Sexton, R. J. (2023). Economic impacts of food safety incidents in a modern supply chain: *E. coli* in the romaine lettuce industry. *American Journal of Agricultural Economics*, 105(2), 597–623. <https://doi.org/10.1111/ajae.12341>
- Sun, Q., Zhang, M. ve Mujumdar, A. S. (2018). Recent developments of artificial intelligence in drying of fresh food: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(14), 2258–2275. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1446900>
- Talon, R., Walter, D., Viallon, C. ve Berdagué, J. L. (2002). Prediction of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* populations in yoghurt by Curie point pyrolysis-mass spectrometry. *Journal of Microbiological Methods*, 48(2-3), 271–279. [https://doi.org/10.1016/s0167-7012\(01\)00329-3](https://doi.org/10.1016/s0167-7012(01)00329-3)
- Umoh, U. A., Eyoh, I. J., Murugesan, V. S. ve Nyoho, E. E. (2022). Fuzzy-machine learning models for the prediction of fire outbreaks: A comparative analysis. In R. Pandey, S. K. Khatri, N. K. Singh, & P. Verma (Eds.), *Artificial Intelligence and Machine Learning for EDGE Computing*, 207–233. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824054-0.00025-3>
- Vivek, K., Subbarao, K. V., Routray, W., Kamini, N. R. ve Dash, K. K. (2020). Application of fuzzy logic in sensory evaluation of food products: A comprehensive study. *Food and Bioprocess Technology*, 13(1), 1–29. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02337-4>
- Xu, W.-L., Wang, Y.-J., Wang, Y.-T., Li, J.-G., Zeng, Y.-N., Guo, H.-W., Liu, H., Dong, K.-L. ve Zhang, L.-Y. (2024). Application and innovation of artificial intelligence models in wastewater treatment. *Journal of Contaminant Hydrology*, 267, 104426. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2024.104426>
- Yu, Q., Zhang, M., Mujumdar, A. S. ve Li, J. (2024). AI-based additive manufacturing for future food: Potential applications, challenges and possible solutions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 92, 103599. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103599>
- Zare, D. ve Ghazali, H. M. (2017). Assessing the quality of sardine based on biogenic amines using a fuzzy logic model. *Food Chemistry*, 221, 936–943. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.071>
- Zoellner, C., Jennings, R., Wiedmann, M. ve Nightingale, K. (2019). EnABLE: An agent-based model to understand *Listeria* dynamics in food processing facilities. *Scientific Reports*, 9(1), 495. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36654-z>