



Geleneksel El Yapımı Niğde Basma Bidon Tulum Peynirlerinin Karakterizasyonu: Üretim Değişkenlerinin Mikrobiyal Ekosistem Üzerindeki Etkisi

Fulden KARADAL^{1,*} Tuba SAKİN ŞAHİN¹ Cemalettin BAĞCI¹ Nurhan ERTAŞ ONMAZ²

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Bor Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, 51700, Niğde, Türkiye

² Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 38280, Kayseri, Türkiye

Geliş Tarihi: 31.03.2026

Kabul Tarihi: 07.07.2026

ÖZ

Geleneksel el yapımı peynirler, üretim teknikleri, hammadde özellikleri ve olgunlaşma koşullarına bağlı olarak karmaşık bir mikrobiyal ekosistem oluşturur. Bu çalışmada, plastik bidonlarda preslenip olgunlaştırılan ve bugüne kadar sistematik olarak karakterize edilmemiş geleneksel Niğde basma bidon tulum peynirlerinden 48 örneğin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiş, Türk Gıda Kodeksi (TGC) kriterlerine uygunlukları değerlendirilmiş, fizikokimyasal parametrelerin mikrobiyal yük üzerine etkisi belirlenmiş ve örnekler Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HKA) ile sınıflandırılmıştır. HKA sonuçlarına göre örnekler üç kümeye ayrılmıştır. Küme 1 (n=11), yüksek nem (%54.11±8.71) ve pH (5.58±0.28) ile düşük titre edilebilir asitlik (%0.91±0.27 LA) ile karakterize edilmiş ve yüksek Koagülaz Pozitif Stafilokok (KoPS) seviyeleri (4.41±2.44 log kob/g) göstermiştir. Küme 2 (n=9), en düşük nem (%36.19±4.56) ve kuru maddede en yüksek yağ (%63.92±9.45) içeriği ile mikrobiyal büyümenin kısıtlandığı grup olmuştur. Küme 3 (n=28), örneklerin %58.3'ünü oluşturmuş; düşük pH (4.90±0.34), yüksek asitlik (%2.20±0.39 LA) ve yüksek Laktik Asit Bakterileri (LAB) sayısı (6.55±0.55 log kob/g) ile aktif fermentasyon profili sergilemiştir. Peynirlerde genel olarak biyolojik koruyucu potansiyeli olan LAB türleri baskın olmasına rağmen (6.06±1.38 log kob/g), örneklerin %54.2'sinde ortalama 6.33±0.51 log kob/g düzeyinde tespit edilen KoPS, yetersiz asitifikasyon veya post-proses kontaminasyona işaret etmektedir. Yağsız peynir kitlesindeki nem oranı (PYKN) Ortalama %59.06±9.56 olup, örneklerin %33.3'ü yarı sert, %27.1'i sert olarak sınıflandırılmıştır. Örneklerin %41.7'sinin TGC'nin %45 nem sınırını aştığı, yüksek pH ve nemin Fekal Koliform (FK) ve Toplam Aerob Mezofil Bakteri (TAMB) artışı ile anlamlı ilişkili olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Bulgular, peynir üretiminde geleneksel özellikler korunurken nem, olgunlaşma süreci ve hijyen sağlama aşamalarında kontrolün artırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: İstatistiksel veri analizi, Kimyasal analiz, Koloni oluşturan birimler yöntemi, Peynir.

ABSTRACT

Characterization of Artisanal Niğde Basma Bidon Tulum Cheeses: Impact of Processing Variables on Microbial Ecosystems

Traditional cheeses represent a complex microbial ecosystem shaped by production techniques, raw material characteristics, and ripening conditions. In this study, the physicochemical and microbiological properties of 48 samples of traditional Niğde pressed and matured cheese locally referred to as "bidon" that had not been systematically characterized to date were examined, their compliance with the Turkish Food Codex (TFC) was evaluated, the effect of physicochemical parameters on microbial load was determined, and the samples were classified using Hierarchical Clustering Analysis (HCA). According to the HCA results, the samples were divided into three distinct clusters. Cluster 1 (n=11) was characterized by high moisture (54.11±8.71%) and pH (5.58±0.28) levels, coupled with elevated Coagulase-positive *Staphylococcus* (CoPS) counts (4.41±2.44 log cfu/g). Cluster 2 (n=9) exhibited restricted microbial growth, featuring the lowest moisture content (36.19 ± 4.56%) and the highest fat content in dry matter (63.92±9.45%). Cluster 3 (n=28), representing 58.3% of the samples, showed an active fermentation profile with low pH (4.90 ± 0.34), high acidity (2.20±0.39% LA), and a dominant Lactic Acid Bacteria (LAB) count (6.55±0.55 log cfu/g). Although LAB species with biological protective potential were dominant (6.06±1.38 log cfu/g), CoPS detected in 54.2% of the samples at an average level of 6.33±0.51 log cfu/g indicates insufficient acidification or post-process contamination. The mean MNFS (Moisture in Non-Fat Substance) was 59.06±9.56%, with 33.3% of the samples classified as semi-hard and 27.1% as hard. It was found that 41.7% of the samples exceeded the 45% moisture limit of the TGC and high pH and humidity were significantly associated with increased Fecal Coliform (FC) and Total Aerobic Mesophilic Bacteria (TAMB) (p<0.05). These findings indicate that stricter control of moisture, ripening conditions, and hygiene practices is essential to ensure safety while preserving traditional characteristics.

Keywords: Cheese, Chemical analysis, Colony forming units assay, Statistical data analysis.



GİRİŞ

Peynir; süt, yağsız süt veya yayıkaltı gibi süt ürünlerinin peynir mayası ya da zararsız organik asitlerle pıhtılaştırılması, oluşan pıhtının suyunun süzülmesi, şekillendirilmesi ve tuzlanmasıyla elde edilen; taze olarak ya da olgunlaştırıldıktan sonra tüketilebilen bir süt ürünüdür. Dayanıklılığı, zengin bileşimi, yüksek besin değeri ve kendine özgü aroması nedeniyle peynir, insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olup, en eski gıda fermentasyon ürünlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Mazzocca ve ark. 2024; Alfaki ve ark. 2026). Türkiye’de resmi kaynaklara göre kültürel, ekonomik ve gastronomik alanda önemli rollere sahip olan ve farklı karakteristik özellikler sergileyen 50 civarında özgün peynir çeşidi olduğu belirtilmektedir. Bu peynirlerin üretim süreçleri bölgeye göre farklılık gösterebilmekte; örneğin çiğ sütün laktik asit bakterileriyle (LAB) zenginleştirilmesi amacıyla doğal starter kültürler kullanılmaktadır (Çakmakçı ve ark. 2008; Kamber ve Terzi 2008). Peynirlerin sınıflandırılması ve kalite kriterleri uluslararası ve ulusal gıda kodekslerinde belirtilen çeşitli prensiplere göre yapılmakta; fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ile ilgili standartlar TGG Peynir Tebliği ve TGG Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği tarafından belirlenmektedir (TGG 2015; TGG 2025).

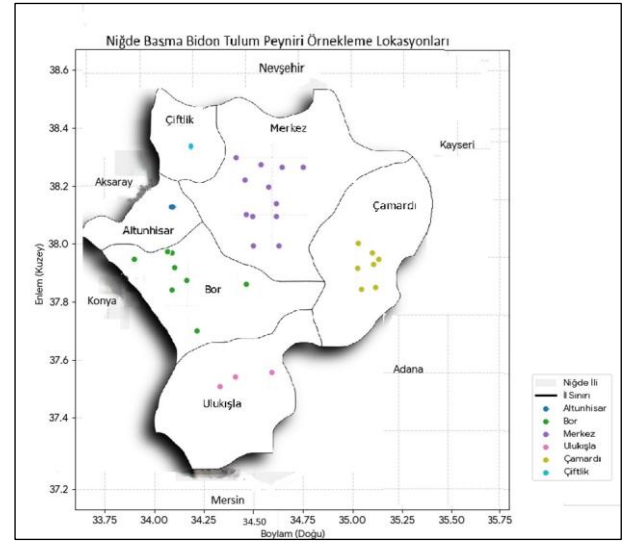
Ülkemizdeki peynirler; pıhtılaştırma yöntemi, olgunlaşma süresi ve yöntemi, tekstür ve yağ oranına göre sınıflandırılmaktadır (Çakmakçı ve ark. 2008). Bu çeşitlerden biri olan tulum peyniri, Orta Anadolu’nun iklim ve coğrafi özelliklerine uygun olarak üretilen geleneksel bir türdür. Tulum peyniri üretiminde pıhtılaştırılan ve süzülen teleme; deri, toprak veya plastik kaplara sıkıca basılarak toprağa gömülme ve anaerobik ortamda olgunlaştırılmaktadır (Kamber ve Terzi 2008; Tekin ve Güler 2021; Çetin ve ark. 2025).

Niğde yöresinde tulum peyniri, sadece inek sütü veya koyun sütü karışımından, kullanılan olgunlaştırma ambalajına bağlı olarak deri tulumu ve basma bidon tulumu olmak üzere iki farklı şekilde üretilmektedir (Çetin ve ark. 2025). Daha önceki çalışmalarda deri, plastik bidon, çömlek gibi materyallerde olgunlaştırılan tulum peynirlerinin kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin üretiminde kullanılan ambalaj materyali, olgunlaşma koşulları ve çevresel faktörlerden etkilenebildiği; bu durumun ürün kalitesi ve gıda güvenliğinde önemli değişkenliklere yol açabildiği rapor edilmiştir (Hayaloğlu ve ark. 2007; Tarakçı ve Durmuş 2016; Cakir ve Cakmakci 2018).

Literatürde Niğde basma bidon tulum peynirinin gastronomi turizmi potansiyeline yönelik nitel değerlendirmeler bulunmakla birlikte (Çetin ve ark. 2025), bu peynirin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalite özelliklerinin incelendiği veya TGG’da tanımlanan standart kriterlere uyum düzeyine ilişkin bilimsel veriler oluşturulduğu bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, Niğde yöresinde üretilen ve “basma bidon tulum” olarak adlandırılan geleneksel peynirlerin kimyasal ve mikrobiyolojik kalite özelliklerini karşılaştırmalı olarak belirlemek ve elde edilen bulguların TGG Peynir Tebliği’ne uygunluğunu değerlendirmektir; bu kapsamda çalışma, söz konusu peynirlerin standardizasyonuna katkı sağlamayı ve gıda güvenliği açısından bilimsel bir veri temeli oluşturmayı hedeflemektedir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Kasım 2024 – Şubat 2025 tarihleri arasında Niğde ilinin farklı ilçe, köy ve beldelerinden, termizasyon işlemi uygulanmış sütlerden üretilen (50-60°C) toplam 48 adet basma bidon tulum peyniri temin edildi, soğuk zincir ile laboratuvara getirilerek analiz edildi. Örnekleme alanları ilin farklı coğrafi bölgelerini ve üretim koşullarını temsil edecek şekilde belirlendi, örnekleme noktaları Şekil 1’de sunuldu. Bu kapsamda örnekleme; Merkez (n=19), Çamardı (n=12), Bor (n=11), Ulukışla (n=4), Altunhisar (n=1) ve Çiftlik (n=1) ilçelerinde yer alan toplam 32 farklı yerleşim biriminden gerçekleştirildi (Tablo 1). Peynir örneklerinin temini sırasında üreticilerle görüşüldü ve peynir yapım sürecinin aşamaları genel olarak belirlendi (Şekil 2).



Şekil 1: Niğde basma bidon tulum peynirlerinin örnekleme lokasyonları.

Figure 1: Sampling locations of Niğde basma bidon tulum cheeses.

Tablo 1: Peynir örneklerinin temin edildiği lokasyonlar.

İlçe	Yerleşim Birimi (Köy/Belde)	Örnek Sayısı (n)
Merkez	Kiledere (7), Hasaköy (2), Gümüşler (1), Alay (1), Sazlıca (1), Hançerli (1), İçmeli (1), Çavdarlı (1), Elmalı (1), Yeşilburç (1), Uluağaç (1), Aşlama (1)	19
Çamardı	İlçe Merkezi (5), Bademdere (2), Burç (1), Celaller (1), Çukurbağ (1), Demirkazık (1), Üçkapılı (1)	12
Bor	Kaynarca (4), Bahçeli (1), Halaç (1), Karamahmutlu (1), Badak (1), Kılavuz (1), İncirli (1), Karanlıkdere (1)	11
Ulukışla	Karatepe (1), Çiftehan (2), Hüsniye (1)	4
Çiftlik	Azatlı (1)	1
Altunhisar	Fesleğen (1)	1
TOPLAM	32 Farklı Lokasyon	48



Şekil 2: Niğde basma bidon tulum peynirinin geleneksel üretim süreci.

Figure 2: Traditional production process of Niğde basma bidon tulum cheese.

Mikrobiyolojik Analizler

Peynir örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB), mezofilik laktik asit bakterileri (LAB), Mikrokok-stafilokok, Koagulaz Pozitif *Staphylococcus* (KoPS), maya ve küf, koliform ve fekal koliform (FK) grubu bakterilerin sayımları gerçekleştirildi. Bu amaçla, her bir peynir örneğinden aseptik koşullarda 25 g alındı ve 225 mL %0.25'lik Ringer çözeltisi (Merck, Almanya) ile homojenize edildi; elde edilen homojenattan 10^{-1} – 10^{-6} aralığında seri ondalık dilüsyonlar hazırlandı. Hazırlanan dilüsyonlardan uygun hacimlerde örnek alınarak, ilgili mikroorganizma gruplarının sayımı için seçici ve/veya diferansiyel besiyerlerine dökme plak veya yayma plak yöntemleriyle ekim yapıldı.

TAMB sayımı için Plate Count Agar'da (PCA, Merck 105463) 30 °C'de 48–72 saat inkübasyon uygulandı, oluşan tüm koloniler değerlendirmeye alındı (ISO 4833 2013). Laktik asit bakterileri (LAB) Man-Rogosa-Sharpe Agar (MRS, Merck 110660) agarda anaerobik koşullarda 30°C'de 48–72 saat inkübasyonla belirlendi, küçük, düzensiz yapılı, kirli beyaz veya krem renkli koloniler sayıldı (ISO 15214 1998). Maya-küf sayımı için pH'ı 3.5'e ayarlanmış Potato Dextrose Agar (PDA, Merck 110130) besiyeri 28 °C'de 5 gün inkübe edildi, tipik koloniler değerlendirildi (Halkman 2005). Mikrokok ve stafilocok sayımı Mannitol Salt Agar (MSA, Merck 105404) besiyerinde 37 °C'de 24–48 saatlik inkübasyonla, KoPS ise yumurta sarısı-tellürit emülsiyonuyla zenginleştirilmiş Baird-Parker Agar (BPA, Merck 105406) besiyerinde 35–37 °C'de 24–48 saatlik inkübasyonla gerçekleştirildi (Kaban ve Kaya 2006; ISO 6888-1 2021). MSA'daki sarı zon oluşturan ve pembe-kırmızı, BPA'daki etrafında karakteristik şeffaf zon (hale) bulunan siyah renkli koloniler sayıldı, şüpheli koloniler koagulaz testiyle doğrulandı. Koliform ve FK bakteriler Violet Red Bile Lactose Agar (VRBL, Merck 101406) besiyerinde dökme plak yöntemiyle, sırasıyla 35 °C ve 44–45 °C'de 24–48 saat inkübe edilerek kırmızı, pembe ve renksiz koloniler sayıldı (ISO 4832 2006). Sonuçlar log kob/g cinsinden ifade edildi; tespit sınırının altındaki değerler 0.5 log kob/g olarak normalize edildi. Metinde ve Tablo 3'te sunulan ortalama mikrobiyal yük değerleri, ilgili mikroorganizmanın tespit edildiği pozitif örnekler üzerinden hesaplandı.

Kimyasal Analizler

Nem ve kuru madde içeriği TS 591 ve TS EN ISO 5534 standartlarına göre 102 ± 2 °C'de sabit ağırlığa gelinceye dek kurutma yöntemiyle belirlendi (TSE 2006). Yağsız peynir kitlesindeki nem oranı (PYKN),

$PYKN = \frac{\text{Nem Miktarı (g)}}{[\text{Toplam Ağırlık (g)} - \text{Yağ Miktarı (g)}]} \times 100$ formülüyle hesaplanarak örnekler TGK peynir tebliğine göre sınıflandırıldı (Guinee ve ark. 2007; TGK 2015).

Yağ içeriği TS 8189 esasına göre Gerber yöntemiyle belirlendi ve sonuçlar kuru maddede yağ olarak ifade edildi (TSE 1990). pH değeri, örneklerin distile su ile 1:1 oranında homojenize edilmesinin ardından pH-metre (Isolab, 422522) ile ölçüldü. Titrasyon asitliği 0,1 N NaOH çözeltisiyle fenolftalein indikatörü kullanılarak titre edildi ve sonuçlar % laktik asit (m/m) cinsinden ifade edildi (TSE 2006; Sayın ve ark. 2025). Tuz içeriği Mohr yöntemiyle belirlenerek kuru maddede tuz bazında da hesaplandı (Sayın ve ark. 2025). Kül tayini gravimetrik yöntemle 550 ± 20 °C'de tam yakma yoluyla gerçekleştirildi (TSE 2006).

İstatistiksel Analizler

Verilerin istatistiksel değerlendirmesi IBM SPSS Statistics 25 yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi. Çalışmaya dahil edilen örneklem büyüklüğü ($n=48$), Niğde iline bağlı altı ilçedeki peynir üreticilerine ulaşılabilirlik durumu temel alınarak belirlendi; önceden güç analizi yapılmadı. Tüm fizikokimyasal ve mikrobiyolojik parametreler için tanımlayıcı istatistikler (ortalama $\pm$ standart sapma, minimum, maksimum) hesaplandı. Veri dağılımının normalliği Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi. Normal dağılım varsayımının karşılanmadığı tüm parametreler için fizikokimyasal ve mikrobiyolojik değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman Rho korelasyon katsayısı (ρ) ile incelendi; anlamlılık eşiği $p < 0.05$ olarak belirlendi.

Örneklerin kümelmesi amacıyla yedi temel parametre (nem, sertlik/PYKN, pH, titre edilebilir asitlik, TAMB, LAB ve KoPS) seçildi. Tüm değişkenler Z-skorlarıyla standardize edilerek HKA, Ward bağlantı yöntemi ve Kare Öklid Mesafesi kullanılarak uygulandı. Bu analizler ile takip eden Tek Yönlü ANOVA/Welch testlerinde veri setinin bütünlüğünü korumak amacıyla, tespit sınırı altındaki değerler 0.5 log kob/g olarak normalize edilerek tüm veri seti ($n=48$) kullanıldı. Oluşan üç küme arasındaki farklılıkların istatistiksel anlamlılığı, varyans homojenliği Levene testi ile doğrulandıktan sonra homojen varyans durumunda Tek Yönlü ANOVA, homojenliğin sağlanmadığı durumlarda Welch testi ile belirlendi. Post-hoc karşılaştırmalar, varyans homojenliğine bağlı olarak sırasıyla Tukey HSD veya Tamhane T2 testleri ile yapıldı ($p < 0.05$).

BULGULAR

Çalışmada analiz edilen 48 örneğin, TGK Peynir Tebliği'nde belirtilen yağsız kuru maddede nem (PYKN) değerlerine göre yapılan sınıflandırmasında, örneklerin 16'sının (%33.3) yarı sert, 13'ünün (%27.1) sert ve 6'sının (%12.5) ekstra sert olduğu belirlendi. Ayrıca, örneklerin 6'sının (%12.5) yarı yumuşak ve 7'sinin (%14.6) yumuşak peynir grubunda yer aldığı tespit edildi. Peynir örneklerindeki nem seviyeleri değişkenlik gösterdi. Analiz edilen 48 peynir örneğinin 20'sinde (%41.7) nem içeriğinin %45–65 aralığında olduğu belirlendi. Bunu, 15 örnekte (%31.3) %40'ın altında ve 11 örnekte (%22.9) %40–45 aralığında bulunan nem değerleri izledi. En yüksek nem içeriği ise 2 örnekte (%4.2) %65–80 aralığında tespit edildi (Tablo 2).

Kuru maddede yağ içeriğine göre yapılan sınıflandırmada analiz edilen 48 örneğin 28'sinin (%58.3) yarım yağlı, 18'inin (%37.5) tam yağlı ve 2'sinin (%4.2) az yağlı olduğu belirlendi. Tam yağlı örneklerin büyük çoğunluğunun ($n=13$) merkez bölgeden temin edildiği, diğerlerinin ise Çamardı ($n=2$), Ulukışla ($n=1$), Altunhisar ($n=1$) ve Çiftlik ($n=1$) bölgelerinden elde edildiği tespit edildi. Bor bölgesinden toplanan örneklerin tamamının (%100) yarım yağlı olduğu belirlendi. Az yağlı peynirlerin ise Çamardı/Burç ve Ulukışla/Karatepe bölgelerinden temin edildiği görüldü (Tablo 2).

Tablo 2: Niğde basma bidon tulum peyniri örneklerinin ilçe bazlı ortalama fizikokimyasal analiz sonuçları**Table 2:** Average physicochemical analysis results of Niğde basma bidon tulum cheese samples by district.

İlçe	Sertlik (PYKN) (ortalama)	Nem (%) (ortalama)	Kuru Maddede Süt Yağı (%) (ortalama)	Kuru Maddede Tuz (%) (ortalama)	Kül (%) (ortalama)	%Laktik asit (ortalama)	pH (ortalama)
Merkez (n:19)	64.78±9.27	46.67±9.88	52.08±12.9	3.75±0.68	4.67±0.91	1.45±0.63	5.33±0.33
Bor (n:11)	54.39±8.64	43.80±8.72	36.96±4.91	3.19±0.41	4.89±1.30	1.88±0.43	4.95±0.14
Çamardı (n:12)	54.12±7.06	42.02±4.40	37.38±13.01	3.35±0.58	5.98±1.15	2.30±0.61	4.79±0.52
Ulukışla (n:4)	59.82±9.20	48.64±5.46	36.38±11.15	3.56±0.89	3.73±1.02	1.86±0.70	5.39±0.14
Altunhisar (n:1)	63.24	34.15	69.90	2.98	4.30	2.57	4.62
Çiftlik (n:1)	53.80	31.22	61.10	2.85	5.60	1.50	5.38
Toplam (n:48)	59.06±9.56	44.43±8.43	44.19±13.80	3.47±0.64	4.98±1.22	1.81±0.66	5.09±0.42

Tablo 3: İlçelere göre Niğde basma bidon tulum peyniri örneklerinin ortalama mikrobiyal yük (log kob/g) ve pozitiflik oranı n (%) dağılımı**Table 3:** Distribution of mean microbial load (log cfu/g) and positivity rate (n%) of Niğde basma bidon tulum cheese samples by district.

İlçe	TAMB	LAB	KoPS	Mikrokok-Stafilokok	Maya-Küf	Koliform	FK
Merkez (n=19)	5.60±1.01 log kob/g (n=19 %100)	6.07±0.69 log kob/g (n=19 %100)	6.52±0.72 log kob/g (n=8 %42.1)	5.77±1.12 log kob/g (n=8 %42.1)	5.38±0.68 log kob/g (n=9 %47.4)	5.84±0.28 log kob/g (n=3 %15.8)	5.53±0.41 log kob/g (n=3 %15.8)
Çamardı (n=12)	5.97±0.85 log kob/g (n=12 %100)	6.42±0.83 log kob/g (n=12 %100)	6.37±0.21 log kob/g (n=9 %75.0)	5.70±0.28 log kob/g (n=8 %66.7)	5.87±0.64 log kob/g (n=3 %25.0)	NA	NA
Bor (n=11)	5.99±0.77 log kob/g (n=11 %100)	6.58±0.84 log kob/g (n=10 %90.9)	6.11±0.54 log kob/g (n=5 %45.5)	5.98±0.77 log kob/g (n=3 %27.3)	6.02±0.45 log kob/g (n=2 %18.2)	NA	NA
Ulukışla (n=4)	6.11±0.25 log kob/g (n=4 %100)	6.94±0.16 log kob/g (n=3 %75.0)	6.14±0.40 log kob/g (n=4 %100)	5.56±0.17 log kob/g (n=4 %100)	5.44±1.68 log kob/g (n=2 %50.0)	NA	NA
Altunhisar* (n=1)	3.82 log kob/g (n=1 %100)	5.10 log kob/g (n=1 %100)	NA	NA	NA	NA	NA
Çiftlik* (n=1)	4.85 log kob/g (n=1 %100)	6.18 log kob/g (n=1 %100)	NA	NA	NA	NA	NA
Toplam (n=48)	5.77±0.91 (n=48 %100)	6.30±0.75 (n=46 %95.83)	6.33±0.46 (n=26 %54.17)	5.74±0.73 (n=23 %47.92)	5.56±0.76 (n=16 %33.33)	5.84±0.28 (n=3 %6.25)	5.53±0.41 (n=3 %6.25)

Veriler ortalama ± standart sapma olarak sunulmuştur. Ortalamalar ve standart sapmalar, yalnızca ilgili mikroorganizmanın tespit edilebilir düzeyde (>1 log kob/g) bulunduğu pozitif örnekler üzerinden hesaplanmıştır. TAMB değeri tüm örneklerde pozitif olduğu için tüm ilçeyi (n) temsil etmektedir. * Altunhisar ve Çiftlik ilçeleri için n=1 olduğundan standart sapma hesaplanamamıştır; bu ilçelere ait değerler yalnızca tek ölçümü yansıtmaktadır. TAMB: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri; LAB: Laktik Asit Bakterileri; KoPS: Koagülaz Pozitif Stafilokok; FK: Fekal Koliform; NA: Tespit edilemedi.

Tablo 4: Anlamlı Spearman Korelasyon Analizi Sonuçları**Table 4:** Significant Spearman Correlation Analysis Results

Değişken Çifti	Spearman ρ	p Değeri	İlişki Yönü
pH –FK	0.319	0.027	Pozitif
Titre Edilebilir Asitlik – FK	-0.336	0.019	Negatif
Nem İçeriği – TAMB	0.292	0.044	Pozitif

Yalnızca istatistiksel olarak anlamlı korelasyon katsayıları ($p<0.05$) sunulmuştur. TAMB: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri; FK: Fekal Koliform.

Tablo 5: Peynir Örneklerinin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Karakterizasyonu ve Kümeleme Analizi Sonuçları**Table 5:** Physicochemical and Microbiological Characterization and Cluster Analysis Results of Cheese Samples

Parametre	Genel Ort±SS	SW* (p)	Levene ** (p)	Küme 1 (Yüksek pH/Yüksek nem) n=11	Küme 2 (Düşük nem/Yüksek Yağ) n=9	Küme 3 (Aktif fermentasyon) n=28	Anlamlılık (p)
Nem (%)	44.43 ± 8.43	0.380	0.360*	54.11 ^a	36.19 ^c	43.28 ^b	$p<0.001$ (Welch)
Sertlik (%)	59.06 ± 9.56	0.680	0.098	67.85 ^a	61.32 ^b	54.88 ^c	$p<0.001$ (ANOVA)
pH	5.10 ± 0.42	0.474	0.591	5.58 ^a	5.12 ^b	4.90 ^c	$p<0.001$ (ANOVA)
Asitlik (%LA)	1.82 ± 0.67	0.029	0.004*	0.91 ^c	1.75 ^b	2.20 ^a	$p<0.001$ (Welch)
TAMB (log kob/g)	5.77 ± 0.92	0.027	0.015*	5.96 ^a	4.45 ^c	6.12 ^a	$p<0.001$ (Welch)
LAB (log kob/g)	6.06 ± 1.38	0.000	0.000*	5.31 ^b	5.46 ^b	6.55 ^a	$p=0.008$ (Welch)
KoPS (log kob/g)	3.66 ± 2.95	0.000	0.000*	4.41 ^a	1.84 ^b	3.95 ^a	$p<0.001$ (Welch)
Yağ KM (%)	44.19 ± 13.81	0.020	0.679	45.16 ^b	63.92 ^a	37.47 ^c	$p<0.001$ (ANOVA)

* Shapiro-Wilk testi. $p<0.05$ ** Levene testi $p<0.05$: varyans homojenliği sağlanmamış. Veriler ortalama olarak verilmiştir. Aynı satırda farklı harflerle (a-b) ve (a-c) gösterilen küme ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). TAMB: Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri; LAB: Laktik Asit Bakterisi; KoPS: Koagülaz Pozitif Stafilokok; KM: Kuru Madde.

Kuru maddede tuz içeriğine göre yapılan değerlendirmede, analiz edilen 48 örneğin 37'sinin (%77.1) %3–5 aralığında, 11'inin (%22.9) ise %3'ün altında tuz içeriğine sahip olduğu belirlendi. Tuz içeriği %3'ün altında olan örneklerin merkez (n=3), Bor (n=3), Çamardı (n=2), Ulukışla (n=1), Altınhisar (n=1) ve Çiftlik (n=1) bölgelerinden temin edildiği tespit edildi. Ayrıca, tuz içeriğinin %4'ün üzerinde olduğu örneklerin merkez (n=7), Çamardı (n=2) ve Ulukışla (n=1) bölgelerinden elde edildiği belirlendi (Tablo 2).

Peynir örneklerinin kül içeriği %2 ile %7.2 arasında değişti. Çamardı bölgesinden alınan örnekler en yüksek ortalama kül içeriğine (%5.98±1.15) sahipken, Ulukışla'dan alınan örneklerin %75'inin kül içeriği %4'ün altında olup ortalama değeri %3.73±1.02 olarak tespit edildi (Tablo 2).

Analiz edilen peynir örneklerinin ortalama titre edilebilir asitliği (% laktik asit) %1.81±0.66 (min %0.44, maks %2.89) iken, ortalama pH değeri 5.09±0.42 (min 4.12, maks 6.28) olarak belirlendi (Tablo 2). Titre edilebilir asitlik ile pH arasında güçlü negatif bir ilişki belirlendi ($\rho=-0.783$, $p<0.001$).

Mikrobiyolojik analizler sonucunda KoPS örneklerin %54.17'sinde (n=26), mikrokok-stafilokoklar %47.92'sinde (n=23), maya ve küfler %33.33'ünde (n=16), koliform bakteriler %6.25'inde (n=3) ve FK %6.25'inde (n=3) belirlendi. Peynir örneklerinde belirlenen ortalama mikrobiyal yükler; TAMB için 5.77±0.91 log kob/g, LAB için 6.06±1.38 log kob/g, KoPS için 3.66±2.95 log kob/g, mikrokok-stafilokoklar için 3.01±2.68 log kob/g, maya ve küfler için 2.18±2.44 log kob/g, koliform bakteriler için 0.83±1.30 log kob/g, ve FK bakteriler için 0.81±1.23 log kob/g olarak tespit edildi.

Tüm örnekler (n=48) üzerinden hesaplanan LAB ve KoPS ortalamaları sırasıyla 6.06±1.38 ve 3.66±2.95 log kob/g olup bu değerler kümeleme analizinde kullanılmıştır. Sadece pozitif sonuç veren örnekler dikkate alındığında, ortalama mikrobiyal yüklerin LAB için 6.30±0.74 log kob/g, KoPS için 6.33±0.51 log kob/g, mikrokok-stafilokoklar için 5.74±0.71 log kob/g, maya ve küfler için 5.56±0.73 log kob/g, koliform bakteriler için 5.84±0.23 log kob/g ve FK bakteriler için 5.53±0.33 log kob/g olduğu hesaplandı.

Koliform ve FK bakterilerin yalnızca merkez ilçeye bağlı Kiledere, Elmalı, Yeşilburç ve Uluğaç lokasyonlarından alınan örneklerde tespit edildiği belirlendi. Ayrıca,

Çamardı'dan alınan örneklerde KoPS prevalansının %75, Ulukışla'dan alınan örneklerde ise %100 olduğu saptandı (Tablo 3). Spearman korelasyon analizi, peynir örneklerinin mikrobiyolojik profilinin başlıca pH, titre edilebilir asitlik ve nem içeriği tarafından şekillendirildiğini ortaya koydu, pH ile FK bakteriler arasında anlamlı pozitif bir korelasyon ($p=0.319$, $p=0.027$) titre edilebilir asitlik ile FK bakteriler arasında anlamlı negatif bir korelasyon ($p=-0.336$, $p=0.019$) ve nem içeriği ile TAMB sayısı arasında anlamlı pozitif bir ilişki ($p=0.292$, $p=0.044$) tespit edildi (Tablo 4).

Hiyerarşik kümeleme analizi, peynir örneklerini nem, pH, kuru maddede yağ oranı, titre edilebilir asitlik ve mikrobiyal yükler (TAMB ve LAB) temelinde istatistiksel olarak anlamlı üç farklı gruba ayırdı ($p<0.05$). Küme 1 ($n=11$), yüksek nem (54.11 ± 8.71) ve nispeten yüksek pH (5.58) değerleri ile; Küme 2 ($n=9$), yüksek kuru maddede yağ içeriği (63.92) ve düşük mikrobiyal yük ile; Küme 3 ($n=28$) ise düşük pH (4.90), yüksek asitlik (2.20 LA) ve yüksek TAMB: 6.12 log kob/g ve LAB: 6.55 log kob/g yükü ile karakterize edildi (Tablo 5). Mikrobiyolojik yüklerin ilçelere göre dağılımını gösteren tanımlayıcı istatistiklerde (Tablo 3) yalnızca pozitif sonuç veren örneklerin ortalamaları dikkate alındı. HKA ve ANOVA analizlerinde, veri setinin bütünlüğünü sağlamak amacıyla tespit sınırının altındaki değerler 0.5 log kob/g olarak kabul edilerek tüm veri seti ($n=48$) kullanıldı.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Peynir sınıflandırması sütün ısıtılmasına, hayvan türüne, olgunlaşma koşullarına, üretim tekniklerine, starter kültür kullanımına ve ortaya çıkan mikrobiyal ekosistem ile bileşim özelliklerine bağlı olarak çok sayıda teknolojik, mikrobiyolojik ve fizikokimyasal parametreye dayanmaktadır (Kamber ve Terzi 2008; Béjar-Lio ve ark. 2020). Bu çalışmada incelenen 48 tulum peyniri örneği. fizikokimyasal ve mikrobiyolojik profilleri bakımından birbirinden belirgin biçimde ayrılan üç kümeye ayrılmıştır. HKA sonuçlarına göre peynir örnekleri üç farklı kümeye ayrılmıştır (Tablo 5). Küme 1 ($n=11$), yüksek nem içeriği (54.11 ± 8.71), yüksek pH (5.58 ± 0.28) ve düşük titre edilebilir asitlik (0.91 ± 0.27 %LA) ile karakterize edilmiş olup, ağırlıklı olarak Merkez ilçe ve Ulukışla'dan temin edilen örnekleri içermektedir. Bu kümede LAB düzeyinin görece düşük (5.31 log kob/g) ve KoPS düzeyinin daha yüksek (4.41 log kob/g) olması, fermentasyon aktivitesinin sınırlı kalmış olabileceğini ve buna bağlı olarak mikrobiyal gelişim açısından daha elverişli koşulların oluşabileceğini düşündürmektedir (Luziatelli ve ark. 2024). Küme 2 ($n=9$), düşük nem içeriği (36.19 ± 4.56) ve yüksek kuru maddede yağ oranı (63.92 ± 9.45) ile diğer kümelerden ayrılmaktadır. Bu kümede yer alan örneklerin Merkez, Çamardı, Altunhisar ve Çiftlik bölgelerinden temin edildiği belirlenmiştir. Düşük su aktivitesi ile ilişkili olarak TAMB (4.45 ± 0.53 log kob/g) ve KoPS düzeylerinin (1.84 ± 2.63 log kob/g) daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum mikrobiyal gelişimin sınırlanmış olabileceğine işaret etmektedir. Örneklerin büyük çoğunluğunu oluşturan Küme 3 ($n=28$; %58.3), düşük pH (4.90 ± 0.34) ve yüksek titre edilebilir asitlik (2.20 ± 0.39 % LA) ile karakterize edilmiş olup, yüksek LAB düzeyi (6.55 ± 0.55 log kob/g) ile birlikte daha aktif bir fermentasyon profiline işaret etmektedir. Bu kümede Bor ilçesinden alınan örneklerin tamamının yer aldığı, ayrıca Çamardı ve Ulukışla'dan temin edilen örneklerin büyük bir bölümünün bu grupta yoğunlaştığı belirlenmiştir.

TGK'ya göre peynirler, yapısal sertliği yansıtan yağsız bazda nem (PYKN) esas alınarak ekstra sert (<49), sert ($49\leq PYKN<57$), yarı sert ($57\leq PYKN<64$), yarı yumuşak ($64\leq PYKN<70$) ve yumuşak (≥ 70) olarak sınıflandırılmaktadır (TGK 2015). Bu çalışmada incelenen örneklerin PYKN dağılımı ekstra sertten yumuşağa kadar tüm kategorileri kapsamış; örneklerin %12.5'i ($n=6$) ekstra sert, %27.1'i ($n=13$) sert, %33.3'ü ($n=16$) yarı sert, %12.5'i ($n=6$) yarı yumuşak ve %14.6'sı ($n=7$) yumuşak peynir olarak sınıflandırılmıştır. Ortalama PYKN değeri 59.06 ± 9.56 (yarı sert) olarak belirlenmiştir. Yumuşak peynir örneklerinin büyük bölümü Küme 1 profiliyle örtüşmektedir. Yüksek nem içeriği bu örneklerde yetersiz presleme gibi mekanik hataların yanı sıra pH ve su aktivitesindeki sapmaların enzim aktivitesini sınırlayarak sinerezisi engellemesinden kaynaklanmış olabilir (Béjar-Lio ve ark. 2020; Mazzocca ve ark. 2024).

Nem içeriği, peynirde yapısal bütünlüğü ve bileşimi etkileyen en kritik parametrelerden biridir. Türk Gıda Kodeksi'ne göre Tulum tipi peynirlerde maksimum nem içeriği %45'i geçmemelidir (TGK 2015). Niğde basma bideden tulum peynirleri geleneksel olarak çiğ süten üretilmekte ve plastik kaplarda kuru tuzlama yoluyla olgunlaştırılmaktadır. TGK'ya göre salamura yapılmadan olgunlaştırılan peynirler kategorisindedirler. Bu çalışmada örneklerin %54.2'si %45'in altında nem içeriğine sahipken, %45.8'i bu eşiği aşarak taze peynir özelliklerine yaklaşmıştır. Özellikle iki örnekte %65 ile %80 arasında değişen son derece yüksek nem seviyeleri gözlemlenmiş olup (Tablo 2) bu durum raf ömrünün ve mikrobiyolojik stabiliteyi önemli ölçüde tehlikeye atabilmektedir. Yüksek nem değerleri Küme 1 profiliyle doğrudan örtüşmekte; bu kümenin hem en yüksek su aktivitesine hem de en riskli mikrobiyolojik profile sahip olduğu anımsandığında, nem kontrolünün güvenlik açısından kritik bir kontrol noktası olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın Küme 2'deki düşük nem değerleri (36.19 ± 4.56), Tulum ve Zatar gibi olgunlaştırılmış çiğ süt peynirlerinde 150 güne kadar süren olgunlaşmanın ardından ulaşılan ~%33.3 nem düzeyiyle örtüşmektedir (Terzic-Vidojevic ve ark. 2007; Tarakçı ve Durmuş 2016; Cakir ve ark. 2016). Olgunlaştırılmış peynirlerin nihai nem içeriği, presleme süresi, olgunlaştırma süresi ve ambalaj malzemelerinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Béjar-Lio ve ark. (2020), kısa presleme süreleriyle (1-4 saat) üretilen Chihuahua peynirlerinde nem düzeyinin %45.6-%51.1 arasında kaldığını, uzun süre preslenen peynirlerin ise %40-%43 arasında daha düşük nem sergilediğini ortaya koymuştur. Cakir ve ark. (2016), Erzincan Tulum peynirinde nem içeriğinin her 30 günlük olgunlaşma aralığında yaklaşık %1.1-1.2 azaldığını ve 30 ile 90 gün arasında toplam %2.32'lik bir nem kaybına yol açtığını bildirmiştir. Ambalaj malzemesi de nem düzenlemesinde belirleyici rol oynamaktadır. Hayaloğlu ve ark. (2007), plastik kaplarda olgunlaştırılan Tulum peynirlerinin geleneksel deri torbalarla kıyasla daha yüksek nem seviyelerini (%48.06-%48.77 ile %31.60-%37.17) koruduğunu gözlemlenmiştir. Bez torbalar ve toprak kaplar gibi gözenekli malzemelerin de plastik ambalajlara kıyasla nem buharlaşmasını teşvik ettiği ve kuruma sürecini hızlandırdığı bildirilmektedir (Tarakçı ve Durmuş 2016; Tekin ve Güler 2021).

Nem içeriği peynir matriksinde yağ dağılımı ve tuz konsantrasyonu üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Türk Gıda Kodeksi'ne göre peynirler kuru maddedeki yağ içeriğine bağlı olarak tam yağlı (>45), yarım yağlı (%25- <45), az yağlı (%10- <25) ve yağsız (<10) olarak sınıflandırılmaktadır (TGK 2015). Bu çalışmada örneklerin %37.5'inin ($n=18$) tam yağlı, %58.3'ünün ($n=28$) ise yarım

yağlı olduğu belirlenmiş olup, kuru maddede yağ içeriği ortalaması 44.19 ± 13.80 olarak saptanmıştır. Küme 2'de gözlenen yüksek kuru maddede yağ oranı (63.92 ± 9.45), bu gruba ait düşük nem içeriği ile ilişkili görünmektedir. Nem kaybını artıran olgunlaştırma koşullarının, yağın kuru madde içerisindeki göreceli konsantrasyonunu yükseltebileceği bilinmektedir. Nitekim gözenekli materyallerde gerçekleşen olgunlaşmanın nem kaybını kolaylaştırdığı, buna karşılık plastik kapların nemi koruyarak göreceli yağ oranında seyreltici bir etki oluşturabildiği bildirilmektedir (Tarakçı ve Durmuş 2016). Bu durum literatür bulgularıyla da uyumludur; Çakmakçı ve ark. (2008), plastik kaplarda olgunlaştırılan tulum peynirlerinde yağ oranını %29.25, deri torbalarda olgunlaştırılanlarda ise %33.0 olarak rapor etmiştir.

Tuz konsantrasyonu, peynir kalitesi, güvenliği ve olgunlaşma sürecini etkileyen bir diğer kritik faktördür. Türk Gıda Kodeksi, Tulum peyniri için kuru maddede maksimum %5 tuz limiti belirlemiştir (TGG 2015). Bu çalışmada örneklerin %77.08'inde ($n=37$) tuz seviyeleri %3 ile %5 arasında bulunurken, %22.92'sinde ($n=11$) %3'ün altında kalmıştır. Plastik ambalaj, nem kaybını kısıtladığı için tuz konsantrasyonu artışını da sınırlandırmaktadır (Hayaloğlu ve ark. 2007; Çakmakçı ve ark. 2008) ve bu durum Küme 1'deki yüksek nem ve görece düşük tuz konsantrasyonu eğilimiyle tutarlıdır. Terzic-Vidojevic ve ark. (2007) geleneksel Zlatar peynirlerinde daha düşük tuz konsantrasyonları (%2.4-2.6) bildirilmektedirler. Bu çalışmada gözlemlenen nispeten daha yüksek tuz seviyeleri ise geleneksel işleme uygulamalarındaki farklılıkları yansıtmaktadır. Peynir örneklerinin kül içeriği %2.0 ile %7.2 arasında değişmiş olup ortalama 4.98 ± 1.22 olarak belirlenmiştir. En yüksek ortalama kül içeriği Çamardı örneklerinde (5.98 ± 1.15) tespit edilmiştir. Kül içeriği büyük ölçüde tuz konsantrasyonunu yansıtmakta olup bu iki parametre arasındaki paralellik, bölgesel tuzlama uygulamalarındaki farklılıklarla tutarlıdır. Nitekim Çamardı örneklerinde hem kül hem de kuru maddede tuz içeriğinin görece yüksek olması, bu bölgedeki geleneksel tuzlama pratiklerinin daha yoğun uygulandığına işaret edebilir.

Türk Gıda Kodeksi, peynirlerde titre edilebilir asitlik veya pH için doğrudan bir sınır değeri tanımlamamakla birlikte, bu parametreler mikrobiyal fermentasyon aktivitesinin temel göstergeleri arasında yer almaktadır. Bu çalışmada ortalama pH değeri 5.09 ± 0.42 ve titre edilebilir asitlik ortalaması 1.81 ± 0.66 LA olarak belirlenmiştir. Küme bazında değerlendirildiğinde, en düşük pH ve en yüksek asitlik değerlerinin Küme 3'te (4.90 ± 0.34 ; $2.20 \pm 0.39\%$ LA), en yüksek pH ve en düşük asitlik değerlerinin ise Küme 1'de (5.58 ± 0.28 ; $0.91 \pm 0.27\%$ LA) gözlenmesi, fermentasyon düzeyi ile asitlik gelişimi arasında belirgin bir ilişki bulunduğunu düşündürmektedir. Benzer şekilde olgunlaştırılmış peynirlerde 4-9 haftalık süreç sonunda pH değerlerinin genellikle 5.0-5.8 aralığında değiştiği bildirilmektedir (Béjar-Lio ve ark. 2020). Hayaloğlu ve ark. (2007), plastik kaplarda olgunlaştırılan Tulum peynirlerinde pH değerinin 90. günde 4.78-4.79 seviyesinden 150. günde 5.24'e yükseldiğini rapor etmiştir. Bu çalışmada bazı örneklerde pH değerinin 6.28'e kadar ulaşması, özellikle Küme 1'de gözlenen profil ile uyumlu olup, sınırlı asit üretimi veya ileri düzey proteoliz sonucunda oluşan alkali bileşiklerin varlığı ile ilişkili olabilir. Nitekim, Tarakçı ve Durmuş (2016) plastik ambalaj materyallerinin fermentasyon dinamiklerini ve asitlik gelişimini etkileyebileceğini bildirmiştir.

Fizikokimyasal parametrelerdeki bu değişkenlik, örneklerin mikrobiyolojik profilini doğrudan

şekillendirmektedir. TAMB, analiz edilen örneklerde ortalama 5.77 ± 0.91 log kob/g seviyesinde tespit edilmiştir; bu sonuç, başlangıç kültürleri kullanılmadan üretilen geleneksel çiğ süt peynirleriyle tutarlıdır. Küme 3'te TAMB yükünün en yüksek (6.12 log kob/g), Küme 2'de ise en düşük (4.45 ± 0.53 log kob/g) olduğu gözlemlenmiştir; Küme 1 ve Küme 3 arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Tablo 5). Ayrıca nem içeriği ile TAMB sayısı arasında saptanan anlamlı korelasyon ($\rho=0.292$, $p=0.044$) bu ilişkiyi desteklemektedir (Cakir ve Cakmakci 2018; Fernandes Silva Rodrigues ve ark. 2021). Cakir ve Cakmakci (2018), Erzincan Şavak Tulum peynirinde TAMB 90 günün ardından 8.41 log kob/g'den 7.91 log kob/g'ye düştüğünü bildirmiştir. Bu çalışmadaki daha düşük sayımlar, kullanılan plastik kaplar ve olgunlaşma koşullarındaki farklılıklara bağlı olabilir.

Laktik asit bakterileri (LAB), örneklerin %95.83'ünde ortalama 6.06 ± 1.38 log kob/g seviyesinde diğer bakteri gruplarından daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir. En yüksek LAB yükü, aktif fermentasyonun belirgin olduğu Küme 3'te (6.55 ± 0.55 log kob/g) gözlemlenirken, Küme 1'deki görece düşük LAB yükü (5.31 log kob/g) yetersiz fermentasyon hipotezini desteklemektedir. Cakir ve Cakmakci (2018), erken olgunlaşma aşamalarında 7.74 - 8.35 log kob/g arasında olan LAB sayısının sonraki aşamalarda ~ 7.15 log kob/g'a gerilediğini rapor etmiştir. Joković ve ark. (2011) ise LAB popülasyonlarının üretim aşamasında 6.5 log kob/g'den olgunlaşma sırasında 8.9 log kob/g'a yükseldiğini ve ardından 8.7 log kob/g civarında stabilize olduğunu gözlemlemiştir. Mevcut çalışmadaki LAB sayımları bu değerlerden biraz daha düşük olmakla birlikte geleneksel çiğ süt peynirlerinin beklenen mikrobiyotasıyla tutarlıdır. LAB, organik asitler, bakteriyosinler, hidrojen peroksit ve etanol gibi antimikrobiyal bileşikler üreterek peynir güvenliğine kritik katkılar sunmaktadır (Luziatelli ve ark. 2024). Bu çalışmada koliform bakterileri örneklerin %6.25'inde ($n=3$), FK ise %6.25'inde ($n=3$) saptanmış; bu pozitif örneklerin ikisinde her iki grup birlikte tespit edilmiştir. Tespit edilen koliform ve FK sayıları (sırasıyla ortalama 5.84 ± 0.23 ve 5.53 ± 0.33 log kob/g), LAB'nin inhibitör rolünü destekler niteliktedir; bazı araştırmalar da koliform seviyelerinin artan asitlik etkisiyle 60 ve 150 günün sonunda tespit edilemeyecek düzeye düştüğünü bildirmektedir (Cakir ve Cakmakci 2018; Sánchez-Gamboa ve ark. 2018).

Koliform gelişimi üzerinde LAB aktivitesi ve asitlik artışının yanı sıra su aktivitesi ile tuz oranı da belirleyici rol oynamaktadır (Luziatelli ve ark. 2024). Asitlik gelişiminin logaritmik büyüme evresinden önce gerçekleşmesi bakterileri baskılamada daha etkiliyken, yavaş asit artışı "erken şişme" gibi yapısal bozukluklara yol açabilmektedir. Pastörizasyon sonrası ekipman, hava veya su kaynaklı sekonder kontaminasyonlar ile proteoliz sonucu pH'nın yeniden yükselmesi, baskılanmış koliformların tekrar çoğalmasına zemin hazırlayabilmekte; bu nedenle hızlı asit gelişimi ve düşük pH, FK eliminasyonunda en kritik kontrol parametreleri olarak öne çıkmaktadır (Girma ve Aemiro 2021). Çalışmamızda koliform ve FK tespit edilen toplam 4 örneğin tamamı merkez ilçelerden temin edilmiş olup bu örnekler Küme 1 ile örtüşen yüksek pH ve düşük asitlik profili sergilemiştir. Örneklerin nem, tuz ve pH değerleri sırasıyla %37.5-66.8. %2.9-4.5 ve 5.0-6.28 aralığında değişmiştir. Bu örneklerde koliform varlığında; kontamine su ve yetersiz personel hijyeni, yetersiz doğal starter aktivitesine bağlı geç asit gelişimi ve yüksek su aktivitesi gibi faktörlerin birleşik etkisinin rol oynadığı düşünülmektedir (Caldeira ve ark.

2024). Bu çalışmada da pH ile FK arasında anlamlı pozitif korelasyon ($p=0.319$, $p=0.027$) ve titre edilebilir asitlik ile FK arasında anlamlı negatif korelasyon ($p=-0.336$, $p=0.019$) saptanmıştır (Tablo 4).

Bu çalışmada örneklerin %54.2'sinde ($n=26$) KoPS seviyeleri ortalama 6.33 ± 0.51 log kob/g düzeyinde tespit edilmiş olup çiğ süt peynirleri için 4-5 log kob/g kabul edilebilir limit belirleyen TKG düzenleyici sınırları aşılmıştır. KoPS yükünün Küme 1'de en yüksek (4.41 ± 2.44 log kob/g), Küme 2'de ise en düşük düzeyde olması (1.84 ± 2.63 log kob/g), nem ve pH kontrolünün hijyen riski üzerindeki belirleyici etkisini bir kez daha ortaya koymaktadır. Küme 3'te KoPS düzeyinin (3.95 log kob/g) Küme 1 ile istatistiksel olarak benzer bulunması ($p>0.05$), aktif fermentasyon profiline rağmen bu kümedeki bazı örneklerin olgunlaşma öncesi yüksek başlangıç mikrobiyal yüküne veya post-proses kontaminasyona maruz kalmış olabileceğine işaret etmektedir (Samelis ve ark. 2025). Benzer yüksek KoPS seviyeleri Chihuahua peynirlerinde de bildirilmiş; artan asitlik ve mikrobiyal rekabet nedeniyle olgunlaşma sırasında 6.9 log kob/g'ye ulaşan değerlerin kademeli olarak azaldığı görülmüştür (Sánchez-Gamboa ve ark. 2018; TKG 2025). Fernandes Silva Rodrigues ve ark. (2021), yüksek su aktivitesi ve nötre yakın pH'a sahip geleneksel peynirlerde yetersiz hijyen koşulları ve pastörizasyon sonrası kontaminasyonlar nedeniyle *S. aureus* gibi KoPS'ların 7.0 log kob/g gibi kritik seviyelere ulaşabildiğini göstermiştir. LAB'ın peynirin genelinde baskın flora olmasına rağmen KoPS'un yüksek seviyelerde varlığını sürdürmesi, birkaç etkenin bir arada rol oynamasıyla açıklanabilir. Öncelikle, termizasyonun sub-pastörizasyon düzeyinde bir ısı işlem olması nedeniyle KoPS'u tamamen elemine etmediği, özellikle çiğ sütteki başlangıç kontaminasyon düzeyinin zaten yüksek olduğu durumlarda son üründe önemli düzeyde stafilokokun sağ kalabildiği bildirilmiştir (Samelis ve ark. 2025). Bunun yanı sıra, ısı işlem kontrolünün zayıf olmasının, ekipman yüzeyleri ve işleyici eli kaynaklı post-proses bulaşmanın, ısı işlem sonrası düşük düzeyde kalan veya yeniden bulaşan KoPS'un üretim aşamaları boyunca artmasına katkıda bulunabildiği gösterilmiştir (Rola ve ark. 2016; Grecellé ve ark. 2020). Bu çalışmada Küme 1'de gözlenen yüksek nem ve pH koşullarıyla birlikte artan KoPS düzeyleri de bu bulgularla tutarlıdır; pH ve su aktivitesinin stafilokok büyümesini doğrudan etkilediği bilinmektedir (Golić ve ark. 2022).

Mikrokok-stafilokok grubu bakteriler örneklerin %47.92'sinde ($n=23$) ortalama 5.74 ± 0.71 log kob/g yük ile tespit edilmiştir. Bu grubun varlığı, çevresel kontaminasyonun yanı sıra proteolitik ve lipolitik aktiviteler yoluyla lezzet gelişimine potansiyel katkıları bakımından değerlidir. Küme bazında değerlendirildiğinde, mikrokok-stafilokok prevalansının Küme 1'de görece düşük asitlik ve yüksek nem koşullarıyla birlikte daha yüksek seyrettiği, Küme 2'de ise düşük su aktivitesine bağlı olarak sınırlı kaldığı gözlemlenmiştir. Maya ve küfler ise örneklerin %33.33'ünde ($n=16$) 5.56 ± 0.73 log kob/g ile saptanmış olup bu sonuç, maya ve küf sayılarının 5.48 - 5.75 log kob/g arasında değiştiği geleneksel Tulum peynirlerindeki bulgularla tutarlıdır (Cakir ve Cakmakci 2018). Deri gibi gözenekli malzemelerin artan oksijen geçirgenliği yoluyla maya ve küf gelişimini teşvik ettiği, plastik malzemelerde bu gelişimin sınırlı olduğu rapor edilmektedir (Çakmakçı ve ark. 2008; Tekin ve Güler 2021). Maya ve küf yükünün Küme 2'de diğer kümelerle kıyasla daha düşük düzeyde kalması, bu kümedeki düşük su aktivitesinin maya ve küf gelişimini de kısıtladığını düşündürmektedir.

Bu çalışma, geleneksel Niğde basma bidon tulum peynirinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini değerlendirmektedir. Hiyerarşik kümeleme analizi, örnekleri geleneksel üretim, doğal mikroflora ve işleme koşullarındaki yüksek değişkenliği yansıtan üç farklı profile ayırmıştır. Yüksek KoPS prevalansı ve nem seviyeleri, çiğ süt kullanımında ve kontrolsüz fermentasyonda bazı güvenlik açıkları olduğunu göstermektedir. Yönetmelikler patojen azaltımı için 120 günlük bir olgunlaşma süresi gerektirse (TKG, 2015) de, saha uygulamaları genellikle yetersiz çevresel kontroller veya erken pazarlama nedeniyle sapma göstermektedir. Niğde basma bidon tulum peynirlerinin geleneksel mirasını korurken gıda güvenliğini artırmak için, uygulanabilir bazı müdahaleler gerçekleştirilebilir. Yerel yetkililer ve ilgili paydaşlar, özellikle süt hijyeni, kontrollü pastörizasyon seçenekleri ve değişkenliği en aza indirmek için birincil veya başlangıç kültürlerinin kullanımı konularına odaklanan İyi Üretim Uygulamaları (GMP) konusunda üreticiler için uygulamalı atölyeler düzenleyebilirler. Ek olarak, yerel süt toplama merkezlerinde soğuk zincirin yaygınlaştırılması, ilk kontaminasyonu azaltmaya yardımcı olabilirken, erişilebilir mikrobiyal tarama programları, işleme öncesinde çiğ süt kalitesinin izlenmesine yardımcı olabilir. Hijyen uygulamalarının ve olgunlaşma sürelerinin standartlaştırılması, halk sağlığı sonuçlarının iyileştirilmesine, yerel ekonominin desteklenmesine ve potansiyel olarak gelecekte Coğrafi İşaret sertifikasyonu başvurularının kolaylaştırılmasına katkıda bulunabilir.

Altınhisar ve Çiftlik bölgelerinden yalnızca tek bir peynir örneğinin alınmış olması nedeniyle, söz konusu peynir örneklerinden elde edilen verilerin, bu bölgelerin tamamını yansıtmayacak şekilde genelleştirilemeyecek olması, bu çalışmanın sonuçlarının yorumlanmasında temel bir sınırlamadır. Ayrıca, olgunlaşma süreleri, bağımsız bir doğrulama olmaksızın yalnızca üreticinin kendi beyanlarına dayanmaktadır. Gelecekteki çalışmalar, peynir güvenliği ve kalitesini optimize etmek için daha geniş bir coğrafi örnekleme çerçevesi, genel fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikler ile olgunlaşma zaman çizelgesinin takibini dikkate almalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

YAZAR KATKILARI

Fikir/Kavram: FK, CB
Denetleme/Danışmanlık: NEO
Veri Toplama ve/veya İşleme: FK, TSŞ, CB
Analiz ve/veya Yorum: FK, TSŞ
Makalenin Yazımı: FK, TSŞ
Eleştirel İnceleme: NEO

KAYNAKLAR

- Alfaki HI, Ogbonna IO, Maibasha D et al (2026). Molecular insights into the cheese microbiome: Mapping microbial diversity and functional pathways shaping flavor and quality. *J Health Well Saf Res*, 11(3), 1-25.
- Béjar-Lio GI, Gutiérrez-Méndez N, Nevárez-Moorillón GV (2020). Microbiological and physicochemical characteristics of Chihuahua cheese manufactured with raw milk. *AIMS Agric Food*, 5(1), 1-15.
- Cakir Y, Cakmakci S, Hayaloglu AA (2016). The effect of addition of black cumin (*Nigella sativa* L.) and ripening period on proteolysis, sensory properties and volatile profiles of Erzincan Tulum (Şavak) cheese made from raw Akkaraman sheep's milk. *Small Rumin Res*, 134, 65-73.

- Cakir Y Cakmakci S (2018).** Some microbiological, physicochemical and ripening properties of Erzincan Tulum cheese produced with added black cumin (*Nigella sativa* L.). *J Food Sci Technol*, 55(4), 1435-1443.
- Cakmakci S, Dagdemir E, Hayaloglu AA et al (2008).** Influence of ripening container on the lactic acid bacteria population in Tulum cheese. *World J Microbiol Biotechnol*, 24(3), 293-299.
- Caldeira LA, Valente GL, Barbosa CD et al (2024).** Profile of lactic acid bacteria (MALDI-TOF-MS) and physico-chemical and microbiological characteristics of the raw milk and fresh artisanal cheese from Serra Geral, Minas Gerais. *Brazil Food Res Int*, 176, 113831.
- Çetin B, Temir Ö, Köşeci AT (2025).** Evaluation of local cheeses within the scope of sustainable gastronomy tourism: A case from Niğde. *J Tour Gastron Stud*, 13(3), 3240-3252.
- Fernandes Silva Rodrigues L, Lunara Santos Pavelquesi S, Almeida de Oliveira Ferreira AC et al (2021).** Microbiological evaluation of industrialized and artisanal Minas fresh cheese commercialized in the Federal District, Brazil. *Food Sci Technol*, 42, e45221.
- Girma A, Aemiro A (2021).** Antibacterial activity of lactic acid bacteria isolated from fermented Ethiopian traditional dairy products against food spoilage and pathogenic bacterial strains. *J Food Qual*, 2021(1), 9978561.
- Golić B, Nedić D, Šmitran A (2022).** Detection and enterotoxin production of *Staphylococcus aureus* isolates in artisanal cheese made from raw milk. *Acta Alimentaria*, 51(2), 185-193.
- Grecelle CBZ, Mascitti AK, da Silva L, Lunge VR, da Costa M (2020).** Characterization of *Staphylococcus* species isolated in production stages of Brazilian Colonial cheese. *J Trop Pathol*, 49(1), 1-10.
- Guinee TP, Pudja PD, Farkye NY (2007).** Fresh acid-curd cheese varieties. In: *Cheese: Chemistry, physics and microbiology* (Vol 2), Academic Press, London.
- Halkman AK (2005).** Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları, Başak Matbaacılık Ltd. Şti. Ankara.
- Hayaloglu AA, Cakmakci S, Brechany EY et al (2007).** Microbiology, biochemistry and volatile composition of Tulum cheese ripened in goat's skin or plastic bags. *J Dairy Sci*, 90, 1102-1121.
- ISO (1998).** Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria -- Colony-count technique at 30 °C, ISO 15214:1998. Erişim Tarihi: 25 Nisan 2025. Erişim Adresi: <https://www.iso.org/standard/26345.html>
- ISO (2013).** Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 1: Colony count at 30 °C by the pour plate technique, ISO 4833-1:2013, Erişim Tarihi: 31 Mart 2025, Erişim Adresi: <https://www.iso.org/standard/53728.html>
- ISO (2021).** Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) — Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium, ISO 6888-1:2021, Erişim Tarihi: 25 Nisan 2025, Erişim Adresi: <https://www.iso.org/standard/75145.html>
- Joković N, Vukasinović M, Veljović K et al (2011).** Characterization of non-starter lactic acid bacteria in traditionally produced home-made Radan cheese during ripening. *Arch Biol Sci*, 63(1), 1-10.
- Kamber U, Terzi G (2008).** The traditional cheeses of Turkey: Middle and Eastern Blacksea Region. *Food Rev Int*, 24(1), 95-118.
- Luziatelli F, Abou Jaoudé R, Melini F et al (2024).** Microbial evolution in artisanal pecorino-like cheeses produced from two farms managing two different breeds of sheep (Comisana and Lacaune). *Foods*, 13(11), 1728.
- Mazzocca R, Di Paolo M, Peruzzi MF et al (2024).** Physicochemical and microbiological characterisation of a typical Italian raw ewe's milk cheese: Pecorino bagnolese. *Int Dairy J*, 157, 105998.
- Rola JG, Czubkowska A, Korpysa-Dzirba W, Osek J (2016).** Occurrence of *Staphylococcus aureus* on farms with small scale production of raw milk cheeses in Poland. *Toxins*, 8(3), 62.
- Samelis J, Bosnea L, Kakouri A (2025).** Microbiological quality and safety of raw sheep milks from native Epirus breeds: Selective effects of thermization on the microbiota surviving in resultant thermized milks intended for traditional Greek hard cheese production. *Applied Microbiology*, 5(1), 11.
- Sánchez-Gamboa C, Hicks-Pérez L, Gutiérrez-Méndez N et al (2018).** Microbiological changes during ripening of Chihuahua cheese manufactured with raw milk and its seasonal variations. *Foods*, 7(9), 153.
- Sayın B, Kızılkaya P, Özhamamcı İ et al (2025).** Comparative evaluation of traditional and industrial kashar cheeses based on physicochemical, textural, color, and sensory attributes. *Gıda*, 50(6), 1220-1229.
- Tarakçı Z, Durmuş Y (2016).** Effects of packaging materials on some ripening characteristics of Tulum cheese. *Mljekarstvo*, 66(4), 293-303.
- Tekin A, Guler Z (2021).** The effect of ripening medium (goat skin bag or plastic barrel) on the volatile profile, color parameter and sensory characteristics of Tulum cheese. *J Cent Eur Agric*, 22(1), 19-38.
- Terzic-Vidojevic A, Vukasinovic M, Veljovic K et al (2007).** Characterization of microflora in homemade semi-hard white Zlata cheese. *Int J Food Microbiol*, 114(1), 36-42.
- TGK (Türk Gıda Kodeksi) (2015).** Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (Tebliğ No: 2015/6), Erişim Tarihi: 28 Ocak 2025, Erişim Adresi: <https://www.resmi.gazete.gov.tr/eskiler/2015/02/20150208-5.htm>.
- TGK (Türk Gıda Kodeksi) (2025).** Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği, Erişim Tarihi: 25 Ocak 2025, Erişim Adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=41291&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- TSE (1990).** Peynir - Yağ muhtevası tayini - Gerber metodu, TS 8189, Erişim Tarihi: 25 Ocak 2025, Erişim Adresi: <https://intweb.tse.org.tr>.
- TSE (2006).** Peynir - Beyaz peynir, TS 591, Erişim Tarihi: 10 Nisan 2025, Erişim Adresi: <https://intweb.tse.org.tr>.