

# VETERİNER GIDA HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ALANINDA AKADEMİK TARTIŞMALAR

Editör: Doç. Dr. Sezen HARMANKAYA

**yaz**  
yayınları

# **Veteriner Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Alanında Akademik Tartışmalar**

**Editör**

Doç. Dr. Sezen HARMANKAYA

**yaz**  
yayınları

2026

**Veteriner Gıda Hijyeni ve Teknolojisi  
Alanında Akademik Tartışmalar**

Editör: Doç. Dr. Sezen HARMANKAYA

---

**© YAZ Yayınları**

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

---

E\_ISBN 978-625-8926-06-4

Haziran 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3  
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

[www.yazyayinlari.com](http://www.yazyayinlari.com)

[yazyayinlari@gmail.com](mailto:yazyayinlari@gmail.com)

## İÇİNDEKİLER

<b><i>S. aureus</i> Virulans Faktörleri ve Gıda Zehirlenmesi Üzerindeki Rolü.....</b>	<b>1</b>
<i>Sezen HARMANKAYA, Ahmet HARMANKAYA</i>	
<b>Fermente Süt Ürünlerinde Mikrobiyom ve Metabolom Yaklaşımları .....</b>	<b>17</b>
<i>Sedat ÖZCAN, Yasin AKKEMİK</i>	

*"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."*

## **S. AUREUS VİRULANS FAKTÖRLERİ VE GIDA ZEHİRLENMESİ ÜZERİNDEKİ ROLÜ**

**Sezen HARMANKAYA<sup>1</sup>**

**Ahmet HARMANKAYA<sup>2</sup>**

### **1. GİRİŞ**

*Staphylococcus aureus*, hem doğada hem de insan ve hayvan kaynaklı ortamlarda yaygın olarak bulunan gram pozitif kokobasil bir bakteridir. Bu mikroorganizma, çevresel dayanıklılığı yüksek ve kolonizasyon yeteneği gelişmiş bir patojen olup, çeşitli enfeksiyonların yanı sıra gıda zehirlenmesine neden olmada önemli bir rol oynar. *S. aureus*'un virulans mekanizmaları, genetik özellikleri ve ürettiği toksinlerden dolayı en güçlü Stafilokok türüdür (Hsing, ve ark., 2008). Hücre dışı ve hücre yüzey proteinlerine bağlı birbirinden farklı 40 dan fazla *S.aureus*'un virulans faktörü belirlenmiştir (Arvidson ve Tegmark, 2001; Kutlu, 2006). Özellikle enterotoksinler, ekzotoksinler ve invaziv faktörler, bakterinin hem bağışıklık sistemiyle etkileşimini hem de patojenitenin gelişimini belirleyen temel unsurlardır. Bu toksinlerin üretimi genellikle bakteriyel kolonizasyonun ilerlemesi ile paralel seyretmekte ve toksinlerin dayanıklılığı, süt ürünleri gibi gıdalarda uzun süreli kontaminasyona neden olmaktadır. Ayrıca, fimbrial yapılar ve yapısal öğeler, *S. aureus*'un yüzey yapısını güçlendirerek epitel yüzeylere yapışma ve kolonizasyon süreçlerinde üstünlük

---

<sup>1</sup> Doç. Dr., Kafkas Üniversitesi, Kars Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, ORCID: 0000-0003-2498-5003.

<sup>2</sup> Dr. Öğrt. Üyesi, Kafkas Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, ORCID: 0000-0001-9923-6723.

kazandırır. Bu virulans faktörleri, bakterinin çevresel uyumu ve hastalık oluşturma kapasitesini artırırken, gıdalarda toksinlerin oluşumu ve dağılımı, gıda güvenliğinde risk faktörü olarak değerlendirilir. Dolayısıyla, bakteriyel patojenitenin anlaşılması, gıda hijyeni ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, virulans genlerinin ekspresyonu, toksinlerin üretim zamanlaması ve miktarı, enfekte gıdalarda beklenmedik toksin seviyelerinin oluşmasına neden olabilmekte ve insan sağlığını tehdit eden önemli bir unsuru oluşturmaktadır.

## **2. S. AUREUS' UN GENEL BİYOLOJİSİ VE VİRULANS MEKANİZMALARI**

*Staphylococcus aureus*, Gram-pozitif kokobasil formunda olup, insan ve hayvan vücudunda yaygın olarak bulunabilen patojenik bir bakteridir. Bu mikroorganizmanın virulans mekanizmaları, etkili patojenite ve enfeksiyonların oluşumu açısından büyük önem taşımaktadır. *S. aureus*' un genel biyolojisi içinde, hücre duvarı bileşenleri, enzimatik aktiviteler ve toksin üretimi temel rol oynar. Özellikle, hücre duvarı yapısında bulunan peptidoglikan ve teikoik asitler, bağışıklık sistemi ile etkileşimde bulunarak patojenin konakçı üzerinde tutunmasını ve evrimsel uyumunu kolaylaştırır. Aynı zamanda, sitoplazmik enzimler ve yapısal proteinler, bakterinin hayatta kalmasını ve çoğalmasını destekler.

Enterotoksinler, bağırsak epitel hücrelerine etki ederek gıda zehirlenmesine neden olan, termostabil ve termolabil çeşitleriyle dikkat çeker. Ekzotoksinler ise hücre hasarına yol açan protein yapıları toksinlerdir, özellikle  $\alpha$ -toksin ve exfoliyatif toksin gibi faktörler patojenitenin önemli unsurlarındandır. Ayrıca, inhibisyon faktörleri mikrobiyal saldırılara karşı bakteriyi koruyan mekanizmaları temsil eder; örneğin, protein A,

bağışıklık sistemi hücrelerinin fagositozunu engelleyen önemli bir yapısal unsur olarak görev yapar (Duman, 2007).

**Tablo 1. *S. aureus*' un virulans faktörlerinin gruplandırılması**

<b>Hücre duvarı yapıları</b>	Peptidoglikan tabaka
	Teikoik asit
	Protein A
<b>Hücre yüzey yapıları</b>	Kapsül
	Yüzey proteinleri: Protein A, Kollajen bağlayan protein, Fibronektin bağlayan protein, Clumping faktör, Lektin benzeri protein, Vitronektin bağlayan protein, Ekstraselüler fibrinojen bağlayan protein, Laktoferrin bağlayan protein, Sdr ailesi proteinler
	Adezinler: Biofilm
<b>Hücre dışı ürünler</b>	Toksinler: Alfa toksin, Beta toksin, Gama toksin, Delta toksin, Lökosidin Toksik şok sendromu toksini-1 (TSST-1), Eksfoliyatif toksin, Enteretoksin
	Enzimler: Koagülaz, Katalaz, Lipaz, Hiyaluronidaz, Fibrinolizin (stafilokinaz), Penisilinaz, Proteaz, Nükleaz, Beta-laktamaz

**Kaynak:** (Arvidson ve Tegmark, 2001; Kutlu, 2006; Hsing, ve ark., 2008).

Yapısal öğeler ve fimbrial yapılar, *S. aureus*'un konakçı yüzeylerine tutunması ve kolonizasyonu açısından kritik öneme sahiptir. Fimbrial yapılar, hücreler arası yapışmayı kolaylaştırırken, hücresel yapısal öğeler bakterinin biyofilm oluşturarak çevresel direnç seviyesini artırmasına katkı sağlar. Bu biyofilm yapıları, özellikle gıda işleme ortamlarında bakterinin temizlenmesini zorlaştıran dirençli kompleksler oluşturur.

Böylece, *Staphylococcus aureus*'un virulan faktörleri, sadece mikroorganizmanın hayatta kalması ve yayılması için değil, aynı zamanda gıda zehirlenmesine yol açan toksinlerin üretiminde de kritik rol oynar. Bu mekanizmaların anlaşılması, gıda güvenliği ve enfeksiyon kontrolü açısından önem taşımaktadır.

### 3. S. AUREUS'UN GIDA ZEHİRLENMELERİ ÜZERİNDEKİ ROLÜ

*Staphylococcus aureus*'un gıda zehirlenmesine yol açmasında belirleyici olan virulans faktörleri arasında enterotoksinler öne çıkar. Enteroksin *S. aureus*'un besin zehirlenmesine neden olan bir toksindir (Akyol, 2006). Özellikle yüksek CO<sub>2</sub>'li atmosfer ortamında karbonhidratlı ve proteinli besiyerlerinde üreyen stafilokoklar tarafından oluşturulurlar. Bu toksinler, bakteriyel hücrelerin büyümesi sırasında üretilir ve oldukça dirençli yapıya sahip oldukları için ısıya karşı dayanıklılık gösterirler ve 100 °C'ye 30 dakika dayanabilirler (Kutlu, 2006). Üretim zamanlaması genellikle bakteriyel çoğalma sırasında, özellikle 10<sup>5</sup>-10<sup>8</sup> CFU/ml seviyelerinde, akut ve yüksek miktarda enterotoksin sentezine olanak tanır. Bu toksinler, özellikle bağırsakta bağışıklık sistemi hücreleriyle etkileşime geçerek ciddi klinik tabloların ortaya çıkmasına neden olur. *S. aureus* gıda zehirlenmeleri intoksikasyon tipi bir zehirlenmedir. Hastalık etmeni, organizmanın salgıladığı enterotoksinlerdir (Şener, ve Temiz, 2004). Enterotoksinin A, B, C1, C2, D, E ve F şeklinde yedi immünolojik tipi vardır. *S. aureus* kökenlerinin %35-50'sinin bu toksinleri oluşturabildikleri saptanmıştır. A ve D besin zehirlenmelerinde, B ise hastane enfeksiyonlarında çok karşılaşılan bir toksindir (Kutlu, 2006). İnsanlarda kusma, gastrointestinal semptomlar ile seyreden, toksikasyona sebep olurlar (Soriano, ve ark., 2002; Stiles ve Krakauer, 2005). Amerikada yapılan bir çalışmada gıda zehirlenmeleri vakalarında en yaygın olarak karşılaşılan enterotoksinin tipinin A (%77,8) olduğu, bunu sırasıyla D (%37,5) ve B (%10) tiplerinin izlediği bildirilmiştir (Balaban, ve Rasooly, 2000). Toksinler özellikle burun veya nazofarenks boşluklarına yerleşir ve infekte gıda işçilerinin kontamine ettiği gıdalarla besin zehirlenmesi gerçekleşir. Stafilokok enfeksiyonlarının bilinen en önemli risk faktörleri nazal *S. aureus* taşıyıcılığıdır ve bu durum tüm dünyada

giderek artan oranda rapor edilmekte olan vakalardandır (Soriano, ve ark., 2002). Besin zehirlenmelerinde, stafilokok üremiş ve enterotoksin oluşmuş besinlerin tüketilmesini izleyen 2-6 saat içinde bulantı, kusma ve ishal oluşur. Kusturucu etkileri mide ve bağırsaklardaki reseptörler aracılığıyla Nervus vagus ve sempatik sinirler yoluyla kusma merkezine iletilen uyarı ile oluşmaktadır. İshal oluşturmaları barsak lumeninden su absorpsiyonunun engellenmesi ve mukozadan barsak boşluğuna sıvı boşalmasının artması yoluyla olur (Loir, ve ark., 2003; Kutlu, 2006). Enterotoksijenik stafilokok üremesine uygun ortam oluşturan besin maddeleri arasında jambon, patates, salam, dondurulmuş tavuk, süt tozu, yağ, krema ve mayonez sayılabilir (Kutlu, 2006). *S. aureus*'un neden olduğu gıda zehirlenmeleri çoğunlukla enfekteli eller ile kontaminasyona uğrayan ve bu bakteriyi taşıyan pişirilmiş tavuk ve etlerin tüketimi sonucu meydana gelmektedir. *S. aureus*'un salgıladığı enterotoksinlerin normal pişirme yöntemleri ve pastörizasyon işlemleri ile tamamen inaktive olmadığı da bilinen bir gerçektir. Bu nedenle çiğ tavuk eti ve tavuk eti ürünlerinin *S. aureus* bulundurmaması veya belli bir düzeyi aşmaması gerekmektedir. Mutfak tezgahı, doğrama tahtaları, bıçaklar *S. aureus* kontaminasyonunda oldukça önemlidir. Bu yüzeylere kolonize olan bazı stafilokokların insanlarda gıda zehirlenmelerine neden olan C ve D tipi enterotoksinleri ürettiği belirtilmektedir (Şener, ve Temiz, 2004).

Ayrıca, *S. aureus*'un salgıladığı ekzotoksinler de patojeniteyi artırır. Bu toksinler sadece gıda zehirlenmesine değil, aynı zamanda enfeksiyon gelişimine de katkıda bulunabilir. Ekzotoksinlerin etkisi, hücrelerin yapısal bozunumuna ve enflamatuar yanıtların tetiklenmesine yol açar. Fimbrial ve diğer yapısal öğeler, bakterinin gıdaya tutunmasını ve değişen çevresel koşullara uyum sağlamasını sağlar (Cieza ve ark., 2024).

#### 4. S. AUREUS'UN GIDALARA BULAŞMA KAYNAKLARI

Gıda kaynaklı salgınlar, *Staphylococcus aureus*'un yaygın ve etkili virulans faktörlerinin taşıyıcısı olması nedeniyle ciddi sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Bu tür salgınların incelenmesinde, bakterinin ürettiği enterotoksinlerin rolü merkezi öneme sahiptir. *S. aureus*'un enterotoksinlerinin etkisiyle besin zehirlenmesi gerçekleşir (Todar, 2008). Enterotoksin üreten *S. aureus* ile infekte besinlerin 28°C ve daha yüksek ısılarda 2-4 saat bekletilmesi ile besinde Enterotoxin A oluşur. Etken toksindir, bakteri etkili değildir. *S. aureus*'un kontaminasyon kaynakları, hammadde yani gıdaların elde edildiği enfekte hayvanlar veya bitkiler, gıdaların üretiminde ve hazırlanmasında çalışan insanlar, ayrıca gıdaların hazırlanmasında ve dağıtımında kullanılan mutfak gereçleri olarak sıralanabilir. Aynı zamanda gıdaların depolandığı yerlerde bulunan haşereler ve kemirgenlerde kontaminasyona neden olabilen unsurlar arasındadır. Daha ziyade et ve çiftlik ürünleri, proteinli salatalar ve birkaç saat önce pişirilmiş yiyecekler hastalığın oluşmasında etkilidir (Bilgin, 2006; Tristan, ve ark., 2007). Isı işleme uygulaması ile mikroflarası elimine edilmiş ve sonra da *S. aureus* ile rekontamine olmuş besinler, stafilokokal intoksikasyonun oluşumunda büyük rol oynar. Tüm *S. aureus* suşlarının enterotoksin oluşturma özelliğinde olmadığı ve şimdiki kadar saptananlarda 10 çeşit enterotoksin olduğu bildirilmiştir. Besin zehirlenmelerine birinci derecede sebep olan toksinin A tipi toksin olduğu bunu sırasıyla B ve D tipi toksinin izlediği birçok araştırmacı tarafından ileri sürülmüştür. Bu toksinlerin genellikle çok sayıda besin intoksikasyonuna neden olan, kremalı pasta ve benzer ürünlerde saptandığı rapor edilmiştir (Alişarlı, ve ark., 2003). Kırmızı et, balık ve sebzedden oluşan 880 adet gıda numunesinin incelendiği bir çalışmada gıdalardan izole edilen 552 (%62) koagülaz pozitif *S.aureus* suşundan 269'unun (%48)

enterotoksijenik olduğu belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada belirlenen bu toksinlerin çoğunun A tipi toksin olduğu belirtilmiştir (Sokari, 1991).

Gıda kontaminasyonu genellikle bakteri ile kontamine olmuş gıdaların uygun olmayan koşullarda saklanması ve işlenmesi sonucu ortaya çıkar. Özellikle, süt ürünleri, et ve hazır yemekler gibi sıcaklık kontrolünün yetersiz olduğu ortamlarda *S. aureus*'un çoğalması ve toksin üretimi hızlanır. Bu toksinler, ısıya karşı yüksek direnç göstererek, gıdalar uygun şekilde ısıtılmadan tüketildiğinde gastrointestinal rahatsızlıklar ve gıda zehirlenmesine neden olmaktadır. Gıda kaynaklı zehirlenmelerin nedenleri arasında çoğu kez personel hijyenindeki eksiklikler, çapraz kontaminasyon, gıdanın hazırlanması ve depolanması aşamasındaki yanlış sıcaklık uygulamaları, yetersiz ekipman ve gıdanın işlenmesinde yapılan hatalar sayılabilir (Altuntaş, ve ark., 2008). Aynı zamanda tüketicilerin gıda hijyeni konusundaki bilgi düzeylerinin eksik olması da enfeksiyon riskini arttıran nedenler arasındadır (Demirel-Zorba ve Kaptan, 2011).

Gıda zehirlenmesinde, *S. aureus*'un çoğalma hızının kısa olması ve toksinlerin hızla üretimi kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, bakterilerin çoğalma ortamları ve toksinlerin dağılımı, hastalık seyri açısından belirleyici faktörlerdir. Üretim sırasında, kısa zaman diliminde yüksek miktarda toksin birikimi, genellikle gıda hazırlık ve saklama aşamalarında uygunsuz koşullar nedeniyle gerçekleşir. Ayrıca, enzimatik aktiviteler, toksinlerin etkisinin artmasına veya spesifik toksik etki mekanizmalarının devreye girmesine neden olur.

Toksinlerin dağılımı ise, bakterinin üretim ortamı ve gıdanın saklama koşullarıyla bağlantılıdır. Enterotoksinler, bakterinin çoğalmasıyla orantılı şekilde artar ve genellikle gıdada homojen bir şekilde dağılır. Çoğalma esnasında, bakterinin ürettiği toksinler, yüksek termal stabiliteye sahip oldukları için,

gıda işlemleri sırasında bile etkilerini sürdürebilir. Bu toksinlerin, özellikle ısıya dayanıklı olması, gıda hijyeni ve işleme yöntemlerinin başarısını sınırlandırmakta; ısıl işlemler yalnızca canlı bakteriyi öldürse de, toksinlerin inaktivasyonunda etkili olmayabilir. Aynı şekilde, düşük sıcaklıklarda saklama ve soğutma, bakterinin gelişimini engellemesine rağmen, toksinlerin stabilitesi nedeniyle toksinlerin etkinliği devam eder.

Özetle, *S. aureus*'un virulans faktörleri, toksin üretimi ve yapısal özellikleri, gıda zehirlenmesinin patogeneğinde temel unsurlardır. Bu özellikler, toksinlerin dayanıklılığı, üretim zamanı ve miktarıyla yakından ilişkilidir ve gıda güvenliği tedbirlerinde dikkate alınmalıdır.

## **5. STAFİLOKOKAL GIDA ZEHİRLENMELERİNE KARŞI KORUYUCU ÖNLEMLER**

Genel olarak gıda tesisin kuruluş ve işleyişinin uygun olmayışı, tesis, ekipman ve personel hijyeninin yetersizliği, depolama ve hammadde kabul işlemlerinin yetersizliği ve/veya çapraz kontaminasyona neden olacak şekilde olması, pişirme ve soğutma işlemlerinde süre sıcaklık ilişkisinin dikkate alınmayışı, servise kadar yemeğin sıcak tutulmaması, donmuş gıdaların çözündürülmesi aşamasında yapılan yanlışlar gıda zehirlenmesine neden olan etmenler olarak sıralanabilir (Boyacıoğlu, 2004). Bu süreçlerdeki yetersizlikler, mikrobiyal kontaminasyonun yayılmasına ve toksinlerin ürünlere geçişine zemin hazırlayabilir. Özellikle uygun olmayan paketleme teknikleri ve hijyen uygulamalarının ihlali, bakterilerin besin ortamında çoğalmasına ve enterotoksinlerin üretimine imkan sağlar. Hijyen standartlarının sağlanması, üretim ve depolama alanlarında mikroorganizmanın taşınması ve yayılmasının engellenmesi açısından etkilidir. Aynı zamanda, uygun paketleme yöntemleri, ürünlerin dış ortam etkilerinden

korunmasını sağlayarak, bakterilerin yaşam alanını kısıtlar ve toksin üretimini azaltır. Gıdaların hazırlanması aşamasında kullanılan ozonlama, ışınlama ve modifiye atmosfer paketleme gibi yöntemler *S. aureus* kaynaklı gıda zehirlenmelerini azaltabilir (Yamayoshi ve Tatsumi, 1993; Akakçe ve Çam, 2019; Eker, ve ark, 2024).

Bu bağlamda, işleme sonrası sterilizasyon, personel hijyeni, araç-gereç temizliği ve düzenli denetimler, mikroorganizmaların gelişimine engel olabilecek temel önlemlerdir. Gıda ambalaj malzemelerinin seçimi de önemli olup, özellikle toksinlerin ısıya dayanıklılığı göz önüne alınarak, toksinlerin gıda içinde kalıcı olma riski minimize edilir. Uygun hijyen kurallarına uyum sağlanmadan gerçekleştirilen paketleme *S. aureus*'un gelişimini ve toksinlerin üretimini teşvik edebilir, dolayısıyla tüketici güvenliği açısından ciddi riskler oluşturur. Temiz ortamlar ve uygun saklama sıcaklıkları, bakterinin hızlı çoğalmasını engeller ve toksinlerin geniş alanlara yayılmasını önler. Ayrıca, hazırlama ve depolama sürecindeki kontrol önlemleri, toksinlerin gıdada birikimini ve potansiyel zehirlenmelere yol açacak seviyesini sınırlar. Bu bağlamda, periyodik eğitim ve personel bilinçlendirilmesi, hijyen standartlarının sürekliliği ve denetimlerin titizlikle gerçekleştirilmesi, gıda üretim zincirinde en etkin koruyucu önlemler arasında yer alır.

Özellikle el hijyeni, temizlik ve sanitasyon uygulamaları, gıda zincirinde mikrobiyal kontaminasyonun önlenmesinde temel rol oynar. Gıda işleme sırasında kullanılan malzemelerin ve kontrollerin etkinliği, virulans faktörlerin üretim ve salınımını minimize ederek, gıda zehirlenmesi olaylarının önlenmesine katkı sağlar. Bu bağlamda, gıda güvenliği prosedürlerinin disiplinli uygulanması, mikroorganizma ve toksinlerin gıda ürünlerine geçişini sınırlayarak, halk sağlığı açısından riskleri azaltır. Dolayısıyla, gıda endüstrisinde alınan önlemler ve

uyulması gereken hijyen standartları, *Staphylococcus aureus*'un virulans faktörlerinin etkisini hafifletme ve gıda zehirlenmelerinin önlenmesi açısından hayati öneme sahiptir (Bustan, ve ark., 1996). Stafilokokal gıda zehirlenmelerinin ve diğer gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesi için bazı gıda güvenlik sistemleri uygulanabilmektedir. Bunlar Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP), Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi (ISO 22000), Gıda Ortamının Sıhhi Değerlendirilmesi (SAFE), Özbakım Eylem Programı (SCAP), Toplam Kalite Yönetimi (TQM) gibi sistemlerdir. Bu uygulamaların yaygınlaşması ile gıda güvenliğinin daha etkin bir şekilde işlenmesi sağlanabilir (Soriano, ve ark., 2002; Erdoğan, ve Arslan, 2011).

Ayrıca gıdaların hazırlanması aşamasında kullanılan ozonlama, ışınlama ve modifiye atmosfer paketleme gibi yöntemler *S. aureus* kaynaklı gıda zehirlenmelerini azaltabilir (Yamayoshi, ve Tatsumi, 1993; Akakçe ve Çam, 2019 Altuntaş ve ark., 2008).

Sonuç olarak, ısı işlemlerinin, *Staphylococcus aureus* kaynaklı toksinlere karşı sınırlı koruma sağladığı göz önüne alındığında, soğutma ve depolama süreçlerindeki kontrollü uygulamalar, mikroorganizmanın büyümesini sınırlayarak toksin oluşumunu engeller ve gıda güvenliğini sağlar. Bu nedenle, hem üretim hem de tüketim aşamalarında, uygun sıcaklık ve hijyen koşullarına özen göstermek, *S. aureus* kaynaklı gıda zehirlenmesi riskinin azaltılmasında etkin bir stratejidir. Ayrıca gıda kaynaklı hastalıklar ile ilgili yürürlükte bulunan yasal düzenlenmenin uygulanabilirliğinin artırılması gerekmektedir. Gıda kontaminasyon kaynağının ve bulaş zincirinin belirlenmesi amacıyla Sağlık Bakanlığı ve Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının beraber ve zamanında hareket etmesi korunmada etkili olabilir. (Tutuş, ve ark., 2016).

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

*Staphylococcus aureus*'un virulans faktörleri ve gıda zehirlenmesi üzerindeki rolü dikkate alındığında, bu bakterinin patojeniteye katkıda bulunan çeşitli moleküler ve yapısal özellikleri öne çıkar. Virulans genlerinin ekspresyonu, bakterinin çevresel koşullara uyum sağlayarak toksin üretimini optimize etmesine imkan tanır. Özellikle enterotoksinler ve ekzotoksinler, gıda kaynaklı hastalıkların klinik seyri ve epidemiyolojisinde merkezi rol oynar. Enterotoksinlerin hızlı üretimi ve dayanıklılığı, düşük sıcaklıklarda bile toksinlerin aktif kalmasını sağlar, bu da tüketici güvenliği açısından önemli bir risk oluşturur. Geniş kapsamlı virulans faktörleri arasında yer alan bu toksinler, gastrointestinal sistemde çeşitli mekanizmalarla inflamasyon ve ishal gibi klinik belirtileri tetikler. Ayrıca, fimbrial yapılar ve diğer yapısal öğeler, bakterinin gıdalara yapışmasını ve kolonizasyonunu kolaylaştırır, böylece toksinlerin etkili bir şekilde dağılımını ve birikimini sağlar. Gıda zehirlenmesinde, bakteriyel konsantrasyon ve toksin üretim zamanı kritik öneme sahiptir. Toksinlerin üretim miktarı ve koloni sayısı hastalık şiddetini doğrudan etkiler. Enzimatik aktiviteler ve toksinlerin bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri, hastalığın seyrini belirleyen faktörlerdir. Gıda işlemleri sırasında, toksinlerin ısıya dayanıklılığı, özellikle ısı işlemler sonrası bile toksin etkisinin devam etmesine neden olur. Soğutma ve depolama koşulları ise, *S. aureus*'un çoğalmasını ve toksin üretimini engelleyen önlemlerin alınabileceği aşamalardır. Hijyen koşullarının iyileştirilmesi ve uygun paketleme teknikleri ile bakteriyel kontaminasyonun önüne geçilerek, toksinlerin oluşumu ve yayılımı minimize edilebilir. Epidemiyolojik veriler, gıda kaynaklı salgınların *S. aureus* ile ilişkisini göstermekte; klinik bulgular ise, bakterinin toksin üretimi ile ortaya çıkan klinik tablolar arasındaki doğrudan korelasyonu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, virulans faktörlerinin detaylı

anlaşılması, risk değerlendirmeleri, önleyici tedbirler ve etkili kontrol stratejilerinin geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Elde edilen bilgiler, gıda güvenliği politikalarının güçlendirilmesi ve halk sağlığının korunmasında temel rehberlik sağlar.

## KAYNAKÇA

- Akyol, A. D. (2006). Yoğun bakımda stafilocok enfeksiyonları ve kontrol önlemleri. *Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi*, 10(1-2), 26-35.
- Akakçe, N., & Çam, F. N. (2019). Bir gıda koruma yöntemi: Işınlama. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 34(2), 207-221.
- Alişarlı, M., Sancak, Y. C., Akaya, L., & Elibol, C. (2003). Bazı sütli gıdalarda *Staphylococcus aureus*'un izolasyonu, termonükleaz aktivitesi ve enterotoksijenik özelliklerinin araştırılması. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27, 1457-1462.
- Altuntaş, E. G., Coşansu, S., & Ayhan, K. (2008). Gıda zehirlenmelerinde çapraz bulaşmanın önemi ve önlenmesi. *IV. Lisansüstü Turizm Öğrencileri Araştırma Kongresi*, 23-27.
- Al Bustan, M. A., Udo, E. E., & Chugh, T. D. (1996). Nasal carriage of enterotoxin-producing *Staphylococcus aureus* among restaurant workers in Kuwait City. *Epidemiology and Infection*, 116(3), 319-322.
- Arvidson, S., & Tegmark, K. (2001). Regulation of virulence determinants in *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Medical Microbiology*, 291, 159-170.
- Balaban, N., & Rasooly, A. (2000). Staphylococcal enterotoxins. *International Journal of Food Microbiology*, 61, 1-10.
- Bilgin, Y. (2006). *Escherichiae coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* ve *Staphylococcus aureus* suşlarında çeşitli aminoglikozidlerin duyarlılıklarının araştırılması (Uzmanlık tezi). T.C. Sağlık Bakanlığı Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul.

- Boyacıoğlu, D. (2004). Gıda zehirlenmesi vakaları ve vaka analizi. *HACCP Sempozyumu*, Antalya.
- Cieza, M. Y. R., Bonsaglia, E. C. R., Rall, V. L. M., Santos, M., & Silva, N. C. C. (2024). Staphylococcal enterotoxins: Description and importance in food. *Pathogens*, 13(8), 676.
- Çakıcı, N., Demirel-Zorba, N. N., & Akçalı, A. (2015). Gıda endüstrisi çalışanları ve stafilocokal gıda zehirlenmeleri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 72(4).
- Demirel Zorba, N. N., & Kaptan, M. (2011). Consumer food safety perceptions and practices in a Turkish community. *Journal of Food Protection*, 74(11), 1922–1929.
- Duman, T. (2007). *Tavuk karkaslarından izole edilen staphylococcus'ların virülans faktörleri ve antibiyotik dirençliliği* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Eker, F. Y., Akkaya, E., & Bingöl, E. B. (2024). Organik asit uygulamalarının ve modifiye atmosfer paketlemenin köftelerde *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* O157:H7 varlığı ve raf ömrü üzerine etkileri. *Kocatepe Veterinary Journal*, 17(3), 203–213.
- Erdoğan, H., & Arslan, H. (2011). Otel personelinin burun ve boğaz kültüründe *Staphylococcus aureus* taşıyıcılığının araştırılması ve risk faktörlerinin irdelenmesi. *Klimik Dergisi*, 24(2), 90–93.
- Hsing, J. W., Andrew, H. J. W., & Michael, P. J. (2008). Discovery of virulence factors of pathogenic bacteria. *Current Opinion in Chemical Biology*, 12, 93–101.
- Kutlu, S. B. (2006). *Çeşitli klinik materyallerden izole edilen Staphylococcus aureus suşlarında metisilin direnci ve E-test ile vankomisin MIC değerlerinin araştırılması*

- (Uzmanlık tezi). T.C. Sağlık Bakanlığı Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul.
- Lair, Y. L., Baron, F., & Gautier, M. (2003). *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genetics and Molecular Research*, 2(1), 63–76.
- Şener, A., & Temiz, A. (2004). Tavuk kesimhane ve işletmelerinde kullanılan ticari dezenfektanlar ve etkinlikleri. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 2(10), 1–28.
- Sokari, T. (1991). Distribution of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat foods in eastern Nigeria. *International Journal of Food Microbiology*, 12(2–3), 275–279.
- Soriano, J. M., Font, G., Molto, J. C., & Manes, J. (2002). Enterotoxigenic staphylococci and their toxins in restaurant foods. *Trends in Food Science & Technology*, 13, 60–67.
- Stiles, B. G., & Krakauer, T. (2005). Staphylococcal enterotoxins: A purging experience in review, part I. *Clinical Microbiology Newsletter*, 27(23).
- Todar, K. (2008). *Staphylococcus*. In *Todar's online textbook of bacteriology*.
- Tristan, A., Ferry, T., Durand, G., Dauwalder, O., Bes, M., Lina, G., Vandenesch, F., & Etienne, J. (2007). Virulence determinants in community and hospital methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Journal of Hospital Infection*, 65(S2), 105–109.
- Tutuş, C., Börekçi, D., Parçıklı, G., Temel, F., & Sucaklı, M. B. (2016). 2013 yılında Muğla ili Marmaris ilçesinde görülen *Staphylococcus aureus* enterotoksin kaynaklı gıda

zehirlenmesinin değerlendirilmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 73(2), 131–138.

Yamayoshi, T., & Tatsumi, N. (1993). Microbicidal effects of ozone solution on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Drugs Under Experimental and Clinical Research*, 19(2), 59–64.

# **FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİNDE MİKROBİYOM VE METABOLOM YAKLAŞIMLARI**

**Sedat ÖZCAN<sup>1</sup>**

**Yasin AKKEMİK<sup>2</sup>**

## **1. GİRİŞ**

Süt ve süt ürünleri, yüksek biyolojik değerli protein, kalsiyum, fosfor, riboflavin ve B12 vitamini içeriğiyle insan beslenmesinde temel bir gıda grubudur ve geniş bir nüfus kesiminin beslenme gereksinimlerini karşılamaktadır (Uzunsoy, 2018). Düzenli tüketimi osteoporoz riskinde azalma, kardiyovasküler sağlığın korunması ve tip 2 diyabet riskinin düşmesiyle ilişkilendirilmektedir (Drouin-Chartier ve ark., 2016). Fermantasyon sırasında üretilen biyoaktif peptitler, konjuge linoleik asit (CLA), ekzopolisakkaritler ve canlı mikroorganizmalar, bu sağlık etkilerini çiğ veya pastörize süte kıyasla daha da güçlendirmektedir.

Fermantasyon; gıdaların korunması, besin değerinin artırılması ve duyuusal özelliklerin geliştirilmesi amacıyla binlerce yıldır uygulanan bir biyoteknolojik işlemdir. Arkeolojik kanıtlar, sütün fermente edilmesinin M.Ö. 10.000 yıllarına dayandığını göstermektedir (Sakandar ve Zhang, 2022). Bu süreçte LAB'lerin ürettiği organik asitler ve bakteriyosinler, patojen gelişimini baskılayarak ürün güvenliğini ve raf ömrünü artırmaktadır

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Gör., Bakırçay Üniversitesi, Menemen MYO, Veterinerlik, ORCID: 0000-0001-9235-4049.

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kastamonu Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0002-9086-0324.

(Hutkins, 2008). Günümüzde fermente gıdalar küresel diyetin yaklaşık üçte birini oluşturmakta; küresel fermente gıda ve içecek pazarının 2022'de 575,6 milyar dolar olduğu, 2032'ye kadar 989,2 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (Anonim, 2025).

Fermente süt ürünleri, ISAPP tarafından "gıda bileşenlerinin istenen mikrobiyal büyüme ve enzimatik dönüşümleri yoluyla üretilen gıdalar" olarak tanımlanmakta; yoğurt, kefir, ekşi krema, kültürlü ayran ve peynir bu gruba dahildir. Bu ürünlerin kalite, güvenlik ve duyuşsal özellikleri büyük ölçüde mikrobiyal topluluklar tarafından belirlenmekte, mikrobiyomları hammadde ve coğrafi koşullara bağılı dinamik bir değışim göstermektedir. Geleneksel kültür bazlı yöntemlerin yerini son yıllarda kültür bağımsız omik teknolojiler almaktadır (Ağagündüz ve ark., 2025).

Metataksonomik, metagenomik ve metabolomik gibi yaklaşımlar, mikrobiyal toplulukların taksonomik kompozisyonunun yanı sıra fonksiyonel rollerini de ortaya koymaktadır. 16S rRNA ve ITS gen bölgelerini hedefleyen yüksek verimli dizileme, maliyet etkinliğı nedeniyle en yaygın metataksonomik teknik olmayı sürdürmektedir (Okoye ve ark., 2024). GC-MS, LC-MS ve NMR gibi metabolomik araçlar ise metabolit profillerini ve aroma oluşumunun moleküler temelini aydınlatmaktadır (Gao ve ark., 2021). Bu iki katmanın entegrasyonu, mikrobiyal yapı ile metabolit profili arasındaki ilişkilerin mekanistik anlaşılmasını sağlamakta; gıda güvenliğı ve izlenebilirlik uygulamalarını desteklemekte, yeni probiyotik suşların keşfine katkı sunmaktadır (Afshari ve ark., 2020).

Bu bölümün amacı, fermente süt ürünlerinde mikrobiyom ve metabolom yaklaşımlarının güncel durumunu ele almaktır. Yoğurt, kefir ve peynir özelinde mikrobiyel çeşitlilik, kullanılan analitik yöntemler ve mikrobiyom-metabolom entegrasyon stratejileri sistematik olarak değıerlendirilmekte; bu yaklaşımların

gıda güvenliği, probiyotik potansiyel ve fonksiyonel gıda geliştirme süreçlerindeki rolü tartışılmaktadır. Türkiye'ye özgü geleneksel fermente süt ürünleri, bölüm boyunca kültürel ve bilimsel bir referans noktası olarak ele alınmaktadır.

## **2. FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİNDE MİKROBİYEL ÇEŞİTLİLİK**

Fermente süt ürünlerindeki mikrobiyel çeşitlilik; starter kültür türü, süt kompozisyonu ve fermantasyon koşullarına bağlı olarak değişmekte, ürünün mikrobiyom yapısını ve metabolit profilini şekillendirmektedir. Endüstriyel üretimde tanımlı starter kültürlerle bu çeşitlilik standartlaştırılırken geleneksel üretimde çevresel mikrobiyel kaynaklar devreye girmekte, ürünün özgün karakterini belirlemektedir. Yoğurt, kefir ve peynir kendilerine özgü mikrobiyel topluluk yapıları sergilemektedir (Sezen ve Koçak, 2006). Bu bölümde bu ürün gruplarının mikrobiyel çeşitliliği ve ilgili türlerin teknolojik işlevleri ele alınmaktadır.

### **2.1. Yoğurt ve Yoğurt Türevleri**

Yoğurt; laktik asit bakterileriyle fermente edilen, protein, vitamin ve mineral bakımından zengin, fermente süt ürünleri içinde en yaygın üretilen üründür. Birincil mikrobiyel komponenti, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un simbiyotik ilişkisi üzerine kurulmuştur (Şireli ve Onaran, 2012). *S. thermophilus*, sınırlı proteolitik aktivitesi nedeniyle peptit ve aminoasitler için *L. bulgaricus*'a bağımlıyken *L. bulgaricus* ürettiği laktik asit ve CO<sub>2</sub> ile *S. thermophilus*'un büyümesini destekleyen bir ortam oluşturur (Sieuwerts ve ark., 2010); bu bağımlılık metagenomik düzeyde her iki organizmanın amino asit biyosentez genlerindeki seçici kayıplarla da desteklenmektedir.

Türkiye, üretim yöntemi ve süt türüne göre belirgin bir yoğurt çeşitliliği sergilemektedir (Salık ve Çakmakçı, 2022). Çömlek yoğurdu, toprak kapların gözenekli yapısı nedeniyle karakteristik aroma kazanan geleneksel bir üründür; tülbent yoğurdu ise bez yardımıyla süzülerek elde edilen, daha yoğun kıvamlı bir varyasyondur. Keçi ve koyun sütünden üretilen yoğurtlarda inek sütü yoğurtlarına kıyasla daha zengin bir laktik asit bakteri çeşitliliği raporlanmıştır; bu fark sütün yağ asidi ve kazein profilinden kaynaklanmaktadır (Ercan ve ark., 2024).

Ayran, süzme yoğurt, labne ve probiyotik takviyeli yoğurtlar başlıca yoğurt türevlerini oluşturmaktadır. Ayran, düşük yağ ve enerji içeriğine sahip, su ve tuz ilavesiyle hazırlanan bir içecektir. Süzme yoğurt serum fazının kısmen uzaklaştırılmasıyla daha yüksek protein yoğunluğu kazanırken labne daha kapsamlı süzme işlemiyle elde edilen, protein ve yağ oranı yüksek yarı katı bir üründür (Bulut ve Akın, 2012).

Probiyotik yoğurtlar, normal yoğurt bakterilerinin klinik probiyotik özellik göstermemesi nedeniyle *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus acidophilus* gibi suşların ilavesiyle üretilmektedir (Yıldırım, 2023). Sinbiyotik yoğurtlar ise probiyotik mikroorganizmalarla inülin gibi prebiyotik bileşenlerin birlikte kullanılmasıyla üretilir; %0,5–2 inülin ilavesiyle üretilen sinbiyotik yoğurtlarda bakteri sayıları 6,98–7,27 log kob/g aralığında bulunmuş, inülinin bu suşların gelişimini desteklediği ve depolama süresince canlılık kaybını sınırladığı saptanmıştır (Pekçalışkan ve ark., 2023).

## **2.2. Peynir Çeşitleri**

Türkiye, otuzu aşkın yerel peynir türüne ev sahipliği yapan zengin bir peynir geleneğine sahiptir. Bu çeşitlilik, kullanılan süt türü, pıhtılaştırma yöntemi ve olgunlaştırma koşullarına bağlı olarak farklı mikrobiyal ve biyokimyasal profiller ortaya çıkarmaktadır. Beyaz peynir en yaygın üretilen

tiptir; salamura ortamında olgunlaşan beyaz peynirin mikroflorası Lactococcus, Enterococcus ve Lactobacillus cinslerinin dominans gösterdiği bir yapı sergilemekte, bu türlerin proteolitik ve asit oluşturma aktiviteleri ürünün karakteristik tat ve doku özelliklerini belirlemektedir (Ertürkmen ve Öner, 2015). Salamuranın tuz konsantrasyonu, asitlik düzeyi ve depolama sıcaklığı, starter ve non-starter laktik asit bakterilerinin canlılığını etkileyen başlıca faktörlerdir.

Tulum peyniri, deri veya plastik tulum içinde olgunlaştırılan, yüksek tuz ve yağ içeriğiyle karakterize edilen geleneksel bir üründür ve standart bir üretim protokolü bulunmamaktadır. Afyon Tulum Peynirinde Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Pediococcus ve Enterococcus cinslerine ait türlerin bir arada bulunduğu, özellikle L. paracasei subsp. paracasei'nin baskın olduğu bildirilmiştir (Kara ve Akkaya, 2015). Divle Obruğu Tulum Peyniri üzerindeki bir çalışmada, mağara koşullarının kendine özgü nem-sıcaklık dengesi sayesinde yoğun bir laktik asit bakteri florasını desteklediği ve peynire ayırt edici bir aroma-doku profili kazandırdığı saptanmıştır (Morul ve İşleyici, 2012); bu bulgular olgunlaştırma ortamının mikrobiyal kompozisyonu etkileyen kritik bir değişken olduğunu göstermektedir.

Kaşar peyniri, haşlama-yoğurma (pasta filata) tekniğiyle üretilen, daha uzun raf ömrüne sahip bir yarı sert peynir türüdür; bu termal işlem mikrobiyel yükü kısmen azaltırken geri kalan termofilik mikrobiyota proteoliz ve lipoliz yoluyla aroma gelişimine katkı sağlamaktadır (Aydemir ve ark., 2015). Ezine peyniri gibi coğrafi işaret tescilli peynirlerde non-starter laktik asit bakteri çeşitliliğinin antimikrobiyal aktivite potansiyeli taşıdığı; proteoliz düzeyinin kullanılan karma sütün (koyun, keçi, inek) kompozisyonuna bağlı özgün bir biyokimyasal profil oluşturduğu gösterilmiştir (Uymaz ve ark., 2019). Bu bulgular,

Türkiye'nin coğrafi işaretli peynirlerinin özgün bir araştırma potansiyeli taşıdığını göstermektedir.

### **2.3. Fermente Süt İçecekleri**

Fermente süt içecekleri arasında kefir ve ayran, Türkiye'de en yaygın tüketilen ürünlerdir. Kefir, kefir taneleri aracılığıyla üretilen, mikrobiyel açıdan en kompleks fermente süt ürünüdür; bu taneler laktik asit bakterileri (özellikle *Lactobacillus kefiranofaciens*), asetik asit bakterileri ve mayalar arasındaki simbiyotik bir ilişkiden oluşmaktadır. Tanede izole edilen başlıca mikroorganizmalar arasında *Kluyveromyces* ve *Candida* cinsi mayalar, *L. brevis*, *L. acidophilus* ve *Leuconostoc mesenteroides* yer almaktadır (Karatepe ve ark., 2012). Bu topluluğun ortak fermantasyonu sonucunda laktik asit, karbondioksit ve asetaldehit, aseton, diasetil gibi aromatik bileşikler oluşmakta; bu metabolitler kefire özgü hafif karbonatlı ve ekşimsi duyuşsal profili kazandırmaktadır.

Kefirin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri, süt türüne ve üretim parametrelerine bağılı olarak belirgin farklılıklar göstermektedir. Sütün homojenizasyon basıncı ve kademe sayısı arttıkça yağ globül boyutunun küçüldüğü, bunun depolama süresince laktobasil, laktokok ve maya sayılarındaki azalmayı etkilediğı belirlenmiştir (Ergin ve ark., 2017). Keçi sütünden üretilen kefirlerde farklı hidrokolloid ilavelerinin fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri değıştirdiğı gösterilmiş; bu bulgu kefir matriksinin formülasyon değışikliklerine duyarlı, dinamik bir sistem olduğına işaret etmektedir. Kefir granüllerindeki mikroorganizmaların ürettiğı laktik asit, bakteriyosin ve antimikrobiyal bileşikler, patojenlerin gelişimini sınırlayan doğal bir koruma mekanizması oluşturmaktadır (Yalçın ve Işık, 2017).

Ayran, yoğurdun su ile seyreltilmesi ve tuz ilavesiyle hazırlanan, Türkiye'de günlük tüketimi en yaygın fermente süt içeceğidir. Starter kültür, inkübasyon sonu asitlik düzeyi ve

laktoz hidrolizi gibi parametreler ürünün fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerini etkilemekte; asitlik düzeyinin viskozite ve serum ayrılmasını belirleyen kritik bir parametre olduğu gösterilmiştir (Altay, 2017). Laktozu hidrolize edilmiş sütte üretilen ayranlarda tuz içeriğinin mikrobiyolojik ve duyuşal etkileri de incelenmiştir (Kocabaş ve ark., 2022). Bu bulgular, ayranın üretiminin mikrobiyal canlılık, reolojik kararlılık ve duyuşal kabul edilebilirlik arasında hassas bir denge gerektirdiğini göstermektedir.

#### **2.4. Diğere Fermente Ürünler (Krema, Tereyağı, Kurut, Tarhana)**

Fermente krema, mezofilik laktik asit bakterilerinin karışık suş starter kültürleri (DL-kültür) kullanılarak üretilen, hafif ekşi ve tereyağımsı bir tat profiline sahip bir üründür; bu kültürler genellikle *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *L. lactis* subsp. *lactis* ve çeşitli *Leuconostoc* türlerini içermektedir (Özcan, 2023). Tereyağında ise laktik asit bakterilerinin ürettiği diasetil, karakteristik aroma ve kokunun temel belirleyicisidir; bu bakteriler ürettikleri metabolit ve bakteriyosinlerle bazı patojenlerin inhibisyonuna da katkı sağlamaktadır. Tereyağından izole edilen laktik asit bakterilerinin karakterizasyonu, bunların endüstriyel starter kültür potansiyelini moleküler düzeyde değerlendirmeye olanak tanımaktadır (Kılıç, 2014).

Kurut, çökelek, tuz, un ve kurutulmuş etin birleştirilmesiyle hazırlanan, Orta Asya kökenli geleneksel bir kışlık üründür; tarhananın da bu ürüne dayandığı kabul edilmektedir. Kurutma yöntemi, ürünün nihai mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Karabulut ve ark., 2007). Çökelek peyniri ise yoğurt veya kefirin ısıtılıp süzülmesiyle elde edilen, düşük yağlı bir üründür; kefirde üretilende toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarının yoğurttan

üretilene kıyasla daha düşük olduğu, bunun raf ömrüne olumlu etki yaptığı gösterilmiştir (Kavaz ve ark., 2012).

Tarhana, dövme buğday ile süt veya yoğurdun harmanlanıp fermente edilip kurutulmasıyla elde edilen, çorbalık amaçlı geleneksel bir üründür. Standart bir üretim prosedürü bulunmadığından besinsel ve kimyasal özellikleri yöresel tarif, fermantasyon süresi ve kurutma yöntemine göre değişmektedir (Dağlıoğlu, 2000; Coşkun, 2014). Fermantasyon mikrobiyomu ürünün prebiyotik ve postbiyotik karakterini şekillendirmekte; bazı LAB'lerin bakteriyosin üretme kapasitesine sahip olduğu bildirilmektedir. Karabuğday unu ve su kefirli fermantasyonuyla geliştirilen fonksiyonel tarhana formülasyonları, bu ürünün biyoaktif bileşen içeriğini artırma yönündeki güncel araştırma eğilimini yansıtmaktadır (Işık ve ark., 2023).

### **3. MİKROBİYOM ANALİZ YÖNTEMLERİ**

"Mikrobiyom" kavramı, canlı mikroorganizma topluluğunu ifade eden "mikrobiyota"dan farklı olarak bunların "aktivite sahnesini" de kapsamaktadır; bu sahne yapısal elementler, metabolitler ve çevresel koşullardan oluşmaktadır. Fermente süt ürünlerinin moleküler matrisleri bu bağlamda son derece karmaşıktır; organik asitler, lipidomikler, proteinler, biyoaktif peptitler ve aroma uçucuları gibi yüzlerce bileşik bu matrisi oluşturmaktadır. Bu metabolitlerin sentezi mikroorganizmaların genetik özellikleri tarafından yönlendirilmekte; bakterilerin ürettiği enzimler kompleks maddeleri daha basit ve sağlıklı destekleyici bileşenlere dönüştürmektedir (Berg, 2020).

Fermente süt ürünlerindeki mikrobiyal toplulukların karakterizasyonu, analitik yaklaşıma bağlı olarak farklı düzeylerde bilgi sunmaktadır. Geleneksel kültür bazlı yöntemler bu alanın temelini oluşturmuş, ancak kültüre alınamayan veya

düşük yoğunluktaki türlerin tespitinde yetersiz kalmıştır. Kültür bağımsız omik yaklaşımlar ise taksonomik kompozisyonu ve fonksiyonel potansiyeli çok daha kapsamlı ortaya koymaktadır. Bu bölümde, kültür bazlı tekniklerden başlanarak 16S rRNA ampikon dizilimi, shotgun metagenomik ve biyoinformatik iş akışları ele alınmaktadır.

### **3.1. 16S rRNA Ampikon Dizilimi**

16S rRNA geni, prokaryotik organizmaların moleküler tanımlanmasında kullanılan evrensel bir filogenetik markördür. Değişken (V1–V9) ve korunmuş bölgelerden oluşur; korunmuş bölgeler türler arası yüksek benzerlik gösterirken değişken bölgeler tür düzeyinde ayırt edici bilgi sağlamaktadır. Fermente gıda çalışmalarının büyük çoğunluğu bakteriyom kompozisyonunu belirlemek için ampikon dizilimine dayanmakta; shotgun metagenomik yaklaşımının benimsenmesi daha yavaş ilerlemektedir. Hedeflenen bölge seçimi sonuçların doğruluğunu etkilemekte; V3–V4 ve V4 bölgeleri en sık kullanılan ve tekrarlanabilir sonuçlar veren bölgeler olarak öne çıkmaktadır (Watanabe ve ark., 2024).

Yüksek verimli dizileme (NGS) teknolojisi, hedeflenen ampikon bölgelerinin milyonlarca kez paralel okunmasına imkân tanımaktadır; Illumina platformlarında gerçekleştirilen analizler tek bir örnekten on binlerce diziye ulaşmayı mümkün kılmaktadır. Ham veriler DADA2 algoritmasıyla hata düzeltmesinden geçirilerek ASV düzeyinde kümelenmekte; ancak dizileme önyargılarının (bias) tüm analiz hatlarında dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Kefir mikrobiyomu üzerindeki entegratif bir çalışma yöntemin gücünü göstermektedir: 16S rRNA dizilimi, kefirde *Lactobacillus kefirianofaciens*'in dominant tür olduğunu ve bu türün *Leuconostoc mesenteroides* ile birlikte kültüre edildiğinde çapraz besleme gerçekleştirdiğini ortaya koymuştur (Blasche ve ark.,

2021).Yöntemin önemli bir sınırlılığı, taksonomik profilin ötesinde fonksiyonel bilgi sağlayamamasıdır; bu nedenle shotgun metagenomik gibi tamamlayıcı yaklaşımlara ihtiyaç artmaktadır. Ayrıca örnekleme, DNA ekstraksiyonu, primer seçimi ve referans veri tabanı gibi her aşama önyargı kaynağı taşımaktadır (Watanabe ve ark., 2024). Fermente süt matriksine özgü olarak, yüksek yağ ve protein içeriği DNA ekstraksiyon verimliliğini olumsuz etkileyebilmekte; starter kültürün yüksek abundansı düşük yoğunluklu türlerin tespitini güçleştirebilmektedir.

### **3.2. Shotgun Metagenomik**

Shotgun metagenomik, topluluk DNA'sının rasgele parçalanması ve tüm genomik içeriğin dizilenmesine dayanır. 16S rRNA amplicon diziliminin aksine bu yöntem, mikrobiyal toplulukların taksonomik kompozisyonunun yanı sıra fonksiyonel potansiyelini de doğrudan ortaya koymaktadır. Tür düzeyinde yüksek çözünürlük, yarı kantitatif analiz ve kültüre edilemeyen türlerin kapsanabilmesi temel avantajlarından; amplicon dizilimi maliyet etkin ve hızlı bir profillemeye sunsa da shotgun dizileme mikrobiyomu çok daha kapsamlı değerlendirmekte, metabolik yollar ve genler düzeyinde fonksiyonel bilgi üretmektedir (Pisani ve ark., 2024).

Bu yöntem, peynir mikrobiyomu araştırmalarında belirgin biçimde genişlemiştir. Idiazabal peyniri üzerindeki bir çalışmada 1300'ü aşkın bakteri cinsi ve 3400'ü aşkın tür tespit edilmiş; salamura ve gıdayla temas eden yüzeylerin peynir kalitesiyle ilişkili en belirleyici mikrobiyal rezervuarlar olduğu ortaya konmuştur (Soto Del Rio ve ark., 2024). Geleneksel zanaatkâr peynirlerinde gouda örneklerinde *Lactococcus cremoris* ve *L. lactis*'in, brie'de ise *L. lactis* ve *Streptococcus thermophilus*'un yüksek abundansta bulunduğu, metagenom-derive genomların karbon ve enerji metabolizmasıyla ilişkili yollar açısından zenginleştiği gösterilmiştir (Melkonian ve ark., 2026).

Shotgun metagenomik, olgunlaşma süresince mikrobiyal süksesyon ve fonksiyonel değişimlerin izlenmesine de imkân tanımaktadır; 32 ay olgunlaştırılmış Cheddar peynirinde tür altı düzeyde dizi varyasyonu analizi, alt popülasyonlar arası metabolik etkileşimlerin aroma gelişimini etkileyebileceğini göstermiştir (Yeh ve ark., 2023). Bununla birlikte artan veri karmaşıklığı, yüksek biyoinformatik altyapı gereksinimi ve maliyet, başlıca teknik engelleri oluşturmaktadır; peynir mikrobiyotasının yüksek çeşitliliği nedeniyle mevcut referans genomlarla genom derlemesi yapmak da zorlayıcı olabilmektedir (Soto Del Rio ve ark., 2024).

### **3.3. Biyoinformatik İş Akışları**

Ham dizi verilerinin işlenmesi kapsamlı biyoinformatik iş akışları gerektirmektedir. QIIME2, amplicon tabanlı çalışmaların en yaygın platformudur (Bolyen ve ark., 2019). Gürültü giderme için kullanılan DADA2 algoritması dizileme hatalarını düzeltmekte; bu parametrelerin optimizasyonu profillemenin doğruluğunu doğrudan etkilemektedir (Acharya ve ark., 2025). Denoising yöntemleri, geleneksel kümeleme yaklaşımlarına kıyasla gerçek topluluk kompozisyonunu belirlemede daha başarılı bulunmuştur (Nearing ve ark., 2018). Shotgun metagenomik veriler için ise bioBakery 3 kapsamındaki MetaPhlan3 (taksonomik) ve HUMAnN3 (fonksiyonel) profillemeye araçları tercih edilmekte; bu araçlar genişletilmiş referans veri tabanları sayesinde tür ve gen tespit doğruluğunu önemli ölçüde artırmaktadır (Beghini ve ark., 2021).

## **4. METABOLOMİK YAKLAŞIMLAR**

Mikrobiyom analizi fermente süt ürünlerindeki mikrobiyal aktörleri tanımlarken metabolomik, bu aktörlerin ürettiği kimyasal çıktılarını ortaya koymaktadır. Bu ürünlerin duyu, besinsel ve sağlıkla ilişkili özellikleri büyük ölçüde

metabolit profilleriyle belirlenmektedir; mikrobiyel yapının metabolit üretimine yansımalarının anlaşılması ürün kalitesinin mekanistik açıklanmasını sağlamaktadır. Bu bölümde, başlıca analitik platformlar, hedefli ve hedefsiz metabolomik yaklaşımlar ile başlıca metabolit grupları ele alınmaktadır.

#### **4.1. Hedefli ve Hedefsiz Metabolomik**

Metabolomik çalışmalar hedefli ve hedefsiz olmak üzere iki yaklaşıma ayrılmaktadır. Hedefli metabolomik, önceden tanımlanmış sınırlı bir metabolit grubunun nicel ölçümüne odaklanan bir hipotez test etme yaklaşımıyken hedefsiz metabolomik tüm ölçülebilir metabolitlerin kapsamlı bir görünümünü hedeflemektedir (Sharma ve ark., 2023). Hedefsiz yaklaşımın fermente süt ürünlerindeki uygulaması, beklenmedik biyoaktif bileşiklerin keşfine katkı sunmaktadır; probiyotik yoğurtların GC-MS analizinde 192 metabolit tespit edilmiş, 49'unun gruplar arasında diferansiyel olduğu ve glikoliz ile pürin metabolizması gibi yedi yolakla ilişkili olduğu belirlenmiştir (Bakhshayesh ve ark., 2024). Gıda alımı biyomarkırı çalışmalarında da iki yaklaşım birlikte kullanılmakta; bir çalışmada galaktitol ve galaktonat süt tüketimi için, 3-fenillaktik asit ise peynir tüketimi için aday biyomarkır olarak belirlenmiştir (Trimigno ve ark., 2018). Bu örnekler, iki yaklaşımın birbirini tamamlayıcı biçimde kullanıldığını göstermektedir.

#### **4.2. Metabolit Profili ve Coğrafi Özgünlük**

Fermente süt ürünlerinde laktik asit, biyojenik aminler, biyoaktif peptitler ve uçucu aroma bileşikleri başlıca metabolit gruplarını oluşturmakta; bu profil ürünün hem duyu kalitesini hem de sağlıkla ilişkili işlevselliğini belirlemektedir. Metabolomik analizler, bu metabolitlerin nicel ve nitel haritalanmasını sağlayarak ürün karakterizasyonunu mekanistik bir temele dayandırmaktadır.

Metabolit profillemesinin bir diğer önemli uygulama alanı, fermente süt ürünlerinin coğrafi kökeninin doğrulanmasıdır; bu doğrulama tüketici güveninin sağlanması ve coğrafi işaret tescilli (PDO/PGI) ürünlerin sahteciliğe karşı korunması açısından önem taşımaktadır. NMR tabanlı metabolomik bu alanda en sık kullanılan platformdur; Parmigiano Reggiano, Asiago d'Allevo ve Avrupa Emmental peynirlerinin coğrafi kökenlerine göre NMR spektroskopisiyle başarıyla ayırt edilebildiği gösterilmiştir (Ralli ve Spyros, 2023).

GC-MS tabanlı yaklaşımlar da coğrafi köken doğrulanmasında etkin biçimde kullanılmaktadır. Manda sütü ve mozzarella peyniri üzerindeki bir çalışmada PDO ve PDO-dışı örneklerde toplam 185 metabolit tespit edilmiş; PLS-DA analizi iki grubu net biçimde ayırt etmiş, talopiranoz ve N-asetil glukozamin PDO kökenini ayırt eden aday biyomarkırlar olarak tanımlanmıştır. Benzer biçimde, Grana Padano peynirinin PDO ve PDO-dışı örnekleri arasında da yem kaynaklı fenolik bileşikler ve hayvansal yağ asitlerinden kaynaklanan belirgin kimyasal farklılıklar saptanmıştır (Bertelli ve ark., 2018). Bu bulgular, metabolit parmak izi analizinin coğrafi özgünlüğün doğrulanmasında güçlü ve tekrarlanabilir bir araç sunduğunu göstermektedir.

### **4.3. Mikrobiyom-Metabolom Entegrasyonu**

Mikrobiyom ve metabolom verilerinin ayrı ayrı incelenmesi, fermente süt ürünlerindeki karmaşık biyolojik süreçlerin yalnızca tek bir kesitini sunmaktadır; tek-omik analizler mikroorganizmaların metabolik farklılıklarını ve etkileşim mekanizmalarını açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Multi-omik entegrasyon ise mikrobiyal tür tarama, fonksiyonel gen keşfi ve metabolik ağ analizine çarpan etkisi (multiplier effect) oluşturan bir araştırma çerçevesi sunmaktadır (Shi ve ark., 2022). Bu entegrasyonun istatistiksel temelini genellikle

Spearman ve Pearson korelasyonlarına dayanan ağ analizleri oluşturmakta; mikrobiyom verilerine özgü aşırı sıfır sorununu aşmak için geliştirilen BZINB gibi yeni modeller, mikrobiyal taksonlar ile metabolitler arasındaki ilişkilerin daha doğru modellenmesini sağlamaktadır (Lin ve ark., 2023).Kefir üzerindeki bir entegratif çalışma bu yaklaşımın pratik gücünü göstermektedir: L. kefiri ve L. kefiranofaciens'ten oluşan bakteriyel toplulukta 30°C ve 37°C'de eş zamanlı transkriptomik, metabolomik ve proteomik veriler elde edilmiş; olasılıksal graf temelli bir algoritma bu verileri entegre ederek sıcaklığın mikrobiyal etkileşim ağı üzerindeki etkisini moleküler düzeyde ortaya koymuştur (Esembaeva ve ark., 2023).

## **5. GELECEK PERSPEKTİFLERİ VE SONUÇ**

Fermente süt ürünlerinde mikrobiyom ve metabolom araştırmaları, geleneksel kültür bazlı yöntemlerden çok katmanlı omik yaklaşımlara doğru hızlı bir dönüşüm geçirmektedir; yapay zeka destekli veri entegrasyonu, standartlaşma çabaları ve geleneksel ürünlerin bilimsel yeniden değerlendirilmesi bu dönüşümün başlıca yönelimlerini oluşturmaktadır. Büyük ölçekli veri setlerinin yorumlanması geleneksel istatistiksel araçların kapasitesini aşmakta; makine öğrenmesi modelleri ve BZINB gibi gelişmiş istatistiksel yaklaşımlar, mikrobiyel-metabolit ilişkilerinin dinamik biçimde modellenmesini mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte farklı DNA ekstraksiyon protokolleri ve biyoinformatik iş akışları nedeniyle alan hâlâ ciddi metodolojik heterojenlikle karşı karşıyadır; standartlaşmış protokollerin yaygınlaşması bilgi birikiminin bütünleştirilmesini sağlayacaktır.

Türkiye gibi zengin bir geleneksel fermente süt ürünü repertuarına sahip ülkelerde bu omik yaklaşımların uygulanması özel önem taşımaktadır; yoğurt, kefir, peynir ve tarhana gibi

ürünler probiyotik suş kaynakları ve bölgesel mikrobiyel çeşitliliğin canlı örnekleri olarak bilimsel değer taşımakta, bu potansiyelin hayata geçirilmesi disiplinler arası işbirliğini zorunlu kılmaktadır. Sonuç olarak, mikrobiyom-metabolom entegrasyonu; ürün güvenliğinin erken tespiti, coğrafi özgünlüğün doğrulanması ve fonksiyonel gıda geliştirme süreçlerinin hızlandırılması gibi somut hedeflere hizmet etmekte; fermente süt ürünlerinin geleneksel üretim bilgeliğinin modern analitik araçlarla yeniden keşfedilebileceğini göstermektedir.

## **KAYNAKÇA**

- Afshari, R., Pillidge, C. J., Read, E., Rochfort, S., Dias, D. A., Osborn, A. M., & Gill, H. (2020). New insights into cheddar cheese microbiota-metabolome relationships revealed by integrative analysis of multi-omics data. *Scientific Reports*, 10(1), 3164.
- Ağagündüz, D., Ertaş Öztürk, Y., Ayhan, B., Bulmuş-Tüccar, T., Özenir, Ç., Erdoğan Gövez, N., ... & Ozogul, F. (2025). Certain fermented dairy foods as a source of multibiotics and multimetabolites: a comprehensive review. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1678150.
- Altay, F. (2017). Rheology and functionality of Ayran—a Yogurt drink. *Yogurt in Health and Disease Prevention*, 295-305.
- Anonim, 2025. Fermente Gıda ve İçecekler Pazarı Görünümü (2025–2032). Erişim zamanı: 01.06.2026 Erişim adresi: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/fermented-foods-and-beverages-market>
- Aydemir, O., Harth, H., Weckx, S., Dervişoğlu, M., & De Vuyst, L. (2015). Microbial communities involved in Kaşar cheese ripening. *Food microbiology*, 46, 587-595.
- Bakhshayesh, R. V., Panahi, B., Hejazi, M. A., & Nami, Y. (2024). Metabolite profiling of different Iranian traditional yogurts using an untargeted metabolomics approach. *Heliyon*, 10(15).
- Beghini, F., McIver, L. J., Blanco-Míguez, A., Dubois, L., Asnicar, F., Maharjan, S., ... & Segata, N. (2021). Integrating taxonomic, functional, and strain-level profiling of diverse microbial communities with bioBakery 3. *elife*, 10, e65088.
- Berg, G., Rybakova, D., Fischer, D., Cernava, T., Vergès, M. C. C., Charles, T., ... & Schloter, M. (2020). Microbiome

definition re-visited: old concepts and new challenges. *Microbiome*, 8(1), 103.

Blasche, S., Kim, Y., Mars, R. A., Machado, D., Maansson, M., Kafkia, E., ... & Patil, K. R. (2021). Metabolic cooperation and spatiotemporal niche partitioning in a kefir microbial community. *Nature Microbiology*, 6(2), 196-208.

Bolyen, E., Rideout, J. R., Dillon, M. R., Bokulich, N. A., Abnet, C. C., Al-Ghalith, G. A., ... & Caporaso, J. G. (2019). Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nature biotechnology*, 37(8), 852-857.

Bulut-solak, B., & Akın, N. (2012). Yoğurt Çeşitleri, Yoğurtlarda Görülen Bazı Kusurlar ve Çözüm Önerileri. *Akademik Gıda*, 10(2), 115-120. <https://izlik.org/JA68JN59KC>

Coşkun, F. (2014). Tarhananın tarihi ve Türkiye’de tarhana çeşitleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3), 69-79.

Daglioğlu, O. (2000). Tarhana as a traditional Turkish fermented cereal food. Its recipe, production and composition. *Food/Nahrung*, 44(2), 85-88.

Drouin-Chartier, J. P., Brassard, D., Tessier-Grenier, M., Côté, J. A., Labonte, M. E., Desroches, S., ... & Lamarche, B. (2016). Systematic review of the association between dairy product consumption and risk of cardiovascular-related clinical outcomes. *Advances in nutrition*, 7(6), 1026-1040.

Ercan, M. O., Kaya, S., Mutlubaş, I., & Erdoğan, T. (2024). Türk Mutfak Kültüründe Yer Alan Yöresel Yoğurtlar İle İlgili Gastronomi Rotası Önerisi (Gastronomy Route Proposal For Local Yogurts In Turkish Culinary Culture). *Annals of Gastronomy and Tourism Studies*, 1(1), 23-37.

- Ergin, F., Öz, G., Özmen, Ü., Erdal, Ş., Çavana, E., & Küçükçetin, A. (2017). Sütün homojenizasyonunun kefirin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 15(4), 368-376.
- Ertürkmen, P., & Öner, Z. (2015). Beyaz peynir örneklerinden izole edilen laktik asit bakterilerinin başlatıcı (starter) kültür özelliklerinin biyokimyasal yöntemlerle belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(3), 9-16.
- Esembaeva, M. A., Kulyashov, M. A., Sokolova, T. S., Akberdin, I. R., & Sazonov, A. E. (2025). Evaluation of Genome-Scale Model Reconstruction Strategies for *Lentilactobacillus kefir* DH5 and Deciphering Its Metabolic Network. *Metabolites*, 15(12), 767.
- Gao, Y., Hou, L., Gao, J., Li, D., Tian, Z., Fan, B., ... & Li, S. (2021). Metabolomics approaches for the comprehensive evaluation of fermented foods: A review. *Foods*, 10(10), 2294.
- Hutkins, R. W. (2008). *Microbiology and technology of fermented foods*. John Wiley & Sons.
- Işık, M. S., Bilgin, R., Gökırmaklı, Ç., Şatır, G., & Seydim, Z. G. (2023). Fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş tarhana üzerine farklı kurutma yöntemlerinin etkilerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(3), 460-469.
- Kara, R., & Akkaya, L. (2015). Afyon tulum peynirinin mikrobiyolojik ve fiziko-kimyasal özellikleri ile laktik asit bakteri dağılımlarının belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(1), 1-6.

- Karabulut, I., Adnan Hayaloglu, A., & Yildirim, H. (2007). Thin-layer drying characteristics of kurut, a Turkish dried dairy by-product. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(9), 1080-1086.
- Karatepe, P., Yalçın, H., Patır, B., & Aydın, I. (2012). Kefir ve kefirin mikrobiyolojisi. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR*, 10 (1): 1-10.
- Kavaz, A., Arslaner, A., & Bakırcı, İ. (2012). Comparison of quality characteristics of Çökelek and Lor cheeses. *African Journal of Biotechnology*, 11(26).
- Kılıç, G. B., Kaçar, H., Özkan, S., Ballı, S., Sönmez, E., & Erfilibeli, O. (2014). Tereyağı Örneklerinden Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu, Karakterizasyonu ve Bazı Endüstriyel Özelliklerinin Belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 223-229.
- Kocabaş, H., Ergin, F., Aktar, T., & Küçükçetin, A. (2022). Effect of lactose hydrolysis and salt content on the physicochemical, microbiological, and sensory properties of ayran. *International Dairy Journal*, 129, 105360.
- Lin, B. M., Cho, H., Liu, C., Roach, J., Ribeiro, A. A., Divaris, K., & Wu, D. (2023). BZINB model-based pathway analysis and module identification facilitates integration of microbiome and metabolome data. *Microorganisms*, 11(3), 766.
- Morul, F., & İşleyici, Ö. (2012). Divle tulum peynirinin kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23(2), 71-76.
- Nearing, J. T., Douglas, G. M., Comeau, A. M., & Langille, M. G. (2018). Denoising the Denoisers: an independent

evaluation of microbiome sequence error-correction approaches. PeerJ, 6, e5364.

Okoye, C. O., Jiang, H., Nazar, M., Tan, X., & Jiang, J. (2024). Redefining modern food analysis: Significance of omics analytical techniques integration, chemometrics and bioinformatics. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 175, 117706.

Özcan, M. (2023). Fonksiyonel fermente krema üretimi (Master's thesis, Bursa Uludag University (Turkey)).

Pekçalışkan, E. Y., İnal, C., Yerlikaya, O., Kesenkaş, H., & Uysal, H. R. (2023). İnülin ve Bifidobacterium spp. kullanılarak üretilen sinbiyotik yoğurtların bazı özellikleri. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 60(2), 303-316.

Ralli, E., & Spyros, A. (2023). A study of Greek Graviera cheese by NMR-based metabolomics. *Molecules*, 28(14), 5488.

Sakandar, H. A., & Zhang, H. (2022). Curious case of the history of fermented milk: tangible evidence. *Science bulletin*, 67(16), 1625-1627.

Salık, M. A., & Çakmakçı, S. (2022, October). Geographical Indication Ayran and Yogurts of Türkiye. In *Proceedings of the 6th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress, Kütahya, Türkiye* (pp. 7-9).

Santamarina-García, G., Yap, M., Crispie, F., Amores, G., Lordan, C., Virto, M., & Cotter, P. D. (2024). Shotgun metagenomic sequencing reveals the influence of artisanal dairy environments on the microbiomes, quality, and safety of Idiazabal, a raw ewe milk PDO cheese. *Microbiome*, 12(1), 262.

- Sezen, A., & Koçak, C. (2006). Fonksiyonel süt ürünleri teknolojisindeki gelişmeler. *Türkiye*, 9, 24-26.
- Sharma, H., El Rassi, G. D., Lathrop, A., Dobрева, V. B., Belem, T. S., & Ramanathan, R. (2021). Comparative analysis of metabolites in cow and goat milk yoghurt using GC-MS based untargeted metabolomics. *International Dairy Journal*, 117, 105016.
- Shi, H., An, F., Lin, H., Li, M., Wu, J., & Wu, R. (2022). Advances in fermented foods revealed by multi-omics: A new direction toward precisely clarifying the roles of microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1044820.
- Sieuwert, S., Molenaar, D., van Hijum, S. A., Beerthuyzen, M., Stevens, M. J., Janssen, P. W., ... & van Hylckama Vlieg, J. E. (2010). Mixed-culture transcriptome analysis reveals the molecular basis of mixed-culture growth in *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. *Applied and environmental microbiology*, 76(23), 7775-7784.
- Şireli, U., & Onaran, B. (2012). Yoğurt ve yoğurdun insan sağlığı açısından yararları. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 1(4), 1-4.
- Trimigno, A., Münger, L., Picone, G., Freiburghaus, C., Pimentel, G., Vionnet, N., ... & Vergères, G. (2018). GC-MS based metabolomics and NMR spectroscopy investigation of food intake biomarkers for milk and cheese in serum of healthy humans. *Metabolites*, 8(2), 26.
- Uymaz, B., Akçelik, N., & Yüksel, Z. (2019). Physicochemical and microbiological characterization of protected designation of origin Ezine cheese: assessment of non-starter lactic acid bacterial diversity with antimicrobial activity. *Food science of animal resources*, 39(5), 804.

- Uzunsoy, İ. (2018). Geleneksel yoğurt örneklerinden izole edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* suşlarının endüstriyel yoğurt üretimine uygunluğunun saptanarak starter kombinasyonlarının geliştirilmesi (Doctoral dissertation, Ankara Üniversitesi (Turkey)).
- Yalçın, N. F., & Işık, M. K. (2017). Kefir; ürün özellikleri ve insan sağlığına etkisi. *Adıyaman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(1), 439-452.

VETERİNER GIDA HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ALANINDA  
AKADEMİK TARTIŞMALAR

**yaz**  
yayınları

YAZ Yayınları  
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3  
İscehisar / AFYONKARAHİSAR  
Tel : (0 531) 880 92 99  
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com