BAKTERİYOSİN ÜRETEN SUŞLAR İLE ZENGİNLEŞTİRİLEN VE KAPLAMA MALZEMELERİ İLE KAPLANAN KÖY PEYNİRLERİNİN FİZİKOKİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba KARAER

Danışman
Doç. Dr. Gökhan AKARCA

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2026

Bu tez çalışması 24.FEN.BİL.26 numaralı proje ile BAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAKTERİYOSİN ÜRETEN SUŞLAR İLE ZENGİNLEŞTİRİLEN VE KAPLAMA MALZEMELERİ İLE KAPLANAN KÖY PEYNİRLERİNİN FİZİKOKİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Tuğba KARAER

Danışman

Doç. Dr. Gökhan AKARCA

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2026

TEZ ONAY SAYFASI

Tuğba KARAER tarafından hazırlanan "Bakteriyosin Üreten Suşlar ile Zenginleştirilen ve Kaplama Malzemeleri ile Kaplanan Köy Peynirlerinin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri" adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 02 / 07 / 2026 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Gökhan AKARCA

Başkan **:** Doç. Dr. Recep PALAMUTOĞLU
Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi

Üye **:** Doç. Dr. Gökhan AKARCA
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... /..... /..... tarih ve
……. sayılı kararıyla onaylanmıştır.

…….
Prof. Dr. Bekir YALÇIN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

02 / 07 / 2026

Tuğba KARAER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAKTERİYOSİN ÜRETEN SUŞLAR İLE ZENGİNLEŞTİRİLEN VE KAPLAMA MALZEMELERİ İLE KAPLANAN KÖY PEYNİRLERİNİN FİZİKOKİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Tuğba KARAER

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gökhan AKARCA

Bu araştırmada çiğ sütten üretilen taze köy peynirlerine uygulanmak üzere, bakteriyosin üretme potansiyeline sahip *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ve *Lactobacillus helveticus* suşları sodyum aljinat bazlı yenilebilir kaplama çözeltisine dahil edilmiş ve elde edilen kaplama sistemi peynir yüzeyine uygulanmıştır. Kaplama işleminin ardından peynirler 4˚C'de %85 nispi nem içeren koşullarda 45 gün boyunca depolanmıştır. Afyonkarahisar ili içerisinde bulunan semt pazarından temin edilen taze köy peynirleri; kontrol, kaplama kontrol, kaplama lactis, kaplama helveticus ve kaplama mix olmak üzere gruplara ayrılmıştır. Depolamanın 0., 15., 30. ve 45. günlerinde fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Peynir örneklerine bakteriyosin aktivitesi analizi depolamanın 45. gününde; protein, organik asit ve kaplama malzemelerinin antimikrobiyal etki analizleri ise 0. ve 45. günlerinde yapılmıştır.

Çalışmamızda köy peynirlerinin depolama boyunca kuru madde değerleri %34,40-%49,90, pH değerleri 4,32-5,41, titrasyon asitliği değerleri %1,43-%2,20, su aktivitesi değerleri 0,573-0,916, protein değerleri %8,44-%10,55 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Depolama boyunca gerçekleştirilen mikrobiyolojik analizler sonucunda; en yüksek toplam koliform bakteri sayısı 45. günde 4,94 log kob/g ile kontrol grubunda tespit edilirken, en düşük değer 45. günde 1,44 log kob/g ile kaplama lactis grubunda tespit edilmiştir. En yüksek TAMB değeri 45. günde 7,06 log kob/g ile kontrol grubunda, en düşük TAMB değeri ise 0. günde 4,59 log kob/g ile kaplama lactis grubunda tespit

edilmiştir. En yüksek *S. aureus* değeri 45. günde 4,47 log kob/g ile kontrol grubunda, en düşük *S. aureus* değeri ise 45. günde 1,37 log kob/g ile kaplama lactis grubunda tespit edilmiştir. Laktik asit bakteri sayıları açısından en yüksek değer 30. günde 5,41 log kob/g ile kaplama lactis grubunda, en düşük değer ise 0. günde 3,99 log kob/g ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. *Lactococcus/Streptococcus* bakteri sayıları incelendiğinde en yüksek değer 30. günde 3,50 log kob/g ile kaplama lactis grubunda, en düşük değer ise 0. günde 2,69 log kob/g ile kaplama mix grubunda tespit edilmiştir. Elde edilen veriler; kontrol grubu peynir örneklerinin depolama sonunda mikrobiyolojik açıdan yüksek bakteri yüküne sahip olduğunu gösterirken, kaplama uygulamalarının ise mikrobiyal gelişimi ve patojen artışını önemli ölçüde baskıladığı belirlenmiştir.

Depolamanın sonunda yapılan bakteriyosin aktivitesi analizlerine göre en yüksek aktivite 3840 AU/mL ile kaplama lactis ve kaplama mix grubunda belirlenmiş, bunu 2560 AU/mL ile kaplama helveticus grubu takip ederken, en düşük aktivite 160 AU/mL ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. Kaplama malzemelerinin antimikrobiyal aktiviteleri kapsamında, *E. coli, Salmonella spp., L. monocytogenes* ve *S. aureus* üzerine etkiler değerlendirilmiş ve tüm mikroorganizmalar üzerinde inhibisyon zonu oluştuğu tespit edilmiştir. En yüksek inhibisyon zon çapı 15,01 mm ile *L. monocytogenes*'e karşı, kaplama mix örneğinde tespit edilmiştir.

Bu çalışma sonuçları, geleneksel yöntemlerle üretilen ve mikrobiyal risk taşıyan köy peynirlerinin, doğal ve sürdürülebilir yöntemlerle korunabileceğini göstermiştir. Yenilebilir kaplama uygulamasının bakteriyosin üreten suşlarla kombinasyonu, sadece patojen yükünü baskılamakla kalmamış, aynı zamanda ürünün tekstürel yapısını koruyarak raf ömrünü stabilize etmiştir. Uygulanan koruma stratejisinin köy peynirlerinin kalite standartlarını yükselterek daha uzun süreli muhafaza potansiyeli sunduğu ve gıda güvenliği standartlarına taşınmasına yönelik literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2026, xxiii + 241 sayfa

Anahtar Kelimeler: Köy peyniri, Bakteriyosin, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus helveticus*, Sodyum Aljinat.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF VILLAGE CHEESES ENRICHED WITH BACTERIOCIN-PRODUCING STRAINS AND COATED WITH COATING MATERIALS

Tuğba KARAER

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Enginering

Supervisor: Assoc. Prof. Gökhan AKARCA

In this study, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* and *Lactobacillus helveticus* strains, which have the potential to produce bacteriocins, were incorporated into a sodium alginate-based edible coating solution for application to fresh village cheeses produced from raw milk. The resulting coating system was then applied to the surface of the cheese. Following the coating process, the cheeses were stored for 45 days at 4˚C with 85% relative humidity. Fresh village cheeses obtained from a local market in Afyonkarahisar province were divided into groups: control, coating control, coating lactis, coating helveticus, and coating mix. Physicochemical and microbiological analyses were performed on days 0, 15, 30, and 45 of storage. Bacteriocin activity analysis was performed on day 45 of storage; protein, organic acid, and antimicrobial effect analyses of the coating materials were performed on days 0 and 45.

In our study, it was determined that the dry matter values of village cheeses varied between 34.40% and 49.90%, pH values between 4.32 and 5.41, titratable acidity values between 1.43% and 2.20%, water activity values between 0.573 and 0.916, and protein values between 8.44% and 10.55% during storage. As a result of microbiological analyses performed during storage; the highest total coliform bacteria count was detected in the control group with 4.94 log cfu/g on day 45, while the lowest value was detected in the coated lactis group with 1.44 log cfu/g on day 45. The highest total coliform bacteria count was detected in the control group with 7.06 log cfu/g on day 45, and the lowest total coliform bacteria count was detected in the coated lactis group with 4.59 log cfu/g on day

0. The highest *S. aureus* value was found in the control group on day 45 with 4.47 log cfu/g, while the lowest *S. aureus* value was found in the coated lactis group on day 45 with 1.37 log cfu/g. Regarding lactic acid bacteria counts, the highest value was found in the coated lactis group on day 30 with 5.41 log cfu/g, and the lowest value was found in the control group on day 0 with 3.99 log cfu/g. When *Lactococcus/Streptococcus* bacteria counts were examined, the highest value was found in the coated lactis group on day 30 with 3.50 log cfu/g, and the lowest value was found in the coated mix group on day 0 with 2.69 log cfu/g. The data obtained show that the control group cheese samples had a high bacterial load at the end of storage, while the coating applications significantly suppressed microbial growth and pathogen increase.

According to bacteriocin activity analyses performed at the end of storage, the highest activity was determined in the coating lactis and coating mix group with 3840 AU/mL, followed by the coating helveticus group with 2560 AU/mL, while the lowest activity was detected in the control group with 160 AU/mL. Within the scope of the antimicrobial activities of the coating materials, their effects on *E. coli*, *Salmonella spp*., *L. monocytogenes*, and *S. aureus* were evaluated, and it was determined that inhibition zones were formed against all microorganisms. The highest inhibition zone diameter of 15.01 mm was detected against *L. monocytogenes* in the coating mix sample.

These study results demonstrate that traditionally produced village cheeses, which carry microbial risks, can be preserved using natural and sustainable methods. The combination of edible coating application with bacteriocin-producing strains not only suppressed the pathogen load but also preserved the textural structure of the product, stabilizing its shelf life. It is believed that the implemented preservation strategy will improve the quality standards of village cheeses, offering longer-term preservation potential and making a significant contribution to the literature on raising food safety standards.

2026, xxiii + 241 pages

Keywords: Village cheese, Bacteriocin, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus helveticus*, Sodium Alginate.

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi, görüş ve yönlendirmeleriyle rehberlik eden, tez konusunun belirlenmesi, deneysel çalışmaların yürütülmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazım sürecindeki katkılarından dolayı danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gökhan AKARCA' ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen Sayın Dr. Ayşe Janseli DENİZKARA' ya, tez sürecinde yanımda olan meslektaşım, arkadaşım Beyza Nur ÇUBUK' a, çalışmamın her aşamasında yanımda olduklarını hissettiren değerli hocam, aile dostumuz Mustafa BAGANA'ya ve eşi Gülnur BAGANA'ya teşekkür ederim.

Hayatım boyunca yanımda olan, aldığım her kararda desteklerini hissettiğim, sevgileri ve inançlarıyla yolumu aydınlatan kıymetli annem Fatma KARAER'e, babam Osman KARAER'e ve kardeşim Ali KARAER'e; dualarıyla yanımda olan canım babaanneme ve anneanneme sonsuz teşekkür ederim. Bu süreçte gösterdikleri anlayış ve sundukları maddi-manevi destek için minnettarım.

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi (24.FEN.BİL.26) tarafından desteklenmiştir. Kuruma sağladığı katkılarından dolayı şükranlarımı sunarım.

Tuğba KARAER

Afyonkarahisar 2026

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT iv
TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ xv
ÇİZELGELER DİZİNİ xix
RESİMLER DİZİNİ xxiii
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ 7
2.1 Süt 7
2.2 Peynir 9
2.2.1 Taneli Yumuşak Peynirler 13
2.2.2 Taze Peynirler 13
2.3 Laktik Asit Bakterilerinin Genel Özellikleri 14
2.3.1 Süt Teknolojisinde Öne Çıkan Bazı Laktik Asit Bakterileri 17
2.3.1.1 *Lactococcus* 17
2.3.1.2 *Lactobacillus* 19
2.3.1.3 *Leuconostoc* 20
2.3.1.4 *Pediococcus* 21
2.3.1.5 *Streptococcus* 21
2.3.1.6 *Bifidobacterium* 22
2.3.1.7 *Enterococcus* 22
2.3.2 *Lactococcus* ve *Lactobacillus* Cinsi Arasındaki Farklar 23
2.4 Laktik Asit Bakterileri Tarafından Üretilen Metabolitler 24
2.4.1 Organik Asitler 24
2.4.2 Hidrojen peroksit (H_2O_2) 26
2.4.3 Diasetil 26
2.4.4 Reuterin 27
2.4.5 Bakteriyosinler 27
2.4.5.1 Bakteriyosinlerin Sınıflandırılması 30
2.4.5.2 Grup I bakteriyosinler (Lantibiyotikler) 31

2.4.5.3 Grup II bakteriyosinler 33
2.4.5.4 Grup III bakteriyosinler 35
2.4.5.5 Grup IV bakteriyosinler 35
2.4.6 Bakteriyosinlerin Etki Mekanizması 35
2.4.7 Bakteriyosinlerin Gıdalarda Kullanımı 36
2.5 Yenilebilir Film ve Kaplamalar 40
2.5.1 Yenilebilir Film ve Kaplamalarda Kullanılan Hammadde ve Bileşenler 41
2.5.1.1 Polisakkarit Bazlı Film ve Kaplamalar 42
2.5.1.2 Protein Bazlı Film ve Kaplamalar 43
2.5.1.3 Lipit Bazlı Film ve Kaplamalar 46
2.5.1.4 Kompozit Bazlı Film ve Kaplamalar 47
2.6 Plastikleştiriciler 48
2.7 Çözücü 49
2.8 Maltodekstrin 49
2.9 Aljinat ve Sodyum Aljinat 50
3. MATERYAL ve METOT 55
3.1 Materyal 55
3.2 Metot 55
3.2.1 Peynir Örneklerinin Hazırlanması 55
3.2.2 Mikroorganizma Kültürlerinin Aktif Hale Getirilmesi 56
3.2.3 Kaplama Materyalinin Hazırlanması ve Köy Peynirlerinin Kaplanması 56
3.3 Peynir Örneklerine Uygulanan Fizikokimyasal Analizler 59
3.3.1 Kuru Madde Analizi (%) 59
3.3.2 Su Aktivitesi (a_w) Analizi 60
3.3.3 Titrasyon Asitlik Analizi (Laktik Asit Cinsinden) 60
3.3.4 pH Değeri 61
3.3.5 Protein Analizi (%) 61
3.3.6 Organik Asit Analizi 62
3.3.7 Renk Değerlerinin Belirlenmesi 62
3.3.8 Tekstür Analizi 63
3.4 Köy Peynirlerine Uygulanan Mikrobiyolojik Analizler 63
3.4.1 Peynir Örneklerinin Mikrobiyolojik Analizler İçin Hazırlanması 63
3.4.2 Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı (TAMB) 64
3.4.3 Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri Sayısı (TAPB) 65

3.4.4 Laktik Asit Bakterilerin Sayımı 65
3.4.5 *Lactococcus/Streptococcus* Cinsi Bakterilerin Sayımı 66
3.4.6 Maya ve Küf Sayımı 66
3.4.7 Toplam Koliform Grubu Bakteri Sayısı 67
3.4.8 *Staphylococcus aureus* Sayısı 68
3.4.9 *Listeria monocytogenes* Varlığının Aranması 70
3.4.10 *Escherichia coli* Varlığının Aranması 70
3.4.11 *Salmonella* spp. Aranması 71
3.5 Bakteriyosin Analizi ve Üretim Kinetiğinin Belirlenmesi 72
3.6 Kaplama Malzemelerinin Antimikrobiyal Analizleri 73
3.6.1 *L. lactis* ve *L. helveticus* İlave Edilmiş Kaplama Çözeltileri ile Disk Hazırlama İşlemi 73
3.6.2 Patojen Bakterilerin Hazırlanması 73
3.6.3 İnokulumların Hazırlanması 74
3.6.4 Disk Difüzyon Metodunun Uygulanması 74
3.7 Kaplama Materyalinin Kalınlık Ölçümü 75
3.8 İstatistiksel Analizler 75
4.BULGULAR 76
4.1 Geleneksel Taze Köy Peynirlerinin Fizikokimyasal Analiz Sonuçları 76
4.1.1 Kuru Madde Değerleri (%) 76
4.1.2 Su aktivitesi (a_w) Değerleri 78
4.1.3 Titrasyon Asitliği (Laktik Asit Cinsinden) Değerleri (%) 81
4.1.4 pH Değerleri 83
4.1.5 Protein Değerleri (%) 85
4.1.6 Organik Asit Değerleri 87
4.1.6.1 Asetik Asit 87
4.1.6.2 Laktik asit 89
4.1.6.3 Süksinik Asit 90
4.1.6.4 Propiyonik Asit Değerleri 92
4.1.6.5 Askorbik Asit 94
4.1.6.6 Malik Asit 95
4.1.7 Köy Peynirlerinin Renk Değerleri 97
4.1.7.1 L* Değerleri 97
4.1.7.2 a* Değerleri 99

4.1.7.3 b* Değerleri 101
4.1.7.4 C* Değerleri 103
4.1.7.5 h° Değeri 105
4.1.8 Köy Peynirlerinin Tekstür Analizleri 107
4.1.8.1 Sertlik (Hardness) Değerleri (N) 107
4.1.8.2 Dış Yapışkanlık (Adhesiveness) Değerleri (g.s) 109
4.1.8.3 Esneklik (Springiness) Değerleri 111
4.1.8.4 İç Yapışkanlık (Cohesiveness) Değerleri 113
4.1.8.5 Sakızımsılık (Gumminess) Değerleri (N) 115
4.1.8.6 Çiğnenebilirlik (Chewiness) Değerleri (N) 117
4.1.8.7 Elastikiyet (Resilience) Değerleri 119
4.2 Köy Peynirlerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları 121
4.2.1 Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Değerleri 121
4.2.2 Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri (TAPB) Değerleri 123
4.2.3 Laktik Asit Bakteri Değerleri 125
4.2.4 *Lactococcus/Streptococcus* Cinsi Bakteri Değerleri 127
4.2.5 Maya ve Küf Değerleri 129
4.2.6 Toplam Koliform Bakteri Değerleri 131
4.2.7 *Staphylococcus aureus* Sayısı 133
4.2.8 *Listeria monocytogenes* Varlığının Aranması 135
4.2.9 *Escherichia coli* Varlığının Aranması 136
4.2.10 *Salmonella* spp. Aranması 136
4.3 Bakteriyosin Aktivite Sonuçları 136
4.4 Kaplama Malzemelerinin Antimikrobiyal Analiz Değerleri 137
4.4.1 *Escherichia coli* Üzerine Antimikrobiyal Etki 137
4.4.2 *Salmonella spp.* Üzerine Antimikrobiyal Etki 139
4.4.3 *Listeria monocytogenes* Üzerine Antimikrobiyal Etki 141
4.4.4 *Staphylococcus aureus* Üzerine Antimikrobiyal Etki 143
4.5 Kaplama Materyalinin Kalınlık Değerleri 146
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 148
5.1 Geleneksel Taze Köy Peynirlerinin Fizikokimyasal Analiz Sonuçları 148
5.1.1 Kuru Madde Değerleri (%) 148
5.1.2 Su Aktivitesi (a_w) Değerleri 149
5.1.3 Titrasyon Asitliği (Laktik Asit Cinsinden) Değerleri (%) 151

5.1.4 pH Değerleri 153
5.1.5 Protein Değerleri (%).....156
5.1.6 Organik Asit Değerleri 158
5.1.6.1 Asetik Asit, Laktik Asit, Süksinik Asit, Propiyonik Asit, Askorbik Asit ve Malik Asit Değerleri.....158
5.1.7 Köy Peynirlerinin Renk Değerleri 163
5.1.7.1 L* Değerleri 163
5.1.7.2 a* Değerleri 166
5.1.7.3 b* Değerleri.....167
5.1.7.4 C* Değerleri 169
5.1.7.5 h° Değeri.....170
5.1.8 Peynir Örneklerinin Tekstür Profili Analiz Değerleri 171
5.1.8.1 Sertlik (Hardness) Değerleri (N) 171
5.1.8.2 Dış Yapışkanlık (Adhesiveness) Değerleri (g.s) 174
5.1.8.3 Esneklik (Springiness) Değerleri.....175
5.1.8.4 İç Yapışkanlık (Cohesiveness) Değerleri 177
5.1.8.5 Sakızımsılık (Gumminess) Değerleri (N).....178
5.1.8.6 Çiğnenebilirlik (Chewiness) Değerleri (N) 180
5.1.8.7 Elastikiyet (Resilience) Değerleri 182
5.2 Köy Peynirlerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları 183
5.2.1 Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Değerleri.....183
5.2.2 Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri (TAPB) Değerleri 185
5.2.3 Laktik Asit Bakteri Değerleri 187
5.2.4 *Lactococcus/Streptococcus* Cinsi Bakteri Değerleri 188
5.2.5 Maya ve Küf Değerleri 189
5.2.6 Toplam Koliform Bakteri Değerleri 191
5.2.7 *Staphylococcus aureus* Sayısı Değerleri.....192
5.3 Bakteriyosin Aktivitesi Değerleri 194
5.4 Kaplama Malzemelerinin Antimikrobiyal Analiz Değerleri 197
5.4.1 *Escherichia coli* Üzerine Antimikrobiyal Etki 197
5.4.2 *Salmonella spp.* Üzerine Antimikrobiyal Etki.....198
5.4.3 *Listeria monocytogenes* Üzerine Antimikrobiyal Etki 200
5.4.4 *Staphylococcus aureus* Üzerine Antimikrobiyal Etki.....203
6. SONUÇ..... 205

7. KAYNAKLAR 208
ÖZGEÇMİŞ 241

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a_w	Su Aktivitesi
g	Gram
G+C	Guanin+Sitozin
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
kDa	Kilodalton
mL	Mililitre
L	Litre
N	Normalite
NaCl	Sodyum Klorür
NaOH	Sodyum Hidroksit
HCl	Hidroklorik Asit
H_2SO_4	Sülfürik Asit
H_2S	Hidrojen Sülfür
$CaCl_2$	Kalsiyum Klorür
H_2O_2	Hidrojen Peroksit
˚C	Santigrat Derece
%	Yüzde
nm	nanometre
mm	Milimetre
Atm	Atmosfer
AU	Arbitrary Unit
μm	Mikrometre
Mg	Miligram
Rpm	Dakikada devir Sayısı
OH^-	Hidroksil
Mg^{+2}	Magnezyum İyonu
O_2^-	Süperoksit
CO_2	Karbondioksit
$CaCO_3$	Kalsiyum Karbonat
-COOH	Karboksil
COONa	Karboksilik Asitlerin Sodyum Tuzu

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
DNA	Deoksiribonükleik Asit
rRNA	Ribozomal Ribonükleik Asit
GRAS	Generally Recognized As Safe
EC	Avrupa Komisyonu
EMP	Embden-Meyerhof-Parnas Yolu
HMP	Heksoz Monofosfat Yolu
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromotografisi
KM	Kuru Madde

Kob	Koloni Oluşturma Birimi
Man-PTS	Mannoz Fosfotransferaz Sistemi
NSLAB	Non-Starter Lactid Acid Bacteria
NADH	Nicotinamide Adenine Dinucleotide+Hydrogen
LAB	Laktik Asit Bakterileri
Ltnα	Lacticin Alpha
Ltnβ	Lacticin Beta
Log	Logaritmik
MRS	De Man Rogosa and Shape
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
PCA	Plate Count Agar
PDA	Potato Dextrose Agar
pH	Potansiyel Hidrojen
QPS	Qualified Presumption of Safety
SH	Soxhelet Henkel
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TAMB	Toplam Aerobik Mezofil Bakteri
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TPA	Tekstür Profil Analizi
TS	Türk Standartları
vd.	Ve diğerleri
VRBA	Violet Red Bile Agar
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Peynir yapımında gerçekleştirilen başlıca proses aşamaları …… 12

Şekil 2.2 LAB'ın glikoz metabolizması 16

Şekil 2.3 Sodyum aljinatın yapısı: monomerler (a), blok dağılımı (b) ve zincir konformasyonu (c) 52

Şekil 4.1 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca toplam kuru madde miktarındaki değişimi..... 77

Şekil 4.2 Peynir örneklerinde kuru madde değerinin depolama zamanına bağlı değişimi. 77

Şekil 4.3 Peynir örneklerinde kuru madde değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 78

Şekil 4.4 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca a_w değerindeki değişimi. 79

Şekil 4.5 Peynir örneklerinde a_w değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi. 80

Şekil 4.6 Peynir örneklerinde a_w değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 80

Şekil 4.7 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca titrasyon asitliğinde meydana gelen değişim. 82

Şekil 4.8 Peynir örneklerinde titrasyon asitliğinin depolama zamanına bağlı değişimi. 82

Şekil 4.9 Peynir örneklerinde titrasyon asitliğinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 83

Şekil 4.10 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca pH değerinde meydana gelen değişim..... 84

Şekil 4.11 Peynir örneklerinde pH değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi. ... 85

Şekil 4.12 Peynir örneklerinde pH değerlerinin örnek çeşidine göre değişimi..... 85

Şekil 4.13 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca protein değerlerindeki değişimi. 86

Şekil 4.14 Peynir örneklerinde protein değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 87

Şekil 4.15 Peynir örneklerinde depolama süreci boyunca asetik asit değerlerinde meydana gelen değişim. 88

Şekil 4.16 Peynir örneklerinde asetik asit değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.. 88

Şekil 4.17 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca laktik asit değerlerinde meydana gelen değişim. 90

Şekil 4.18 Peynir örneklerinde laktik asit değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.. 90

Şekil 4.19 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca süksinik asit değerlerinde meydana gelen değişim..... 91

Şekil 4.20 Peynir örneklerinde süksinik asit değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 92

Şekil 4.21 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca propiyonik asit değerlerinde meydana gelen değişim..... 93

Şekil 4.22 Peynir örneklerinde propiyonik asit değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 93

Şekil 4.23 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca askorbik asit değerlerinde meydana gelen değişim..... 95

Şekil 4.24 Peynir örneklerinde askorbik asit değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 95

Şekil 4.25 Peynir Örneklerinde depolama süresi boyunca malik asit değerlerinde meydana gelen değişim..... 96

Şekil 4.26 Peynir örneklerinde malik asit değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 97

Şekil 4.27 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca L* değerinde meydana gelen değişim..... 98

Şekil 4.28 Peynir örneklerinde L* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi..... 99

Şekil 4.29 Peynir örneklerinde L* değerlerinin örnek çeşidine göre değişimi. 99

Şekil 4.30 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca a* değerinde meydana gelen değişim..... 100

Şekil 4.31 Peynir örneklerinde a* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi. .. 101

Şekil 4.32 Peynir örneklerinde a* değerlerinin örnek çeşidine göre değişimi..... 101

Şekil 4.33 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca b* değerinde meydana gelen değişim..... 102

Şekil 4.34 Peynir örneklerinde b* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi.. 103

Şekil 4.35 Peynir örneklerinde b* değerlerinin örnek çeşidine göre değişimi..... 103

Şekil 4.36 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca C* değerinde meydana gelen değişim..... 104

Şekil 4.37 Peynir örneklerinde C* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi. . 105

Şekil 4.38 Peynir örneklerinde C* değerlerinin örnek çeşidine göre değişimi..... 105

Şekil 4.39 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca h° değerinde meydana gelen değişim..... 106

Şekil 4.40 Peynir örneklerinde h° değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi. .. 107

Şekil 4.41 Peynir örneklerinde h° değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 107

Şekil 4.42 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca sertlik değerinde meydana gelen değişim..... 108

Şekil 4.43 Peynir örneklerinde sertlik değerinin depolama zamanına bağlı değişimi. 109

Şekil 4.44 Peynir örneklerinde sertlik değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi..... 109

Şekil 4.45 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca dış yapışkanlık değerlerinde meydana gelen değişim..... 110

Şekil 4.46 Dış yapışkanlık değerinin depolama zamanına bağlı değişimi..... 111

Şekil 4.47 Dış yapışkanlık değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi..... 111

Şekil 4.48 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca esneklik değerlerinde meydana gelen değişim. 112

Şekil 4.49 Esneklik değerinin depolama zamanına bağlı değişimi. 113

Şekil 4.50 Esneklik değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 113

Şekil 4.51 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca iç yapışkanlık değerlerinde meydana gelen değişim. 114

Şekil 4.52 İç yapışkanlık değerinin depolama zamanına bağlı değişimi. 115

Şekil 4.53 İç yapışkanlık değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 115

Şekil 4.54 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca sakızımsılık değerlerinde meydana gelen değişim. 116

Şekil 4.55 Sakızımsılık değerinin depolama zamanına bağlı değişimi. 117

Şekil 4.56 Sakızımsılık değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 117

Şekil 4.57 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca çiğnenebilirlik değerlerinde meydana gelen değişim. 118

Şekil 4.58 Çiğnenebilirlik değerinin depolama zamanına bağlı değişimi. 119

Şekil 4.59 Çiğnenebilirlik değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 119

Şekil 4.60 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca elastikiyet değerlerinde meydana gelen değişim. 120

Şekil 4.61 Elastikiyet değerinin depolama zamanına bağlı değişimi. 121

Şekil 4.62 Elastikiyet değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 121

Şekil 4.63 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca TAMB sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g). 122

Şekil 4.64 TAMB sayısının depolama süresine bağlı değişimi. 123

Şekil 4.65 TAMB sayının örnek çeşidine bağlı değişimi. 123

Şekil 4.66 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca TAPB sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g). 124

Şekil 4.67 TAPB bakteri değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi. 125

Şekil 4.68 TAPB bakteri değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 125

Şekil 4.69 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca laktik asit bakteri sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g). 126

Şekil 4.70 Laktik asit bakteri sayılarının depolama zamanına bağlı değişimi. 127

Şekil 4.71 Laktik asit bakteri sayılarının örnek çeşidine bağlı değişimi. 127

Şekil 4.72 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca *Lactococcus/ Streptococcus* cinsi bakteri sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g). 128

Şekil 4.73 *Lactococcus/Streptococcus* türü bakteri sayılarının depolama zamanına bağlı değişimi (Log kob/g). 129

Şekil 4.74 *Lactococcus/Streptococcus* türü bakteri sayılarının örnek çeşidine bağlı değişimi (Log kob/g). 129

Şekil 4.75 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca toplam maya ve küf sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g). 130

Şekil 4.76 Maya ve küf sayılarının depolama zamanına bağlı değişimi. 131

Şekil 4.77 Maya ve küf sayılarının örnek çeşidine bağlı değişimi..... 131

Şekil 4.78 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca toplam koliform grubu bakteri sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g). 132

Şekil 4.79 Toplam koliform bakteri sayılarının depolama zamanına bağlı değişimi... 133

Şekil 4.80 Toplam koliform bakteri sayılarının örnek çeşidine bağlı değişimi. 133

Şekil 4.81 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca *S. aureus* sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g). 134

Şekil 4.82 *S. aureus* bakteri değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi. 135

Şekil 4.83 *S. aureus* bakteri değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi. 135

Şekil 4.84 Depolamanın 45. gününde peynir örneklerine ait bakteriyosin aktivite sonuçları. 137

Şekil 4.85 Kaplama malzemelerinin *E. coli* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri. 138

Şekil 4.86 Kaplama malzemelerinin antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi..... 138

Şekil 4.87 Kaplama malzemelerinin *Salmonella spp.* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri. 140

Şekil 4.88 Kaplama malzemelerinin antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi..... 140

Şekil 4.89 Kaplama malzemelerinin *L. monocytogenes* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri. 142

Şekil 4.90 Kaplama malzemelerinin antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi..... 142

Şekil 4.91 Kaplama malzemelerinin *S. aureus* bakterisine karşı antimikrobiyal değerleri. 144

Şekil 4.92 Kaplama malzemelerinin antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi..... 145

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Peynir örneklerine uygulanan kaplama formülasyonları ve suş kombinasyonları. 59

Çizelge 3.2 Patojen bakteriler, ATCC numaraları, kullanılan besiyeri ve inkübasyon şartları. 74

Çizelge 4.1 Peynir örneklerinde depolama süresince toplam kuru madde miktarı (%). 76

Çizelge 4.2 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin kuru madde değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 76

Çizelge 4.3 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca a_w değerindeki değişim..... 78

Çizelge 4.4 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin a_w değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 79

Çizelge 4.5 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca titrasyon asitliği değerleri (%). 81

Çizelge 4.6 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin titrasyon asitliği (%) değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 81

Çizelge 4.7 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca pH değerleri. 83

Çizelge 4.8 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin pH değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 84

Çizelge 4.9 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca protein değerleri (%)..... 86

Çizelge 4.10 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının protein analizine (%) ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 86

Çizelge 4.11 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca asetik asit değerleri. 87

Çizelge 4.12 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının asetik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 88

Çizelge 4.13 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca laktik asit değerleri. 89

Çizelge 4.14 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının laktik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 89

Çizelge 4.15 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca süksinik asit değerleri..... 91

Çizelge 4.16 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının süksinik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 91

Çizelge 4.17 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca propiyonik asit değerleri.. 92

Çizelge 4.18 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının propiyonik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 92

Çizelge 4.19 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca askorbik asit değerleri. 94

Çizelge 4.20 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının askorbik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 94

Çizelge 4.21 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca malik asit değerleri. 96

Çizelge 4.22 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının malik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 96

Çizelge 4.23 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca L* değerleri. 97

Çizelge 4.24 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin L* değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 98

Çizelge 4.25 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca a* değerleri. 100

Çizelge 4.26 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin a* değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 100

Çizelge 4.27 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca b* değerleri. 102

Çizelge 4.28 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin b* değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 102

Çizelge 4.29 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca C* değerleri. 104

Çizelge 4.30 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin C* değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 104

Çizelge 4.31 Peynir örneklerinin depolama süreci boyunca h° değerleri. 106

Çizelge 4.32 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin h° değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 106

Çizelge 4.33 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca sertlik değerleri. 108

Ç**izelge 4.34** Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin sertlik değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 108

Çizelge 4.35 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca dış yapışkanlık değerleri. 110

Çizelge 4.36 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin dış yapışkanlık değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 110

Çizelge 4.37 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca esneklik değerleri. 112

Çizelge 4.38 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin esneklik değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 112

Çizelge 4.39 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca iç yapışkanlık değerleri.. 114

Çizelge 4.40 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin iç yapışkanlık değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 114

Çizelge 4.41 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca sakızımsılık değerleri. 116

Çizelge 4.42 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin sakızımsılık değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 116

Çizelge 4.43 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca çiğnenebilirlik değerleri. 118

Çizelge 4.44 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin çiğnenebilirlik değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 118

Çizelge 4.45 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca elastikiyet değerleri..... 120

Çizelge 4.46 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin elastikiyet değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 120

Çizelge 4.47 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca TAMB değerleri (log kob/g). 122

Çizelge 4.48 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin TAMB sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 122

Çizelge 4.49 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca TAPB değerleri (log kob/g). 124

Çizelge 4.50 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin TAPB sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 124

Çizelge 4.51 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca laktik asit bakteri değerleri (log kob/g). 126

Çizelge 4.52 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin laktik asit bakteri sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 126

Çizelge 4.53 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri değerleri (log kob/g)..... 128

Çizelge 4.54 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 128

Çizelge 4.55 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca maya ve küf değerleri (log kob/g). 130

Çizelge 4.56 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin maya ve küf sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 130

Çizelge 4.57 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca toplam koliform bakteri değerleri (log kob/g). 132

Çizelge 4.58 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin toplam koliform bakteri sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri... 132

Çizelge 4.59 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca *S. aureus* değerleri (log kob/g). 134

Çizelge 4.60 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin *S. aureus* sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri. 134

Çizelge 4.61 Peynir örneklerinin depolama sonunda bakteriyosin aktivite değerleri.. 136

Çizelge 4.62 Kaplama malzemelerinin *E. coli* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri. 137

Çizelge 4.63 Kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri (*E.coli*). 138

Çizelge 4.64 Kaplama malzemelerinin *Salmonella spp.* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri. 139

Çizelge 4.65 Kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri (*Salmonella spp*). 139

Çizelge 4.66 Kaplama malzemelerinin *L.monocytogenes* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri. 141

Çizelge 4.67 Kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri (*L. monocytogenes*). 142

Çizelge 4.68 Kaplama malzemelerinin *S. aureus* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri. 144

Çizelge 4.69 Kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri (*S. aureus*). 144

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 2.1 Sınıf I (Nisin) ve Sınıf II (Lactococcin A) bakteriyosinlerin etki mekanizmaları 36

Resim 2.2 Makro alglerden klasik aljinat çıkarma yöntemi 51

Resim 3.1 Taze geleneksel köy peynirlerinin kaplama işlemine hazırlanması 56

Resim 3.2 Sodyum aljinat kaplama malzemesinin hazırlanması 57

Resim 3.3 Taze geleneksel köy peynir örneklerinin kaplanması 58

Resim 3.4 Depolamaya hazır hale getirilmiş peynir örnekleri 58

Resim 4.1 Disk difüzyon yöntemi ile *Salmonella spp.* üzerinde belirlenen inhibisyon zonlarının görünümü (depolama 45). 141

Resim 4.2 Disk difüzyon yöntemi ile *L. monocytogenes* üzerinde belirlenen inhibisyon zonlarının görünümü (depolama 0) 143

Resim 4.3 Disk difüzyon yöntemi ile *L. monocytogenes* üzerinde belirlenen inhibisyon zonlarının görünümü (depolama 45) 143

Resim 4.4 Disk difüzyon yöntemi ile *S. aureus* üzerinde belirlenen inhibisyon zonlarının görünümü (depolama 45). 145

Resim 4.5 Disk difüzyon yöntemi ile farklı patojen bakteriler (*L.monocytogenes*, *S. aureus*, *Salmonella spp.* ve *E. coli*) üzerinde belirlenen inhibisyon zonlarının karşılaştırmalı görünümü. 145

Resim 4.6 Depolama süreci sonunda peynir yüzeyinde oluşan sodyum aljinat bazlı kaplama filminin genel görünümü. 146

Resim 4.7 Depolama sonunda kaplama materyali ile kaplanan peynirlerin genel görünümü. 146

Resim 4.8 Depolama sonunda kontrol grubu peynirlerin genel görünümü. 147

1. GİRİŞ

Beslenme, insan sağlığını doğrudan etkileyen temel unsurlardan biridir. Bu durum, gıdaların beslenme değerinin ayrıntılı biçimde incelendiği çalışmaların giderek artmasına neden olmuştur (Kim vd. 2006). İnsan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle, hayvansal gıdalar içinde süt ve süt ürünleri ayrı bir öneme sahiptir (İçöz vd. 2006).

Süt, yüksek biyolojik değere sahip proteinler, karbonhidratlar, yağlar, vitaminler, mineraller ve yaşam için gerekli pek çok bileşeni dengeli bir şekilde içeren, besleyici değeri oldukça yüksek bir gıdadır. Ancak uygun hijyenik ve teknolojik önlemler alınmadığında, mikroorganizmaların hızlı çoğalmasına elverişli yapısı nedeniyle kısa sürede bozulabilmektedir. Bu nedenle süt, çeşitli işleme teknikleri uygulanarak farklı ürünlere dönüştürülmekte, dayanıklılığı artırılarak güvenli bir şekilde tüketiciye sunulmaktadır (Üçüncü 2018).

En önemli süt ürünlerinden biri olan peynir, sütün pıhtılaştırılması ve pıhtının çeşitli işlemlere tabi tutulması sonucu ortaya çıkan temel bir gıda olarak değerlendirilmektedir. Sütün pıhtı oluşturabilmesi için başlıca yapı taşları olan kazein proteinleri ve kalsiyum iyonları birlikte görev yapar. Pek çok peynir türü, sütteki kazein misellerinin peynir mayası enzimleri ile pıhtılaşması ve bu jel yapının işlenmesiyle üretilmektedir. Pıhtı oluşumundan sonra, ürünün son dokusunu belirleyen en kritik aşama peynir altı suyunun uzaklaştırılma işlemidir. Bu amaçla pıhtı belirli büyüklüklerde kesilir, karıştırılır, kontrollü sıcaklıklarda ısıtılır, preslenir ve tuzlanır. Uygulanan bu işlemlerin sırası ve şiddeti, peynirin nem oranını, sertliğini, aromatik gelişimini ve raf ömrünü doğrudan etkilemektedir. Sütün asitle ya da enzimle pıhtılaştırılması ve sonrasında uygulanan teknolojik işlemler, dünyada pek çok farklı peynir çeşidinin oluşumunu şekillendiren temel unsurlardandır (Moatsou 2019).

Türkiye'nin hemen her bölgesinde üretilen taze peynirler, minimum işlem görmüş süt ürünleri arasında değerlendirilmekte ve halk arasında yaygın olarak "köy peyniri" adıyla bilinmektedir. Üretimde, sütün pıhtılaşmasının ardından telemenin iri parçalar halinde kesilerek süzülmesiyle elde edilir. Olgunlaştırma aşamasına tabi tutulmadıkları için bu

peynirler yumuşak dokulu, süt kokulu, az tuz içeren, yağ oranı yüksek ve süt beyazı rengindedir. Nem düzeylerinin yüksek olması ve olgunlaşmamaları nedeniyle raf ömürleri oldukça kısadır. Bu nedenle genellikle bir hafta içerisinde tüketilmeleri önerilir (Güllü 2022). Üretimde kullanılan süzme materyalinin bez, tülbent gibi farklı dokulardaki malzemelerin ürünün yüzey özelliklerini doğrudan etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle köy peyniri; bazen kaygan ve parlak, bazen de daha pürüzlü bir yüzeye sahip olabilen, belirgin bir şekil kazanmayan veya çoğunlukla içinde bulunduğu kabın formunu alan bir yapı göstermektedir (Tambulut 2011).

Laktik asit bakterileri, endüstride geniş kullanım alanına sahip olup gıda üretim süreçlerinde, sağlıkla ilişkili düzenleyici işlevlerde ve çeşitli makromoleküller ile enzim ve metabolitlerin biyosentezinde önemli görevler üstlenmektedir (Pfeiler ve Klaenhammer 2007). Bu bakteriler, farklı ekosistemlerde doğal mikrofloranın önemli bir parçasını oluşturmakta olup pek çok fermente ürünün üretiminde ve çeşitli fonksiyonel gıdalarda probiyotik olarak değerlendirilmektedir (Ahmadova vd. 2013). Laktik asit bakterileri, güvenli mikroorganizmalar olarak kabul edilmekte ve koruyucu kültür özelliği göstermektedir. Koruyucu kültürler, gıdalarda patojen ve bozulma etmeni mikroorganizmaları inhibe eden, raf ömrünü uzatan ve ürünün duyusal özelliklerini etkilemeyen antagonistik kültürler olarak tanımlanmaktadır (Lee 2000). Çiğ sütten üretilen geleneksel peynirler, pıhtı oluşumu ve olgunlaşma süreci boyunca farklı mikrobiyal grupların ardışık gelişimiyle şekillenen karmaşık bir mikrobiyal topluluk barındırır. Laktik asit bakterileri, sütün hızlı asitlenmesini sağlayan starter kültürler olarak ya da olgunlaşmada etkin rol üstlenen ikincil mikroflora bileşenleri olarak bu süreçte temel bir işlev görmektedir (Coelho vd. 2022).

Ülkemizde peynir üretiminin büyük bir bölümü, küçük ölçekli mandıraların ve aile işletmelerinin yanı sıra yerel üreticiler tarafından geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Ancak bu üretim biçimi; hijyen uygulamalarındaki yetersizlik, süreçlerin standardize edilmemesi ve kullanılan hammaddelerin değişkenliği nedeniyle sağlık açısından çeşitli riskler oluşturmakta ve kalite bakımından farklı özelliklere sahip ürünlerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Buna karşılık, büyük ölçekli işletmelerde ürün

standardizasyonunun önemi giderek artmakta; bu doğrultuda pastörize süt ve starter kültür kullanımının her geçen gün yaygınlaştığı görülmektedir (Tambulut 2011).

Günümüzde tüketiciler; taze görünümlü, kimyasal katkı maddesi içermeyen ve hazırlama açısından pratik ürünleri tercih etmektedir. Bu doğrultuda, minimum düzeyde işlenmiş gıdalar, söz konusu talepleri karşılamada önemli bir yer edinmektedir. Minimum işleme, ürünlerin doğal tazeliğini ve besinsel özelliklerini koruyacak şekilde uygulanan işlem, hazırlama, ambalajlama ve dağıtım aşamalarını kapsamaktadır (Montville ve Kaiser 1993, Hao vd. 1999). Gıdalarda istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini sınırlamak veya ortadan kaldırmak amacıyla, doğal olarak bulunan bazı mikroorganizmalar ile bu mikroorganizmaların sentezlediği antimikrobiyal bileşiklerden yararlanılmaktadır (Schillinger vd. 1996). Antimikrobiyal bileşik üretme kapasitesi farklı mikroorganizma gruplarında bulunsa da, laktik asit bakterileri gıda fermantasyon süreçlerindeki belirgin rolleri ve uzun süredir "gıda sınıfı" mikroorganizmalar olarak kabul edilmeleri nedeniyle bu alanda özel bir öneme sahiptir (Montville ve Kaiser 1993, Schillinger vd. 1996, Cleveland vd. 2001). Bu bakteriler, besin kaynakları üzerinde diğer mikroorganizmalarla rekabete girmenin ötesinde laktik asit, hidrojen peroksit, diasetil ve bakteriyosinler gibi çeşitli antimikrobiyal metabolitler üreterek ortamdaki istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini sınırlamaktadır (Schillinger vd. 1996, Daeschel 1989).

Laktik asit bakterileri, ribozomal olarak sentezlenen ve yakın türlere ya da daha geniş bir mikroorganizma grubuna karşı inhibitör etki gösterebilen antimikrobiyal peptitler olan bakteriyosinleri üretme kapasitesine sahiptir (Cotter vd. 2005, De Vuyst ve Leroy 2007). Bu protein yapısındaki bileşikler, yalnızca çeşitli gram pozitif bakterileri değil, aynı zamanda gıdalarda bozulmaya neden olabilen bazı türleri de etkili biçimde inhibe ederken; ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinde herhangi bir olumsuz değişikliğe yol açmamakta ve insan sağlığı açısından risk oluşturmamaktadır (Settanni ve Corsetti 2008). Bakteriyosinlerin etki mekanizmaları hedef mikroorganizmaya göre değişebilmekle birlikte, çoğunlukla hücre zarına bağlanarak membranda gözenek oluşumuna yol açmalarıyla açıklanmaktadır. Bu durum, düşük molekül ağırlıklı hücre bileşenlerinin hücre dışına sızmasına ve sonuç olarak hücre bütünlüğünün bozulmasına neden olmaktadır (Arslankoz 2011). Gıdalarda biyoprezervatif olarak kullanılan bakteriyosinler,

kimyasal koruyucu gereksinimini azaltma potansiyeline sahip oldukları gibi, gıdalara uygulanan ısıl işlemlerin veya diğer fiziksel koruma yöntemlerinin daha hafif düzeyde kullanılmasına imkân tanımaktadır (O'Keeffe ve Hill 1999, Powell 2006). Bu antimikrobiyal bileşikler özellikle minimum düzeyde işlenmiş ürünlerde sık karşılaşılan patojenlerin ve bozulma etmenlerinin kontrolünde, etkili ve doğal bir seçenek olarak dikkat çekmektedir (Schillinger vd. 1996).

Bakteriyosinler gıda bileşenlerine bağlanabildikleri ve çevresel etkilere karşı hassas oldukları için gıda ortamında aktivitelerini hızla kaybetmektedirler. Bu nedenle, alternatif bir yöntem, bakteriyosinlerin karmaşık gıda sistemlerinde aktivitelerini ve stabilitelerini artıran gıda ambalaj kaplamalarına dahil edilmesidir (Salgado vd. 2015). Bakteriyosin üreten laktik asit bakterileri ile birleştirilen kaplamalar, ürün üzerinde ek bir koruyucu bariyer oluşturarak mikrobiyal güvenliği artırabilmektedir (Silva vd. 2022).

Yenilebilir film ve kaplamalar, gıda yüzeyine uygulanan doğal kaynaklı bileşenlerle oluşturulan ince tüketilebilir tabakalardır. Bu yapılar, plastik ambalaj kullanımını azaltarak hem çevresel yükü hafifletmekte hem de plastiklerde görülen sağlık risklerini en aza indirme potansiyeli taşımaktadır. 2000'li yıllardan itibaren bu alanda önemli gelişmeler yaşanmış; protein, polisakkarit ve lipit temelli malzemeler ile bunların kombinasyonlarından elde edilen kompozit filmler yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Küçük vd. 2017). Güncel araştırmalar, yenilebilir film ve kaplamaların geliştirilmesinde en yaygın kullanılan bileşenlerin, kahverengi deniz yosunlarından elde edilen aljin, aljinik asit ve aljinat gibi polisakkaritler olduğunu ortaya koymaktadır (Norajit vd. 2010, Rhim vd. 1998). Gıda ürünlerinde kullanılan aljinat esaslı film ve kaplamalar, su kaybını azaltma ve özellikle lipid oksidasyonunu yavaşlatarak acılaşmayı önleme özellikleriyle öne çıkmaktadır. Bu nedenle aljinatlar; meyve ve sebzelerde kararmayı geciktirmekte, hayvansal kaynaklı gıdalarda ise oksidatif bozulmaya bağlı istenmeyen tat oluşumunu azaltmaktadır. Doğal bir kaynak olan aljinatın herhangi bir alerjik etkisinin bulunmaması; onu hem çevre açısından sürdürülebilir hem de ekonomik açıdan tercih edilebilir bir kaplama materyali haline getirmektedir (Yeşiltaş 2012).

Yenilebilir kaplamaların etkili bir işlev görmesi, kullanılan kaplama çözeltisinin tipi, miktarı, yoğunluğu, viskozitesi ve yüzey gerilimi gibi fiziksel özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Doğal polimerler arasında yer alan proteinler, polisakkaritler ve lipitler, gıdaların yüzeyinde kaliteli ve koruyucu kaplamalar oluşturabilecek nitelikte maddelerdir (Al-Hassan ve Norziah 2012). Bu doğal polimerler arasında sodyum aljinat, sahip olduğu yüksek su bağlama kapasitesi, güçlü jel yapısı ve gıdayla uyumlu karakteri sayesinde yenilebilir kaplamalarda tercih edilen en işlevsel materyallerden biri olarak öne çıkmaktadır (Skurtys vd. 2010).

Yenilebilir film ve kaplamaların mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla formülasyona eklenen düşük molekül ağırlıklı bileşikler plastikleştirici olarak adlandırılmaktadır. Polisakkarit esaslı filmlerde istenen parlaklığın sağlanması için de plastikleştirici kullanımı önem taşımaktadır. Protein kökenli filmler plastikleştirici içermediğinde genellikle kırılgan bir yapı sergilerken, bu maddelerin eklenmesiyle esneklik ve dayanım artmaktadır. Plastikleştiriciler, filmlerin elastikiyetini, gerilme direncini ve bariyer özelliklerini doğrudan etkileyen bileşenler olup, çalışmalarda en yaygın kullanılan plastikleştiricilerden biri gliseroldür (Üstünol 2009, Dursun ve Erkan 2009).

Araştırmamızda kaplama materyali olarak yer alan bir diğer önemli bileşen ise maltodekstrindir. Bu bileşen yüksek katı madde konsantrasyonlarında bile akışkanlığını koruyan düşük viskozite profili ve yüksek su çözünürlüğü sayesinde kaplama materyali olarak oldukça işlevseldir. Bunun yanında, jelleşme yeteneği bulunan polisakkaritlerin emülsiyon sistemlerini çökelme ve koalesans gibi istenmeyen fiziksel değişimlere karşı desteklediği bilinmektedir. Maltodekstrin bazlı çözeltiler %35,5'e kadar berraklığını koruyarak dağılabildiğinden, aroma ve lezzet bileşenlerini etkin bir şekilde hapseden taşıyıcılar arasında öne çıkmaktadır (Loksuwan 2007, Sansone vd. 2011, Barbosa vd. 2005).

Çalışmamızda yenilebilir kaplama materyali oluşturmak amacıyla sodyum aljinat, maltodekstrin ve gliserol birlikte kullanılarak bir çözelti hazırlanmıştır. Sodyum aljinat, yapının temel polimerik ağını oluşturan biyopolimer olarak görev yaparken,

maltodekstrin formülasyona tekstürel denge kazandırmış ve kaplamanın kuruma davranışını iyileştirmiştir. Plastikleştirici olarak kullanılan gliserol ise film tabakasının elastikiyetini artırarak kırılganlığı azaltmıştır (Küçük vd. 2017).

Bu tez kapsamında, çiğ sütten geleneksel yöntemlerle üretilen taze köy peynirlerine bakteriyosin üretme potansiyeline sahip *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ve *Lactobacillus helveticus* suşlarının ilavesi ile sodyum aljinat bazlı kaplama uygulamasının depolama süresince (0., 15., 30. ve 45. günlerde) ürün kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmamızın amacı, kaplama sisteminin peynirlerin mikrobiyolojik güvenliği, fizikokimyasal ve kimyasal kalite özellikleri ile raf ömrü üzerine etkilerini belirlemek; doğal biyokoruma sağlayarak gıda güvenliğini artırmak ve çevre dostu yenilebilir kaplama uygulamasının kullanılabilirliğini değerlendirmektir. Bu doğrultuda, peynirlerin mikrobiyal yükü, yüzey stabilitesi, kimyasal bileşimi ve raf ömrü üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Süt

Süt, memeliler tarafından salgılanan ve yeni doğan yavrunun yaşamsal gereksinimlerini karşılamak üzere sentezlenen temel bir biyolojik sıvıdır. Beslenmenin yanı sıra bağışıklık sistemini desteklenmesi ve çeşitli fizyolojik işlevlerin sürdürülebilmesi açısından da önemli bir rol üstlenmektedir. Farklı memeli türlerine ait sütler genel bileşim açısından benzerlik göstermekle birlikte, içerik ve bileşen dağılımı bakımından türe özgü farklılıklar sergilemektedir. Süt bileşiminde yer alan minör bileşenler, besleyici özelliklerinin ötesinde fonksiyonel etkiler göstererek koruyucu görevler üstlenmektedir. Bu bileşenler arasında oligosakkaritler, immünoglobulinler, metal bağlayıcı proteinler ve enzimler yer almakta olup, özellikle yeni doğanın korunmasında etkili olmaktadır (O'Mahony ve Fox 2014, Üçüncü 2018).

Sütte günümüze kadar 200'ün üzerinde farklı bileşenin varlığı ortaya konmuştur. Bu bileşenlerin miktar ve dağılımı, memeli türüne bağlı olarak önemli değişiklikler göstermektedir. Bunun yanı sıra genetik yapı, fizyolojik durum, beslenme şekli ve çevresel koşullar da süt bileşiminin farklılaşmasında etkili olmaktadır. Memeli türleri arasında süt bileşimi incelendiğinde, kuru madde oranının yaklaşık %11–38, protein içeriğinin %2,0–10,5, yağ oranının %1,9–22,0, laktoz miktarının %1,8–6,7 ve mineral madde düzeyinin ise %0,5–1,7 aralığında değiştiği görülmektedir (Pietrzak-Fiećko ve KamelskaSadowska 2020). Sütün yapısında bulunan bazı bileşenler diğer gıda sistemlerinde de yer alabilmektedir. Ancak süt yağı, laktoz ve süt proteinleri (kazein, laktoalbumin ve laktoglobulin) süt matrisine özgü başlıca bileşenlerdir (Metin 2008).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2017/20 sayılı düzenlemesinde, herhangi bir işlem görmemiş sütler çiğ süt kapsamında ele alınmaktadır. Çiğ süt; "çiftlik hayvanlarının meme bezlerinden elde edilen ve 40 ºC'nin üzerinde bir işleme ya da benzer etkideki uygulamalara maruz bırakılmamış süt" olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2017).

Süt tüketiminde tercih edilen türler, toplumların beslenme kültürü ve alışkanlıklarına bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Ülkemizde süt denildiğinde çoğunlukla inek sütü

ön plana çıkmakla birlikte, tüketimde inek, koyun, keçi ve manda sütü olmak üzere dört farklı süt türü yer almaktadır (Besler ve Ünal 2006).
Dünya genelinde süt üretimi ve işlenmesinde en büyük payı inek sütü oluşturmaktadır. Bununla birlikte keçi, koyun, manda ve deve sütleri, özellikle yarı kurak iklim kuşaklarında ve Akdeniz havzasında ekonomik açıdan dikkate değer bir öneme sahiptir (Guetouache vd. 2014).

Tam yağlı inek sütünün 100 gramında yaklaşık olarak 4,7 g karbonhidrat, 3,3 g protein, 3,3 g yağ ve 0,7 g mineral madde bulunmaktadır. Ayrıca bu miktarda süt, 119 mg kalsiyum, 93 mg fosfor ve 0,1 mg demir içermektedir. Çiğ inek sütünün bir litre başına sağladığı enerji miktarı ise yaklaşık 685 kcal düzeyindedir. Bireylerin yaş ve cinsiyetine bağlı olarak değişmekle birlikte, günlük beslenmede en az iki bardak süt tüketiminin önerildiği bildirilmektedir (Metin 2012, Üçüncü 2013).

Süt, besin değeri yüksek bir gıda olmasının yanı sıra mikroorganizmalar için de elverişli bir gelişim ortamı oluşturmaktadır. Sağlıklı bir hayvanın meme bezlerinden salgılanan süt başlangıçta steril özellik gösterse de sağım süreciyle birlikte çevresel kaynaklardan mikroorganizma kontaminasyonu meydana gelmektedir. Süte bulaşan bu mikroorganizmalar uygun koşullarda hızla çoğalarak sütün bileşiminde istenmeyen değişimlere neden olmakta ve dayanıklılığını azaltmaktadır. Buna karşılık, uygun işleme ve muhafaza koşullarının sağlanması mikroorganizma gelişimini sınırlandırabilmektedir. Bu nedenle süt sağımının hijyen kurallarına uygun şekilde gerçekleştirilmesi ve elde edilen sütün temiz ortamlarda toplanarak korunması büyük önem taşımaktadır (Kıvanç 2010).

Sütün kolay bozulabilir yapısı, tarihsel süreçte daha dayanıklı ve taşınabilir ürünlere dönüştürülmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda peynir, farklı hayvan türlerinden elde edilen sütlerin işlenmesiyle üretilen ve uzun yıllardır dünya genelinde yaygın olarak tüketilen önemli bir süt ürünü olarak öne çıkmaktadır (Kamber 2005, Koçak 2022).

2.2 Peynir

Sütün işlenerek peynir ve benzeri ürünlere dönüştürülmesi, hayvanların evcilleştirilmesiyle birlikte mümkün hale gelmiştir. Koyun, keçi ve sığırın farklı coğrafyalarda Neolitik dönemde evcilleştirilmesi, süt teknolojisinin gelişiminde belirleyici bir aşama olarak kabul edilmektedir (Anonim 2007). Koyunun Asya'da M.Ö. 8000'li yıllarda, keçinin Orta Doğu'da M.Ö. 7000'li yıllarda ve sığırın Anadolu ile Makedonya'da M.Ö. 6100–5800 yılları arasında evcilleştirildiği bildirilmektedir. Bu gelişmeler, sütün işlenmesine yönelik ilk uygulamaların ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Diğer yandan, Türk kültüründe süt ve süt ürünlerine ilişkin kavramların tarihsel süreçte erken dönemlerden itibaren yer aldığı görülmektedir. Kaşgarlı Mahmud tarafından 11. yüzyılda kaleme alınan Divânu Lügati't-Türk adlı eserde "süt kayuklandı" ifadesiyle sütün kaymaklanmasına değinilmekte, ayrıca peynirin "udma" ve "udhıtma" terimleriyle ifade edildiği belirtilmektedir. Bu durum, peynir ve benzeri süt ürünlerinin Türk toplumları tarafından uzun süredir bilindiğini ve kullanıldığını ortaya koymaktadır. Peynirin ilk kez ne zaman ve nerede üretildiğine dair kesin ve doğrudan bir kanıt bulunmamakla birlikte, yaklaşık 8000 yıl önce Mezopotamya ya da İndus Vadisi'nde çoban topluluklar tarafından üretildiği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, sütün tesadüfen ekşimesinin ardından bu sürecin bilinçli olarak uygulanmasıyla peynir üretiminin Avrasya coğrafyasında ortaya çıktığına yönelik görüşler de literatürde yer almaktadır. Ayrıca Kırgız, Tatar, Kalmuk, Tibetli ve Pers topluluklarının peynirle tanışmasının Babil ve İbrani uygarlıklarından daha eskiye dayanabileceği ileri sürülmektedir (Ünsal 1997).

Peynir, üretildiği bölgenin kendine özgü işlem basamaklarına bağlı olarak aroma, lezzet, doku ve şekil bakımından farklılık gösteren fermente bir süt ürünü grubudur. Dünya genelinde 1000'in üzerinde peynir çeşidi bulunduğu bilinmekte olup, bu çeşitliliğin oluşumunda pek çok etken rol oynamaktadır. Günümüzde üretim çoğunlukla modern ekipmanlar kullanılarak gerçekleştirilse de peynir çeşitliliğini belirleyen temel unsurlardan biri ülkelerin sosyo-kültürel yapısı ve bu yapının zaman içindeki değişimidir. Peynir, dünya mutfaklarında önemli bir yer tutmakta ve aynı zamanda toplumların kültürel mirasının bir parçası olarak kabul edilmektedir. Doğu ile Batı arasında köprü konumunda bulunan Türkiye'de ise her bölgeye özgü farklı yapı, şekil ve tat özelliklerine

sahip çok sayıda peynir çeşidi bulunmaktadır. Türkiye'de süt kaynağı olarak kullanılan hayvan türleri, coğrafi ve iklimsel koşullar ile uygulanan geleneksel ve teknolojik üretim yöntemlerine bağlı olarak 25'ten fazla yöresel peynir çeşidinin bulunduğu ifade edilmekte (Tekinşen 2000), bazı kaynaklarda ise bu sayının 39'a kadar ulaştığı belirtilmektedir (Adam 1974). Bununla birlikte, günümüzde henüz yeterince tanınmayan veya yok olma riski taşıyan çok sayıda yerel peynir çeşidinin varlığı da dikkat çekmektedir (Özkaya ve Gün 2007).

Peynir çeşitleri, sütün pıhtılaştırılma şekline bağlı olarak üç ana gruba ayrılmaktadır. Bunlardan ilki, dünya peynir üretiminde en geniş paya sahip olan ve peynir mayası kullanılarak üretilen peynirlerdir. Beyaz peynir, Kaşar, Tulum, Cheddar, Gouda ve Edam bu grupta yer almaktadır. İkinci grubu asit yardımıyla pıhtılaştıran peynir çeşitleri oluşturmaktadır. Quark, Cottage ve krem peyniri bu sınıfa örnek verilmektedir. Üçüncü grupta ise asit ve ısının birlikte uygulanmasıyla elde edilen peynirler bulunmaktadır. Ricotta, Lor, Çökelek, Civil, Ziger ve Sapsago bu yöntemle üretilen peynirler arasında sayılmaktadır. Asit ile pıhtılaştırılarak veya asit/ısı kombinasyonu uygulanarak üretilen peynirler genellikle taze olarak tüketilmektedir. Peynir mayası kullanılarak üretilen peynirlerin büyük bir bölümü ise belirli bir olgunlaşma sürecinden sonra tüketime sunulmaktadır. Birkaç haftadan birkaç yıla kadar değişebilen bu süreç boyunca peynirde kimyasal, biyokimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik değişimler meydana gelmektedir. Söz konusu değişimler sonucunda ise peynirlere özgü lezzet, koku, yapı ve doku özellikleri oluşmaktadır (Fox vd. 2015, Üçüncü 2018, Koçak 2022).

Peynirlerin sınıflandırılması, zaman içerisinde farklı yaklaşımlar doğrultusunda çeşitli ölçütlere dayandırılarak gerçekleştirilmiştir. Pıhtılaştırma tekniği, kullanılan süt kaynağı ve starter kültür özellikleri ile birlikte peynirin yapı özellikleri ve olgunlaşma davranışı değerlendirmeye alınmaktadır. Bunun yanı sıra toplam kuru madde ve nem oranı, yağ içeriği, kuru maddede yağ miktarı ile yağsız peynir kitlesindeki su düzeyi gibi bileşimsel parametreler de sınıflandırmada belirleyici rol oynamaktadır. Ek olarak üretim yöntemi ile peynirin coğrafi kökeni de dikkate alınan temel kriterler arasında yer almaktadır. (Üçüncü 2018, Koçak 2022).

Peynir; sahip olduğu zengin besin öğesi içeriği sayesinde insan beslenmesinde önemli bir yer tutmakta, özellikle yüksek biyoyararlılığa sahip proteinler ile kalsiyum ve fosfor gibi mineraller açısından değerli bir kaynak oluşturmaktadır. Bununla birlikte riboflavin ile A ve D vitaminlerini de içermesi, besleyici niteliğini daha da artırmaktadır. Esansiyel yağ asitleri ve amino asitler bakımından da yeterli düzeyde bileşenler barındıran peynir, kolay sindirilebilir olması nedeniyle hem doğrudan tüketimde avantaj sağlamakta hem de diğer besin öğelerinin sindirimine katkıda bulunmaktadır (Preedy vd. 2013).

Birçok süt ürünü uygun üretim ve depolama koşulları sağlandığında biyokimyasal, biyolojik ve kimyasal açıdan stabil bir yapı sergilerken, peynirler bu açıdan aktif bir yapıya sahiptir. Bu nedenle depolama sürecinde peynirlerde lezzet, tekstür ve fonksiyonel özellikler bakımından farklı düzeylerde değişimler meydana gelmektedir (Fox vd. 2017). Peynirin nem ve tuz içeriği, pH değeri ile mikrobiyal yapısı, olgunlaşma sürecinde gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonların seyrini belirleyen temel faktörler arasında yer almaktadır. Bu parametreler, ürünün aroma, lezzet, tekstür ve fonksiyonel özelliklerinin oluşumunda etkili olmaktadır. Bu nedenle peynirin nihai kalite özellikleri üretim basamaklarıyla şekillenmekte; çeşide özgü karakteristik tat, aroma ve doku özellikleri ise olgunlaşma evresinde belirginleşmektedir (Fox ve McSweeney 2017).

Peynir üretimi, temel olarak birkaç ana işlem basamağından oluşmaktadır. Bu süreçte süt önce pıhtılaştırılmakta, ardından oluşan pıhtı uygun boyutlarda kesilerek peynir altı suyunun ayrılması sağlanmaktadır. Elde edilen teleme daha sonra şekillendirilerek ürün formu kazandırılmaktadır (Şekil 2.1) (Koçak 2022). Ayrıca birçok peynir çeşidinde tuzlama ve olgunlaştırma gibi ilave işlemler de uygulanmaktadır. Üretim aşamaları, son ürünün istenen kalite özelliklerine göre farklı şekillerde düzenlenebilmektedir (Fox vd. 2017, Koçak 2022).

Çiğ süt ↓	• Uygun kalitede sütün seçimi • Ön hazırlık işlemleri (temizleme, standardizasyon, homojenizasyon) • Isıl uygulamalar (termizasyon/pastörizasyon)
Koagülasyon hazırlığı ↓	• $CaCl_2$ • Starter Kültür • Peynir mayası veya organik asit ilavesi • Gerekli katkı madde ilavesi
Pıhtı ↓	• Pıhtıyı kesme işlemi • Karıştırma işlemi • Asitlik oluşumu • Peynir altı suyunun uzaklaştırılması (sinerezis)
Teleme oluşumu ↓	• Asitlik gelişiminin sürdürülmesi • Uygulamaya özgü işlemler (örneğin haşlama) • Tuz ilavesi (ürüne bağlı olarak) • Kalıplama ile şekil verme • Baskılama (presleme)
Taze peynir ↓	• Son tuzlama işlemi • Gerektiğinde ikinci kültür ilavesi
Olgun peynir	• Kontrollü olgunlaştırma • Kaplama ve ambalajlama

Şekil 2.1 Peynir yapımında gerçekleştirilen başlıca proses aşamaları (Koçak 2022).

Türkiye'de peynir üretimi; geleneksel ev üretimi, küçük ölçekli mandıralar ve modern süt işleme tesisleri olmak üzere farklı üretim alanlarında gerçekleştirilmektedir (Badem 2021). Ülkemizde peynir üretiminde en yüksek üretim oranına Beyaz peynir sahip olup toplam üretimin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır. Kaşar peyniri yaklaşık %17'lik pay ile ikinci sırada yer alırken, Tulum ve Mihaliç peynirlerinin toplam üretimdeki oranı yaklaşık %12'dir. Kalan bölüm ise farklı yöresel peynir çeşitlerinden meydana

gelmektedir (Kamber 2005). Türkiye, sahip olduğu coğrafi çeşitlilik ve geleneksel üretim yöntemleri sayesinde oldukça zengin bir peynir kültürüne sahiptir. Ülkemizde geleneksel olarak üretilen peynir çeşitleri arasında Beyaz peynir, Kaşar peyniri, Tulum peyniri, Konya küflü (yeşil) peyniri, Kars gravyeri, Mihaliç peyniri, Dil peyniri, Van otlu peyniri, Edirne Ezine peyniri, Divle tulum peyniri, Erzurum civil peyniri, Karın kaymağı peyniri, Diyarbakır örgü peyniri ve İzmir tulum peyniri gibi birçok yöresel peynir yer almaktadır (Badem 2021).

2.2.1 Taneli Yumuşak Peynirler

Anadolu'nun pek çok bölgesinde uzun yıllardır üretilen ve toplumun ortak damak zevkinde yer edinmiş peynir çeşitleri arasında taze peynirler önemli bir yer tutmaktadır. Geleneksel peynir üretiminin en temel örnekleri olarak değerlendirilen bu ürün grubu, özellikle çökelek ve lor gibi basit yapılı peynirlerle benzer özellikler göstermektedir (Güllü 2022).

2.2.2 Taze Peynirler

Türkiye genelinde yaygın olarak üretilen ve minimum düzeyde işlem görmüş süt ürünleri arasında yer almaktadır. Bu ürünler çoğunlukla "köy peyniri" olarak adlandırılmakta olup, süt pıhtısının oluşumunu takiben telemenin kesilmesi ve süzülmesiyle elde edilmektedir. Olgunlaşma aşamasının uygulanmaması nedeniyle bu peynirlerde su içeriği yüksek kalmakta, buna bağlı olarak yapı yumuşak ve duyusal özellikler süt aromasının ön planda olduğu bir karakter göstermektedir. Genellikle düşük tuz içeriğine sahip olan bu ürünler, açık renkli ve yağlı bir yapı sergilemektedir. Yüksek nem oranı mikrobiyal gelişimi hızlandırdığından, bu peynirlerin depolama süresi sınırlıdır ve kısa sürede tüketilmeleri önerilmektedir. Beyaz peynir, bu grupta değerlendirilen başlıca örneklerden biridir (Güllü 2022).

Köy peynirinin üretim ve pazarlama süreçlerinde geleneksel ve ilkel özelliklerini büyük ölçüde koruması, standart bir üretim yönteminin bulunmaması ve piyasaya sunulan ürünler arasında belirgin kalite farklılıklarının görülmesi önemli sorunlar arasında yer

almaktadır. Ayrıca hijyenik olmayan koşullarda üretim ve satışın yapılması ile etkin bir kalite kontrol sisteminin bulunmaması, bu ürün grubuna ilişkin çözüm bekleyen başlıca problemler arasında değerlendirilmektedir (Kesenkas vd. 2012).

2.3 Laktik Asit Bakterilerinin Genel Özellikleri

LAB, çok uzun yıllardır fermente gıdaların bileşiminde yer alan ve özellikle gıda fermantasyonu sürecindeki işlevleriyle bilinen bir mikroorganizma grubudur. Bu bakteriler, fermantasyon sırasında gerçekleştirdikleri metabolik faaliyetler aracılığıyla gıdaların lezzet ve doku özelliklerini iyileştirmekte ve koruyucu etkileri sayesinde ürünlerin raf ömrünün uzatılmasında etkili olmaktadır (Adoh ve Enabulele 2025).

LAB, ilk kez 1873 yılında Joseph Lister tarafından sütten izole edilmiştir. İzole edilen bakteri başlangıçta "*Bacterium lactis"* adıyla tanımlanmıştır. Taksonomik gelişmeler doğrultusunda bu mikroorganizmanın adı daha sonra "*Streptococcus lactis*" ve ardından "*Lactococcus lactis"* olarak değiştirilmiştir. Başlangıçta LAB'ın yalnızca süt ortamında bulunduğu kabul edilmiştir. Daha sonraki çalışmalar, bu bakterilerin farklı çevresel ve gıda kaynaklarında da yaygın olduğunu göstermiştir (Axelsson ve Ahrné 2000).

LAB, Gram-pozitif, aerotolerant özellik gösteren ve uygun standart koşullar altında gelişebilen mikroorganizmalardır. Asidik ortamlara dayanıklı ve organotropik bir beslenme yapısına sahiptirler. Metabolizmaları çoğunlukla fermentatif karakterde olup, temel metabolik ürün olarak laktik asit üretmektedirler. Hücre morfolojileri genellikle kok veya çubuk şeklinde olup, çoğu tür hareketsizdir (König vd. 2017). Ayrıca, sınırlı biyosentetik yeteneklere sahip olmaları nedeniyle LAB, yüksek düzeyde azot kaynağı içeren ve karbonhidratlar, aminoasitler, vitaminler, mineraller bakımından zengin besin ortamlarına ihtiyaç duymaktadırlar (Holzapfel ve Wood 2014, Cubas-Cano vd. 2018).

LAB'ın farklı çevresel ortamlarda yaygın olarak bulunabilmesi, yüksek tuz konsantrasyonlarına (%25 NaCl), geniş bir sıcaklık aralığına (0–50 °C), asidik ve bazik pH koşullarına (pH 2,8–9,6) ile farklı safra tuzu düzeylerine uyum sağlayabilme yetenekleriyle ilişkilendirilmektedir. Bu mikroorganizmalar hücresel morfoloji açısından

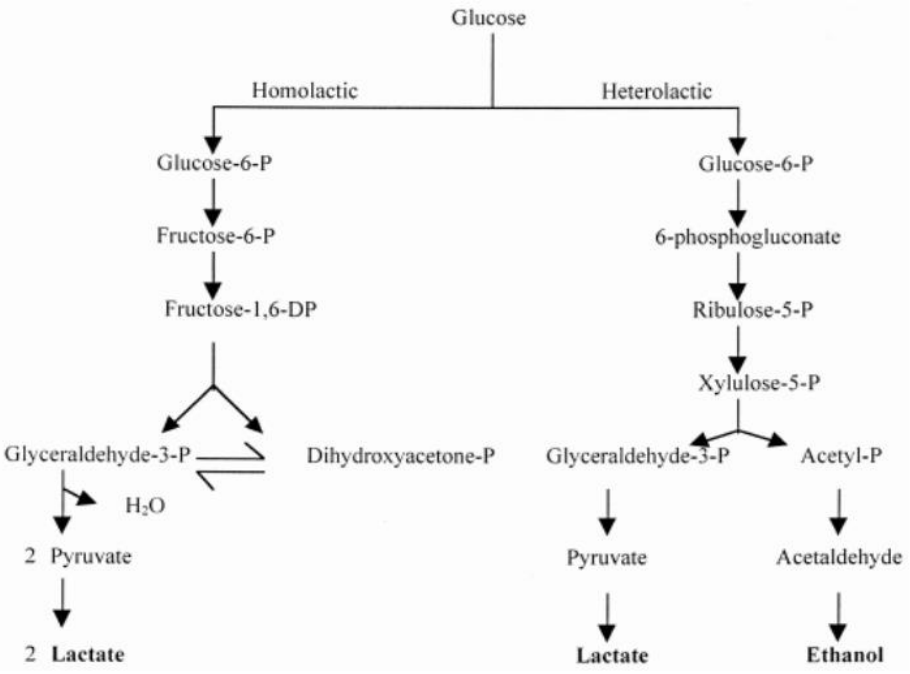
kok, çomak veya ovoid formda gözlenebilmekte olup, gelişim gösterdikleri sıcaklık aralıklarına bağlı olarak mezofilik ya da termofilik özellikler sergilemektedir (Darsanaki vd. 2013).

Bu mikroorganizmalar, süt ve süt ürünleri ile bitkisel materyallerde yaygın olarak bulunmakta; bunun yanı sıra insan ve hayvanların bağırsak sisteminde doğal mikrobiyota üyesi olarak yer almaktadır. Ayrıca et ve et ürünleri, sebzeler, deniz ürünleri ve fırıncılık ürünleri gibi çeşitli gıdalardan izole edilebildikleri gibi toprak, su, gübre ve atık su gibi çevresel ortamlarda da tespit edilmektedir (Fernández-Pérez vd. 2018, Wayah ve Philip 2018).

LAB'ın farklı türleri, insan vücudunda çeşitli anatomik bölgelerde doğal mikrobiyota bileşeni olarak bulunabilmektedir. Oral streptokoklar ağız ve nazofaringeal mukozada yer alırken, bifidobakteriler, enterokoklar ve bazı laktobasil türleri bağırsak mikrobiyotasında; belirli laktobasiller ise vajinal mikrobiyotada baskın olarak görülmektedir. Normal fizyolojik koşullar altında bu mikroorganizmalar apatojenik nitelik taşımakta ve konak sağlığına olumlu katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, doğal olarak yer almamaları gereken vücut bölgelerinde kolonize olmaları durumunda patojenik özellik kazanabilmektedirler. Bu bağlamda, özellikle enterokoklar ve hemolitik streptokoklar dikkat çeken mikroorganizmalar arasında yer almaktadır (Teuber 2008).

LAB, gıdaların bozulmasında rol oynayan mikroorganizmalar üzerinde baskılayıcı etki göstermelerinin yanı sıra, sentezledikleri çeşitli antimikrobiyal bileşikler aracılığıyla insanlarda hastalığa neden olan patojen mikroorganizmalara karşı da antagonistik etki sergilemektedir. Bu nedenle, LAB faaliyetleri sonucunda elde edilen fermente gıdalar, mikrobiyal kaynaklı hastalıklar açısından değerlendirildiğinde insan sağlığı için daha güvenilir gıdalar olarak kabul edilmektedir (Ertekin 2007). Ayrıca, LAB'ın insan ve hayvan sağlığı açısından zararsız kabul edilmeleri nedeniyle GRAS (Generally Recognized as Safe) statüsünde yer aldığı ve Avrupa Birliği tarafından QPS (Qualified Presumption of Safety) kapsamında güvenilir mikroorganizmalar olarak tanımlandığı bildirilmektedir (Crowley vd. 2013).

LAB, genetik ve fizyolojik özelliklerindeki farklılıklara bağlı olarak glikoz metabolizmasında farklı biyokimyasal yollar izlemekte ve bu doğrultuda çeşitli son ürünler oluşturmaktadır. Homofermentatif LAB, glikozu Embden–Meyerhof–Parnas (EMP) yolu üzerinden metabolize ederek temel ürün olarak laktik asit ve CO_2 meydana getirmektedir. Heterofermentatif LAB ise glikozu heksoz monofosfat (HMP) yolu aracılığıyla parçalamakta ve laktik aside ek olarak etanol, asetik asit ve CO_2 gibi yan ürünler üretmektedir. Laktik asit bakterileri tarafından sentezlenen laktik asit miktarı ise türler arasında farklılık gösterebilmektedir (Evren vd. 2011, Wood ve Holzapfel 1995).



Şekil 2. 2 LAB'ın glikoz metabolizması (Caplice ve Fitzgerald 1999).

Firmicutes filumu içerisinde yer alan LAB, ilk dönem taksonomik sınıflandırmalarda *Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus* ve *Streptococcus* olmak üzere dört ana cins altında değerlendirilmiştir. Ancak moleküler temelli yeniden sınıflandırma çalışmaları sonucunda, bu grubun günümüzde 17 farklı cinsi kapsadığı bildirilmektedir. Bu cinsler; *Aerococcus, Alloiococcus, Carnobacterium, Dolosigranulum, Enterococcus, Globicatella, Lactobacillus, Lactococcus, Lactosphaera, Leuconostoc, Mlissococcus, Oenococcus, Pediococcus, Streptococcus, Tetragenococcus, Vagococcus* ve *Weisella* olarak tanımlanmaktadır (Crowley vd. 2013, Mokoena 2017). *Lactobacillus* cinsi, LAB arasında en fazla türe sahip olan cinstir (Mokoena 2017, Gao vd. 2019).

Fermente gıdaların üretiminde, *Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Pediococcus, Oenococcus, Enterococcus* ve *Streptococcus* cinsleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Bircan 2013, Nuryana vd. 2019).

Güncel çalışmalarda, LAB'ın cins, tür ve alt tür düzeyinde tanımlanmasında moleküler temelli yaklaşımlar ön plana çıkmıştır. %G+C içeriği, gen ürünlerinin elektroforetik profilleri, DNA–DNA hibridizasyonu ve ribozomal RNA dizileme gibi yöntemler, taksonomik sınıflandırmada daha hassas değerlendirmeler yapılmasına imkân sağlamaktadır. Ancak, 16S ribozomal RNA (rRNA) dizi analizine dayalı sınıflandırmalarda, bazı fenotipik özelliklerin filogenetik ilişkilerle tam olarak örtüşmediği de ortaya konmuştur (Holzapfel vd. 2001, Gao vd. 2019).

2.3.1 Süt Teknolojisinde Öne Çıkan Bazı Laktik Asit Bakterileri

2.3.1.1 *Lactococcus*

Lactococcus cinsi bakteriler homofermantatif özellik gösteren, hareketsiz, spor oluşturmayan, tekli, ikili ya da kısa zincir halinde bulunan Gram pozitif bakterilerdir. 10°C ve 40°C' de gelişim gösterebilmekte ancak 45°C'de gelişim gösterememektedirler. Mezofilik özellikte olup optimum gelişme sıcaklıkları 30°C'dir. Genomik G+C içerikleri yaklaşık %35 düzeyindedir. Laktokoklar genel olarak %4 NaCl konsantrasyonunda gelişimlerini sürdürebilirken, %6,5'in üzerindeki tuz konsantrasyonunda gelişemezler. Sadece *L. lactis* subsp. *cremoris* %2 tuzu tolere edebilmektedir. Bu bakteriler glikozu metabolize ederek başlıca son ürün olan laktik asit üretirler (Kok vd. 2005, Kim 2014, Kazou 2022, Kondrotiene vd. 2024).

Süt kökenli laktokoklar arasında yer alan *L. lactis* subsp. *lactis* ve *L. lactis* subsp. *cremoris* suşlarının, genellikle çiğ süt ve ısıl işlem görmemiş peynirlerden izole edildiği ve peynir üretiminde starter, yardımcı kültür ile aroma geliştirici kültür olarak önemli bir kullanım potansiyeline sahip olduğu bilinir (Smith vd. 2005, Cavanagh vd. 2015). *L. lactis* subsp. *lactis* suşlarının starter kültür olarak seçiminde en önemli kriter asidifikasyon kapasitesidir. Bu nedenle hızlı asit üreten suşlar daha yaygın tercih

edilirken, düşük veya orta düzeyde asit üreten suşlar ancak ek teknolojik özellikler taşımaları durumunda kullanılmaktadır. Bununla birlikte, sadece başlangıçtaki asit üretimi değil, depolama süresince devam eden asit oluşumu da ürün kalitesi açısından önemli bir faktördür (Li vd. 2020, Kazou 2022, Kondrotiene vd. 2024). Laktokoklar, süt fermantasyonu sırasında laktozu homofermentatif yolla laktik aside dönüştürerek enerji sağlar ve bu süreç sonucunda ortam pH'sı hızla düşer. Meydana gelen bu asidifikasyon, yalnızca mikrobiyal dengeyi etkilemekle kalmayıp, aynı zamanda proteoliz ve diğer metabolik reaksiyonlar üzerinden aroma bileşenlerinin oluşumuna da katkı sağlamaktadır (Smit vd. 2005).

Ticari başlangıç kültürü olarak yaygın biçimde kullanılan *L. lactis* suşları; laktozu fermente edebilme, proteolitik aktivite gösterme, ekzopolisakkarit ve aroma bileşenleri üretme gibi önemli özelliklere sahiptir. Bu suşlar özellikle gıda endüstrisinde bozulmaya neden olan, gıda kaynaklı patojen mikroorganizmaların gelişimini engelleme veya azaltma yetenekleriyle de öne çıkmaktadır. Söz konusu antimikrobiyal etki; başta organik asitler olmak üzere hidrojen peroksit, etanol, diasetil, karbondioksit ve bakteriyosin gibi çeşitli antimikrobiyal bileşiklerin üretimi sayesinde ortaya çıkmaktadır (Li vd. 2020, Kondrotiene vd. 2024, Jawan vd. 2021).

L. lactis suşları yalnızca süt ve süt ürünleri ile sınırlı olmayıp, çeşitli bitkisel ve çevresel kaynaklarda da yaygın olarak bulunmaktadır. Bu kapsamda lahana, marul, mısır, fasulye, bezelye, buğday kepeği, kavun, yonca, patates, salatalık ve çim gibi bitkisel materyallerin yanı sıra, su, toprak ve özellikle bazı balık türleri gibi hayvansal ortamlardan da izole edilebilmektedir. Bununla birlikte, süt dışı kaynaklardan elde edilen laktokokların, süt kökenli suşlara kıyasla bazı önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmektedir. Bu farklılıklar arasında kazeinleri parçalayamama, laktoz üzerinde düşük asidifikasyon kapasitesi, sınırlı amino asit ototrofisi ve buna karşılık daha yüksek düzeyde antimikrobiyal bileşik üretimi yer almaktadır (Kim 2014, Kazou 2022).

2.3.1.2 *Lactobacillus*

LAB grubunun en geniş cinsi olan *Lactobacillus*; Gram-pozitif, spor oluşturmayan, çubuk (basil) formunda ve katalaz negatif özellik gösteren mikroorganizmalardır. Gelişimleri için ideal sıcaklık aralığı 30-40°C olan bu bakteriler, mikroaerofilik veya anaerobik karakterdedir ve %5 CO_2'li ortamlarda üreyebilirler. Hafif asidik koşullarda *Streptococcus* cinsine kıyasla daha hızlı çoğalarak yüksek miktarda laktik asit üreten laktobasiller, ortam pH'ını 3 seviyelerine kadar düşürebilme yeteneğine sahiptir. Ayrıca yüksek proteolitik aktivite sergileyen bu türler; toprak, bitki ve süt ürünlerinin yanı sıra bağırsak florasında da yaygın olarak bulunmakta; et, süt ve sebze fermantasyonu süreçlerinde teknolojik açıdan kritik bir rol oynamaktadır (Yörük 2011, İbrahim 2016).

Lactobacillus türleri, ürettikleri bileşiklerle (diasetil, H_2S, aminler) fermente gıdaların duyusal kalitesine katkıda bulunurken, aynı zamanda probiyotik nitelikleriyle insan sağlığını desteklemektedir. Bununla birlikte, bu grubun bakteriyosin sentezleme yeteneği, gıdalarda istenmeyen mikrobiyal florayı baskılayarak doğal bir muhafaza yöntemi sunmaktadır (König 2009, Martinez 2005).

Taksonomik olarak geniş bir çeşitlilik sunan *Lactobacillus* türleri, karbonhidrat metabolizmalarındaki farklılıklara dayalı olarak üç ana grup altında sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma; zorunlu homofermentatif, fakültatif heterofermentatif ve zorunlu heterofermentatif türleri kapsamakta ve suşların fermantasyon yeteneklerini tanımlamada temel teşkil etmektedir (İbrahim 2016).

Zorunlu homofermentatif *Lactobacillus* türleri, karakteristik olarak termofil bir yapı sergilemekte ve 40°C civarındaki sıcaklıklarda optimum gelişim göstermektedir. Bu mikroorganizmalar, düşük sıcaklıklara 10°C altı gelişim gösteremez ve %3 seviyelerine kadar laktik asit üretme kapasitesine sahiptirler. Karbonhidrat metabolizmasında seçici davranan bu türler; heksoz şekerlerini temel olarak laktik aside dönüştürürken, pentoz şekerleri ve glukonatları fermente edemezler (Şen vd. 2004, Tunail 2009). *L. helveticus*, peynir üretiminde tercih edilen önemli laktik asit bakterilerinden biri olup, özellikle çiğ süt ve bu sütten elde edilen ürünlerde yaygın olarak izole edilmektedir. Bu

mikroorganizma fermente ürünlerde oluşabilecek acı tatların azaltılmasına katkı sağlarken, aynı zamanda ürüne karakteristik fındıksı aromaların kazandırılmasında rol oynamaktadır. Termofilik özellik gösteren bu bakteri, yüksek sıcaklıklara dayanıklılığı sayesinde 55 °C'ye kadar gelişim gösterebilmektedir. Ayrıca, süt kaynaklı laktik asit bakterileri arasında güçlü proteolitik aktiviteye sahip olması sebebiyle diğer laktik asit bakterilerinden ayrılmaktadır (Garbowska vd. 2021, Oberg vd. 2022, Kiernan vd. 2000, Quigley vd. 2013, Callanan vd. 2008). Bu grubun üyeleri; *L. helveticus, L. acidophilus, L. salivarius* ve *L. delbrueckii*'dir (İbrahim 2016).

Fakültatif heterofermentatif *Lactobacillus* türleri, 30°C'de en iyi gelişimi gösteren ve şeker kaynağına göre fermantasyon ürünlerini çeşitlendirebilen bakterilerdir. Heksoz varlığında %1,5 oranında laktik asit üretimi gerçekleştirirken, glikoz bulunmadığında etanol, asetik asit ve formik asit gibi metabolitler de sentezleyebilirler (Şen vd. 2004, Tunail 2009). Bu grubun üyeleri*; L. casei, L. curvatus, L.plantarum, L. sakei*'dir (İbrahim 2016).

Zorunlu heterofermentatif *Lactobacillus* türleri, metabolik özellikleri bakımından diğer gruplardan farklılık göstermektedir. Bu grup içerisinde, gıdalarda bozulmalara neden olabilen türler de yer almaktadır. Bu bakteriler, karbonhidrat fermentasyonu sırasında yalnızca laktik asit üretmekle kalmayıp, aynı zamanda asetik asit başta olmak üzere çeşitli organik asitler, etanol ve CO_2 gibi yan ürünler de üretirler (Şen vd. 2004, Tunail 2009). Bu grubun üyeleri; *L. brevis, L. buchneri, L. fermentum, L. reuteri*'dir (İbrahim 2016).

2.3.1.3 *Leuconostoc*

Zorunlu heterofermentatif koklar arasında yer alan *Leuconostoc* türleri; gram poztif, mezofilik (25°C), hareketsiz ve aerotolerant bir yapıya sahiptir. Enerji metabolizmaları için kompleks bir besinsel ortama (karbonhidrat, amino asit ve vitaminler) gereksinim duyan bu bakteriler, morfolojik olarak çiftli veya zincir formunda bulunurlar. Özellikle süt endüstrisinde kritik bir öneme sahip olan *L. cremoris*, fermente ürünlerde arzu edilen aroma maddelerinin oluşumunu sağlarlar (Endo vd. 2022).

Doğal olarak bitki florasında ve süt mikrobiyotasında bulunan *Leuconostoc* cinsi, gıda sanayisinde süt ürünlerinde reolojik ve duyusal karakteristiklerini geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Heterofermantatif metabolizması sayesinde karbonhidratları parçalayarak laktik asidin yanı sıra CO_2, etanol ve asetaldehit gibi metabolitleri üretirler. Özellikle sitrat metabolizması üzerinden gerçekleştirdiği diasetil üretimi, süt ürünlerine özgün aroma profilini kazandırırken açığa çıkardığı karbondioksit gazı ise belirli peynir çeşitlerinde arzu edilen gözenekli yapının oluşumunu sağlar (Cardamone vd. 2011). Doğal sebze fermantasyonlarının başlatılmasında kritik rol oynayan *Leuconostoc*'lar (Kazancıgil 2018), dekstran üretim kapasiteleri sayesinde ekonomik değeri yüksek mikroorganizmalar arasında yer almaktadır (Sade 2011).

2.3.1.4 *Pediococcus*

Gram pozitif ve katalaz negatif özellik gösteren *Pediococcus* cinsi bakteriler, 25-40°C sıcaklık aralığında ve pH 6,0-6,5 değerlerinde en iyi gelişimi gösterirler. %5,5 tuz oranına sahip ortamlarda üreyebilirler. Morfolojik olarak pürüzsüz, yuvarlak ve grimsi beyaz renkli kolonilerdir (Raccach 2014).

P. damnosus tarafından sentezlenen diasetil ve asetoin gibi bileşikler, özellikle bira üretiminde istenmeyen aroma oluşumuna neden olmakta ve bu durum ürün kalitesini olumsuz etkileyerek endüstriyel kayıplara yol açmaktadır (Gupta ve Sharma 2017). *Pediococcus* türleri, peynir olgunlaşma sürecinde rol oynayan ve starter olmayan laktik asit bakterileri (NSLAB) olarak tanımlanan mikrobiyal topluluğun önemli bileşenleri arasında yer almaktadır (Gothandam ve Kadirvelu 2018). *P. acidilactici* türüne ait bazı suşların sentezlediği ve pediosin olarak bilinen bakteriyosinler, gıdaların raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyolojik güvenliğini sağlamak amacıyla doğal koruyucu ajanlar olarak kullanılmaktadır (Immerstrand vd. 2010, Gupta ve Sharma 2017, Zare vd. 2017).

2.3.1.5 *Streptococcus*

Streptococcaceae familyasında yer alan; Gram pozitif, katalaz negatif ve fakültatif anaerob özellik gösteren mikroorganizmalardır. Bu cins içerisinde bulunan bazı türler

mikroaerofilik özellik gösterir (Ektik 2022). Birçok *Streptococcus* türü insan ve hayvanlar için patojeniktir ve *S. pyogenes* ile *S. pneumoniae* en önemli patojenlerdir. Morfolojik olarak çiftler veya zincirler halinde görünürler. Besinsel gereksinimleri açısından seçicidirler (Abachi vd. 2016). *S. thermophilus* suşlarının, patojen streptokoklarla fenotipik ve genotipik benzelikler gösterse de patojenite sergilememesi nedeniyle güvenli mikroorganizmalar sınıfında yer alırlar (Erikli 2024). *S. thermophilus, Streptococcus* cinsi içinde gıda fermentasyonlarında kullanılan tek tür olup, özellikle yoğurt üretiminde starter kültür olarak yer almaktadır (Fox vd. 2017).

2.3.1.6 *Bifidobacterium*

İlk kez 1899 yılında anne sütüyle beslenen bir bebeğin dışkısından izole edilen *Bifidobacterium* cinsi, insan gastrointestinal sisteminin temel taşlarından biridir. Gram pozitif, anaerobik ve spor oluşturmayan bu mikroorganizmalar, taze kültürlerinde sergiledikleri karakteristik "V" ve "Y" benzeri dallanmış çubuk morfolojisiyle ayırt edilirler. Gelişimleri için 37–41°C sıcaklık ve 6,5–7,0 pH aralığı optimal koşulları sağlar. Doğumdan kısa süre sonra bağırsak kanalına yerleşen bu bakteriler, konakçının yaşamı boyunca mikrobiyotadaki varlığını korur (O'Callaghan ve Van Sinderen 2016). *Bifidobacterium* cinsine ait bakteriler, insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri ve günlük diyete katkıları nedeniyle probiyotik mikroorganizmalar arasında yer almakta ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Fenderya ve Akalın 2003).

2.3.1.7 *Enterococcus*

Enterecoccus cinsi bakteriler yüksek tuz konsantrasyonu (%6,5) ve pH 9,6'da üreyebilirler. 10-45°C geniş bir sıcaklık aralığında gelişim gösterirler (Doming vd. 2003). Bakteriyosin üretme kapasitesine sahip olmaları nedeniyle, *Enterococcus spp*. türlerinin gıda sanayisinde probiyotik ya da starter kültür olarak kullanımı yaygınlaşmıştır (Abriouel vd. 2005). Bazı peynir çeşitlerinde arzu edilen aroma bileşenlerinin oluşumu ve olgunlaşmanın geliştirilmesinde *Enterecoccus* cinsi yardımcı kültür olarak da kullanılmaktadır (İşevi 2011, Wu vd. 2019).

2.3.2 *Lactococcus* ve *Lactobacillus* Cinsi Arasındaki Farklar

Lactobacillus ve *Lactococcus* cinsine ait bakteriler, LAB içerisinde önemli bir yere sahip olmakla birlikte, morfolojik, fizyolojik ve teknolojik özellikleri açısından belirgin farklılıklar göstermektedir. *Lactobacillus* türleri çubuk (basil) formunda, gram pozitif, spor oluşturmayan ve katalaz negatif mikroorganizmalar olup genellikle hareketsiz olmakla birlikte bazı türlerinde peritrik flagella varlığına bağlı hareket gözlenebilmektedir. Bu bakteriler 2–53°C gibi geniş bir sıcaklık aralığında gelişebilmekte ve optimum gelişme sıcaklıkları 30–40°C arasında değişmektedir. Mikroaerofilik ya da anaerob özellik gösterebilen *Lactobacillus* türleri, yüksek proteolitik aktiviteleri sayesinde özellikle peynir olgunlaşma sürecinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca homofermentatif, heterofermentatif ve fakültatif heterofermentatif türleri içermesi, metabolik çeşitliliklerini artırmaktadır. Doğal olarak süt ürünleri, bitkisel materyaller, toprak ve bağırsak florasında yaygın şekilde bulunmakta ve fermente gıda üretiminde geniş kullanım alanına sahiptir (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Lactococcus türleri, kok (yuvarlak) formda, gram pozitif, spor oluşturmayan, katalaz negatif ve hareketsiz bakteriler olup genellikle çiftler veya kısa zincirler halinde bulunmaktadır. Fakültatif anaerob ve mikroaerofilik özellik gösteren bu bakteriler, 10°C'de gelişebilmekte ancak 45°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda gelişim göstermezler (Tokatlı 2013). Genellikle homofermentatif metabolizmaya sahip olan *Lactococcus* türleri, laktozu fermente ederek hızlı bir şekilde laktik asit üretmekte ve bu sayede ortam pH'sının kısa sürede düşmesini sağlamaktadır (Smith vd. 2005). Bununla birlikte proteolitik aktiviteleri sınırlı olup büyüme için gerekli bazı besin öğelerini ortamdan temin etme gereksinimi duymaktadırlar. Özellikle süt ve süt ürünlerinde yaygın olarak bulunan bu türler, starter kültür olarak gıda endüstrisinde büyük öneme sahiptir. Ayrıca bazı *Lactococcus* türlerinin nisin gibi bakteriyosinler üretebilmesi, bu bakterilere antimikrobiyal açıdan önemli bir avantaj sağlamaktadır (Stiles ve Holzapfel 1997).

2.4 Laktik Asit Bakterileri Tarafından Üretilen Metabolitler

Gıdaların korunmasında laktik asit bakterilerinin fermantasyon sürecinde oluşturduğu antimikrobiyal bileşiklerden yararlanılması, geçmişten günümüze uzanan köklü bir uygulamadır. Bu mikroorganizmalar, bulundukları ortamda diğer mikroorganizmalarla rekabet edebilmek amacıyla çevresel koşulları dönüştürmek istemektedirler. Bu süreçte karbonhidratları metabolize ederek düşük molekül ağırlıklı çeşitli bileşiklerin oluşumunu sağlamaktadırlar. Ortaya çıkan laktik ve asetik asit başta olmak üzere organik asitler, diasetil, hidrojen peroksit, reuterin ve bakteriyosinler; gıdalarda bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini engelleyerek ürünlerin mikrobiyolojik kalitesinin korunmasına ve raf ömrünün uzatılmasına katkı sağlamaktadır (Ouwehand ve Vesterlund 2004, Wood ve Holzapfel 1995).

2.4.1 Organik Asitler

LAB tarafından gerçekleştirilen fermentasyon süreci, organik asitlerin ortamda birikmesi ve buna bağlı olarak pH değerinin düşmesi ile karakterize edilmektedir. Fermentasyon sırasında oluşan organik asitlerin türü ve miktarı; kullanılan mikroorganizma türüne, kültür bileşimine ve gelişme koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Lindgren ve Dobrogosz 1990, Yang 2000). Organik asitlerin antimikrobiyal etkisi, esas olarak ortam pH'sını düşürmeleri ve ayrışmamış formda bulunabilmeleri ile ilişkilidir (Gould 1991, Podolak vd. 1996, Yang 2000). Düşük pH koşullarında, ayrışmamış formdaki organik asitler lipofilik özellikleri sayesinde hücre zarını kolaylıkla geçebilmekte ve hücre içerisine difüze olabilmektedir (Kashket 1987, Yang 2000). Hücre içerisine giren bu bileşikler, sitoplazmik pH'nın düşmesine neden olarak hücre içi dengeyi bozmakta; ayrıca elektrokimyasal proton gradyanını etkileyerek hücre zarının geçirgenliğinde değişimlere yol açmaktadır. Bu durum, mikroorganizmaların besin alımı ve metabolik faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyerek gelişimlerinin inhibe edilmesine neden olmaktadır (Smulders vd. 1986, Earnshaw 1992, Yang 2000).

Laktik asit, gıda endüstrisinde hem teknolojik hem de koruyucu özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılan önemli bir organik asittir. Ortam pH'sını düşürerek asidik bir

yapı oluşturması, tamponlama etkisi göstermesi, ürüne özgü tat ve aroma gelişimine katkı sağlaması ve mikrobiyal bozulmayı engellemesi başlıca fonksiyonları arasında yer almaktadır. LAB'ın temel metabolitlerinden biri olan laktik asit, ortamın asitlik derecesine bağlı olarak iyonize formda veya moleküler (ayrışmamış) yapıda bulunur. Ayrışmamış formdaki laktik asit, lipofilik karakteri sayesinde sitoplazma membranından kolayca sızarak hücre içerisine nüfuz eder. Sitoplazmaya ulaşan bu asit, hücre içindeki pH dengesini bozarak asitleşmeye yol açar. Bu formdaki laktik asit, mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etki göstermektedir (Reis vd. 2012, Yalgın 2022).

LAB tarafından heterofermentatif yolla üretilen asetik asit ve propiyonik asit, hücre zarlarıyla etkileşime girerek hücre içi pH'ın düşmesine yol açarlar. Hücre iç ortamının asidik hale gelmesi, mikroorganizmaların enzimatik ve metabolik aktivitelerini sınırlandırmakta; ayrıca protein yapısında meydana gelen denatürasyon ile birlikte antimikrobiyal etkiyi güçlendirmektedir (Yang 2000).

Asetik asidin antimikrobiyal etki spektrumu laktik aside kıyasla daha geniş olduğu bilinmektedir. Bu iki organik asit bir arada kullanıldığında ise aralarında güçlü bir sinerjik etkileşim meydana gelmektedir. Söz konusu sinerjinin, Gram negatif bir patojen olan *Salmonella typhimurium*'un büyümesini etkili bir şekilde inhibe etmektedir. Genel olarak mikroorganizmaların sergiledikleri fizyolojik tepkiler, ortamdaki asidite düzeyine ve asitlerin kombinasyonuna göre değişkenlik göstermektedir (Stoyanova vd. 2012).

Propiyonik asit, gıdalarda başta küfler olmak üzere istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini engellemek amacıyla kullanılan etkili bir antimikrobiyal bileşiktir. Aynı zamanda gram pozitif ve gram negatif bakteriler üzerinde inhibe edici etki göstererek mikrobiyal yükün azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bu özellikleri nedeniyle özellikle peynir, tereyağı ve fırıncılık ürünlerinde küf oluşumunu kontrol etmek amacıyla kullanılırken; meyve suları ve bazı taze meyvelerde ise bakteri ve maya gelişimini önlemek için kullanılmaktadır (Reis vd. 2012, Kaya 2022).

2.4.2 Hidrojen peroksit (H_2O_2)

LAB, aerobik koşullarda flavoprotein oksidazlar veya NADH peroksidaz enzimleri aracılığıyla H_2O_2 sentezlemektedir. Bu metabolitin antimikrobiyal işlevi, sülfhidril gruplarının oksidasyonuna bağlı olarak gelişen enzim denatürasyonu ve membran lipid peroksidasyonu sonucu artan hücre geçirgenliği ile gerçekleştirilmektedir. Ek olarak H_2O_2, DNA yapısına doğrudan zarar verme yeteneğine sahip olan süperoksit (O_2^-) ve hidroksil (OH^-) gibi bakterisidal serbest radikallerin öncül bileşiği olarak rol oynayabilmektedir (Byczkowski ve Gessner 1988, Yang 2000).

H_2O_2, güçlü oksitleyici özelliği sayesinde hem vejetatif hücreler hem de spor formundaki birçok mikroorganizma üzerinde öldürücü etki gösterebilmektedir. Laktobasiller, gelişme süreçleri boyunca farklı metabolik yollar aracılığıyla H_2O_2 sentezleyebilmektedir. Bu bakterilerin katalaz enzimine sahip olmaması, oluşan H_2O_2'nin ortamda parçalanmadan birikmesine ve böylece antimikrobiyal etkinin ortaya çıkmasına katkı sağlamaktadır. H_2O_2'nin bu antagonistik etkisinin özellikle *S. aureus* ve *Pseudomonas spp.* gibi önemli mikroorganizmalar üzerinde belirgin olduğu bildirilmektedir (Daeschel 1989, Ünlütürk 1999, Evren vd. 2006).

2.4.3 Diasetil

LAB'ın metabolik faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan son ürünlerden birisidir ve sitratın pirüvat üzerinden metabolize edilmesi sırasında oluşmaktadır. Bu bileşiğin üretimi, özellikle düşük asitlik koşullarında maksimum düzeye ulaşmaktadır. Tereyağı aromasının oluşumunda temel bileşenlerden biri olan diasetil, gıdalarda daha çok aroma verici olarak kullanılmaktadır. Bu bileşiğin mayalar ve Gram pozitif mikroorganizmalar üzerinde 200 mg/ml konsantrasyonda, laktik asit bakterisi dışındaki Gram pozitif bakterilerde ise 300 mg/ml seviyesinde gelişimi durdurucu bir etki sergilediği bildirilmiştir (Evren vd. 2006). Çeşitli LAB tarafından sentezlenmekte olup özellikle *Streptococcus, Leuconostoc, Lactobacillus* ve *Pediococcus* türlerinde yaygın olarak görülmektedir (Çon ve Gökalp 2000). Başta Gram negatif bakteriler (*Salmıonella*, *Yersinia*, *Escherichia* ve *Aeromonas*)

olmak üzere, *Bacillus* cinsine ait Gram pozitif bakterilere de karşı etkilidir (Stoyanova vd. 2012).

2.4.4 Reuterin

Düşük molekül ağırlığına sahip ve suda kolayca çözünebilen reuterin, heterofermentatif karakterdeki *Lactobacillus reuteri* tarafından üretilen önemli bir metabolittir. Geniş spektrumlu antimikrobiyal etkiye sahip olan bu bileşiğin; *Salmonella, Shigella, Clostridium, Staphylococcus, Listeria* gibi bakterilerin yanı sıra *Candida* ve *Trypanosoma* gibi mikroorganizmaların gelişimini baskıladığı bildirilmektedir (Evren vd. 2006). Gıda sistemlerinde güçlü antimikrobiyal aktivitesi ve işleme koşullarına karşı yüksek stabilite göstermesi sayesinde gıda koruyucu olarak büyük bir potansiyele sahiptir (Sun vd. 2022).

2.4.5 Bakteriyosinler

Bakteriyosinler, bakteriler tarafından ribozomal yolla sentezlenen ve rekabet ortamında diğer mikroorganizmaların gelişimini baskılamak veya onları inhibe etmek amacıyla üretilen peptit yapılı antimikrobiyal bileşiklerdir. Bu bileşikler genel olarak katyonik karakterde, amfifilik özellikte ve çoğunlukla ısıya karşı dayanıklıdır. Bakteriyosinlerin antimikrobiyal etki spektrumları ve etkinlik düzeyleri önemli ölçüde farklılık gösterebilmekte olup, çoğu yalnızca yakın akraba bakterilere karşı etkili olurken, bazıları farklı cinslere ait mikroorganizmalar üzerinde de inhibitör etki gösterebilmektedir (Nes vd. 2014).

Bir bakteriyel ürünün bakteriyosin olarak tanımlanması için belirli temel özellikleri taşıması gerekmektedir. Biyolojik açıdan aktif bir proteine sahip olması, bakterisit özellik göstermesi, dar bir inhibisyon spektrumuna sahip olması ve spesifik hücre reseptörlere bağlanabilmelidir. Bakteriyosin üretimi ile üretici hücrenin bu bileşiğe karşı geliştirdiği bağışıklık mekanizması çoğunlukla plazmid kökenli genetik determinantlara bağlı olmalıdır. Bunun yanı sıra üretim sürecinin lethal biyosentez yoluyla gerçekleşmesi gerekmektedir (Evren vd. 2006).

Bakteriyosin ve antibiyotikler bazı ortak yönlere sahip olmalarından dolayı sıklıkla karıştırılmaktadır. Yapısal ve işlevsel farklılıkları nedeniyle bu iki kavramın aynı anlamda kullanılması uygun değildir. Bakteriyosinler ve antibiyotikler arasındaki temel farklılıklar; sentezlenme yolları, etki mekanizmaları, antimikrobiyal etki spektrumları, toksik etkileri ve direnç gelişim özelliklerinin birbirinden farklı olmasına dayanmaktadır (Cleveland vd. 2001, Vust ve Leroy 2007). Antibiyotikler ve bakteriyosinler arasındaki ayırt edici özellikler aşağıda verilmiştir (Perez vd. 2014, Malik vd. 2016):

- Bakteriyosinler ribozomal yolla sentezlenen peptit yapılı bileşikler iken, antibiyotikler çoğunlukla enzimatik reaksiyonlar sonucu oluşan sekonder metabolitlerdir.
- Her bakteriyosin, üretici hücreyi kendi toksisitesinden koruyan spesifik bir bağışıklık proteini ile birlikte sentezlenir; bu direnç proteinini kodlayan genler, bakteriyosinin yapısal genleriyle aynı operon içerisinde yer alma eğilimindedir. Antibiyotiklerde ise yapısal sentez genleri ile direnç genleri arasında böylesine doğrudan bir genetik bağ bulunmamaktadır.
- Antibiyotikler geniş bir mikroorganizma grubuna karşı etkinlik gösterirken, bakteriyosinler genellikle daha spesifik ve dar bir hedef spektrumuna odaklanırlar.
- Bakteriyosinler çoğunlukla bakteriyel büyümenin logaritmik fazında birincil metabolit olarak üretilip iki bileşenli sistemlerce regüle edilirken; antibiyotikler, gelişimin durma evresinde ikincil metabolit olarak sentezlenirler.
- Antibiyotik kullanımı klinik tedavi süreçleriyle sınırlıyken, bakteriyosinler hem klinik alanda hem de gıda endüstrisinde biyokoruyucu olarak geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir.
- Bakteriyosinler protein yapılı oldukları için proteolitik enzimler tarafından kolayca parçalanabilirler; antibiyotikler ise bu tür enzimlere karşı genellikle dirençlidir.
- Bakteriyosinlerin biyolojik aktivitesi, antibiyotiklerle kıyaslandığında çok daha geniş bir pH aralığında korunabilmektedir.
- Antibiyotiklerin ökaryotik hücreler üzerinde potansiyel toksik etkileri bulunabilirken, bakteriyosinlerin ökaryotik sistemler üzerinde herhangi bir toksisite göstermemesi önemli bir avantajdır.
- Bakteriyosinler temel olarak hedef hücrenin membranında por oluşumuna yol açarak veya hücre duvarı sentezini sekteye uğratarak etki ederler. Antibiyotiklerin etki

mekanizmaları ise membran hedefinin yanı sıra hücre içi birçok farklı metabolik süreci kapsayacak şekilde çeşitlilik göstermektedir.

Bakteriyosinlere dair ilk araştırmalar 1925'te Andre Gratia'nın *Escherichia coli* suşlarında keşfettiği "Principle V" maddesiyle başlamıştır. Diğer *E. coli* suşlarına karşı etkili olan bu bileşik, 1946 yılında Gratia ve Fredericq tarafından "kolisin" olarak adlandırılmıştır (Gratia 1925).

Yapılan çalışmalar (Tagg vd. 1976), başta *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* ve *Pediococcus* gibi laktik asit bakterileri olmak üzere; *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Clostridium*, *Listeria*, *Micrococcus*, *Mycobacteria*, *Sarcina*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Streptomyces* ve *Escherichia* gibi çok sayıda cinse ait üyenin bakteriyosin ürettiğini ortaya koymuştur. Ancak günümüzde laktik asit bakterilerinin sentezlediği bakteriyosinlerin daha ayrıntılı bir şekilde tanımlanmış olması, bu bakteri grubunu ve onların metabolitlerini ön plana çıkarmaktadır.

Laktik asit bakterilerinin sentezlediği bakteriyosinler, çoğunlukla Gram pozitif bakteriler üzerinde inhibitör etki oluştururken, Gram negatif bakteriler ile maya ve küfler üzerinde genellikle sınırlı veya herhangi bir antimikrobiyal aktivite göstermemektedir (Soomro vd. 2002).

Gram negatif bakterilerin ürettiği bakteriyosinler "mikrosin" olarak adlandırılmakta olup, sayıca Gram pozitif bakterilerin ürettiklerine kıyasla daha azdır (Riley ve Wertz 2002). Bu gruptaki bakteriyosin çeşitliliğinin sınırlı olması ve üretici mikroorganizmaların GRAS (Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen) statüsünde yer almaması gibi faktörler, Gram negatif bakteriyosinleri üzerindeki çalışmaların kısıtlı kalmasına neden olmuştur.

Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler tarafından üretilen bakteriyosinler, biyosentez ve salınım mekanizmaları bakımından bazı önemli farklılıklar göstermektedir. Özellikle bakteriyosinin hücre dışına taşınmasını sağlayan transport sistemleri ve üretimin düzenlenmesinde görev alan genetik mekanizmalar iki grup arasında farklılık arz etmektedir. Gram pozitif bakterilerde bakteriyosin sentezi çoğunlukla kendine özgü

düzenleyici sistemler tarafından kontrol edilirken, gram negatif bakterilerde bu süreç büyük ölçüde konak hücrenin mevcut regülasyon mekanizmalarına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Ayrıca gram pozitif bakterilerde bakteriyosin üretimi genellikle hücrelerin logaritmik büyüme fazından durağan faza geçiş döneminde artış göstermektedir. Örneğin nisin üretimi logaritmik fazın orta evrelerinde başlamakta, kültürün durağan faza ulaşmasıyla birlikte maksimum düzeye erişmektedir. Bu süreçte üretim miktarının hücre döngüsünden ziyade kültür yoğunluğu ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (Akkoç vd. 2009).

2.4.5.1 Bakteriyosinlerin Sınıflandırılması

Bakteriyosinler sınıflandırılırken; üretici mikroorganizmaların özellikleri, moleküler büyüklüğü, fizikokimyasal yapısı, ısıya dayanıklılığı ve hedef hücre üzerindeki etki mekanizması gibi parametreler temel alınmaktadır (Malik vd. 2016). Günümüzde Gram pozitif bakteriyosinlerin gruplandırılmasına yönelik kullanılan güncel şemaların temeli, Klaenhammer'ın 1993 yılında önerdiği öncü sınıflandırma modeline dayanmaktadır (Balciunas vd. 2013). Bu gruplandırma sistemi kapsamında Gram negatif bakteriler tarafında üretilen bakteriyosinler değerlendirme dışında bırakılmış ve ayrı bir grup olarak ele alınmaktadır (Ovchinnikov vd. 2017).

Gram pozitif bakteriler tarafından üretilen bakteriyosinler, yapısal ve fonksiyonel özellikleri dikkate alınarak dört ana sınıfta ele alınmaktadır. Bu kapsamda; post-translasyonel olarak modifiye edilen lantibiyotikler birinci grubu oluştururken, herhangi bir modifikasyona uğramayan ve ısıya dayanıklı, zar üzerinde etkili olan peptitler ikinci grupta yer almaktadır. Üçüncü grupta ısıya duyarlı özellik gösteren bakteriyosinler bulunurken, dördüncü grup ise lipit ve karbonhidrat bileşenleri içeren daha kompleks yapılı bakteriyosinleri kapsamaktadır. Bununla birlikte, yeni bakteriyosinlerin tanımlanması ve bu alandaki bilimsel çalışmaların artması, mevcut sınıflandırma sisteminde zamanla güncellemeler yapılmasını gerekli kılmaktadır (Wayah ve Philip 2018, Zhang vd. 2018).

2.4.5.2 Grup I bakteriyosinler (Lantibiyotikler)

Bu grupta yer alan bakteriyosinler, yapılarında lanthionine içermeleri nedeniyle "lantibiyotik" olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu bileşikler, klasik amino asitlerden farklı olarak lanthionine (Lan) ve methyllanthionine (MeLan) türevlerini barındırmakta; ayrıca dehidroalanin ve dehidrobutirin gibi yapısal bileşenler de içermektedir. Bu özel amino asit türevleri, bakteriyosinlerin biyokimyasal özellikleri üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Molekül ağırlıkları genellikle 5 kDa'nın altında olan bu peptitler arasında nisin, lacticin 3147 ve plantaricin C gibi örnekler yer almakta olup, bu bileşikler yüksek ısı stabilitesi göstermekte ve asidik koşullarda 100 °C'ye kadar dayanıklılıklarını koruyabilmektedirler. Ayrıca, bu gruptaki bakteriyosinler kimyasal yapıları ve antimikrobiyal özelliklerine bağlı olarak lantibiyotikler IA ve IB olmak üzere iki alt sınıfta değerlendirilmektedir (Kurt ve Zorba 2005).

- **Grup IA:** Bu gruptaki lantibiyotikler, hedef mikroorganizmanın hücre zarında gözenek oluşumuna neden olarak etki gösteren, pozitif yüklü ve hidrofobik karakterde polipeptitlerdir. Gıda endüstrisinde koruyucu olarak kullanımına izin verilen nisin, bu grupta yer alan en bilinen örneklerden biridir (Balciunas vd. 2013, Kurt ve Zorba 2005). Grup IB' de yer alan bakteriyosinlere göre daha esnek bir yapısal özellik sergilerler (Kurt ve Zorba 2005)

- **Grup IB:** Bu grupta yer alan bakteriyosinler, nötr ya da negatif yüklü olup globüler peptit yapısı göstermektedir. Antimikrobiyal etkilerini ise belirli enzimleri hedef alıp inhibe ederek ortaya koymaktadırlar (Kurt ve Zorba 2005).

Nisin, bakteriyosinler arasında en kapsamlı şekilde araştırılmış ve gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan Sınıf I lantibiyotiklerden biridir. *L. lactis* tarafından sentezlenen bu peptit, 34 amino asit kalıntısından oluşan ve 3.5 kDa molekül ağırlığına sahip bir antimikrobiyal bileşiktir. İlk olarak 1950'li yıllarda ticari olarak kullanılmaya başlanmış, ilerleyen süreçte uluslararası güvenilirliği onaylanarak gıda katkı maddesi olarak yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Bu kapsamda FAO/WHO tarafından güvenli kabul edilmiş,

Avrupa Birliği'nde E234 kodu ile sınıflandırılmış ve FDA tarafından GRAS statüsünde değerlendirilmiştir (Jozala vd. 2015).

Nisin, süt ve bitkisel kökenli ürünlerden izole edilen bir bakteriyosindir (Lo'pez ve Belloso 2008). Nisinin farklı varyantları tanımlanmış olup bunlar arasında nisin A, nisin Z ve nisin Q yer almaktadır. Bu varyantlar biyolojik aktiviteleri bakımından farklılık göstermektedir. Günümüzde özellikle nisin A ve nisin Z formları gıda uygulamalarında daha yaygın kullanılmaktadır. Nisin A ve nisin Z arasındaki temel yapısal farklılık, peptidin 27. amino asit pozisyonunda ortaya çıkmakta; nisin A'da histidin bulunurken, nisin Z'de bu amino asidin yerini asparagin almaktadır (Gharsallaoui vd. 2016).

Nisinin fonksiyonel özellikleri çevresel koşullara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Özellikle asidik pH koşullarında çözünürlüğü ve stabilitesi artmakta, buna karşılık nötr ve alkali ortamlarda aktivitesi azalmaktadır. Isıl işlemlere karşı dayanıklı olması ise gıda işleme süreçlerinde önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bu özellikleri sayesinde nisin, başta süt ve süt ürünleri olmak üzere çeşitli gıda sistemlerinde raf ömrünün uzatılması ve mikrobiyal güvenliğin artırılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Jozala vd. 2015).

Nisinin ticari formu olan Nisaplin, süt endüstrisinde hem doğrudan katkı maddesi şeklinde hem de üretici mikroorganizmanın starter kültür olarak kullanılması yoluyla kapsamlı biçimde değerlendirilmiş bir bakteriyosindir. İlk dönem çalışmalarda, özellikle peynirlerde şişme kusuruna neden olan *Clostridium tyrobutyricum* üzerine inhibitör etkisi araştırılmıştır (De Vuyst ve Vandamme 1994). İlerleyen araştırmalar, nisinin peynirlerde bulunan endospor oluşturan mikroorganizmalar ile gaz üretici *Clostridium* türleri başta olmak üzere *Clostridium botulinum* ve *L. monocytogenes* gibi önemli patojenlerin gelişimini baskıladığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte nisin, yalnızca peynir üretiminde değil; pastörize süt ürünleri, süt bazlı soğuk tatlılar, aromalı sütler ve yoğunlaştırılmış süt ürünleri gibi farklı süt ürünlerinde de biyokoruyucu amaçla kullanım alanı bulmaktadır (Tunail vd. 1995, Galvez vd. 2008). Ayrıca bebek mamaları, unlu mamüller, salata ve konserve çorba gibi gıdalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Mbandlwa vd. 2020).

Lantibiyotikler arasında öne çıkan laktisin 3147, *L. lactis* tarafından sentezlenen iki peptitli bir bakteriyosindir ve ilk olarak İrlanda'da geleneksel ekşi süt üretiminde kullanılan kefir tanelerinden izole edilmiştir. Üretiminin plazmit kaynaklı olması, bu özelliğin starter kültürlere konjugasyon yoluyla aktarılabilmesine olanak sağlamaktadır. Nisin ile benzerlik göstermekle birlikte, ondan farklı olarak daha geniş bir konakçı aralığına sahip olan laktisin 3147, Ltnα ve Ltnβ olarak adlandırılan iki peptitin sinerjik etkisiyle antimikrobiyal aktivite göstermektedir. Gıda sistemlerinde, özellikle peynir üretiminde starter kültür olarak kullanıldığında istenmeyen mikroorganizmaların kontrolünde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca bakteriyosinin üretim süreci sırasında doğal olarak oluşması, dışarıdan ilave edilen katkı maddesi olarak değerlendirilmemesi açısından avantaj sağlamaktadır. Farklı gıda ürünlerinde toz formda da uygulanabilen bu lantibiyotiğin, gıda güvenliğini artırmanın yanı sıra tıbbi ve veterinerlik alanlarda da potansiyel kullanım imkanına sahip olduğu bildirilmektedir (Molloy vd. 2011). Ticari olarak yaygın bir kullanım alanı bulunmamakla birlikte, yapılan çalışmalar bu bakteriyosinin farklı uygulamalarda kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, çeşitli gıda sistemlerinde etkili bir biyokoruyucu olarak işlev görebileceği bildirilmektedir (Kaya 2022).

2.4.5.3 Grup II bakteriyosinler

Sınıf II bakteriyosinler, yapısal çeşitliliği yüksek olan antimikrobiyal peptitleri kapsamaktadır. Bu grupta yer alan bileşikler, lantibiyotiklerden farklı olarak peptit zincirlerinde translasyon sonrası modifikasyonlar içermez ve bu nedenle daha basit bir yapıya sahiptirler. Genellikle düşük moleküler kütleli (<10 kDa), ısıya dayanıklı ve amfifilik özellik gösteren bu peptitler, hedef mikroorganizmanın sitoplazmik zarına bağlanarak zar bütünlüğünü bozmaktadır. Bu durum, membran potansiyelinin kaybına ve hücre içeriğinin dış ortama sızmasına neden olarak hücre lizisi ile sonuçlanmaktadır (Balciunas vd. 2013, Lahiri vd. 2022). Sınıf II bakteriyosinler dört farklı alt grupta incelenmektedir (Field vd. 2018).

- **Sınıf IIa Bakteriyosinleri:** Klasik sınıflandırma sisteminde pediocin benzeri özellik gösteren ve özellikle *Listeria* türleri üzerinde etkili olan antimikrobiyal peptitler olarak tanımlanmaktadır. Bu grupta leucocin A, acidocin A, mesentericin, pediocin PA-1 ve sakacin P gibi bakteriyosinler yer almaktadır. Söz konusu bileşikler; fermente et ve sebze ürünleri, süt ürünleri, tütsülenmiş deniz ürünleri ile insan sindirim sistemi gibi farklı kaynaklardan elde edilmiş olup, bu gruba ait yaklaşık 50 farklı bakteriyosinin izole edildiği bildirilmektedir. Özellikle pediocin PA-1 ve leucocin A, gıdaların korunmasında potansiyel kullanım alanları nedeniyle dikkat çeken bileşikler arasında bulunmaktadır (Cleveland vd. 2001, Ahmad vd. 2017, Mokoena vd. 2017).

- **Sınıf IIb Bakteriyosinleri:** İki peptitten oluşan bakteriyosinleri içeren bu grup üç temel özellikle tanımlanmaktadır. Bu peptitler ayrı ayrı değerlendirildiğinde antimikrobiyal etki oluşturmazken, birlikte bulunduklarında sinerjik bir etki ile aktivite göstermektedirler. Bunun yanı sıra, üretici mikroorganizmayı koruyan immünite proteinlerini kodlayan genleri içermeleri dikkat çekicidir. Genetik organizasyonlarında ise immünite geninin hemen ardından, ardışık olarak yerleşmiş iki bakteriyosin yapısal geninin bulunduğu bildirilmektedir (Field vd. 2018).

- **Sınıf IIc Bakteriyosinleri:** Siklik (halkasal) yapıları ile karakterize edilen ve ısıya karşı dayanıklı olan peptitlerdir. Bu gruptaki bileşikler proteolitik enzimlerin etkisine karşı dirençli olup, antimikrobiyal etkiye sahiptir. Ribozomal olarak sentezlenmeleri, onları gramisidin-S ve mikosubtilin gibi enzimatik yollarla üretilen diğer siklik antimikrobiyal peptitlerden ayıran temel özelliklerden biridir (Mogi ve Kita 2009).

- **Sınıf IId Bakteriyosinleri:** Diğer bakteriyosin gruplarından farklılık gösteren bu sınıf, çeşitli ekolojik kaynaklardan elde edilen geniş çeşitlilikte antimikrobiyal peptitleri kapsamaktadır. Bu kapsamda, özellikle *Propionibacterium sp.* türleri tarafından sentezlenen bakteriyosinlerin önemli bir bölümü bu grupta sınıflandırılmaktadır (Kıran ve Osmanağaoğlu 2012).

2.4.5.4 Grup III bakteriyosinler

Yüksek moleküler ağırlığa (>30 kDa) sahip, protein yapısında ve ısıya karşı duyarlı bileşiklerdir. Bu gruba helveticin tipik bir örnek oluşturmaktadır. Sınıf I ve II bakteriyosinlerden farklı olarak, bu bileşikler antimikrobiyal etkilerini hücre zarında hasar oluşturarak değil, hedef hücrede yer alan temel proteinleri inhibe ederek ortaya koymaktadırlar (Naidu ve Clemens 2000).

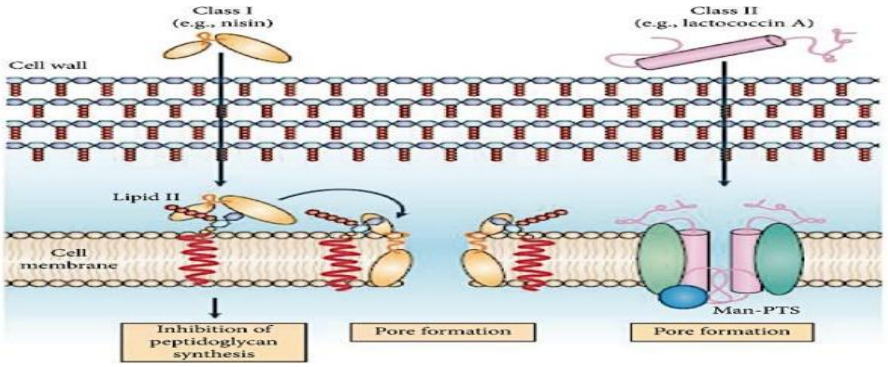
2.4.5.5 Grup IV bakteriyosinler

Moleküler büyüklükleri ve karmaşık yapılarıyla diğer gruplardan ayrılan bu grup etki gösterebilmek için lipid veya karbonhidratlara ihtiyaç duymaktadır (Kurt ve Zorba 2005). Glikoprotein karakterindeki laktosin 27 ve lipoprotein yapılı lakstrepsinler, bu grubun karakteristik örnekleri arasında yer almaktadır (Costa vd. 2019).

2.4.6 Bakteriyosinlerin Etki Mekanizması

Bakteriyosinler, sahip oldukları farklı etki mekanizmalarına bağlı olarak, hücre lizisi oluşturarak veya oluşturmaksızın bakterisidal etki gösterebilmekte; bunun yanı sıra bazı türleri hücre çoğalmasını inhibe ederek bakteriyostatik etki de ortaya koymaktadır (da Silva Sabo vd. 2014). LAB tarafından sentezlenen bakteriyosinlerin, özellikle Gram pozitif mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü etkisi, büyük oranda hedef hücrenin koruyucu dış katmanlarını ve enerji dengesini bozmaya yönelik mekanizmalar üzerinden gerçekleşmektedir (Cotter vd. 2013). Lantibiyotiklerin bir kısmı ve bazı sınıf II bakteriyosinler, bakteriyel hücre zarfında peptidoglikan biyosentezinde kritik rol oynayan Lipid II ara maddesini hedef almakta ve bu yolla hücre duvarı sentezini engellemektedir (Breukink ve Kruijff 2006). Bazı bakteriyosin türleri ise etki mekanizmalarını Lipid II ara maddesini kenetlenme molekülü olarak kullanmak suretiyle gerçekleştirmektedir. Bu bağlanma etkileşimi, sitoplazmik membran üzerinde por oluşumunu indükleyerek membranın seçici geçirgenliğini bozmakta; buna bağlı olarak gelişen membran potansiyeli kaybı, hücresel homeostazın bozulmasıyla ve neticede hücre ölümüyle sonuçlanmaktadır (Machaidze ve Seelig 2003). En fazla araştırmaya konu olan lantibiyotiklerden nisin, çift yönlü etki mekanizmasına sahip olup hem peptidoglikan

sentezini inhibe edebilmekte hem de hücre zarında por oluşumuna neden olabilmektedir (Cotter vd. 2005). Bazı bakteriyosinler, hedef hücre zarında bulunan mannoz fosfotransferaz sistemi (Man-PTS) reseptörlerini hedef alarak bu yapılara bağlanmakta ve ardından zar yapısında geçirgenliği artıran por oluşumuna neden olmaktadır. Bu süreç, hücre içeriğinin dış ortama sızmasına yol açarak hücrenin inaktivasyonuna veya ölümüne neden olmaktadır (Cotter vd. 2013).



Resim 2. 1 Sınıf I (Nisin) ve Sınıf II (Lactococcin A) bakteriyosinlerin etki mekanizmaları (Cotter vd. 2013).

2.4.7 Bakteriyosinlerin Gıdalarda Kullanımı

Bakteriyosinlerin gıda koruma sektöründeki tarihsel gelişimi, 1928 yılında farklı laktokok suşlarının diğer laktik asit bakterileri üzerinde inhibitör etkilerinin fark edilmesiyle başlamıştır. Bu gözlemlerin ardından, 1933 yılında Yeni Zelanda'da söz konusu antimikrobiyal etkiye sahip protein yapısındaki bileşik "nisin" olarak isimlendirilmiştir. Nisinden gıda koruyucusu olarak resmi düzeyde yararlanılması ise 1951 yılına dayanmaktadır. İlk kez 1953 yılında İngiltere'de ticari bir ürün olarak piyasaya sürülen nisin, günümüzde yaklaşık 50 ülkede gıda katkı maddesi olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır (Akkoç vd. 2009).

Bakteriyosinler, gıda endüstrisinde güçlü antimikrobiyal etkilerinin yanı sıra ürünün duyusal kalitesini olumsuz yönde etkilemeyen özellikleriyle de öne çıkmaktadır. Renksiz, tatsız ve kokusuz olmaları, eklendikleri gıdanın özgün karakterinin korunmasına olanak sağlamaktadır. Tamamen doğal kaynaklı olmaları ise, temiz etiketli ürünlere yönelik artan talep doğrultusunda modern gıda endüstrisi açısından önemli bir avantaj sunmakta ve bu bileşenleri ideal birer biyokoruyucu haline getirmektedir. Ayrıca Grup II

bakteriyosinlerin sahip olduğu yüksek termal stabilite, bu bileşiklerin pastörizasyon ve sterilizasyon gibi yüksek sıcaklık gerektiren işlemler sırasında dahi antimikrobiyal aktivitelerini koruyarak kullanılabilmesine imkân tanımaktadır. Peptit veya protein yapısında olmaları ise, mide asitleri ve pankreatik proteolitik enzimler tarafından kolaylıkla parçalanabilmelerini sağlayarak sindirilebilirlik açısından da avantaj sunmaktadır (Kurt ve Zorba 2005).

Gıdalarda bakteriyosin kullanımına yönelik uygulamalar genel olarak üç grupta sınıflandırılmaktadır:

1. Kısmen saflaştırılmış bakteriyosin preparatları yer almakta olup, bu gruba yaklaşık %2,5 oranında nisin içeren Nisaplin® örnek olarak verilebilir.
2. Bakteriyosinlerin ham fermentat formunda bulunduğu fermente süt ürünleri ve diğer fermente gıdalar bu grubu oluşturmaktadır. Bu kapsamda Micro-GARD® gibi bakteriyosin içeren ticari ürün grupları örnek gösterilebilir.
3. Bakteriyosin üretebilen koruyucu kültürler bu sınıfta yer almaktadır (Chikindas vd. 2018).

Laktik asit bakterilerinin bakteriyosin üreten suşlarını doğrudan starter veya koruyucu kültür olarak sisteme dahil etmek, saflaştırılmış bakteriyosin ilavesine kıyasla daha avantajlı olabilmektedir. Pek çok durumda bakteriyosinler gıda matriksine bağlanarak etkinliklerini kaybedebilmekte ve çeşitli faktörlerin etkisiyle hızla parçalanabilmektedir. Bu durum, antimikrobiyal aktivitenin azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, bakteriyosinlerin gıda ambalaj filmlerine veya kaplama materyallerine entegre edilmesi, karmaşık gıda sistemlerinde hem etkinliğin hem de stabilitenin korunmasına yönelik alternatif bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Silva vd. 2018).

Gıdaların muhafazasında kullanılacak bakteriyosinlerin seçimi, belirli kriterlerin sağlanmasını gerektirmektedir. Bu kriterler (Kurt ve Zorba 2005, Garcia vd. 2010) aşağıda verilmiştir:

1. Bakteriyosin üreten mikroorganizmaların gıda kullanımına uygun (GRAS veya QPS) statüsünde olmalı,

2. Ökaryotik hücreler üzerinde herhangi bir toksik etki oluşturmamalı,
3. Bağırsak mikrobiyotası üzerinde sınırlı düzeyde etkili olmalı ve sindirim sistemi enzimleri (proteazlar) tarafından parçalanabilir özellikte olmalı,
4. Yüksek sıcaklık ve farklı pH koşullarına karşı dayanıklı olmalı,
5. Gıda kaynaklı patojenler ve bozulma etmeni mikroorganizmalara karşı geniş spektrumlu antimikrobiyal etki göstermeli,
6. Etki mekanizması bakımından çoğunlukla bakteriyel sitoplazmik zar üzerinde etkili olarak bakterisit özellik göstermelidir.

Bakteriyosinlerin gıdaların korunmasında kullanılması çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlar aşağıda verilmiştir:

1. Gıda kaynaklı hastalık riskinin azaltılması,
2. Üretim süreçlerinde önemli bir problem olan çapraz kontaminasyonun sınırlandırılması,
3. Raf ömrünün uzatılması,
4. Gıdaların yüksek sıcaklık uygulamalarının olumsuz etkilerine karşı korunması,
5. Bozulmaya bağlı oluşan ekonomik kayıpların en aza indirilmesi,
6. Kimyasal koruyucu kullanımının azaltılması,
7. İşleme süreçlerine bağlı maliyet artışlarının düşürülmesi,
8. Tüketici beklentilerindeki değişime paralel olarak alternatif ve doğal koruma yöntemlerinin sunulması olarak sıralanmaktadır (Messaoudi vd. 2013).

Bakteriyosinler genel olarak Gram pozitif bakterilere karşı yüksek antimikrobiyal aktivite göstermektedir. Bununla birlikte, gıdalarda Gram negatif patojenlerin de bulunabilmesi nedeniyle yalnızca nisin kullanımının gıda güvenliğini tam olarak sağlaması çoğu zaman yeterli olmamaktadır. Bu nedenle nisinin farklı koruyucu maddeler veya koruma teknolojileri ile birlikte uygulanması önerilmektedir. Gram negatif bakterilerin dış zar yapısı hasar gördüğünde bakteriyosinlere karşı duyarlılıkları önemli ölçüde artmaktadır. Bu amaçla nisin ile birlikte EDTA veya trisodyum fosfat gibi zar geçirgenliğini artıran bileşiklerin kullanılması inhibitör etkinliği güçlendirebilmektedir. Özellikle EDTA'nın, Gram negatif bakterilerin dış zarındaki lipopolisakkarit tabakada bulunan Mg^{+2} iyonlarını

şelatlayarak zar bütünlüğünü bozduğu ve böylece nisinin sitoplazmik zara ulaşmasını kolaylaştırdığı bildirilmektedir (Philips ve Duggan 2001).

Güncel araştırmalar, bakteriyosinlerin gıda endüstrisinde önemli uygulama alanlarına sahip olduğunu göstermektedir. Bu bileşikler, gıdaların raf ömrünün uzatılmasına katkı sağlamanın yanı sıra, uygun olmayan depolama koşullarında ek bir koruma mekanizması oluşturmaktadır. Ayrıca kimyasal koruyucu kullanımının azaltılmasına, gıda kaynaklı patojenlerin bulaşma riskinin düşürülmesine ve buna bağlı ekonomik kayıpların önlenmesine yardımcı olmaktadır. Bakteriyosinlerin kullanımı, daha düşük tuz ve asit içeriğine sahip ya da daha yüksek nem oranı içeren yeni ürünlerin geliştirilmesine de olanak sağlamaktadır (Gálvez vd. 2007).

Hayvan sağlığı açısından bakteriyosinlerin kullanımının önem kazandığı alanlardan biri de mastitis hastalığıdır. Özellikle büyükbaş hayvanlarda laktasyon döneminde yaygın olarak görülen bu hastalık, meme bezinin iltihaplanmasıyla ortaya çıkmaktadır. Hijyen koşullarının yetersiz olması, sağım hataları ve çevresel kontaminasyon kaynaklarıyla taşınan patojenler meme dokusuna yerleşerek enfeksiyona neden olmaktadır. Bu durumda genellikle antibiyotik tedavisine başvurulmaktadır. Ancak antibiyotiklerin bir kısmının süte geçmesi hem süt kalitesinin düşmesine hem de tüketim yoluyla mikroorganizmalarda direnç gelişimine yol açabilmektedir. Bu olumsuzluklar, alternatif antimikrobiyal yaklaşımlara olan ilgiyi artırmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar, geniş etki spektrumuna sahip olan laktisin 3147'in *Bacillus, Enterococcus, Lactobacillus, Pediococcus pentosaceus, Staphylococcus aureus* ve *Streptococcus thermophilus* gibi mikroorganizmaların yanı sıra mastitis etkeni streptokok türleri üzerinde de inhibitör etki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular doğrultusunda, mastitis tedavisinde antibiyotiklere alternatif olarak bakteriyosinlerin, özellikle laktisin 3147'in, kullanılabileceği düşünülmektedir (Soomro vd. 2002, Gülgör ve Özçelik 2014).

2.5 Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Gıda ambalaj sistemleri ürünlerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik dış etkenlere karşı korunmasını sağlarken, aynı zamanda tüketiciye ürün hakkında bilgi sunma ve kullanım kolaylığı sağlama gibi temel işlevleri yerine getirmektedir. Sanayileşme ve teknolojik gelişmelere paralel olarak gıda ambalajlarında plastik kullanımının önemli ölçüde arttığı bildirilmektedir. Bununla birlikte, uzun raf ömrüne sahip ve güvenli gıdalara yönelik artan tüketici talebi ile plastik ambalajların çevresel etkilerine ilişkin farkındalığın yükselmesi, sürdürülebilir ve çevre dostu alternatif ambalaj sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaları hızlandırmıştır (Groh vd. 2019, Kumar vd. 2022). Bu doğrultuda, yenilebilir ambalaj uygulamaları, gıdaların korunmasına ve görünüm özelliklerinin iyileştirilmesine katkı sağlamalarının yanı sıra sentetik ambalaj malzemelerinin kısmen ikame edilebilme potansiyelleri nedeniyle son yıllarda yoğun şekilde araştırılmaktadır (Hassan vd. 2018).

Yenilebilir film ve kaplamaların gıdaların ambalajlanmasında kullanımı tarihsel olarak oldukça eskiye dayanmaktadır. Kaynaklarda, 12. yüzyılın başlarında Çin'de turunçgil meyvelerinin yüzeyine mum bazlı kaplamalar uygulanarak ürünlerin korunmasının amaçlandığı bildirilmektedir. Benzer şekilde, 15. yüzyılın sonlarına doğru Japonya'da kaynatılmış soya sütünden elde edilen ve "Yuba" olarak adlandırılan yenilebilir filmlerin, gıdaların kalite özelliklerinin korunması ve görsel özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla kullanıldığı bildirilmektedir (Pavlath ve Orts 2009).

Yenilebilir film ve kaplama uygulamaları, başlangıçta gıdaların depolama ve taşıma aşamalarında nem kayıplarının sınırlandırılması amacıyla kullanılmıştır. Zaman içerisinde bu sistemler, gıdaların kalite özelliklerinin korunması ve raf ömrünün uzatılmasına yönelik çok yönlü uygulamalar hâline gelmiştir (Çağrı Mehmetoğlu 2010).

Yenilebilir kaplamalar, gıda yüzeyine doğrudan uygulanan ve ürün üzerinde ince bir tabaka oluşturan yenilebilir materyaller olarak tanımlanmaktadır. Yenilebilir filmler ise gıda bileşenlerinden elde edilen, önceden hazırlanmış ve daha sonra gıda yüzeyine yerleştirilen ince tabakalardan oluşmaktadır. Kaplamalar genellikle sıvı formda

uygulanırken, filmler katı ve ince yapılar hâlinde hazırlanarak gıdaya uygulanmaktadır. (Krochta 1997, McHugh 2000).

Gıda yüzeyinde oluşturdukları bariyer yapı sayesinde yenilebilir film ve kaplamalar, başta su ve su buharı olmak üzere aroma bileşikleri, antimikrobiyal maddeler ve antioksidanlar gibi çeşitli bileşenlerin ürün matriksi içerisinde tutulmasına katkı sağlamaktadır. Bu sistemler, özellikle su transferini kontrol ederek gıdalarda nem dengesinin korunmasına yardımcı olmakta; buna bağlı olarak istenmeyen renk değişimleri, aroma kayıpları ve lipit oksidasyonu gibi kalite bozulmalarını sınırlandırmaktadır. Yenilebilir film ve kaplamaların söz konusu etkileri, bu materyallerin su buharı, gazlar ve çözünmüş maddelere karşı geçirgenlik özellikleri göstermesinden kaynaklanmaktadır (Gennadios vd. 1997, Weller vd. 1998).

Yenilebilir film ve kaplamalar, film oluşturma yeteneğine sahip çeşitli maddelerden hazırlanmakta olup üretim sürecinde bu materyaller genellikle su, alkol veya su-alkol karışımı çözücüler içerisinde çözündürülmektedir (Bourtoom 2008). Elde edilen çözeltilere, ürünün fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla renklendiriciler, antimikrobiyal bileşenler, aroma maddeleri ve plastikleştiriciler ilave edilebilmektedir. Etkili film ve kaplama yapılarının elde edilebilmesi için çözelti uygun koşullarda hazırlanmakta ve belirli sıcaklık ile bağıl nem değerlerinde kurutulmaktadır. Ayrıca, polimerlerin homojen dağılımını sağlamak amacıyla çözeltinin pH değerinin ayarlanması veya kontrollü ısıl işlem uygulanması mümkündür. Gıda uygulamalarında film ve kaplama çözeltileri; daldırma, püskürtme, fırçalama ve tavalama gibi farklı yöntemlerle ürün yüzeyine uygulanmakta ve ardından kurutma işlemiyle nihai yapı kazandırılmaktadır (Donhowe ve Fennema 1993, Cutter 2006).

2.5.1 Yenilebilir Film ve Kaplamalarda Kullanılan Hammadde ve Bileşenler

Yenilebilir ambalaj malzemeleri; polisakkarit, protein (bitkisel veya hayvansal) ve lipit kökenli doğal polimerlerin tek başına veya kombinasyonlar halinde kullanılmasıyla elde edilir (Khaloula vd. 2004, Galus ve Kadzinska 2015). Film sistemlerinde kullanılan başlıca materyallerin kimyasal yapılarındaki çeşitlilik, elde edilen filmlerin fonksiyonel

özelliklerini doğrudan şekillendirmektedir. Genel olarak lipitler nem geçişini sınırlamak, polisakkaritler oksijen ve diğer gazların difüzyonunu kontrol etmek, proteinler ise film yapısına mekanik stabilite kazandırmak amacıyla tercih edilmektedir (Pavlath ve Orts 2009, Üstünol 2009).

2.5.1.1 Polisakkarit Bazlı Film ve Kaplamalar

Polisakkaritler, monosakkarit birimlerinin glikozidik bağlar aracılığıyla polimerleşmesi sonucu oluşan yüksek molekül ağırlıklı karbonhidratlardır (Robertson 2013). Biyolojik kökenli polimerler arasında bol bulunmaları ve kolay erişilebilir olmaları nedeniyle, polisakkaritler kaplama ve film uygulamalarında yaygın olarak tercih edilmektedir (Imre vd. 2019). Selüloz, hemiselüloz, nişasta ve pektin gibi temel polisakkaritlerin yanı sıra, bu bileşenlerin türevleri arasında yer alan aljinatlar, pullulan, kitin ve kitosan, film ve kaplama sistemlerinin geliştirilmesinde yaygın olarak tercih edilen polisakkarit esaslı materyaller arasında bulunmaktadır (Cazón vd. 2017). Bu film sistemleri, yapı içerisinde iyi organize olmuş hidrojen bağları sayesinde oksijen geçişine karşı etkili bir bariyer özelliği göstermektedir. Ancak hidrofilik karakterleri nedeniyle su buharına karşı bariyer performansları sınırlı kalmaktadır. Polisakkarit kaplamalar renksiz ve lipit içermeyen karakterleri sayesinde gıda yüzeyinde anaerobik ortam oluşturmadan koruyucu etki göstermektedir (Mohamed vd. 2020).

Selüloz, yenilebilir film ve kaplama üretiminde kullanılabilen en yaygın doğal polimerlerden biridir. Bitki hücre duvarının temel yapısal bileşeni olan selüloz, β-1,4 bağlı glikoz birimlerinden oluşan doğrusal bir homopolisakkarittir. Selüloz türevleri, selüloz yapısına metil, hidroksil veya karboksil gibi grupların eklenmesiyle elde edilen modifiye yapılardır. Yenilebilir film ve kaplama uygulamalarında en sık kullanılan selüloz türevleri; hidroksipropil metilselüloz (HPMC; E464), hidroksipropil selüloz (HPC; E463), metilselüloz (MC; E461) ve karboksimetilselüloz (CMC; E466) olarak sıralanmaktadır (Bourtoom 2008). Metilselüloz esaslı kaplamalar, yağ ve lipidlerin geçişini sınırlayıcı özellik gösterdiğinden özellikle şekerleme ürünlerinde tercih edilmektedir. Benzer şekilde, HPMC bazlı film ve kaplamalar yağ emilimini azaltıcı etkileri nedeniyle kızartılmış gıdalarda kullanılmaktadır (Ngatirah vd. 2022).

Kitin, mantar ve omurgasızların hücre duvarının oluşumunda görev alan başlıca yapısal polimerdir (Kumar vd. 2020). Yüksek biyolojik bozunabilirlik, biyouyumluluk, antibakteriyel etki ve düşük immünojenite gibi özellikleriyle öne çıkan doğal bir polimerdir (Li vd. 2019). Aktif amino gruplarına sahip olması nedeniyle kitin türevleri antimikrobiyal özellik gösterebilmekte ve doğal sakızlara benzer şekilde yüksek viskoziteli yapılar sergilemektedir (Nguyen vd. 2020).

Nişasta, amiloz ve amilopektinden oluşan, bol bulunan ve biyolojik olarak parçalanabilir film üretiminde kullanılan bir polisakkarittir. Amiloz, yüksek esneklik sağlaması, düşük oksijen geçirgenliğine sahip olması ve suda çözünebilmesi nedeniyle film oluşumunda tercih edilmektedir (Cazón vd. 2017). Ancak hidrofilik yapısı, nişasta bazlı yenilebilir filmlerin su buharına karşı zayıf bariyer özelliği göstermesine neden olmaktadır. Bu nedenle, nişasta bazlı filmlerin özelliklerini iyileştirmek amacıyla nişasta modifikasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır (Askari vd. 2018). Ayrıca, nişasta bazlı yenilebilir filmler kırılganlığı azaltmak için genellikle sorbitol ve gliserol gibi plastikleştiricilerle birlikte kullanılmaktadır (Mali vd. 2005).

Pektin, doğal kaynaklı bir polisakkarit olup çoğunlukla turunçgil kabukları ve elma posasından elde edilmektedir (Morales-Contreras vd. 2020). Pektinin metanol ile esterleşme derecesi, jelleşme ve film oluşturma özelliğini etkileyen önemli bir faktördür (Espitia vd. 2016). Pektin, biyolojik olarak parçalanabilmesi, biyouyumlu ve yenilebilir olması, gaz geçirgenliğini kontrol edebilmesi ve jel oluşturma yeteneği sayesinde yenilebilir film uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir (Chodijah vd. 2019).

2.5.1.2 Protein Bazlı Film ve Kaplamalar

Bitkisel kaynaklı proteinler (mısır zeini, buğday gluteni, soya, yer fıstığı, kinoa ve susam proteinleri) ile hayvansal kaynaklı proteinler (keratin, yumurta akı, kolajen, jelatin, kazein ve peynir altı suyu proteinleri) yenilebilir film üretiminde kullanılabilmektedir (Mellinas vd. 2016).

Protein esaslı yenilebilir filmler, besleyici değerleri sayesinde diğer film kaynaklarına kıyasla daha cazip kabul edilmektedir (Galus ve Kadzińska 2016). Bu filmler, gaz bariyeri ve mekanik özellikler bakımından avantajlı olmakla birlikte nem bariyeri özellikleri düşüktür. Bununla birlikte, düzenli ve yoğun hidrojen bağları içeren yapıları sayesinde lipit ve polisakkarit bazlı filmlere kıyasla daha iyi fiziksel özellikler göstermektedir (Kumari vd. 2017).

Protein yapısı, yenilebilir filmlerin oksijen bariyer özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Küresel protein içeren mısır zeini, buğday gluteni, soya proteini ve peynir altı suyu proteini bazlı filmlerin, kolajen esaslı filmlere kıyasla daha yüksek oksijen geçirgenliğine sahip olduğu belirtilmektedir (Wittaya 2012). Protein bazlı kaplamaların kırılgan yapısını iyileştirmek ve daha esnek bir film matrisi elde etmek için polietilen glikol ya da gliserol gibi plastikleştiricilerin kullanıldığı bildirilmektedir (Sánchez-Ortega vd. 2014).

Protein bazlı filmler, özellikle fasulye, kuruyemiş ve kaju fıstığı gibi tek tek ambalajlanması pratik olmayan ürünlerde, küçük porsiyonlu gıdaların bireysel olarak ambalajlanmasında da kullanılabilmektedir (Bourtoom 2009).

Yenilebilir ambalajlarda kullanılan hayvansal kökenli bir protein olan kolajen glisin, hidroksiprolin ve prolin açısından zengin bir aminoasit profiline sahiptir. Hidrofilik yapısı sayesinde polar sıvı ortamlarda yüksek çözünürlük göstererek şişme eğilimi sergilemektedir (Coppola vd. 2020). Yapılan çalışmalar, et ürünlerinde kolajen kılıfların kullanımının 1920'li yıllara kadar uzandığını ortaya koymaktadır (Janjarasskul ve Krochta 2010, Yang vd. 2016).

Kolajene yapısal olarak benzeyen jelatin, hayvanların kesimi ve işlenmesi sırasında ortaya çıkan kemik ve deri gibi yan ürünlerde bulunan lifli ve çözünmeyen kolajenin kontrollü hidrolizi sonucu elde edilen hayvansal kökenli bir proteindir (Lopez vd. 2017). Bu protein; film oluşturma kabiliyetinin yüksek olması, gaz ve yağ bariyeri sağlaması, toksik olmaması, düşük maliyeti ve biyobozunur yapısı gibi uygulama açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Ancak mekanik dayanımının sınırlı olması, termal kararlılığının

düşük düzeyde bulunması, suya karşı zayıf direnç göstermesi ve hızlı biyolojik bozulma eğilimi, bu özelliklerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla nişasta materyalleri kullanılarak kompozit film sistemleri oluşturulabilmektedir (Ge vd. 2017, Cheng vd. 2022).

Zein, biyoetanol prosesinin bir yan ürünü olan mısır gluteninden kazanılan ve bu sayede bol miktarda temin edilen bir mısır proteinidir. Bu proteinden üretilen filmler, taze gıdalarda renk stabilitesinin sağlanması, tekstürel bütünlüğün korunması ve kütle kaybının önlenmesi açısından önemli katkı sunmaktadır (Escamilla-García vd. 2013, Raghav vd. 2016). Fındık ve şekerleme ürünlerinin kaplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Ryu vd. 2002).

Peynir üretimi sırasında kazein çöktükten sonra kalan sıvı kısım peynir altı suyudur (Galus ve Kadzińska 2016). Peynir altı suyu proteininden elde edilen filmler, düşük ve orta bağıl nem koşullarında oksijen, aroma ve yağ geçişine karşı yüksek bariyer özelliği göstermektedir. Bunun yanı sıra, gıdaların kaplanması, katmanların birbirinden ayrılması ve poşet formunda kullanım gibi çeşitli uygulamalara uygun mekanik özelliklere sahiptir. Güncel çalışmalarda ise bu filmlerin fonksiyonel özelliklerini artırmak amacıyla probiyotik ve prebiyotik ilavelerine yer verilmektedir (Fernandes vd. 2020, Zoghi vd. 2020).

Yüksek viskoziteli sodyum aljinat kullanılarak hazırlanan peynir altı suyu protein bazlı probiyotik filmler ile keçiboynuzu zamkı içeren peynir altı suyu protein karışımlarının, mekanik dayanım ve bariyer özellikleri açısından kabul edilebilir performans sergilediği bildirilmektedir. Bu tür filmlerin fonksiyonel laktik asit bakterileri için taşıyıcı sistemler olarak yeni olanaklar sunduğu ifade edilmektedir. Peynir altı suyu protein izolatı esaslı yenilebilir film formülasyonlarında probiyotik mikroorganizmaların stabilitesinin değerlendirildiği bir çalışmada, bu izolatla üretilen filmler içerisinde *Bifidobacterium animalis* Bb-12 ve *Lactobacillus casei*-01 suşlarının, daha uzun süre canlılığını koruduğu ve hücre sayısındaki azalmanın sınırlı düzeyde kaldığı rapor edilmiştir (Pereira vd. 2016).

2.5.1.3 Lipit Bazlı Film ve Kaplamalar

Lipitler; bitkiler, hayvanlar ve böcekler gibi doğal kaynaklardan elde edilen bileşiklerdir. Yapılarında mono-, di-, ve trigliseritler ile fosfolipitler, fosfatitler, terpenler, serebrositler, yağ asitleri ve yağ alkollerini içeren geniş bir fonksiyonel grup çeşitliliği bulunmaktadır (Mohamed vd. 2020). Koruyucu kaplama uygulamalarında kullanılan lipit esaslı bileşikler; asetillenmiş monogliseritler, balmumları, parafin mumu, karnauba mumu, mineral ve bitkisel yağlar ile yüzey aktif maddeleri kapsamaktadır. Bunlar arasında özellikle parafin mumu ve balmumu, kaplama performansı açısından en etkili materyaller olarak öne çıkmaktadır (Dhall 2013, Debeaufort vd. 1993).

Ekonomik ve doğada bol miktarda bulunmalarıyla bilinen lipitler, yenilebilir ambalaj uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda ürünlerinin yüzeyinde oluşturdukları parlak tabaka sayesinde ürünlere görsel bir çekicilik kazandırır (Yousuf vd. 2022). Lipit filmler; tahıllar, çikolata ve şekerleme ürünleri, süt ürünleri, dondurulmuş ürünler, balık ve kurutulmuş ürünler gibi birçok farklı gıda ürünlerinde kullanılmaktadır (Milani ve Nemati 2022).

Lipitlerin hidrofilik ya da ıslak yüzeylere tek başına uygulanması, film ile gıda yüzeyi arasında yeterli adezyonun sağlanamamasına neden olmaktadır. Bu nedenle, çok katmanlı kaplama uygulamaları tercih edilerek daha etkin bariyer özellikleri elde edilebilmektedir (Pavlath ve Orts 2009).

Proteinler ve polisakkaritlerden farklı olarak, lipitler tek başına yenilebilir film yapısı oluşturamamaktadır. Kaplama oluşturabilmelerine rağmen, kovalent bağlarla bağlanmış tekrarlayan yapı birimlerinin bulunmaması, lipitlerin kendini taşıyan bir film yapısı geliştirmesini sınırlamaktadır (Janjarasskul ve Krochta 2010 , Galus ve Kadzinska 2015).Ayrıca bu kaplamaların kırılgan yapısı ve oluşturduğu mumsu doku, ambalaj uygulamalarında dezavantaj oluşturmaktadır (Rhim ve Shellhammer 2005). Bu nedenlerden dolayı lipitler, protein yapılı bileşenlerle bir araya getirilerek kompozit filmler halinde değerlendirilmekte ve kaplama performansının artırılmasına katkı sağlamaktadır (Debeaufort vd. 1998).

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, sodyum aljinat ve peynir altı suyu proteini bazlı filmlere karnauba mumu ilavesinin nem bariyeri özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği bildirilmiştir. Lipit fazın polimer matrise dahil edilmesiyle daha kompakt bir yapı sağlayarak mekanik dayanımın artmasına katkıda bulunulduğu rapor edilmiştir (Butt vd. 2023).

2.5.1.4 Kompozit Bazlı Film ve Kaplamalar

Polisakkarit ve protein bazlı yenilebilir filmler, düşük bağıl nem koşullarında gaz bariyeri ve mekanik özellikler açısından uygun performans göstermektedir. Ancak bu filmler, hidrofilik yapıları nedeniyle yüksek nem ortamlarında su buharına karşı yeterli bariyer özelliği sergileyememektedir. Hidrofobik lipitler ise nem geçişini sınırlamada daha etkili olmakla birlikte, polimerik yapıda olmamaları nedeniyle mekanik özellikler açısından yetersiz kalmaktadır (Janjarasskul ve Krochta 2010). Bu doğrultuda, film ve kaplama üretiminde protein-karbonhidrat, protein-lipit veya karbonhidrat-lipit kombinasyonları içeren kompozit filmler kullanılmaktadır. Bu tür kompozit yapılar, farklı bileşenlerin tamamlayıcı özelliklerinden yararlanılmasına olanak sağlamaktadır. Protein ve lipit bazlı materyallerin zayıf özelliklerini iyileştirmek amacıyla geliştirilen bu kompozit sistemler sayesinde, mekanik ve bariyer özellikleri geliştirilmiş yenilebilir film ve kaplamalar elde edilebilmektedir (Bourtoom 2008, McHug 2000).

Kompozit yapı elde edebilmek için farklı üretim yaklaşımları geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlardan biri, hidrofobik lipitlerin önceden oluşturulmuş film tabakası üzerine uygulanmasıyla çift katmanlı yapıların oluşturulmasına dayanmaktadır. Bu yöntemde lipit fazı, film yüzeyinde ayrı bir tabaka oluşturarak özellikle su buharı geçişinin azaltılmasında rol oynamaktadır. Diğer yaklaşımda ise lipitler, film oluşturucu çözeltiye doğrudan eklenmekte ve sistem emülsiyon hâlinde hazırlanarak film üretimi gerçekleştirilmektedir. Emülsiyon temelli bu yöntemde, lipit fazı film matrisi içerisinde dağılmış durumda bulunmakta ve yapıda daha homojen bir dağılım sağlanmaktadır (Gennadios vd. 1997, Robertson 2013).

Kompozit yenilebilir film üretiminde yaygın olarak tercih edilen bileşenlerin başında selüloz eterler yer almaktadır. Bunun yanı sıra aljinat, kitosan, nişasta, pektin ve karragenan gibi çeşitli hidrokolloitler de kompozit film yapısında kullanılabilmektedir. Bu hidrokolloitler, film özelliklerini geliştirmek amacıyla çoğunlukla palmitik asit, balmumu, asitlendirilmiş monogliseritler ve lesitin gibi lipit bileşenlerle birlikte formüle edilmektedir (Üstünol 2009).

İlgili bir çalışmada, asetillenmiş monogliserit ilavesinin, peynir altı suyu izolatlarından elde edilen filmlerde su buharı geçirgenliğini önemli ölçüde azalttığı ve bu azalmanın yaklaşık 70 kat olduğu bildirilmiştir (Anker vd. 2002).

2.6 Plastikleştiriciler

Yenilebilir filmlerde en sık karşılaşılan problemler kırılgan yapı ve sert dokudur. Bu sorunları azaltmak amacıyla filmlere plastikleştiriciler eklenmektedir. Plastikleştiriciler, genellikle polimerin kuru ağırlığının %10–60'ı oranında ilave edilerek protein zincirleri arasındaki etkileşimi azaltır ve filmin esnekliğini artırır. Uygun plastikleştirici türü ve miktarı seçildiğinde, filmin mekanik özellikleri ile geçirgenliği dengelenebilmektedir. Gliserol, sorbitol ve polietilen glikol gibi poliol grubu bileşikler yenilebilir filmlerde yaygın olarak kullanılan plastikleştiricilerdir. Bu maddeler, polimer zincirleri arasında hidrojen bağları oluşturarak zincirler arası boşlukların artmasını sağlar ve su kaybını sınırlandırır (Fahrullah vd. 2020). Sorbitol, su buharı bariyer özelliği bakımından gliserole kıyasla yaklaşık dört kat daha yüksek performans göstermesine rağmen, nötr bir tada sahip olmaması ve ürüne tatlılık kazandırması nedeniyle kullanım alanı sınırlıdır (Bozkurt 2019). Ayrıca plastikleştirici kullanımı, polisakkarit bazlı filmlerde yüzey parlaklığının sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır (Dursun ve Erkan 2009).

Yenilebilir filmin aşırı kalın olması, gıdanın solunumu sırasında gaz değişimini sınırlandırarak etanol birikimine ve buna bağlı olarak istenmeyen tat oluşumuna yol açabilmektedir. Bu nedenle, gıda kalitesinin korunmasında uygun film kalınlığının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Yapılan bir çalışmada plastikleştirici olarak gliserolün kullanılması, diğer plastikleştirici maddelere kıyasla daha ince film

oluşumuyla sonuçlanmıştır. Gliserolün düşük moleküler ağırlığa ve toplam katı madde içeriğinin sınırlı olması, aynı konsantrasyonlarda istatistiksel açıdan anlamlı bir fark oluşturmasa da film kalınlığının daha düşük değerlerde gözlenmesine neden olmuştur (Fahrullah vd. 2020). Bir başka çalışmada ise kalın yenilebilir filmlerin su buharı ve gaz geçirgenliğini azaltarak raf ömrünü uzattığı ancak duyusal özellikler açısından tüketici kabulünü olumsuz etkileyebildiği rapor edilmiştir (Skurtys vd. 2011).

2.7 Çözücü

Yenilebilir film ve kaplama üretiminde çözücü olarak en yaygın su ve etanol kullanılmaktadır. Bununla birlikte, tarımsal kaynaklı proteinlerden elde edilen film sistemlerinde farklı organik çözücülerden de yararlanılabilmektedir. Zein proteininden elde edilen filmlerde etanol ve aseton çözücü olarak tercih edilmektedir. Etanol kullanılarak hazırlanan filmlerin, aseton ile elde edilen filmlere kıyasla daha yüksek gerilme dayanımı gösterdiği bildirilmektedir. Ayrıca, etanol bazlı filmlerin nemli ve yüksek nem koşullarında daha uygun özellikler sergilediği belirtilmektedir (Üstünol 2009).

2.8 Maltodekstrin

Maltodekstrin; nişasta kökenli bir karbonhidrat olup, mısır, patates, pirinç veya buğday gibi nişastaca zengin bitkisel hammaddelerin enzimatik ya da asidik hidrolizi sonucunda elde edilmektedir. Suda kolaylıkla çözünebilen bu bileşik, beyaz renkli, tatsız veya hafif tatlımsı karakterde ve toz formda bir yapıya sahiptir. Sahip olduğu teknolojik avantajlar nedeniyle başta gıda ve ilaç endüstrisi olmak üzere birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Enerji sağlayıcı bir karbonhidrat kaynağı olmasının yanı sıra, ürün formülasyonlarında kıvam artırıcı, dolgu maddesi ve taşıyıcı ajan olarak önemli işlevler üstlenmektedir. Gıda endüstrisinde özellikle hazır çorbalar, soslar ve baharat karışımlarında ürünün kıvamının ve homojen yapısının korunmasına katkı sağlamakta; sporcu içecekleri ve enerji barlarında hızlı sindirilebilen bir enerji kaynağı olarak tercih edilmektedir. Dondurma üretiminde ise buz kristali oluşumunu sınırlandırarak ürün dokusunun iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca toz formdaki tatlandırıcı ve

aroma bileşenlerinin taşınmasında etkin bir taşıyıcı madde olarak görev yapmaktadır (İnt. Kyn. 1).

Yenilebilir film formülasyonlarında çoğunlukla plastikleştirici olarak kullanılan maltodekstrin, filmin kırılgan yapısını azaltarak esneklik özelliklerinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır (Galus vd. 2012, Wongphan ve Harnkarnsujarit 2020). Nişastaya benzer kimyasal yapıya sahip olan bu bileşik, daha düşük polimerizasyon derecesi göstermektedir. Düşük molekül ağırlığına sahip olması, polimer zincirlerinin hareketliliğini artırmaktadır. Zincir hareketliliğindeki artış ise film yapısının daha esnek hale gelmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca yüksek hidrofilik özelliği sayesinde nem tutma kapasitesi artmakta, buna bağlı olarak moleküller arası etkileşimler azalmakta ve film matrisi içerisindeki amorf bölgelerin oranı yükselmektedir. Sonuç olarak maltodekstrin, nişasta bazlı filmlerde belirgin bir plastikleştirici etki göstermektedir (Wongphan ve Harnkarnsujarit 2020).

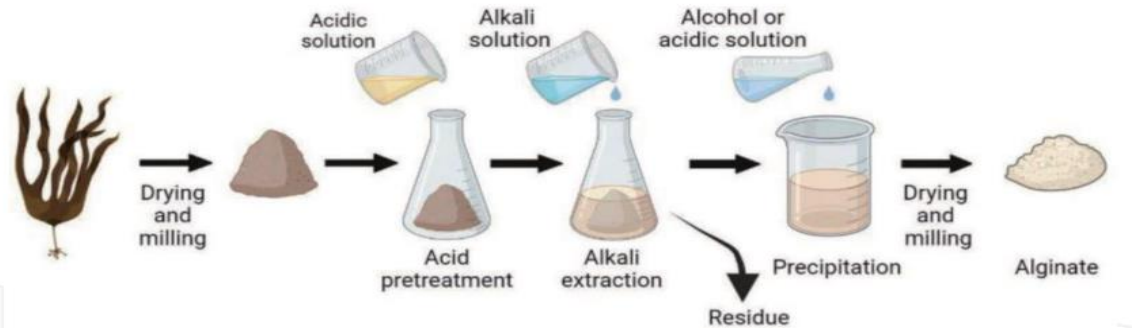
2.9 Aljinat ve Sodyum Aljinat

Aljinat, kahverengi deniz yosununun *(Phaeophyceae)* hücre duvarının ana bileşenlerinden biri olup, bu organizmalarda yapısal bütünlüğün korunmasında görev alan doğal bir polisakkarittir (Chowdhury vd. 2020). Bu yapı, ilk kez 12 Ocak 1881 tarihinde Stanford tarafından alınan bir patentte tanımlanmış, 1926 yılında ise aljinik asit ile bağlantısı ortaya konmuştur. Daha sonraki araştırmalarda, α-L-guluronik asit ve β-D-mannuronik asit birimlerinden meydana gelen ikili bir kopolimer olduğu bildirilmiştir (Draget vd. 2005, Senturk Parreidt vd. 2018). Endüstriyel ölçekte aljinat üretimi başta *Macrocystis pyrifera* (dev yosun), *Laminaria digitata* (kürek otu), *Laminaria japonica* (kombu) ve *Ascophyllum nodosum* (düğümlü yosun) olmak üzere çeşitli makroalg türlerinden gerçekleştirilmektedir (Chowdhury vd. 2020).

Ticari aljinat üretiminde kullanılacak deniz yosununun seçiminde; üretim maliyeti, aljinik asit miktarı ve aljinik asidin yapısal özellikleri belirleyici faktörler arasında yer almaktadır. Kullanılan yosun türüne bağlı olarak elde edilen aljinatın jel oluşturma özellikleri değişiklik gösterebilmekte, bu durum ise ürünün teknolojik özellikleri

açısından önem taşımaktadır. Kahverengi deniz yosunlarından elde edilen aljinatların jel özellikleri de kullanılan türe göre farklılık göstermektedir. Nitekim *Laminaria hyperborea* türünden elde edilen aljinatların daha güçlü jel yapısı oluşturduğu, buna karşılık *Laminaria japonica* türünden elde edilen aljinatların daha zayıf jel karakteri gösterdiği bildirilmektedir (Ray ve James 1993, Demir ve Demirdöven 2019).

Aljinat üretim süreci, deniz yosununun kurutulması ile başlamaktadır. Kurutulan materyal daha sonra su ve alkali çözeltiler ile yıkanarak işlenmektedir. Bunu saflaştırma, çöktürme ve $CaCO_3$ çözeltisi ile gerçekleştirilen yıkama işlemleri izlemektedir. Son aşamada uygulanan kurutma ve karıştırma işlemleri sonucunda sodyum aljinat elde edilmektedir (Ray ve James 1993, Demir ve Demirdöven 2019). Makroalglerden aljinat elde edilmesine ilişkin işlem basamakları Resim 2.2'de verilmiştir.



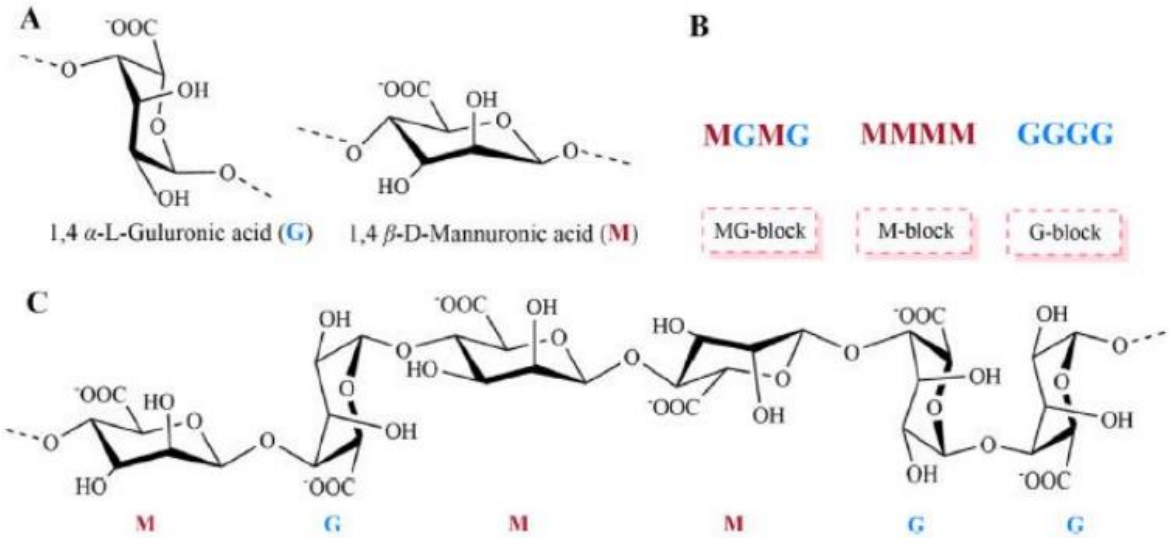
Resim 2. 2 Makro alglerden klasik aljinat çıkarma yöntemi (Yarkent vd. 2021).

Sodyum aljinat, aljinik asidin sodyum iyonları ile birleşmesi sonucu elde edilen ve suda çözünerek jel oluşturabilen bir aljinat türevidir. Yapısal özellikleri sayesinde gıda endüstrisinde yaygın kullanım alanına sahip olan bu bileşik, ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından "genel olarak güvenli kabul edilen maddeler" (GRAS) içerisinde değerlendirilmektedir. Benzer şekilde Avrupa Komisyonu (EC), aljinik asit ile ilgili tuzları E400-E404 kodları altında onaylanmış gıda katkı maddeleri arasında sınıflandırmaktadır (Senturk Parreidt vd. 2018).

Yenilebilir film ve kaplama uygulamalarında en yaygın kullanılan aljinat tuzu sodyum aljinattır. Sodyum aljinat, çok sayıda hidroksil grubu içermesi nedeniyle moleküller arasında güçlü hidrojen bağları oluşturabilmekte, bu durum ise filmlerin mekanik

dayanımını artırmaktadır. Ayrıca sodyum aljinattan elde edilen filmler parlak, tatsız, kokusuz ve esnek bir yapıya sahip olup havaya ve yağlara karşı iyi bir bariyer özelliği göstermektedir. Aljinat bazlı film ve kaplamalar, gıda yüzeyinde ince bir koruyucu tabaka oluşturarak nem kaybını azaltmakta, ürünün görünümünü iyileştirmekte ve kalite özelliklerinin korunmasına katkı sağlamaktadır. Bu özellikleri sayesinde meyve, sebze, et, kümes hayvanları, deniz ürünleri ve peynir gibi çeşitli gıda ürünlerinde raf ömrünün uzatılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Senturk Parreidt vd. 2018, Gheorghita vd. 2020).

Sodyum aljinat; β-D-mannuronik asit (M) ve α-L-guluronik asit (G) birimlerinden meydana gelen, doğrusal yapılı ve dallanmamış bir polimerdir. Bu yapısal birimler 1,4-glikozidik bağlarla birbirine bağlanarak MM, GG ve MG blok yapılarını oluşturmaktadır. Ayrıca polimer zincirinde bulunan monomer halkaları, farklı yönlerde konumlanmış karboksil (-COOH) ve hidroksil (-OH) grupları içermektedir (Şekil 2.3) (Andrade vd. 2004, Szekalska vd. 2016). Kimyasal formülü $(C_6H_7NaO_6)n$ şeklinde ifade edilmektedir (Thakur vd. 2018, Wang vd. 2020).



Şekil 2.3 Sodyum aljinatın yapısı: monomerler (a), blok dağılımı (b) ve zincir konformasyonu (c) (Andrade vd. 2004, Szekalska vd. 2016).

Yapısında bulunan G ve M blokları, homojen ya da heterojen diziler şeklinde rastgele yerleşim gösterebilmekte; bu dizilimlerin dağılımı ve kimyasal özellikleri ise kaynağa

bağlı olarak değişebilmektedir (Moe vd. 1995). Sodyum aljinat, aljinik asidin sodyum tuzu formunu oluştururken, kalsiyum aljinat ise kalsiyum tuzu formunu temsil etmektedir. Aljinik asit suda çözünmez özellik gösterirken, sodyum aljinat sulu ortamda çözünebilmektedir. Bu durum, aljinat yapısında yer alan negatif yüklü karboksilat gruplarından kaynaklanmaktadır. Ayrıca aljinatların çözünürlüğü; ortamın pH değeri, iyonik yoğunluğu ve çözeltide bulunan jel oluşturucu iyonların varlığı gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Wang vd. 2020).

Sodyum aljinat, etanol gibi organik çözücülerde çözünmez. Fiziksel olarak beyaz veya sarımsı toz formunda bulunur. Bu maddenin çözünme kapasitesi; ortamdaki iyonik güce, çapraz bağ oluşturan iyonların mevcudiyetine ve en önemlisi karboksil gruplarının kimyasal durumuna (protonlanmış veya iyonize) doğrudan bağlıdır. Karboksil grupları iyonize haldeyken (örneğin sodyum tuzu formunda) yüksek polaritesi sayesinde güçlü bir hidrofilik karakter göstermektedir. Bu durum, su içerisinde hızla çözünerek yüksek viskoziteye sahip kolloidal bir yapı oluşturmasını sağlamaktadır. Ortama hidroklorik asit (HCl) ilave edildiğinde, karboksil grupları protonlanarak suda çözünme özelliği olmayan aljinik asite dönüşür. Dönüşen bu yapıya sodyum hidroksit (NaOH) eklendiğinde madde tekrar sodyum aljinat formuna dönerek çözünürlük kazanmaktadır (Pawar 2017). Bunun yanı sıra, sodyum aljinatın yapısında yer alan COONa grupları yüksek sıcaklıklarda kolaylıkla parçalanarak CO_2 açığa çıkarmakta ve bu durum köpük oluşumuna neden olmaktadır (Chen vd. 2017).

Sodyum aljinat; güvenli kullanım özelliği, biyolojik olarak parçalanabilmesi ve canlı dokularla uyumlu yapısı nedeniyle farklı sektörlerde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Ekonomik olması da bu bileşiğin tercih edilmesini artırmaktadır. Özellikle sıvı ürünlerde kıvam artırıcı olarak görev yapmakta, emülsiyon sistemlerinin stabilitesini desteklemekte ve çeşitli farmasötik preparatların formülasyonunda yer almaktadır. Gıda sanayinde jel oluşturucu ve koyulaştırıcı özelliklerinden yararlanılarak paketlenmiş ürünlerde, içecek teknolojisinde ve farklı çözelti sistemlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca tekstil, kâğıt ve ilaç sanayilerinde de çeşitli teknolojik amaçlarla değerlendirilmektedir. Aljinatın kokusuz olması, hidrofilik karakter göstermesi, farklı bileşenlerle kolay etkileşime girebilmesi ve düşük maliyetli olması kullanım alanlarının genişlemesinde önemli rol oynamaktadır.

Bunun yanı sıra tıbbi uygulamalarda protez materyallerinde, dental ölçü maddelerinde, kapsül üretiminde ve kontrollü salım sağlayan ilaç sistemlerinde de yer almaktadır. Hücre immobilizasyonu, doku mühendisliği ve hücre transferi gibi biyoteknolojik çalışmalarda aljinat bazlı jellerden yararlanıldığı da bildirilmektedir (Thakur vd. 2018, Gheorghita vd. 2020).

Yapılan çalışmalarda, sodyum aljinatın gliserol ile birlikte kullanıldığı kaplama sistemlerinin gıdalarda renk ve biyoaktif bileşenlerin korunmasına katkı sağladığı, ürün kalitesini muhafaza ettiği ve mikrobiyolojik bozulmayı geciktirici etki gösterdiği bildirilmektedir (Gheorghita vd. 2020).

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

Bu araştırmada kullanılan taze geleneksel köy peyniri, Afyonkarahisar ilinde bulunan yerel bir pazardan temin edilmiş olup, aseptik koşullara dikkat edilerek Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Mikrobiyoloji Laboratuvarı'na getirilmiştir. Örnekler, analizler gerçekleştirilene kadar buzdolabında (0-4 °C) muhafaza edilmiştir.

Çalışmada kullanılan bakteriyosin üretme özelliğine sahip iki farklı LAB suşları (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ve *Lactobacillus helveticus*) Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Mikrobiyoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonundan temin edilmiştir.

Çalışmamızda peynir örneklerinin kaplanmasında kullanılan Sodyum Aljinat ve Maltodekstrin, Alfasol® markadan (İstanbul) temin edilmiş, gliserol ise mikrobiyoloji laboratuvar stoklarından sağlanmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Peynir Örneklerinin Hazırlanması

Taze geleneksel köy peynirleri kaplama uygulamalarında kullanılmak üzere ön işlemleri yapılmıştır. Yuvarlak formdaki peynir tekerleri, deneysel standartları korumak ve örnekler arasında homojenlik sağlamak amacıyla altı eşit parçaya kesilmiştir. Kesim işlemi sırasında steril çalışma koşulları sağlanmıştır. Kesilen peynirlerin yüzeyinde bulunan fazla nem, steril filtre kâğıdı yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Bu işlem, kaplama materyalinin yüzeye daha düzgün yayılmasını sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan örnekler, kaplama aşamasına kadar buzdolabında (0-4 °C) muhafaza edilmiştir (3.1).



Resim 3.1 Taze geleneksel köy peynirlerinin kaplama işlemine hazırlanması.

3.2.2 Mikroorganizma Kültürlerinin Aktif Hale Getirilmesi

Bakteriyosin üretme özelliğine sahip laktik asit bakterilerinin canlılıklarının yeniden kazandırılması ve metabolik olarak aktif hale getirilmeleri amacıyla aktivasyon işlemi uygulanmıştır. Donmuş formda saklanan kültürler oda sıcaklığında kısa sürede çözündürüldükten sonra, her biri uygun sıvı besiyerlerine inoküle edilmiştir. Bu amaçla, *L. lactis* subsp. *lactis* için M17 broth, *L. helveticus* için ise MRS broth ortamı kullanılmıştır. Kültürler, optimum gelişme koşullarını sağlamak üzere 30 °C' de 24 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda elde edilen hücre süspansiyonları, steril fizyolojik tuz çözeltisi (%0.85 NaCl) ile seyreltilerek yaklaşık 10^8 kob/mL düzeyine ayarlanmış ve kullanılıncaya kadar +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.3 Kaplama Materyalinin Hazırlanması ve Köy Peynirlerinin Kaplanması

Kaplama çözeltisinin hazırlanmasında maltodekstrin (50 g), sodyum aljinat (20 g) ve gliserol (10 ml), 1 L saf su içerisine ilave edilmiş ve mikser yardımıyla karıştırılarak ön homojenizasyon sağlanmıştır. Ardından karışım manyetik karıştırıcı ISOLAB (Almanya) üzerine alınmış, sıcaklık yaklaşık 39 °C ve karışım hızı 600 rpm olacak şekilde ayarlanmıştır. Çözeltinin tamamen homojen hale gelmesi ve berrak, viskoz bir yapı kazanması için karıştırma işlemi bir süre devam ettirilmiştir. Daha sonra oda sıcaklığında

soğuyan çözeltinin içerisine, bakteriyosin üretme özelliğine sahip *L. lactis* subsp. *lactis* ve *L. helveticus* suşları, kaplanacak örneğe göre eklenip karıştırılmıştır. Kaplama materyalinin hazırlanmasında Silva vd. (2022) tarafından bildirilen temel formülasyondan yararlanılmış ve çalışmanın amacı doğrultusunda bileşen oranları ve uygulama parametrelerinde çeşitli modifikasyonlar gerçekleştirilmiştir.

Hazırlanan formülasyonun kıvamı, akışkanlığı ve uygulanabilirliği yapılan ön denemeler sonucunda belirlenmiştir (Resim 3.2).



Resim 3.2 Sodyum aljinat kaplama malzemesinin hazırlanması**.**

Peynir örnekleri, hazırlanan kaplama çözeltileri kullanılarak daldırma yöntemi ile kaplanmıştır. Bu amaçla, kontrol, kaplama kontrol, kaplama lactis, kaplama helveticus ve kaplama mix olmak üzere beş farklı grup oluşturulmuştur (Çizelge 3.1). Her bir peynir örneği ilgili kaplama çözeltisine ayrı ayrı daldırılmış ve bu işlem 3-4 kez tekrarlanmıştır. Her daldırma aşamasında örnekler yaklaşık 1 dakika süre ile çözeltide bekletilmiştir (Resim 3.3).



Resim 3.3 Taze geleneksel köy peynir örneklerinin kaplanması.

Daldırma işleminin ardından, örnekler yüzeydeki fazla kaplama materyalinin uzaklaştırılması ve film tabakasının homojen dağılmasının sağlanması amacıyla steril metal tel ızgaralar üzerine alınmıştır. Bu şekilde yaklaşık 10 dakika süreyle oda sıcaklığında bekletilen örneklerde fazla kaplama materyali süzülmüş ve yüzeyde ince, düzgün bir tabaka oluşmuştur. Ardından örnekler steril kaplara yerleştirilmiş ve kaplama yüzeyinde herhangi bir deformasyon oluşmaması için dikkatli bir biçimde düzenlenmiştir (Resim 3.4).



Resim 3.4 Depolamaya hazır hale getirilmiş peynir örnekleri.

Kaplama işlemi tamamlanan tüm peynir örnekleri, analizler gerçekleştirilene kadar buzdolabında +4 °C ‘de %85 nispi nemde depolanmıştır. Örnekler depolamanın 0., 15., 30. ve 45. günlerinde fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur.

Çizelge 3. 1 Peynir örneklerine uygulanan kaplama formülasyonları ve suş kombinasyonları**.**

Numune Adı	**Kaplama içeriği**
Kontrol	Kontrol Numunesi (kaplama ve suş eklenmemiş)
Kaplama kontrol	50 g Maltodekstrin +20 g Sodyum aljinat+10 mL Gliserol+ 1 L saf su
Kaplama lactis	50 g Maltodekstrin+ 20 g Sodyum aljinat + 10 mL Gliserol+ 1 L saf su + *L. lactis* subsp. *lactis*
Kaplama helveticus	50 g Maltodekstrin+ 20 g Sodyum aljinat + 10 mL Gliserol+ 1 L saf su + *L. helveticus*
Kaplama mix	50 g Maltodekstrin+ 20 g Sodyum aljinat + 10 mL Gliserol+ 1 L saf su + *L. lactis* +*L. helveticus*

3.3 Peynir Örneklerine Uygulanan Fizikokimyasal Analizler

3.3.1 Kuru Madde Analizi (%)

Kurutma kapları, peynir örnekleri eklenmeden önce 102±2 ˚C sıcaklıktaki etüvde 30 dakika süreyle kurutulmuştur. Ardından, kaplar oda sıcaklığına kadar desikatör içerisinde soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan kapların daraları hassas terazide belirlenmiş ve her bir kaba yaklaşık 5 g peynir numunesi yerleştirilmiştir. Kuru madde tayini yapılacak numunelerin bulunduğu kaplar, 102±2 ˚C’de 4-4,5 saat boyunca etüvde tutulmuştur. Süre sonunda kaplar desikatörde soğutularak oda sıcaklığına getirilmiş ve tartım işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kaplar yeniden etüve yerleştirilmiş, ardından tekrar desikatörde soğutulup oda sıcaklığında tartılmıştır. Ardışık tartımlar arasındaki ağırlık

farkı 0,2 mg'dan daha az oluncaya kadar kurutma ve soğutma işlemlerine devam edilmiştir (Metin ve Öztürk 2002, Kurt vd. 2007).

Peynir örneklerinin kuru madde oranları aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Kuru\ Madde\ (\%) = \frac{G3 - G1}{G2 - G1} \times 100 \qquad (3.1)$$

Burada;

G1: Boş kurutma kabının g olarak ağırlığı

G2: Peynir örneği ile birlikte g olarak kabın ağırlığı

G3: Kurutulmuş peynir örneği ile birlikte kabın g olarak ağırlığını göstermektedir.

3.3.2 Su Aktivitesi (a_w) Analizi

Köy peyniri örneklerinin su aktivitesi değeri Novasina TH-500 aw Sprint cihazı ile tespit edilmiştir (Akarca 2013).

3.3.3 Titrasyon Asitlik Analizi (Laktik Asit Cinsinden)

10 g peynir numunesi, 0.1 mg hassasiyetinde tartım yapan hassas terazi (CP224S, Sartorius AG, Göttingen, Almanya) ile tartılarak darası alınmış bir saat camına aktarılmış ve ardından havan içerisine alınmıştır. Numune üzerine 5 mL saf su ilave edilerek bulamaç kıvamı elde edilmiştir. Daha sonra indikatör olarak %2'lik fenolftalein çözeltisinden 1 mL eklenmiş ve örnek, 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisi ile 5 saniye boyunca kaybolmayan açık pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir (Anonim 1978b, Anonim 1995b). Aşağıdaki eşitliğe göre sonuç hesaplanmıştır.

$$\text{Titrasyon asitliği} = \frac{(s \times N \times 0.09\ )}{m} \times 100 \qquad (3.2)$$

Burada;

s: Titrasyon tayininde harcanan sodyum hidroksit çözeltisi, (ml)

m: Titrasyonda kullanılan köy peyniri miktarı, (g)

N: Kullanılan NaOH çözeltisinin normalitesi,

0.09 Faktörü: 1 ml 1N NaOH çözeltisine karşılık gelen kütlece laktik asit miktarı.

3.3.4 pH Değeri

Peynir örneklerinin pH değerleri, Hanna HI 2215 model pH metre ile ölçülmüştür (Akarca 2013).

3.3.5 Protein Analizi (%)

Geleneksel köy peynirlerinin protein miktarının belirlenmesinde Kjeldahl yöntemi esas alınmıştır. Bunun için, yakma tüplerine 1 mg hassasiyetle tartılmış 5 g'lık peynir örnekleri aktarılmıştır. Her bir tüpe Merck marka Kjeltab katalizör tabletlerinden ikişer adet eklenmiş ve ardından %94–96 saflıkta, yoğunluğu 1.84 olan 12 mL derişik H_2SO_4 ile köpürmeyi azaltmak için 3 mL H_2O_2 çeker ocak altında dikkatlice ilave edilmiştir. Bu hazırlanan yakma tüpleri, daha önce 420 °C'ye ısıtılmış yakma ünitesine yerleştirilmiş ve içerik tamamen berrak (mavi-yeşil renk) hâle gelene kadar yaklaşık bir saat süreyle yakma işlemine tabi tutulmuştur. Sürenin sonunda tüpler yakma ünitesinden çıkarılarak yaklaşık 15 dakika oda sıcaklığında soğutulmuştur. Soğuyan tüplere önce 80 mL distile su yavaşça eklenmiş, ardından yine yavaş bir şekilde %40'lık NaOH çözeltisinden 50 mL ilave edilmiştir. Tüpler çalkalanmadan Kjeldahl distilasyon cihazına yerleştirilmiş ve çıkış ucuna 30 mL borik asit ile alkolde hazırlanmış metil kırmızısı ve brom kresol yeşili indikatörlerini içeren alıcı çözeltisi bulunan bir erlenmayer konulmuştur. Cihaz çalıştırılarak distilasyon işlemine başlanmış ve yaklaşık dört dakika sürdürülmüştür. Distilasyon sonunda erlenmayere geçen distilat, 0.1 N HCl çözeltisi ile titre edilmiş ve karışım pembe–kavun içi tonuna ulaştığında titrasyon tamamlanmıştır (Anonim 2011).

Örneklerin protein miktarları aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Toplam\ azot\ (\%) = \frac{(V1 - V0\ ) \times N_{asit} \times 0{,}014}{m} \qquad (3.3)$$

Burada;

V1: Titrasyon sırasında örnek için tüketilen HCl çözeltisinin hacmi (ml)

V0: Kör numune titrasyonunda kullanılan HCl hacmi (ml)
N: HCl ‘in normalitesi
m: Analize alınan örneğin kütlesi
F: Azottan proteine çevrim katsayısı (süt ve süt ürünleri için 6.38)
0.014: Azotun miliekivalan ağırlığını temsil eden sabit değerdir.

3.3.6 Organik Asit Analizi

Taze köy peynir örneklerinde organik asit bileşiminin belirlenmesi amacıyla yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılmıştır. Analiz kapsamında peynire özgü fermantasyon sırasında oluşan başlıca organik asitler olan laktik asit, askorbik asit, süksinik asit, asetik asit, propiyonik asit ve malik asit miktarları belirlenmiştir. Peynirin katı ve kompleks yapısı nedeniyle ölçüm öncesinde örneklerde uygun bir ön işlem yapılmıştır. Bu kapsamda peynir örnekleri belirlenen miktarda ultra saf su ile homojenize edilmiş, ardından organik asitlerin ekstraksiyonunu kolaylaştırmak amacıyla karışım vortekslenmiş ve yüksek hızda santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatant, HPLC enjeksiyonuna uygun hale getirmek için 0,45 µm membran filtreden geçirilmiştir. Analizler, kontrol ünitesi CBM:20ACBM, dedektör olarak DAD (SPD-M20A), kolon fırını CTO-10ASVp, pompa sistemi LC-20AT ve otomatik örnekleyici SIL-20ACHT içeren HPLC platformunda gerçekleştirilmiştir. Verilerin işlenmesi ve kromatogramların değerlendirilmesi LC Solution yazılımı ile yapılmıştır. Ayrıca çalışmada ODS-4 kolon (250 mm × 4,6 mm, 5 µm) kullanılmış; mobil faz olarak ise pH’sı ortofosforik asit ile 3’e ayarlanmış ultra saf su tercih edilmiştir. Bu koşullar organik asitlerin ayrılması ve güvenilir şekilde tespit edilmesi için uygun bulunmuştur (Aktaş vd. 2005).

3.3.7 Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Taze köy peyniri örneklerinin renk parametreleri, renk ölçüm cihazı (Minolta Chroma Meter CR-400, Osaka) kullanılarak Metzger vd. (2000) ve Voss (1992)’de belirtilen yönteme göre belirlenmiştir. Peynir örnekleri düzgün bir yüzeye yerleştirilmiş, cihazın ölçüm başlığı örnek yüzeyine temas ettirilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Her bir örnek

için açıklık (L*), kırmızılık (a*), sarılık (b*), kroma (C*) ve hue açısı (h°) değerleri kaydedilmiştir.

3.3.8 Tekstür Analizi

Peynir örneklerinin dokusal özelliklerini belirlemek amacıyla 0., 15., 30. ve 45. günlerde tekstür profil analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda örneklerin sertlik (hardness), dış yapışkanlık (adhesiveness), iç yapışkanlık (cohesiveness), sakızımsılık (gumminess), esneklik (springiness), çiğnenebilirlik (chewiness) ve elastikiyet (resilience) parametreleri belirlenmiştir. Tekstür analizleri, 25 °C sıcaklıkta, 5 kg yük hücresine ve 1 inç küresel prob (Part Code: P/1s, Batch No: 13155) aparatına sahip TA-HD Plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, England) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sırasında ön test, test ve son test hızları sırasıyla 1, 5 ve 5 mm/s olarak ayarlanmıştır. Örnekler, orijinal yüksekliklerinin %40'ı oranında sıkıştırılmış ve iki sıkıştırma arasındaki süre 5 saniye olarak belirlenmiştir (Skryplonek vd. 2019, Yıldırım 2019).

3.4 Köy Peynirlerine Uygulanan Mikrobiyolojik Analizler

3.4.1 Peynir Örneklerinin Mikrobiyolojik Analizler İçin Hazırlanması

Her bir köy peyniri örneğinden 10 g numune steril bir kaşık yardımıyla alınmış ve steril numune poşetlerine tartılmıştır. Üzerine 90 mL steril ringer çözeltisi ilave edilmiştir. Numuneler, stomacher (Stomacher® 400 UK) cihazında homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılmıştır. Bu işlem sonucunda 10^{-1}'lik ilk dilüsyon hazırlanmıştır. Elde edilen 10^{-1}'lik seyreltilerden 1 mL hacminde numune alınarak, içinde 9 mL steril Ringer çözeltisi bulunan kapalı tüplere aktarılmıştır. Böylece 10^{-2}'lik dilüsyon elde edilmiştir. Aynı işlem basamakları izlenerek seyreltilmiş dilüsyonlar hazırlanmıştır (Seçkin ve Karagözlü 2004, Anonim 2001a).

3.4.2 Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı (TAMB)

Köy peyniri örneklerindeki toplam aerobik mezofil bakteri sayısını belirlemek amacıyla analizler Plate Count Agar (PCA, Merck 105463) besiyeri kullanılarak yayma plak tekniğiyle gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan besiyeri 121°C sıcaklıkta ve 1 atmosfer basınç altında 20 dakika süreyle otoklavda steril edilmiştir. Sterilizasyon sonrasında, besiyeri yaklaşık 41-45 °C'ye kadar soğutulmuş ve her bir petri kabına ortalama 12,5 mL olacak şekilde dökülmüştür. Besiyerinin yüzeye eşit şekilde dağılması için petri kapları hafifçe ileri-geri ve sağa-sola hareket ettirilmiştir. Katılaşma ve yüzey kuruması tamamlandıktan sonra, hazırlanan peynir dilüsyonlarından steril bir pipet yardımıyla 0,1 mL hacminde numune alınarak her biri iki paralel petriye inoküle edilmiştir (Dokuzlu 2004). Cam drigalski spatülü, kullanılmadan önce %76 (v/v) etil alkol içeren bir beher içerisinde bekletilmiştir. Ardından, bunzen beki alevi üzerinde kısa sürede yakılarak alkolden arındırılmış ve böylece sterilizasyon sağlanmıştır. Steril hale getirilen spatül, petri kabının boş bir kısmında soğutulduktan sonra, ilave edilen örnek petri yüzeyine eşit şekilde yayılmıştır. Besiyerlerinin katılaşmasının ardından petri kapları ters çevrilmiş ve 30 °C' deki inkübatörde 24-48 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda besiyeri üzerinde gelişen ve 0,5 mm'den büyük çaplı koloniler sayılmıştır (Halkman 2005, Dokuzlu 2004).

Sonuçların hesaplanması, formül 3.4'de verilen eşitlik esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

$$N = C \div [V \times (n1 + 0{,}1 \times n2)] \times d \qquad (3.4)$$

Burada;

N: Peynir örneğinin 1 g ya da 1 ml mikroorganizma sayısı

C: Sayımı yapılan tüm petri kutularındaki koloni sayısının toplamı

V: Sayımı yapılan petri kutularına eklenen numune hacmi (ml)

n1: İlk seyreltme örneklerinde sayım amacıyla kullanılan petri kutusu adedi

n2: İkinci seyreltme örneklerinde sayım amacıyla kullanılan petri kutusu adedi

d: Sayımın gerçekleştirildiği ardışık iki seyreltme düzeyinden, daha yoğun olanın seyreltme oranı

3.4.3 Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri Sayısı (TAPB)

Köy peyniri örneklerinde toplam aerobik psikrofilik bakteri sayısı, Plate Count Agar (PCA, Merck 1.05463) kullanılarak yayma plak yöntemi ile belirlenmiştir. Hazırlanan steril besiyeri, yaklaşık 12,5 mL olacak şekilde petri kutularına aktarılmış ve yüzeyde homojen bir dağılımın sağlanması için petri kutuları hafifçe ileri geri hareket ettirilmiştir. Besiyerinin katılaşmasının ardından, peynir numunelerinden hazırlanan dilüsyonlardan çift paralel biçimde steril bir pipet yardımıyla 0,1 mL alınarak petri kutularına ekim yapılmıştır. Numuneler, steril drigalski spatülü yardımıyla petri yüzeyine eşit şekilde dağıtılmıştır. Besiyerinin inokulumu tamamen absorbe etmesinin ardından petri kutuları ters çevrilmiş ve buzdolabında (4°C'de) 5-7 gün süreyle aerobik koşullarda inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda gelişen koloniler sayılarak sonuçlar değerlendirilmiştir (Halkman 2019).

3.4.4 Laktik Asit Bakterilerin Sayımı

Laktik asit bakterilerinin belirlenmesi amacıyla analizler, yayma plak yöntemi kullanılarak MRS Agar (Merck 1.10661; De Man, Rogosa and Sharpe) besiyeri ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, MRS besiyerinden 34,1 g tartılarak bir erlenmayer içerisine alınmış ve üzerine 500 mL saf su ilave edilmiştir. Karışım, manyetik karıştırıcı üzerinde manyetik balık yardımıyla tamamen çözünene kadar homojen hale getirilmiş, ardından 121 °C'de, 1 atm basınç altında 20 dakika süreyle otoklavlanarak sterilize edilmiştir. Sterilizasyonun ardından besiyeri, döküm sıcaklığı olan 41-45 °C aralığına kadar soğumaya bırakılmıştır. Uygun sıcaklığa ulaşan MRS besiyeri daha sonra petri kutularına ortalama 12,5 mL olacak şekilde dağıtılarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir (Dağdemir 2006).

Petri kutularına dökülen besiyerinin yüzeye düzgün şekilde yayılması amacıyla kutular hafifçe sağa–sola ve öne–arkaya hareket ettirilmiştir. Besiyerinin tamamen katılaşmasının ardından, köy peyniri örneklerinden hazırlanan dilüsyonlardan 0,1 mL alınarak her petriye çift paralel olacak biçimde steril pipet kullanılarak inokulasyon yapılmıştır. Sayım işleminde kullanılacak cam drigalski spatülü, içerisinde %76 (v/v) etil alkol bulunan bir beherde bekletilmiş ve ardından bunzen beki alevi üzerinden geçirilerek

sterilize edilmiştir. Sterilizasyon sonrası spatül, petri kutusunun boş bir bölümüne temas ettirilerek soğutulmuş, ardından ekimi yapılan peynir numunesi besiyeri yüzeyine homojen bir şekilde yayılmıştır. Numunenin besiyeri tarafından tamamen emilmesinden sonra, petriler ters çevrilmiş ve anaerobik koşullar oluşturmak amacıyla Anaerobik jarlara (Merck 1.16387) yerleştirilmiştir. Her jar içerisine bir adet Anaerocult C (1.16275.0001) paketi konulmuş ve paketin üzerindeki gözlere 3 mL saf su eklenerek anaerobik ortam oluşturulmuştur. Jarlar kapatılarak etüvde 30 °C'de 3 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır (Halkman 2005).

İnkübasyon süresi tamamlandığında besiyeri üzerinde gelişen gri renkli koloniler laktik asit bakterisi olarak değerlendirilmiş ve koloniler sayılmıştır (Ünlütürk ve Turantaş 2002, Halkman 2005, 2019).

3.4.5 *Lactococcus/Streptococcus* Cinsi Bakterilerin Sayımı

Köy peyniri örneklerinde *Lactococcus* ve *Streptococcus* cinsi bakterilerin belirlenmesi amacıyla, analizler M17 Agar (Merck, 15108) besiyerinde yayma plak yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan steril besiyerinden yaklaşık 12,5 mL petri kutularına aktarılmış ve ortamın düzgün şekilde dağılması amacıyla kutular hafifçe hareket ettirilmiştir. Besiyerinin katılaşmasının ardından, peynir numunelerinden elde edilen dilüsyonlardan çift paralel olacak şekilde steril bir pipet yardımıyla 0,1 mL alınmış ve petri kutularına inoküle edilmiştir. İnokülasyondan sonra, numuneler steril drigalski spatülü yardımıyla petri yüzeyine homojen biçimde yayılmıştır. Besiyerinin inokulumu tamamen absorbe etmesinin ardından petri kutuları ters çevrilmiş ve 30 °C'de 48 saat boyunca aerobik koşullarda inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda gelişen koloniler sayılmış ve elde edilen değerler değerlendirilmiştir (Halkman 2019).

3.4.6 Maya ve Küf Sayımı

Köy peyniri örneklerinde maya ve küf popülasyonunun belirlenmesi amacıyla Potato Dextrose Agar (PDA, Merck 110130, Almanya) besiyeri kullanılmıştır. Analizler yayma plak yöntemi esas alınarak yürütülmüştür. Sterilize edilen besiyerinden yaklaşık 12,5 mL

petri kutularına aktarılmış ve yüzeyin düzgün şekilde kaplanmasını sağlamak amacıyla petri kutuları hafifçe ileri-geri ve sağa-sola hareket ettirilmiştir. Katılaşma ve yüzey kuruması tamamlandıktan sonra, peynir örneklerinden hazırlanan dilüsyonlardan çift paralel olarak 0,1 mL alınarak petri kutularına inokule edilmiştir. Numuneler steril drigalski spatülü yardımıyla besiyeri yüzeyine homojen biçimde dağıtılmıştır. İnokulumun besiyeri tarafından tamamen emilmesinin ardından petri kutuları ters çevrilmiş ve etüvde (İnlucell, MMM, Almanya) 20-25 °C sıcaklıkta, 5-7 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda gelişen koloniler sayılarak sonuçlar değerlendirilmiştir (Halkman 2005).

3.4.7 Toplam Koliform Grubu Bakteri Sayısı

Köy peyniri örneklerindeki toplam koliform bakteri miktarının belirlenmesi amacıyla analizler yayma plak yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu işlem için, Violet Red Bile Agar (VRBA, Merck 1.01406) besiyerinden19,75 g tartılarak bir erlenmayer içerisine alınmış ve üzerine 500 mL distile su eklenmiştir. Su banyosunda sterilizasyonu tamamlanan besiyeri 41-45 °C sıcaklığa kadar soğutulduktan sonra petri kutularına yaklaşık 12,5 mL olacak şekilde aktarılmıştır. Besiyerinin petri yüzeyine eşit şekilde yayılması için ileri-geri ve sağa-sola hareket ettirilmiş, ardından katılaşması beklenmiştir. Katılaşma tamamlandığında peynir numunelerinden hazırlanan dilüsyonlardan 0,1 mL alınarak her petriye çift paralel ekim yapılmıştır (Özdemir ve Sert 1996).

Drigalski spatülü, önce %76 (v/v) etil alkol içeren bir beherde bekletilmiş, ardından bunzen beki alevi üzerinden geçirilerek steril hale getirilmiştir. Sterilizasyonun ardından spatül, petri kutusunun boş bir bölgesine temas ettirilerek soğutulmuş ve daha sonra inoküle edilen örnek besiyeri yüzeyine homojen şekilde dağıtılmıştır. Numunenin besiyerine tam olarak nüfuz etmesinden sonra, VRBA' dan ikinci bir kat daha, ilk bölüm miktarından daha az olacak şekilde (4-5 mL) yüzeye ilave edilmiştir. Bu tabakanın da katılaşması ile petri kutuları ters çevrilmiş etüvde 37 °C sıcaklıkta 24-48 saat süresince inkübasyona bırakılmıştır.

İnkübasyon tamamlandığında, petri kutuları üzerinde oluşan, çapı 0,5 mm'nin üzerinde olan ve pembe–kırmızı renk gösteren koloniler koliform grubu bakteriler olarak değerlendirilmiştir (Anonim 1989, Temiz 2000, Halkman 2005). Tüm dilüsyonların ve paralel ekimlerin tamamlanmasının ardından koliform bakteri miktarı, Formül 3.4'de yer alan eşitlik aracılığıyla hesaplanmıştır.

3.4.8 *Staphylococcus aureus* Sayısı

Köy peyniri örneklerinde koagulaz pozitif *Staphylococcus* bakterilerinin sayımı, Baird-Parker Agar (BP, Merck) kullanılarak yayma plak yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Akarca 2013).

Sterilize edilen BP besiyeri yaklaşık 45–47 °C sıcaklığa kadar soğutulduktan sonra içerisine %5 oranında Egg Yolk Tellurite Emülsiyonu (Merck 1.03785.0001) ilave edilmiştir. Hazırlanan besiyeri, her bir petri kutusuna ortalama 12,5 mL olacak şekilde çift paralel dökülmüş ve yüzeye homojen olarak yayılması için petri kutuları hafifçe ileri–geri ve sağa–sola hareket ettirilmiştir. Besiyerinin tamamen katılaşmasının ardından köy peyniri numunelerinden hazırlanan dilüsyonlardan 0,1 mL alınarak her petriye çift paralel şekilde inokulasyon yapılmıştır. Sayım sırasında kullanılacak cam drigalski spatülü, sterilizasyon amacıyla %76 (v/v) etil alkol içeren bir beherde bekletilmiş, ardından bunzen beki alevi üzerinden geçirilerek steril hale getirilmiştir. Spatül, besiyerinin zarar görmemesi için önce petri kutusunun boş bir alanında soğutulmuş ve daha sonra numune besiyeri yüzeyine eşit bir şekilde dağıtılmıştır. Besiyerinin donmasının ardından petriler ters çevrilmiş ve 30–35 °C sıcaklıkta, aerobik koşullarda etüvde yaklaşık 30 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda gelişen koloniler incelendiğinde, koagulaz pozitif *Staphylococcus* türlerine özgü olarak parlak siyah renkli, çevresinde beyaz presipitasyon halkası bulunan ve temiz zon oluşturan koloniler gözlemlenmiştir (Halkman 2005, Ünlütürk ve Turantaş 2002).

Bu kolonilerin işaretlenmesinin ardından petriler, ikinci bir değerlendirme için 18 saat daha inkübasyona bırakılmıştır. Toplam 48 saatlik inkübasyon süresi sonunda; temiz zon oluşturan olası tipik *Staphylococcus* kolonileri ile etrafında açık zon meydana

getirmeyen, opak ve parlak siyah görünümdeki koloniler ayrı ayrı sayılmıştır. Her iki grup içinden seçilen en az beşer adet olası *Staphylococcus* kolonisine koagulaz testi uygulanmıştır. Bu test sonuçları kullanılarak, örneğin bir gramındaki koagulaz pozitif *Staphylococcus* sayısı hesaplanmıştır (Halkman 2005, Ünlütürk ve Turantaş 2002).

Koagulaz testi için seçilen koloniler önce Nutrient Agar (Merck) besiyerine aktarılmış ve 35°C'de aerobik koşullarda, etüvde 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon tamamlandıktan sonra temiz bir lam hazırlanmış; lamın iki ucu cam kalemi ile işaretlenmiş ve işaretli bölgelere birer damla steril fizyolojik tuz çözeltisi (%0,8 NaCl) damlatılmıştır. Her iki damla üzerine, 24 saatlik taze kültürden iğne uçlu öze ile alınan materyal aktarılmış ve homojen bir süspansiyon oluşacak şekilde karıştırılmıştır.

Daha sonra damlacıklardan birine bir damla tavşan plazması (Bactident Coagulase – Merck) eklenmiştir. Diğer damlacık ise kontrol olarak bırakılmıştır. Lam hafifçe eğilerek yaklaşık 5 saniye süreyle damlaların karışması sağlanmıştır. Plazma eklenen noktada aglütinasyon veya çökelme görülmesi durumunda kültür koagulaz pozitif olarak değerlendirilmiştir (Ünlütürk ve Turantaş 2002, Anonim 2001b).

Her bir petride belirlenen koagulaz pozitif *Staphylococcus* sayısı formül 3.5 göre hesaplanmıştır (Anonim 2001b).

$$a = bc/Ac \times Cc + bnc / Anc \times Cnc \qquad (3.5)$$

Burada;

a : Koagulaz pozitif olarak belirlenen *Staphylococcus* sayısı
Ac : Koagulaz deneye atfedilen tipik kolonilerin sayısı
Anc : Koagulaz deneye atfedilen atipik kolonilerin sayısı
bc : Koagulaz pozitif sonuç veren tipik kolonilerin sayısı
bnc : Koagulaz pozitif sonuç veren atipik kolonilerin sayısı
Cc : Plak üzerinde görülmüş olan tipik kolonilerin toplam sayısı
Cnc : Plak üzerinde görülmüş olan atipik kolonilerin toplam sayısı

3.4.9 *Listeria monocytogenes* Varlığının Aranması

Listeria türlerinin analizi; izolasyon ve identifikasyon olmak üzere iki temel safhadan oluşmaktadır. Bu süreç ön zenginleştirme, selektif zenginleştirme, katı besiyerine ekim, koloni morfolojisinin incelenmesi ve biyokimyasal doğrulama testleri adımlarını kapsamaktadır. Homojenizasyon ve ön zenginleştirme amacıyla, analize alınacak gıda örneğinden aseptik koşullarda 25 g tartılarak 225 ml sıvı ön zenginleştirme besiyerine (Half-Fraser Broth) aktarılmış ve karışım iki dakika süreyle homojenize edildikten sonra 30°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Ön zenginleştirme inkübasyonunun ardından, elde edilen homojenattan 0,1 ml sıvı kültür alınarak selektif zenginleştirme besiyerine (Fraser Broth) pasajlanmış ve seçici üretimi desteklemek amacıyla 37°C'de 24 saat süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda, selektif zenginleştirme kültüründen steril bir öze yardımıyla örnek alınarak kromojenik veya selektif katı besiyeri (Oxford/PALCAM Agar) yüzeyine çizgi ekim yöntemiyle aktarılarak petriler, 35-37°C'de 24-48 saat süreyle inkübasyona tabi tutulmuştur. Kromojenik besiyerleri tipik kolonilerin ayırt edilmesini kolaylaştırırken; genel besiyerlerinde üreyen şüpheli kolonilerin ileri testlerle doğrulanması gerekmiştir. İnkübasyon neticesinde besiyerinde gelişen şüpheli koloniler, saflaştırılmak üzere genel bir katı besiyerine pasajlanarak 30°C'de 24-48 saat bekletilmiş ve bu kültürlerden elde edilen izolatlara Gram boyama, katalaz ve oksidaz testleri uygulanmıştır. *Listeria* cinsine ait tüm türler Gram pozitif, katalaz pozitif ve oksidaz negatif karakterdedir. Son aşamada, yarı katı hareket besiyerinde 25°C'de 24-48 saatlik inkübasyon sonucunda şemsiye benzeri tipik hareketlilik gösteren izolatlar *Listeria* spp. olarak tanımlanmıştır (İnt. Kyn. 2).

3.4.10 *Escherichia coli* Varlığının Aranması

Köy peyniri örneklerinde *E. coli* varlığının belirlenmesi, yayma plak yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan Chromocult TBX Agar (Merck 1.16122) besiyerinden 18,3 g tartılarak üzerine 500 mL distile su eklenmiştir. Hazırlanan karışım, 121 °C'de 1 atm basınçta 20 dakika süreyle otoklavda sterilize edilmiştir. Sterilizasyonun ardından besiyeri soğutulmuş ve petri kutularına yaklaşık 12,5 mL olacak şekilde dökülmüştür. Besiyerini yüzeye homojen biçimde dağılması amacıyla petri kutuları ileri-

geri ve sağa-sola hareket ettirilmiştir. Katılaşmanın tamamlanmasına takiben, peynir örneklerinden hazırlanan dilüsyonlardan çift paralel olacak şekilde 0,1 mL alınarak steril pipet yardımıyla petri kutularına inoküle edilmiştir (Özdemir ve Sert 1996).

Cam drigalski spatülü, sterilizasyon amacıyla %76 (v/v) etil alkol içeren bir beherde bekletilmiş ve ardından bunzen beki alevi üzerinde kısa sürede tutularak alkolden arındırılmıştır. Steril hale getirilen spatül, petri kutusunun boş bir bölgesine dokundurularak soğutulmuş, daha sonra ekimi yapılmış numune besiyeri yüzeyine eşit şekilde dağıtılmıştır. Besiyerleri katılaştıktan sonra petri kutuları ters çevrilerek 37 °C'deki inkübatörde 18-24 saat süreyle inkübasyona alınmıştır. İnkübasyon sonunda besiyeri üzerinde gelişen mavi-yeşil (turkuaz) renkli koloniler *E. coli* olarak tanımlanmış ve sayılmıştır (Anonim 2011).

3.4.11 *Salmonella* spp. Aranması

Analizde kullanılacak olan Brilliant Green Phenol Red Lactose Sucrose (BPLS) Agar, Nutrient Broth ve Rappaport Vassiliadis Salmonella (RVS) Broth besiyerleri ayrı ayrı hazırlanmıştır.

Nutrient Broth besiyeri, 1 L damıtık su içerisinde 8,0 g olacak şekilde çözülmüş ve 121 °C'de 15 dakika süreyle sterilize edilmiştir. Rappaport Vassiliadis Salmonella (RVS) Broth, 1 L damıtık su içinde 41,8 g/L oranında çözülmüş, ardından 115 °C'de 15 dakika sterilize edilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. Brilliant Green Phenol Red Lactose Sucrose (BPLS) Agar, 51,5 g/L olacak şekilde tartılmış, 1 L damıtık suda kaynar su banyosunda tamamen çözülene kadar karıştırılmış ve sterilize edilmiştir. Besiyeri 45 °C'ye kadar soğutulduktan sonra steril petri kutularına dökülerek katılaştırılmıştır (Halkman 2005, Anonim 2014, Anonim 2017).

Analiz aşamasında, steril stomacher torbalarına her bir peynir örneğinden 10 g tartılmış, üzerine 90 ml Nutrient Broth eklenmiş ve stomacher cihazında homojen hale getirilmiştir. Elde edilen ön zenginleştirme kültürleri etüvde, aerobik koşullarda 37 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında numunelerden 1 ml alınarak, içinde 9 ml Rappaport Vassiliadis Salmonella (RVS) Broth bulunan steril tüplere aktarılmış ve 37

°C’de 24 saat süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından, steril bir pipet yardımıyla 0,1 mL örnek alınarak BPLS Agar yüzeyine çift paralel ve çift tekerrürlü ekimler yapılmış, petri kutuları ters çevrilerek 37 °C’de 24 saat süreyle aerobik koşullarda inkübe edilmiştir. Süre sonunda, besiyerinde kırmızı zonlu pembe koloniler *Salmonella* açısından şüpheli koloniler olarak değerlendirilmiş ve kesin teşhis amacıyla tipik kolonilere TSI (Triple Sugar Iron) Agar ve LIA (Lysine Iron Agar) biyokimyasal doğrulama testleri uygulanmıştır (Halkman 2005, ISO 2017).

3.5 Bakteriyosin Analizi ve Üretim Kinetiğinin Belirlenmesi

İzolatlardan elde edilen bakteriyosinlerin üretim kinetiğinin ve zamana bağlı aktivite değişimlerinin belirlenmesi amacıyla öncelikle aktif hale getirilmiş olan *L. lactis* subsp. *lactis* ve *L. helveticus* kültürlerinden %1 (v/v) oranında inokulum alınmıştır. Alınan inokulumlar sırasıyla 100 mL steril M17 Broth ve MRS Broth besiyerlerine aktarılarak 30 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süreci boyunca, aseptik koşullar altında her saat başı (0-9. saatler arasında) sistemden düzenli olarak kültür örnekleri toplanmıştır. Kültürlerin zamana bağlı gelişim grafiğini (büyüme eğrisi) çıkarmak amacıyla, her saate ait örneklerin spektrofotometrik ölçümleri 600 nm dalga boyunda optik yoğunluk değerleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki bakteriyosin aktivite düzeyleri ise Kritik Dilüsyon Yöntemi (Critical Dilution Method) kullanılarak belirlenmiştir (Todorov ve Dicks 2005).

Bu amaçla, her saat başı toplanan kültür sıvıları, hücrelerin uzaklaştırılması için 4 °C'de, 10.000 rpm'de 15 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Elde edilen hücreden arındırılmış üst fazın (supernatant) içerisindeki laktik asit ve diğer organik asitlerin olası inhibitör etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla, pH değerleri 1 M NaOH kullanılarak 6.5'e ayarlanmıştır. Ardından, hidrojen peroksit (H_2O_2) etkisini elimine etmek için katalaz enzimi (30 U/mL) ilave edilmiş ve karışım 0.22 µm gözenek çapına sahip membran filtrelerden süzülerek sterilize edilmiştir. Elde edilen ham bakteriyosin süzüntülerinin aktivite tayini, indikatör mikroorganizma olarak seçilen *Lactiplantibacillus plantarum* LMG2003 suşu üzerinde agar kuyu difüzyon tekniğiyle değerlendirilmiştir. Analizlerde besiyeri bileşenlerinden kaynaklanabilecek arka plan etkilerini ve hatalı pozitif sonuçları

kontrol altında tutmak amacıyla, negatif kontrol grubu olarak steril M17 ve MRS broth besiyerleri kullanılmıştır. İndikatör bakterinin gelişimini tamamen inhibe eden en yüksek seyreltme basamağı belirlenerek, bakteriyosin aktivitesi mililitre başına Arbitrer Ünite (AU/mL) cinsinden hesaplanmıştır.

3.6 Kaplama Malzemelerinin Antimikrobiyal Analizleri

3.6.1 *L. lactis* ve *L. helveticus* İlave Edilmiş Kaplama Çözeltileri ile Disk Hazırlama İşlemi

Çalışmada kullanılan kaplama materyali Bölüm 3.2.3'te belirtilen yönteme göre hazırlanmıştır. Kaplamaya ilave edilen *L. lactis* ve *L. helveticus* kültürleri ise Bölüm 3.2.2'de belirtilen şekilde üretilmiştir. Hazırlanan kaplama çözeltisine ilgili suşlar aseptik koşullar altında ayrı ayrı ve kombine olarak eklenmiş ve homojen dağılım sağlanacak şekilde karıştırılmıştır. Bu doğrultuda üç farklı kaplama grubu oluşturulmuştur: yalnızca *L. lactis* içeren kaplama (KL), yalnızca *L. helveticus* içeren kaplama (KH) ve her iki suşun birlikte bulunduğu kaplama mix (KM). Elde edilen *L. lactis* ve *L. helveticus* içeren kaplama materyali, belirlenen depolama koşullarında ve sıcaklıkta bekletilmiştir.

Kaplama grupları (KL, KH ve KM) steril petri kaplarına ayrı ayrı alınmış, her bir kaplama içerisine steril antibiyogram diskleri eklenerek disklerin kaplama çözeltisi ile tamamen emdirilmesi sağlanmıştır. Emdirilmiş diskler aseptik koşullarda muhafaza edilmiş ve analiz için kullanılmıştır.

3.6.2 Patojen Bakterilerin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan patojen bakteriler ve özellikleri Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Patojen bakteriler, ATCC numaraları, kullanılan besiyeri ve inkübasyon şartları.

Bakteri Adı	ATCC	Kullanılan Besiyeri	İnkübasyon Şartları
Escherichia coli	(ATCC 25922)	TBX (Tryptone Bile X-glucuronide) Agar (Merck,1.16122, Almanya)	37 ºC'de 16-20 saat
Salmonella spp.	-	XLD (Xylose Lysine Deoxycholate) Agar (Merck,1.05287, Almanya)	37 ºC'de 16-20 saat
Listeria monocytogenes	(ATCC 51774)	Oxford- Listeria-Selective Agar (Merck,1.07004, Almanya)	%5 CO2 anaerobik ortamda, 37 ºC'de 16-20 saat
Staphylococcus aureus	(ATCC 6538)	Baırd-ParkerAgar (Merck,1.05406, Almanya)	37 ºC'de 16-20 saat

3.6.3 İnokulumların Hazırlanması

Analizde kullanılan patojen mikroorganizmalar, uygun selektif besiyerlerinde inkübasyona bırakılarak aktif kültürler elde edilmiştir. İnkübasyon sonunda gelişen tipik koloniler aseptik koşullarda steril öze ile alınmış ve fizyolojik tuzlu su içeren cam tüplere aktarılmıştır. Süspansiyonun homojen hale gelmesi için vorteks uygulanmış ve hücre dağılımının eşitlenmesi sağlanmıştır. Hazırlanan inokulum yoğunluğu, 0,5 McFarland standardına karşılık gelecek şekilde dansimetre (Biosan 1B, Türkiye) kullanılarak ayarlanmıştır (Akarca ve Başpınar 2019).

3.6.4 Disk Difüzyon Metodunun Uygulanması

Yoğunluğu 10^7–10^8 kob/mL olarak ayarlanan patojen bakteri kültürlerinden steril pipet (Scorex, Acura 825) kullanılarak 0,1 mL alınmış ve Mueller–Hinton Agar (Merck 1.05437, Almanya) plaklarının yüzeyine aktarılmıştır. Aktarılan bakteri kültürü, steril cam drigalski spatülü yardımıyla besiyeri yüzeyine düzgün ve eşit bir tabaka oluşturacak şekilde yayılmıştır. İnokulumun agar tarafından tamamen emilebilmesi için plaklar yaklaşık 10 dakika süreyle bekletilmiştir. Takiben, kaplama materyali içeren diskler (Bio-Disk 316010001), oluşacak inhibisyon bölgelerinin üst üste gelmemesine dikkat edilerek agar yüzeyine yerleştirilmiştir (Akarca ve Başpınar 2019). Hazırlanan plaklar Çizelge 3.2'de belirtilen sıcaklık ve süre koşullarında inkübe edilmiştir. İnkübasyon

tamamlandıktan sonra disklerin etrafında oluşan inhibisyon zonlarının çapları, yeterli ışık altında dijital kumpas (Mitutoyo 500-181-30, Japonya) ile milimetre cinsinden ölçülerek kaydedilmiştir (Akarca ve Başpınar 2019).

3.7 Kaplama Materyalinin Kalınlık Ölçümü

Depolama süresi sonunda peynir yüzeyinde oluşan kaplama tabakasının kalınlığı dijital kumpas (Mitutoyo 500-181-30, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler, kaplama materyalinin farklı noktalarından gerçekleştirilmiş ve elde edilen değerler mm cinsinden kaydedilmiştir.

3.8 İstatistiksel Analizler

Çalışmada kontrol, kaplama kontrol, kaplama lactis, kaplama helveticus ve kaplama mix olmak üzere beş farklı örnek grubuna ait peynirlerin 0., 15., 30. ve 45. günlerde belirlenen fizikokimyasal ve mikrobiyolojik parametrelerine ilişkin verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde varyans analizi (ANOVA) uygulanmış, ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır. Tüm istatistiksel analizler SPSS for Windows paket programı (release 27.0) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (SPSS 2008).

4.BULGULAR

4.1 Geleneksel Taze Köy Peynirlerinin Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

4.1.1 Kuru Madde Değerleri (%)

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin toplam kuru madde miktarları Çizelge 4.1'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının kuru madde analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.2'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.1'de, kuru madde değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.2'de, kuru madde değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Peynir örneklerinde depolama süresince toplam kuru madde miktarı (%).

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	34,76±0,31^{Da}	36,41±1,00^{Ccd}	41,63±0,09^{Ba}	49,90±0,17^{Aa}
Kaplama Kontrol	34,48±0,68^{Ba}	34,40±1,07^{Bd}	40,92±0,95^{Aa}	41,55±0,04^{Ab}
Kaplama Lactis	34,42±0,23^{Ba}	37,26±0,56^{ABbc}	36,99±1,50^{ABb}	40,90±3,55^{Ab}
Kaplama Helveticus	34,83±0,04^{Ca}	38,59±0,84^{Bb}	40,92±0,73^{Aa}	40,73±0,84^{Ab}
Kaplama Mix	34,74±0,11^{Da}	40,90±0,37^{Ca}	42,33±0,03^{Ba}	43,46±0,38^{Ab}

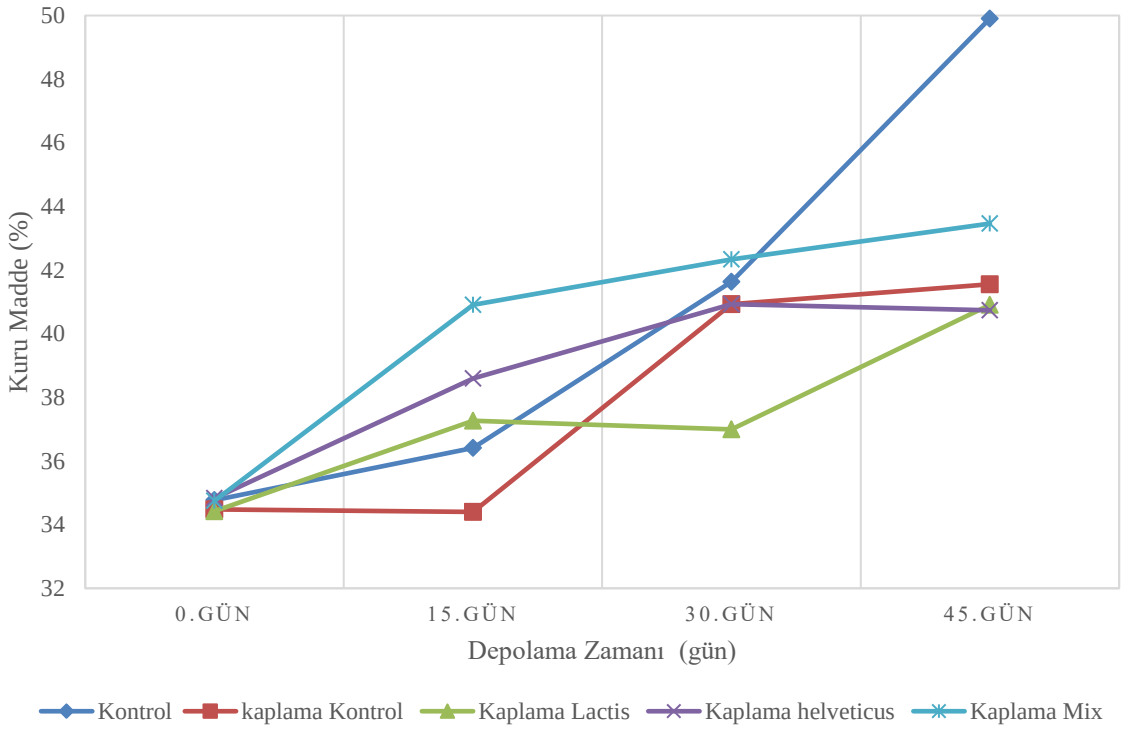
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - d (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.2 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin kuru madde değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

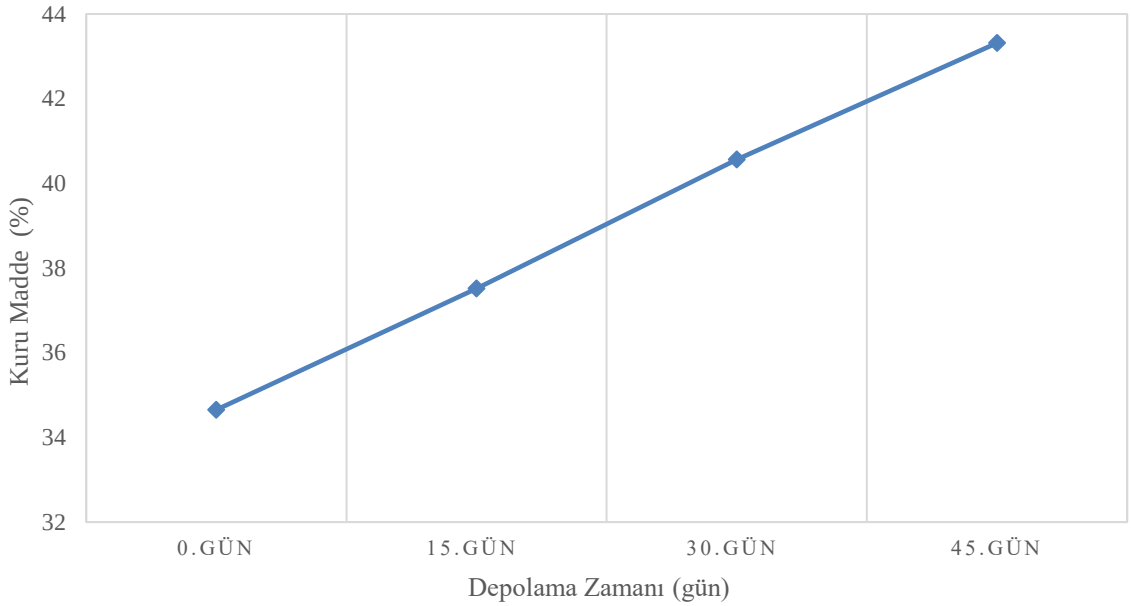
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	<0,001	0,011
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,810**
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

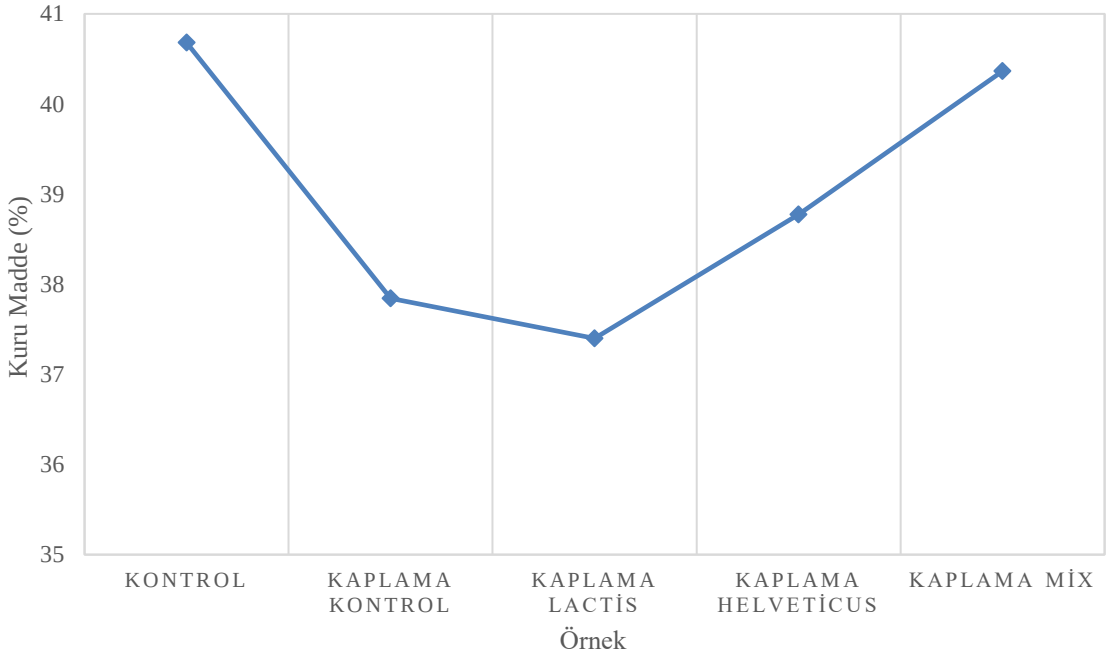
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.1 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca toplam kuru madde miktarındaki değişimi.



Şekil 4.2 Peynir örneklerinde kuru madde değerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.3 Peynir örneklerinde kuru madde değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.2 Su aktivitesi (a_w) Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin su aktivitesi sonuçları Çizelge 4.3'te, örnek çeşidi ve depolama zamanının su aktivitesi analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.4'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.4'de, su aktivitesi değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.5'de, su aktivitesi değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca a_w değerindeki değişim.

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	0,914±0,001^{Aab}	0,650±0,002^{Ba}	0,573±0,001^{Dd}	0,579±0,001^{Cd}
Kaplama Kontrol	0,915±0,001^{Aab}	0,618±0,001^{Bc}	0,591±0,002^{Cc}	0,622±0,002^{Bc}
Kaplama Lactis	0,912±0,002^{Ab}	0,626±0,001^{BCb}	0,622±0,003^{Cb}	0,632±0,002^{Bb}
Kaplama Helveticus	0,913±0,001^{Aab}	0,614±0,000^{Dc}	0,631±0,004^{Ca}	0,654±0,001^{Ba}
Kaplama Mix	0,916±0,000^{Aa}	0,618±0,001^{Dc}	0,634±0,002^{Ca}	0,655±0,002^{Ba}

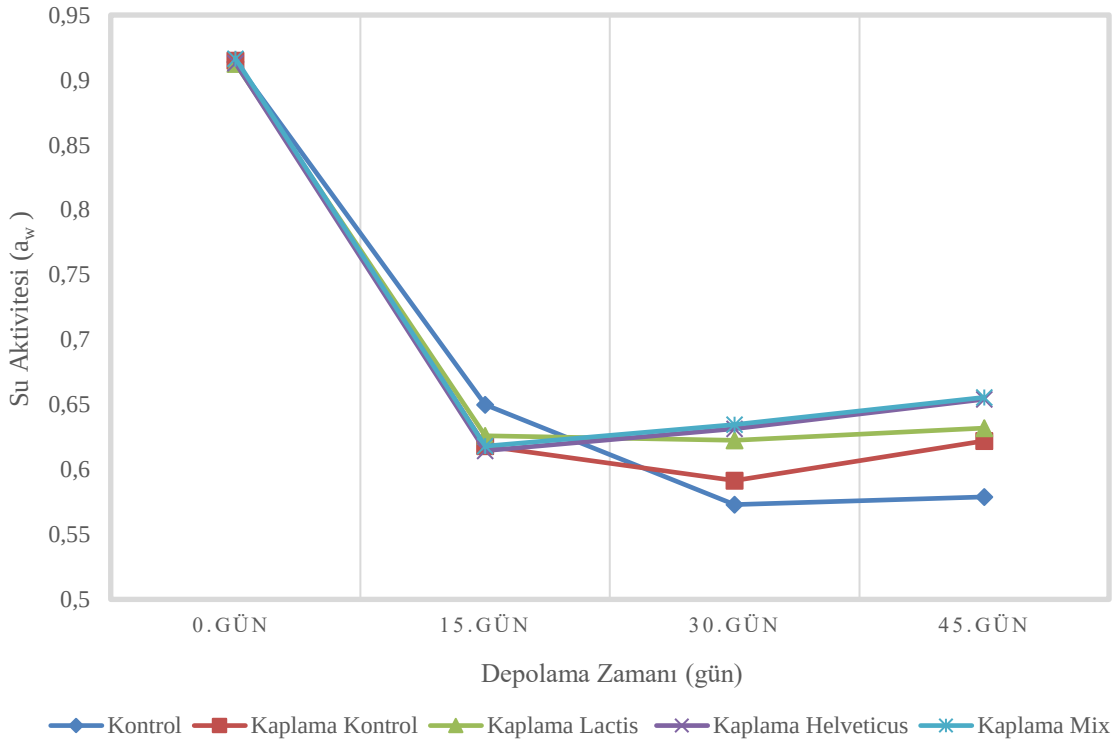
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - d (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.4 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin a_w değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

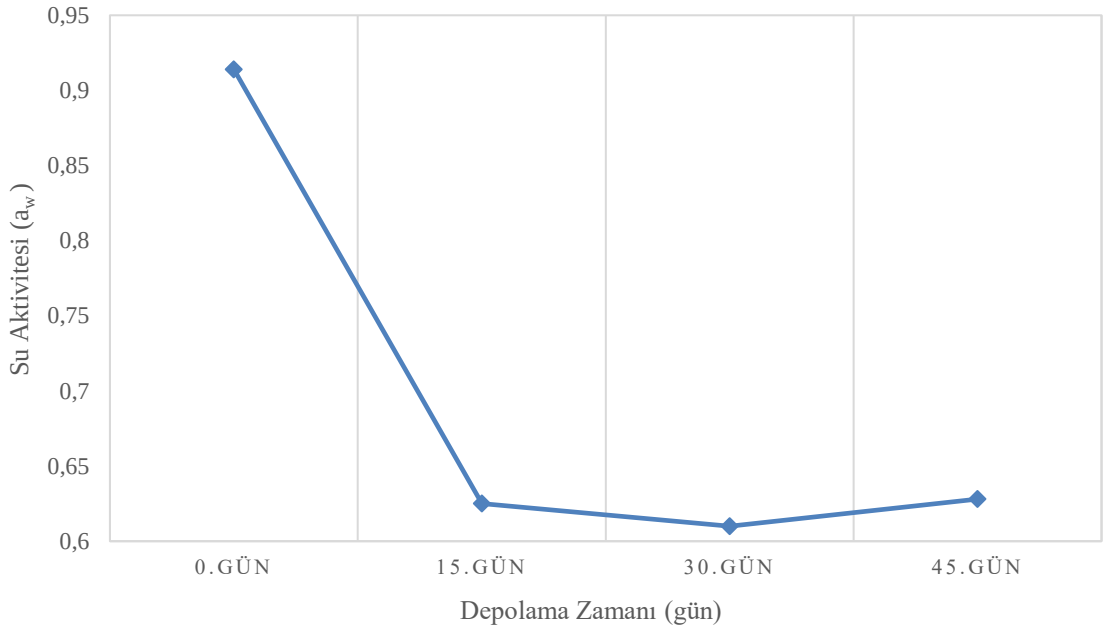
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	<0.001	0.078
Depolama Zamanı (D)	<0.001	-0.759**
Ö x D	<0.001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

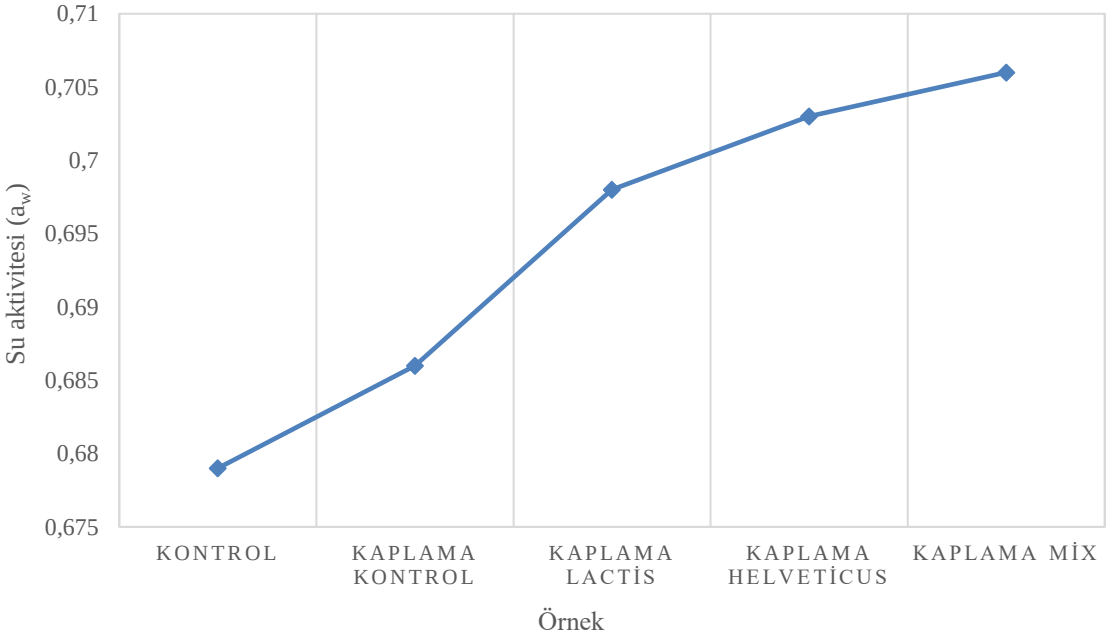
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.4 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca a_w değerindeki değişimi.



Şekil 4. 5 Peynir örneklerinde a_w değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.6 Peynir örneklerinde a_w değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.3 Titrasyon Asitliği (Laktik Asit Cinsinden) Değerleri (%)

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin titrasyon asitliği sonuçları Çizelge 4.5'te, örnek çeşidi ve depolama zamanının titrasyon asitliği analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.6'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.7'de, titrasyon asitliği değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.8'de, titrasyon asitliği değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 4 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca titrasyon asitliği değerleri (%).

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	$1,43\pm0,01^{Ba}$	$1,88\pm0,02^{Aab}$	$1,87\pm0,02^{Ac}$	$1,86\pm0,01^{Ac}$
Kaplama Kontrol	$1,45\pm0,03^{Ca}$	$1,89\pm0,06^{ABab}$	$1,83\pm0,01^{Bc}$	$1,96\pm0,03^{Abc}$
Kaplama Lactis	$1,46\pm0,01^{Ba}$	$2,07\pm0,06^{Aa}$	$2,11\pm0,06^{Aa}$	$2,20\pm0,06^{Aa}$
Kaplama Helveticus	$1,43\pm0,02^{Ba}$	$1,77\pm0,21^{Ab}$	$1,80\pm0,03^{Ac}$	$1,88\pm0,11^{Abc}$
Kaplama Mix	$1,45\pm0,01^{Ba}$	$1,94\pm0,08^{Aab}$	$1,96\pm0,02^{Ab}$	$2,05\pm0,06^{Aab}$

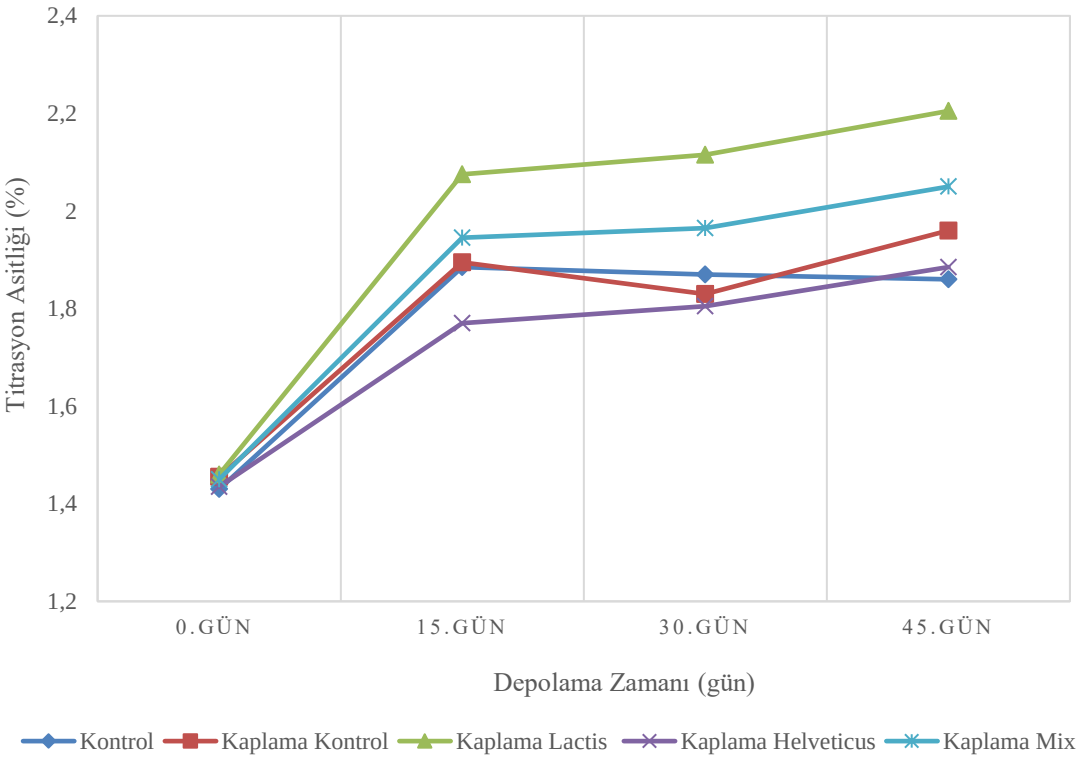
A – C (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - c (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.5 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin titrasyon asitliği (%) değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

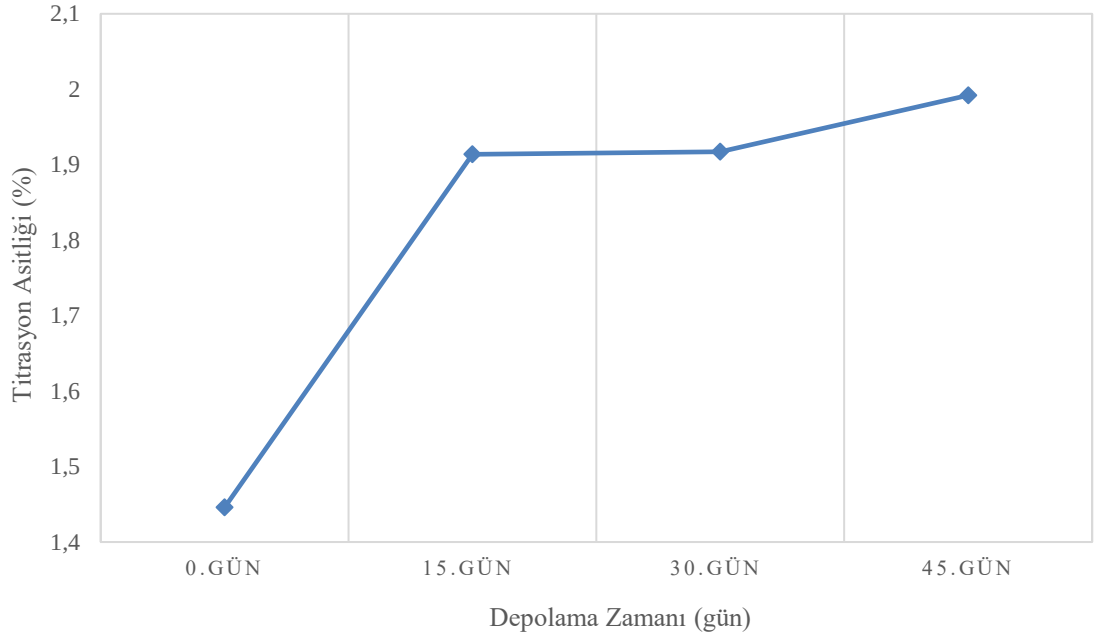
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	<0,001	0,071
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,757**
Ö x D	0,104	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

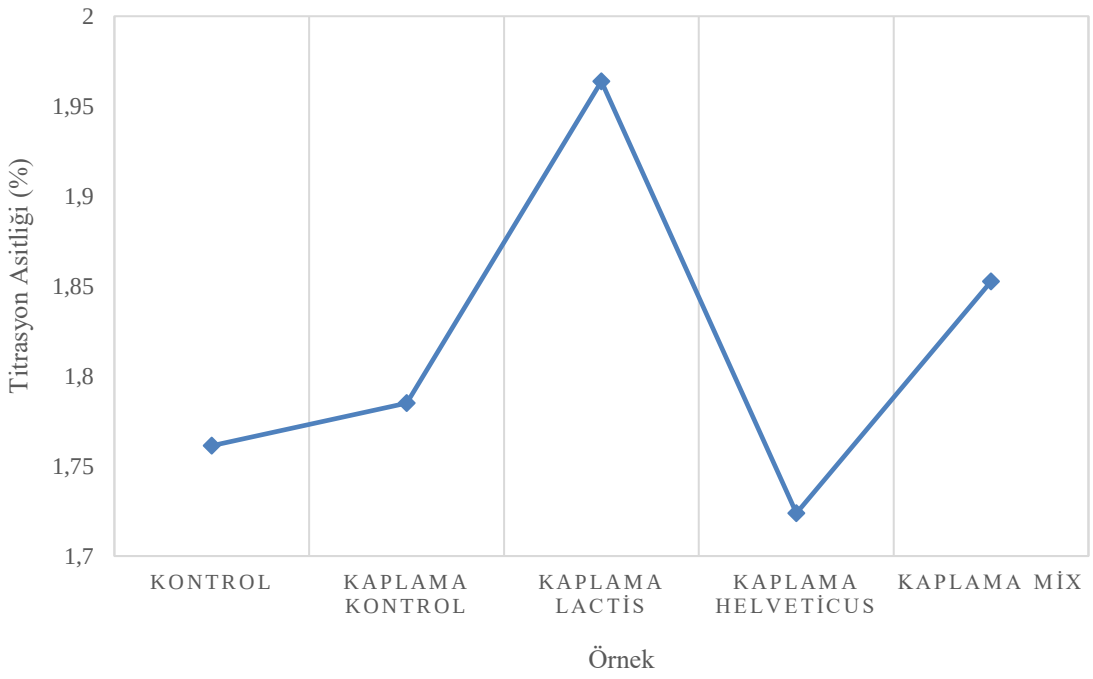
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.7 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca titrasyon asitliğinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.8 Peynir örneklerinde titrasyon asitliğinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.9 Peynir örneklerinde titrasyon asitliğinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.4 pH Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin pH değeri sonuçları Çizelge 4.7'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının pH değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.8'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.10'da, pH değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.11'de, pH değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 6 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca pH değerleri.

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	5,39±0,03^{Aab}	5,05±0,07^{Ba}	4,68±0,04^{Da}	4,80±0,01^{Ca}
Kaplama Kontrol	5,35±0,01^{Ab}	4,32±0,07^{Cb}	4,47±0,10^{BCa}	4,63±0,05^{Bb}
Kaplama Lactis	5,41±0,01^{Aa}	4,36±0,04^{Bb}	4,65±0,25^{Ba}	4,51±0,01^{Bc}
Kaplama Helveticus	5,37±0,03^{Aab}	4,46±0,10^{BCb}	4,58±0,03^{Ba}	4,39±0,01^{Cd}
Kaplama Mix	5,37±0,01^{Aab}	4,43±0,04^{Cb}	4,66±0,01^{Ba}	4,45±0,01^{Ccd}

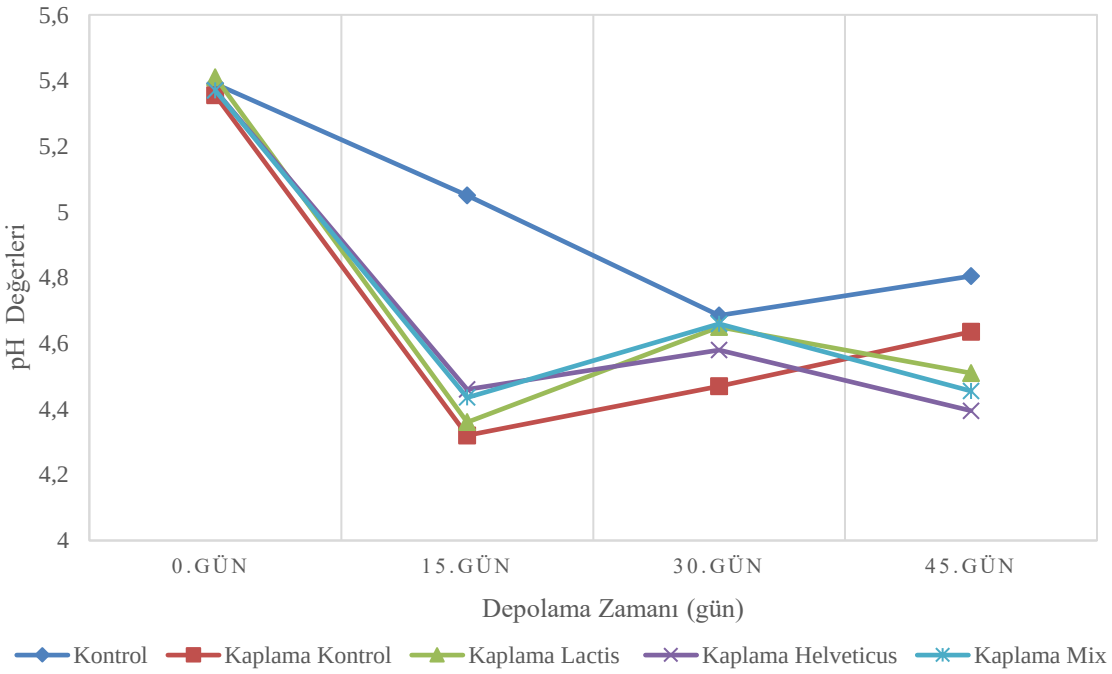
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - d (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4. 7 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin pH değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

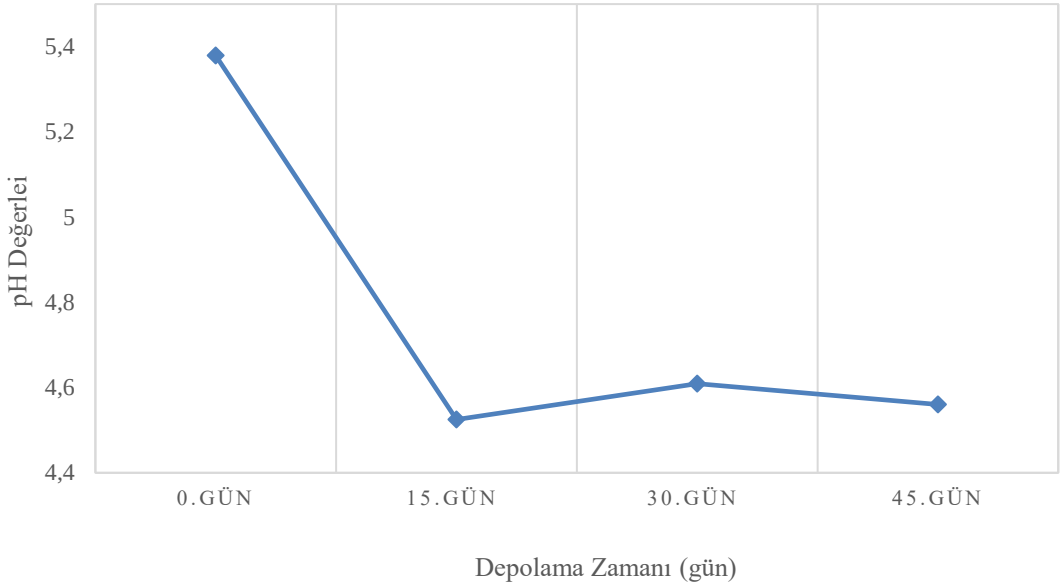
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	<0,001	-0,181
Depolama Zamanı (D)	<0,001	-0,679**
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

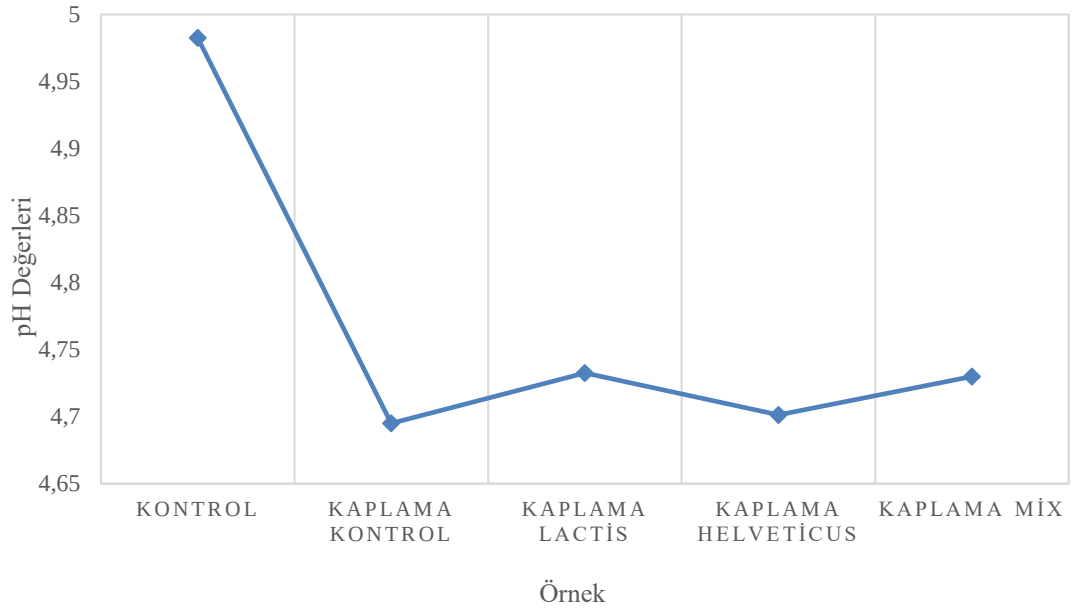
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.10 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca pH değerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.11 Peynir örneklerinde pH değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.12 Peynir örneklerinde pH değerlerinin örnek çeşidine göre değişimi.

4.1.5 Protein Değerleri (%)

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin protein değerleri Çizelge 4.9'da, örnek çeşidi ve depolama zamanının protein değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.10'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.13'de, protein değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 8 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca protein değerleri (%).

	Depolama Zamanı (gün)	
Örnekler	**0.gün**	**45.gün**
Kontrol	10,06±0,03^{c}	9,84±0,05^{a}
Kaplama Kontrol	9,77± 0,05^{d}	9,76±0,02^{a}
Kaplama Lactis	10,10±0,02^{c}	8,83±0,06^{c}
Kaplama Helveticus	10,36±0,05^{b}	8,95±0,02^{b}
Kaplama Mix	10,55±0,02^{a}	8,44±0,02^{d}

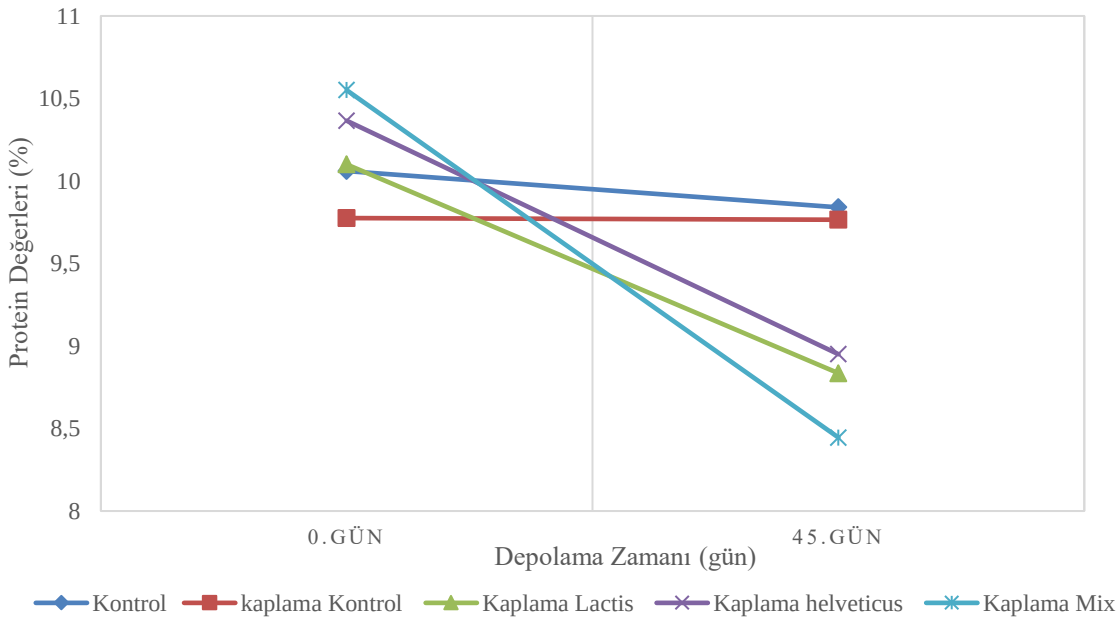
a - d (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.9 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının protein analizine (%) ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

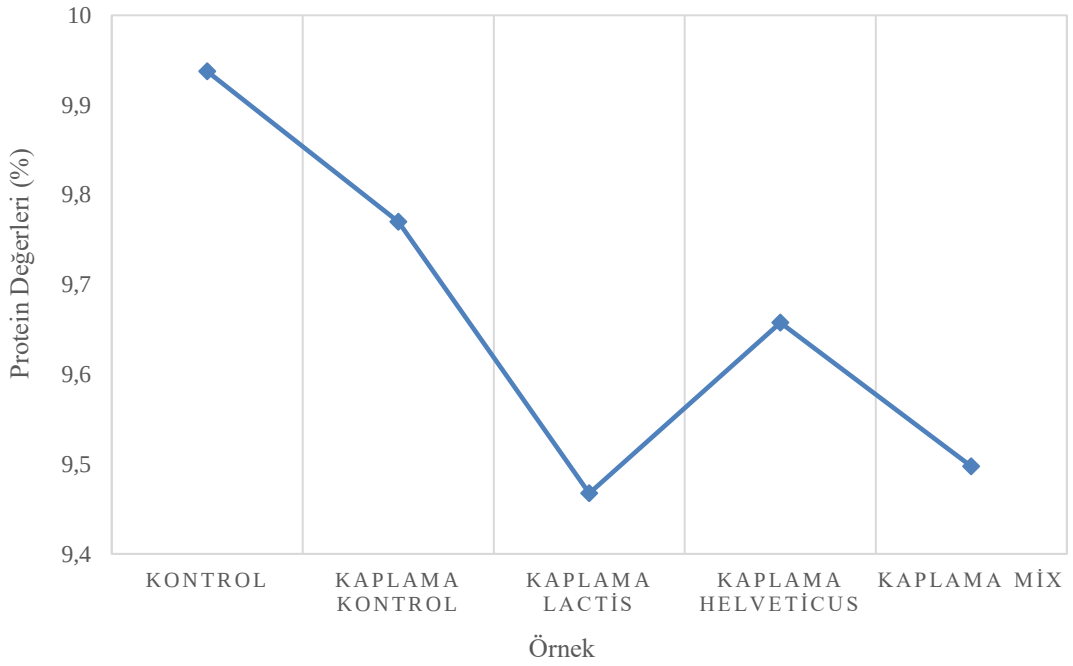
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	<0,001	-0,213
Depolama Zamanı (D)	<0,001	-0,757**
Ö × D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.13 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca protein değerlerindeki (%) değişimi.



Şekil 4.14 Peynir örneklerinde protein değerlerinin (%) örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.6 Organik Asit Değerleri

4.1.6.1 Asetik Asit

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin asetik asit değerleri Çizelge 4.11'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının asetik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.12'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.15'de, asetik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca asetik asit değerleri.

	Depolama Zamanı (gün)	
Örnekler	**0.Gün**	**45.Gün**
Kontrol	18,30±0,42^{d}	36,25±0,35^{e}
Kaplama Kontrol	19,65±0,35^{c}	42,50±0,56^{d}
Kaplama Lactis	22,60±0,28^{b}	51,05±0,70^{b}
Kaplama Helveticus	22,80±0,28^{b}	48,40±0,56^{c}
Kaplama Mix	28,50±0,42^{a}	59,55±0,21^{a}

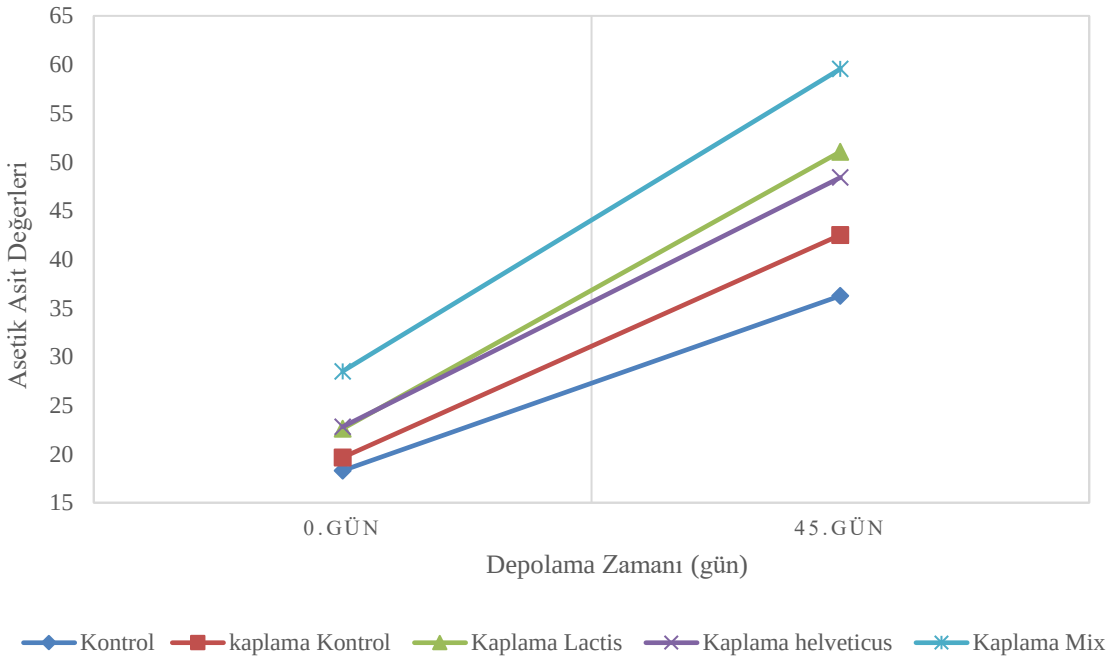
a - e (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.11 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının asetik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

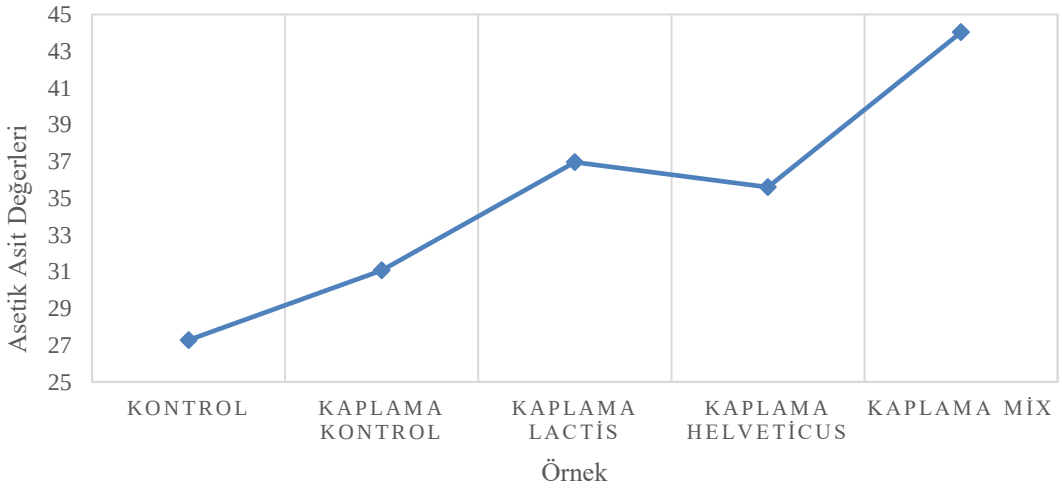
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	<0,001	0,384
Depolama (D)	<0,001	0,900**
Ö × D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.15 Peynir örneklerinde depolama süreci boyunca asetik asit değerlerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.16 Peynir örneklerinde asetik asit değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.6.2 Laktik asit

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin laktik asit değerleri Çizelge 4.13'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının laktik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.14'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.17'de, laktik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca laktik asit değerleri.

	Depolama Zamanı (gün)	
Örnekler	**0.Gün**	**45.Gün**
Kontrol	10848,88±24,38^{c}	16398,42±32,47^{e}
Kaplama Kontrol	11211,44±3,91^{b}	17043,61±31,08^{d}
Kaplama Lactis	11423±86,74^{a}	19616,80±101,78^{b}
Kaplama Helveticus	11234,31±76,31^{b}	18073,79±27,53^{c}
Kaplama Mix	11382,63±36,33^{a}	20154,17±16,16^{a}

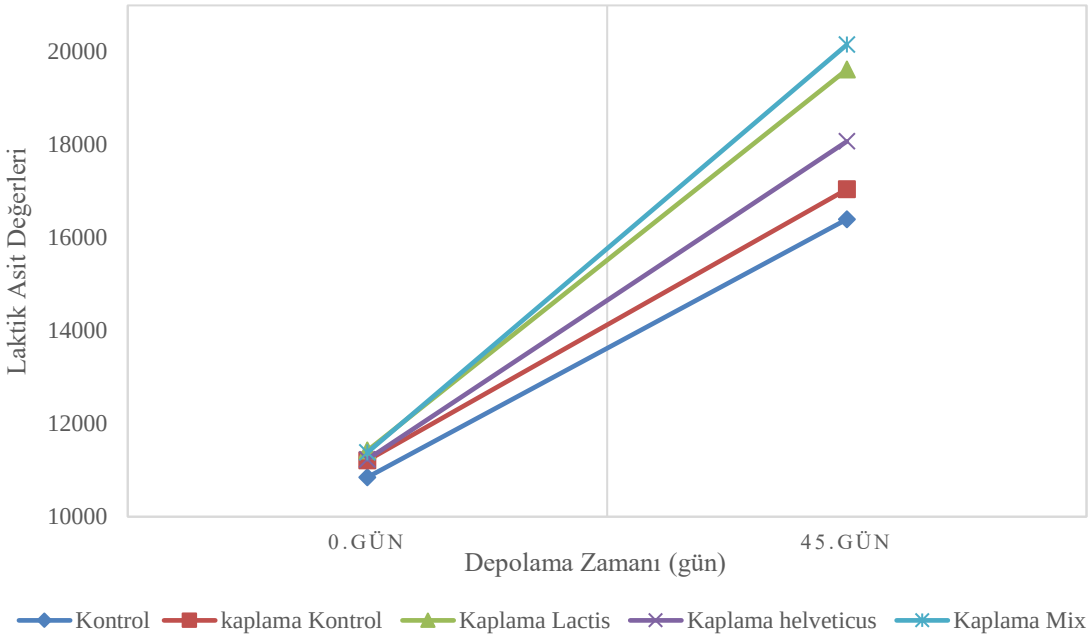
a - e (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.13 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının laktik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

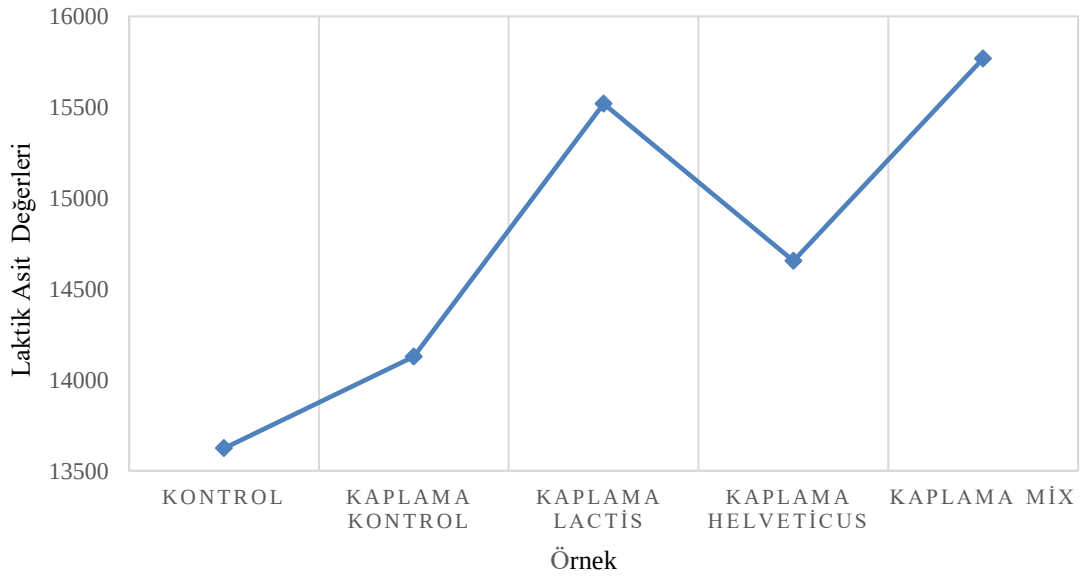
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	<0,001	0,186
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,960**
Ö × D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.17 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca laktik asit değerlerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4. 18 Peynir örneklerinde laktik asit değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.6.3 Süksinik Asit

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin süksinik asit değerleri Çizelge 4.15'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının süksinik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.16'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.19'da, süksinik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca süksinik asit değerleri.

	Depolama Zamanı (gün)	
Örnekler	**0.Gün**	**45.Gün**
Kontrol	284,69±4,76^{c}	686,71±2,19^{e}
Kaplama Kontrol	306,27±8,68^{b}	894,37±1,30^{d}
Kaplama Lactis	325,03±3,52^{a}	1206,10±3,30^{a}
Kaplama Helveticus	315,46±0,86^{ab}	919,55±1,27^{c}
Kaplama Mix	316,73±5,46^{ab}	1028,42±1,76^{b}

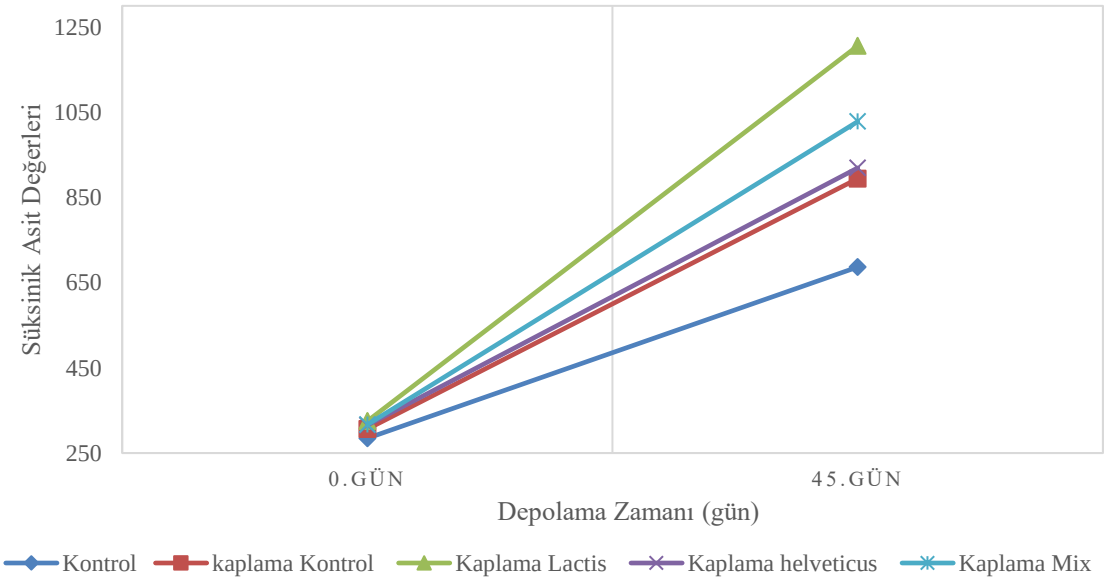
a - e (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.15 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının süksinik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

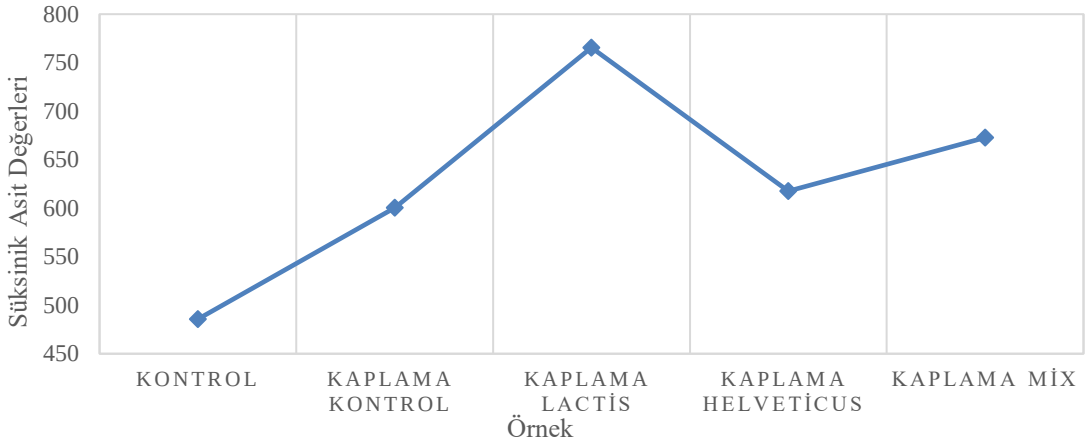
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	<0,001	0,000
Depolama (D)	<0,001	0,935**
Ö	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.19 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca süksinik asit değerlerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.20 Peynir örneklerinde süksinik asit değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.6.4 Propiyonik Asit Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin propiyonik asit değerleri Çizelge 4.17'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının propiyonik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.18'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.21'de, propiyonik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.116 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca propiyonik asit değerleri.

	Depolama Zamanı (gün)	
Örnekler	**0.Gün**	**45.Gün**
Kontrol	22,70±1,55^{c}	107,70±1,69^{e}
Kaplama Kontrol	25,25±0,49^{bc}	122,39±1,37^{d}
Kaplama Lactis	28,54±1,54^{a}	148,34±0,84^{b}
Kaplama Helveticus	26,14±0,94^{ab}	132,39±1,66^{c}
Kaplama Mix	28,30±0,48^{a}	158,00±1,91^{a}

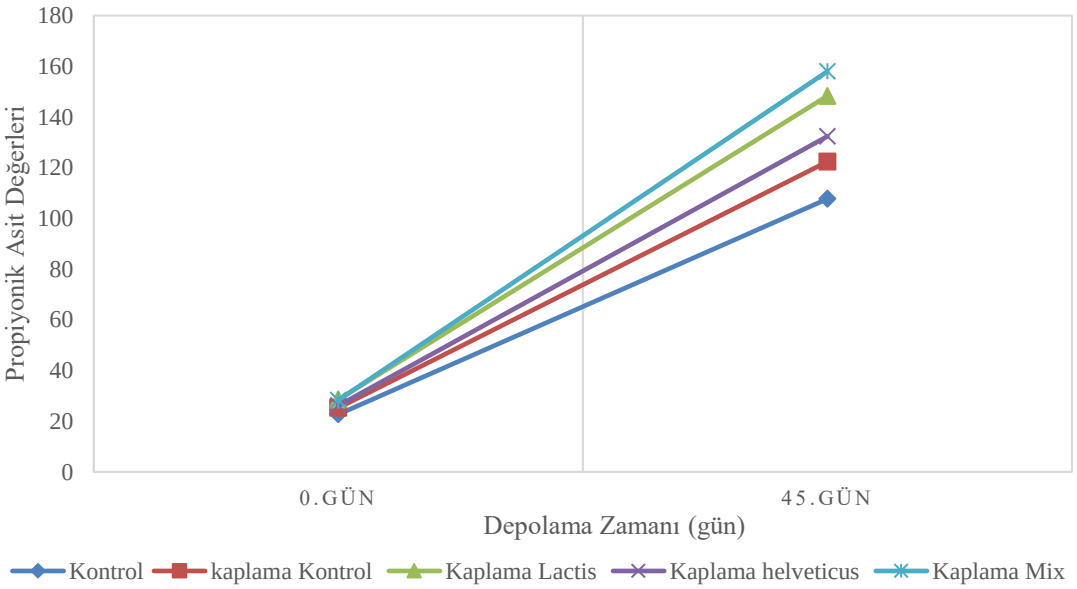
a - e (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.17 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının propiyonik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

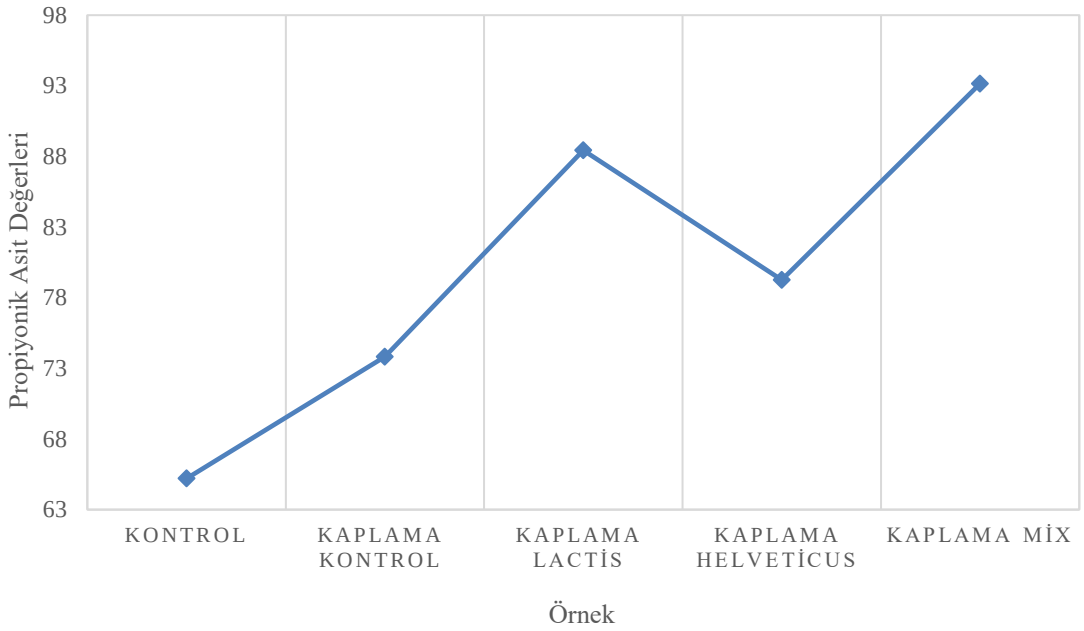
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	<0,001	0,000
Depolama (D)	<0,001	0,973**
Ö × D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.21 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca propiyonik asit değerlerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4. 22 Peynir örneklerinde propiyonik asit değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.6.5 Askorbik Asit

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin askorbik asit değerleri Çizelge 4.19'da, örnek çeşidi ve depolama zamanının askorbik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.20'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.23'de, askorbik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.24'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca askorbik asit değerleri.

	Depolama Zamanı (gün)	
Örnekler	**0.Gün**	**45.Gün**
Kontrol	41,20±1,37^{c}	106,02±0,26^{e}
Kaplama Kontrol	44,24±0,84^{b}	124,40±1,31^{d}
Kaplama Lactis	46,85±0,45^{a}	155,20±0,60^{a}
Kaplama Helveticus	46,41±0,77^{ab}	141,91±1,49^{c}
Kaplama Mix	47,72±0,50^{a}	148,86±0,92^{b}

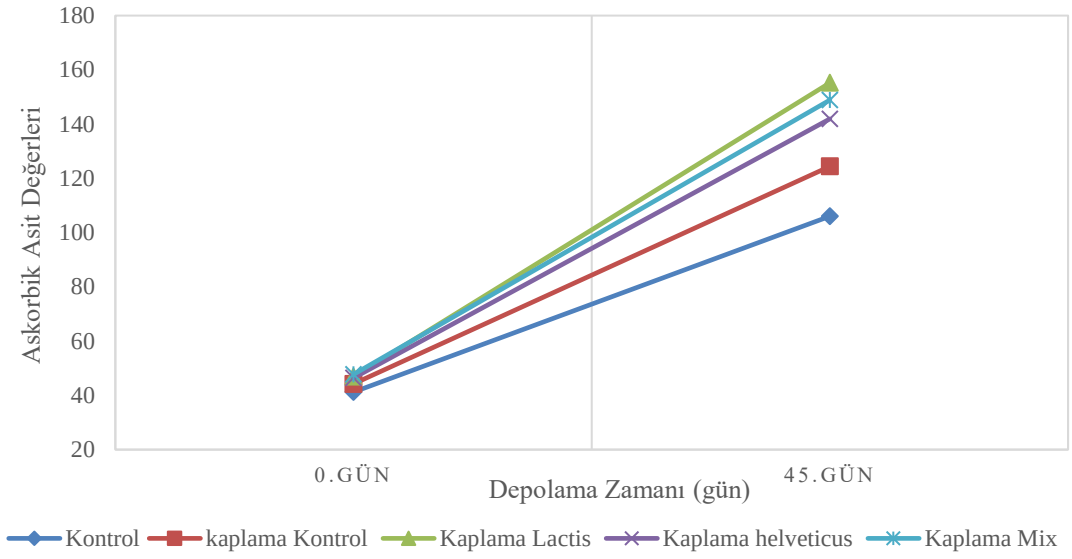
a - e (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.19 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının askorbik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

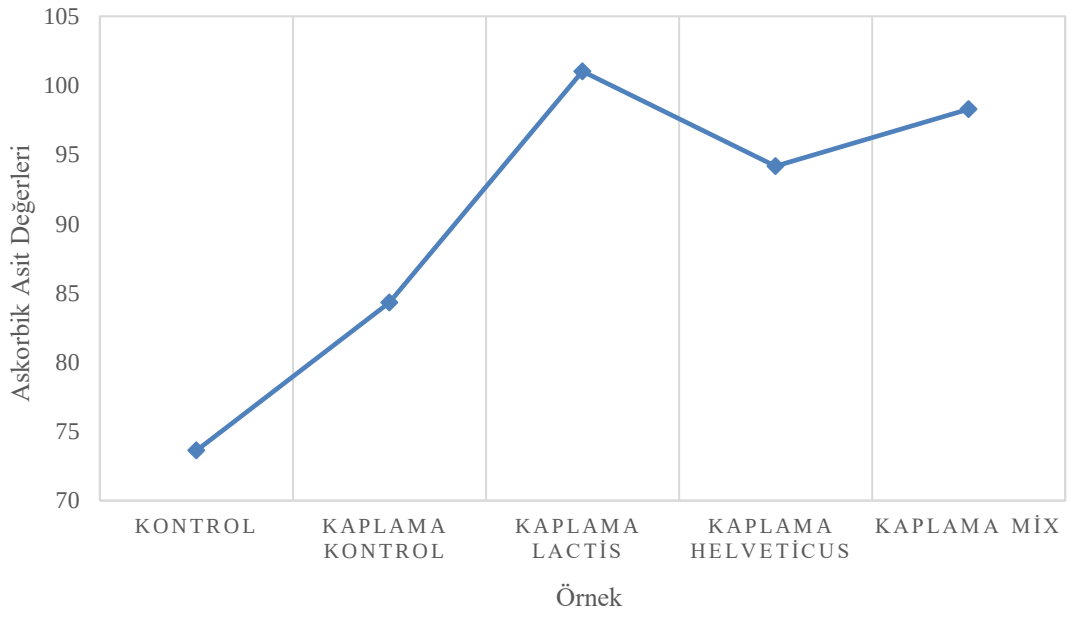
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	<0,001	0,000
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,962**
Ö × D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.23 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca askorbik asit değerlerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.24 Peynir örneklerinde askorbik asit değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.6.6 Malik Asit

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin malik asit değerleri Çizelge 4.21'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının malik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.22'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.25'de, malik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.20 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca malik asit değerleri.

	Depolama Zamanı (gün)	
Örnekler	**0.Gün**	**45.Gün**
Kontrol	1,55±0,02^{d}	7,29±0,04^{e}
Kaplama Kontrol	2,24±0,04^{c}	10,14±0,03^{d}
Kaplama Lactis	2,82±0,08^{a}	17,20±0,16^{b}
Kaplama Helveticus	2,42±0,04^{b}	14,40±0,22^{c}
Kaplama Mix	2,86±0,04^{a}	19,19±0,26^{a}

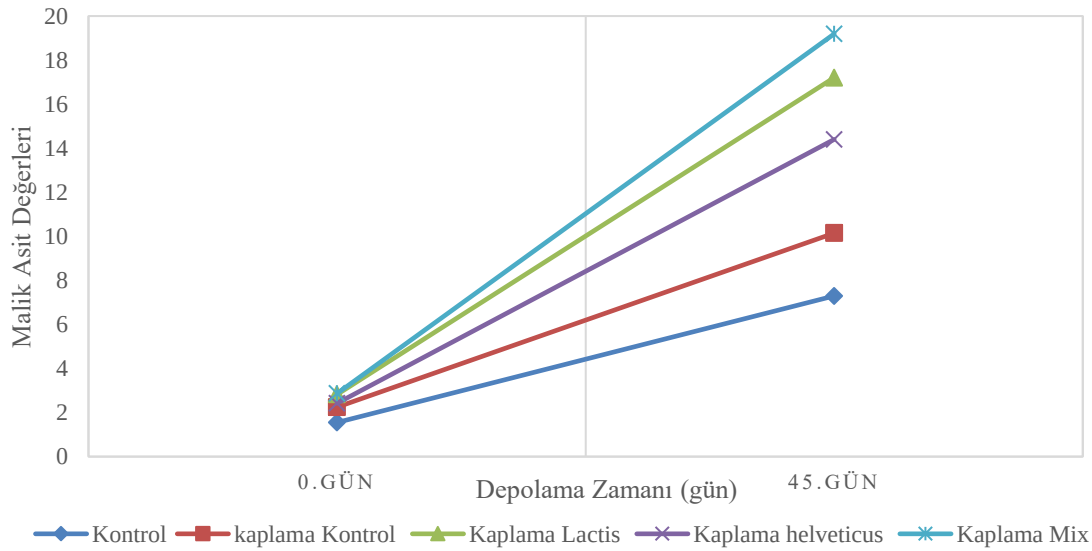
a - e (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.21 Peynir örneklerinin ve depolama zamanının malik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

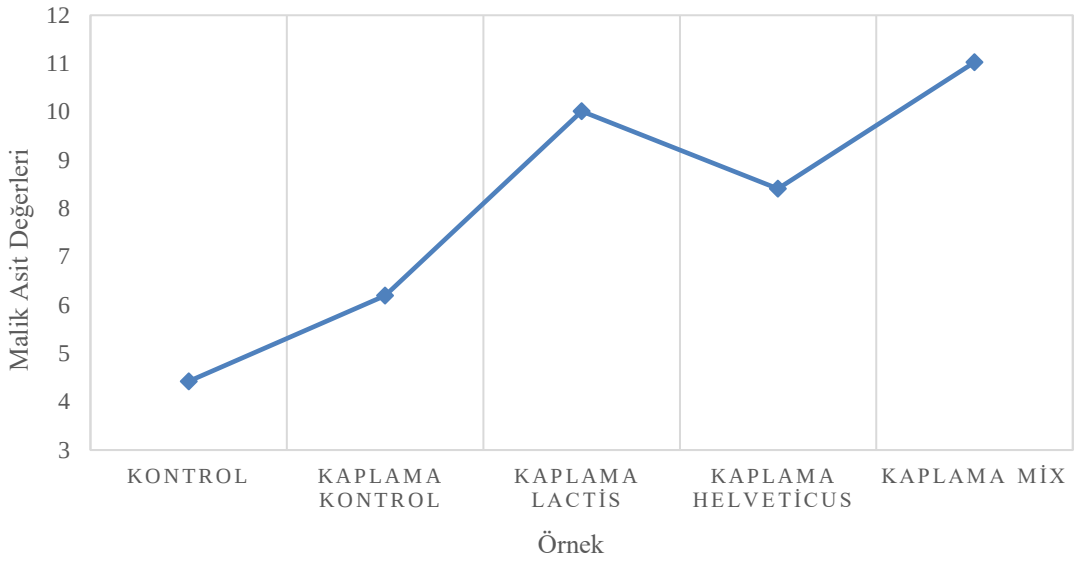
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	<0,001	0,339
Depolama (D)	<0,001	0,874**
Ö × D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.25 Peynir Örneklerinde depolama süresi boyunca malik asit değerlerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4. 26 Peynir örneklerinde malik asit değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.7 Köy Peynirlerinin Renk Değerleri

4.1.7.1 L* Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin L* değeri sonuçları Çizelge 4.23'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının L* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.24'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.27'de, L* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.28'de, L* değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.29'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.22 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca L* değerleri.

	Depolamanı Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	91,16±0,38^{Aa}	90,18±0,25^{Ac}	83,54±2,36^{Bb}	82,23±3,04^{Bb}
Kaplama Kontrol	90,90±0,18^{Aa}	90,97±0,03^{Ab}	89,47±1,85^{Aa}	85,19±0,23^{Bab}
Kaplama Lactis	90,65±0,32^{Ba}	92,17±0,10^{Aa}	89,95±0,30^{Ba}	85,45±0,70^{Cab}
Kaplama Helveticus	90,30±0,41^{Aa}	89,41±0,41^{Ad}	90,68±0,18^{Aa}	86,62±1,64^{Ba}
Kaplama Mix	91,20±0,68^{ABa}	91,47±0,08^{Ab}	90,27±0,07^{Ba}	85,94±0,02^{Cab}

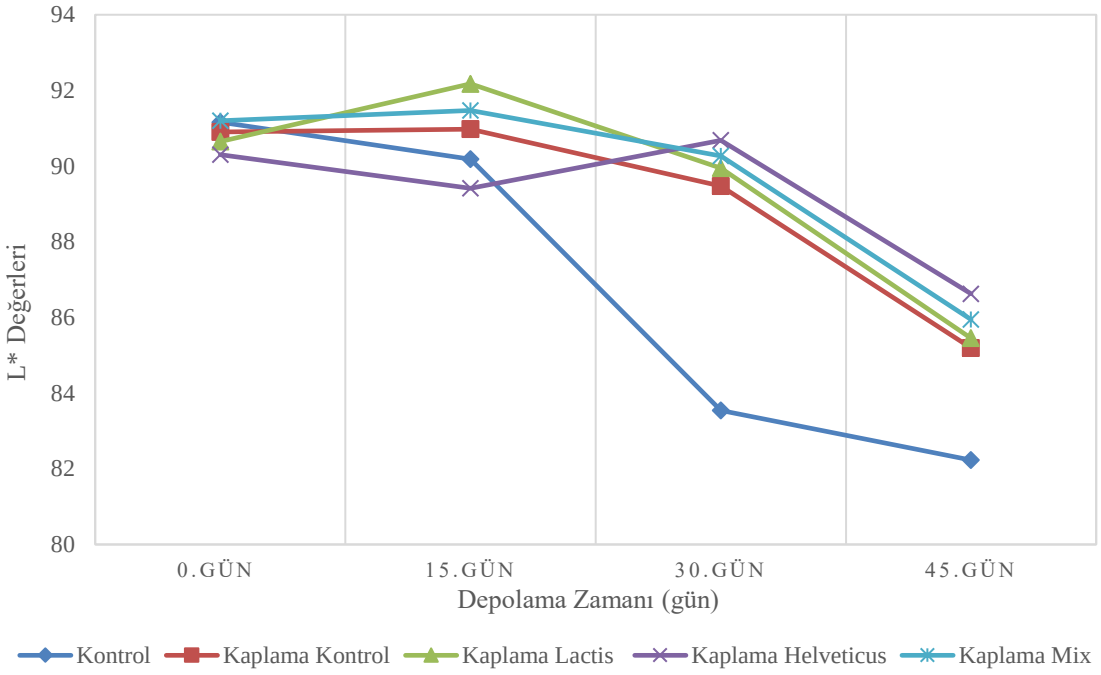
A – C (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - d (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.23 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin L* değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

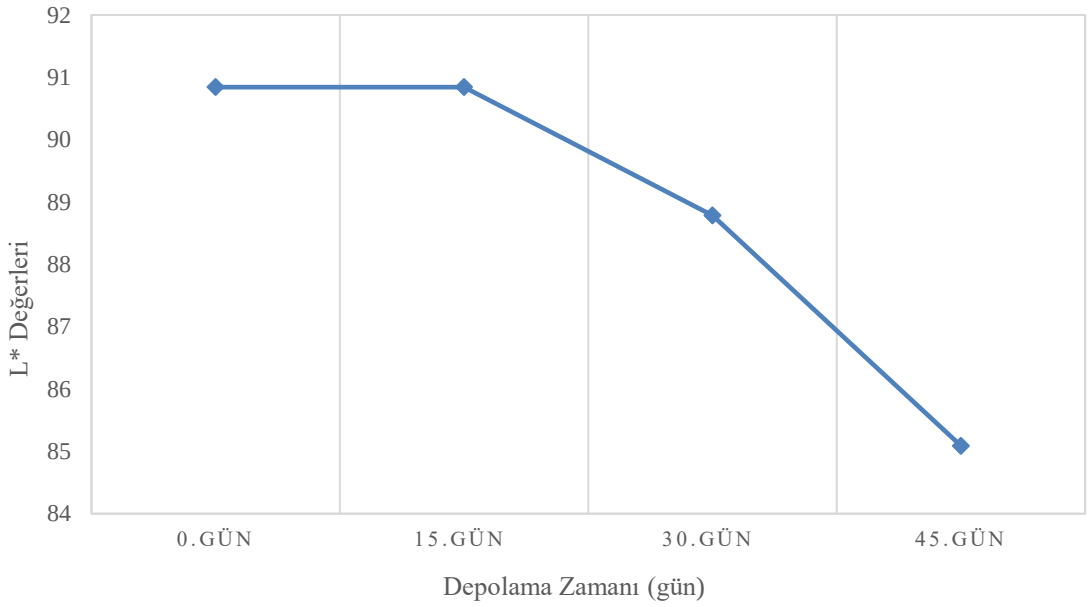
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	<0,001	0,288
Depolama Zamanı (D)	<0,001	-0,733**
Ö × D	0,002	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: istatistiksel olarak fazla anlamlı.

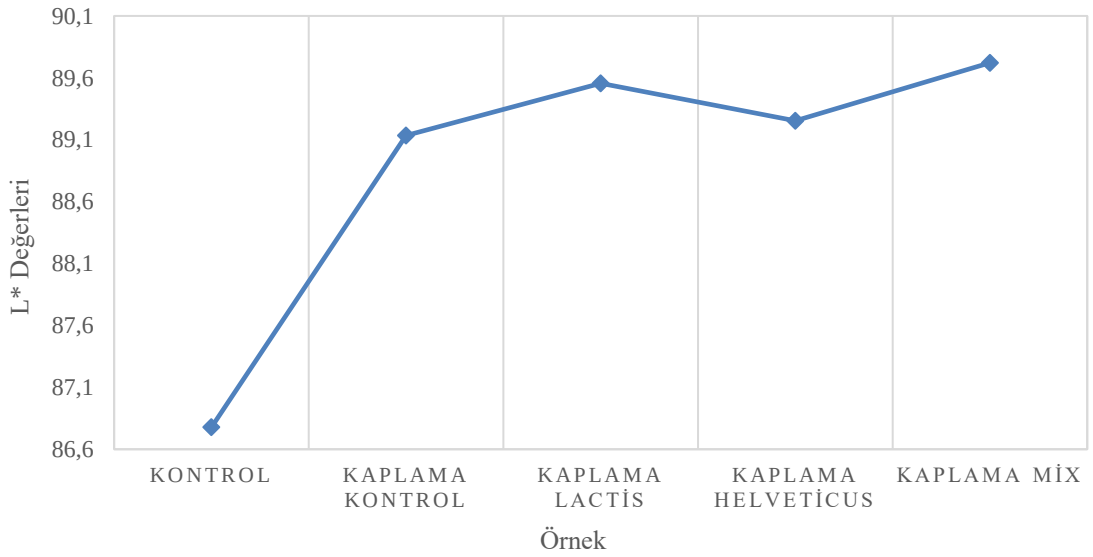
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.27 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca L* değerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.28 Peynir örneklerinde L* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.29 Peynir örneklerinde L* değerlerinin örnek çeşidine göre değişimi.

4.1.7.2 a* Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin a* değeri sonuçları Çizelge 4.25'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının a* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.26'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.30'da, a* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.31'de, a* değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.32'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 24 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca a* değerleri.

Örnekler	Depolama Zamanı (Gün)			
	0.	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	2,52±0,00^{Aab}	2,40±0,28^{Ab}	3,12±1,01^{Aa}	3,32±0,16^{Ad}
Kaplama Kontrol	2,50±0,00^{Bb}	2,28±0,02^{Bb}	2,04±0,42^{Bab}	4,47±0,14^{Aa}
Kaplama Lactis	2,55±0,01^{Cab}	3,08±0,21^{Ba}	1,40±0,17^{Db}	3,71±0,04^{Acd}
Kaplama Helveticus	2,58±0,01^{Ba}	2,16±0,07^{Bb}	1,60±0,08^{Cb}	3,94±0,37^{Abc}
Kaplama Mix	2,55±0,04^{Bab}	2,84±0,28^{Ba}	1,45±0,38^{Cb}	4,31±0,08^{Aab}

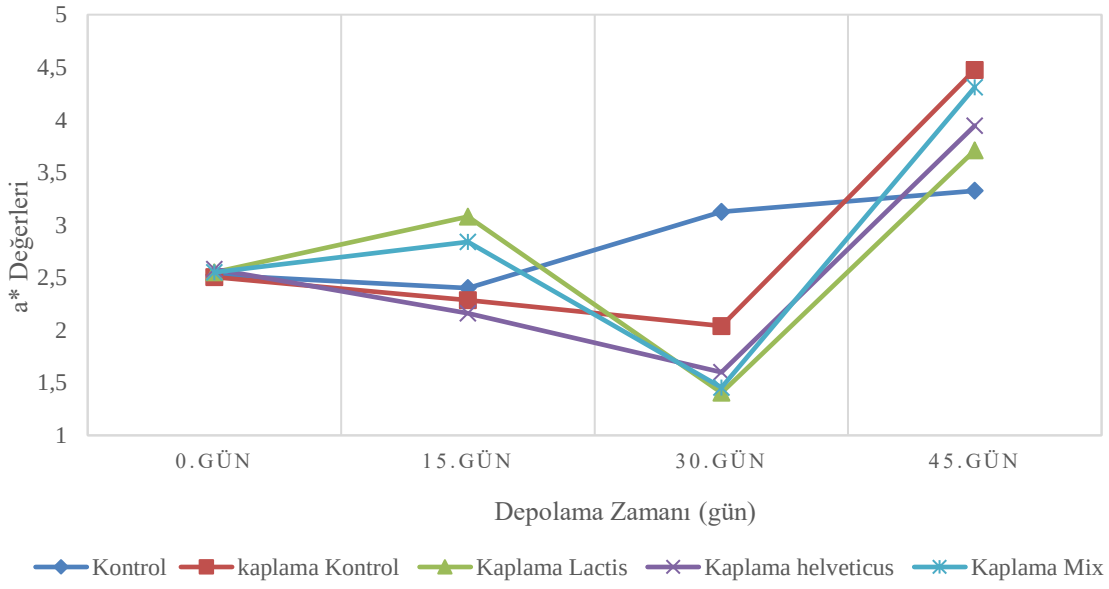
A – C (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - d (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.25 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin a* değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

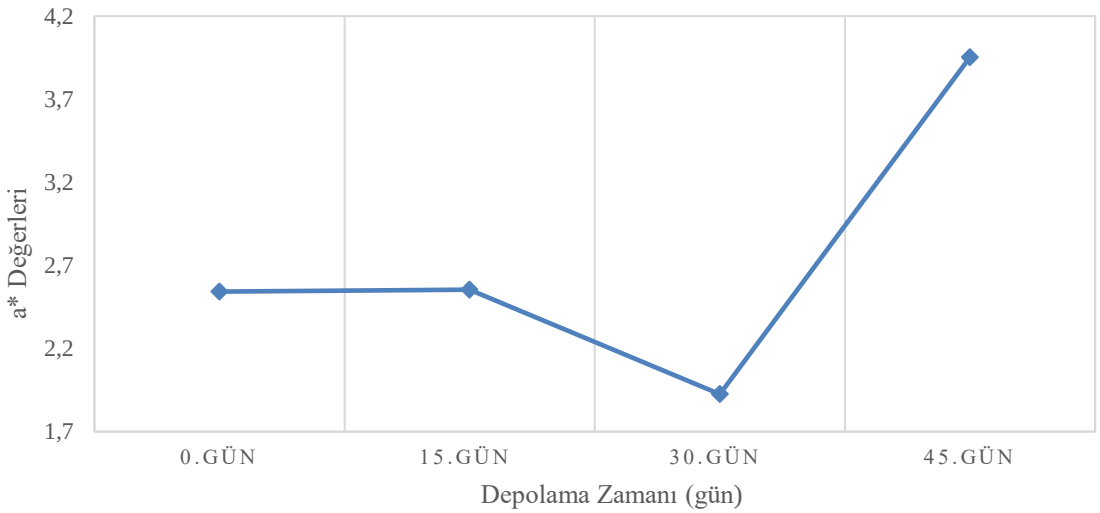
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	0,340	0,027
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,493**
Ö × D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

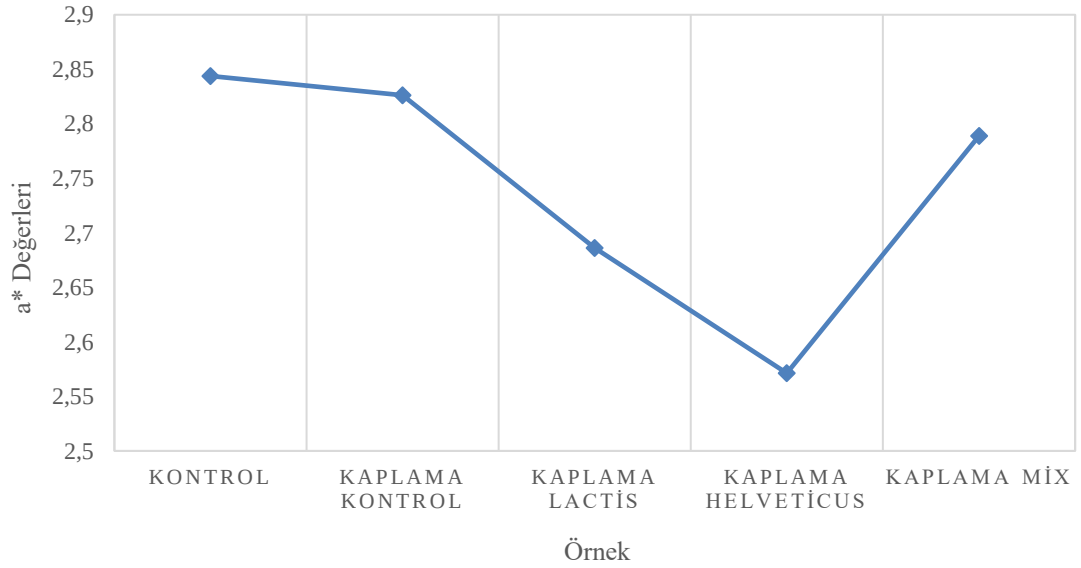
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.30 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca a* değerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.31 Peynir örneklerinde a* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.32 Peynir örneklerinde a* değerlerinin örnek çeşidine göre değişimi.

4.1.7.3 b* Değerleri

Geleneksel köy peyniri örneklerinin b* değeri sonuçları Çizelge 4.27'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının b* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.28'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.33'de, b* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.34'de, b* değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.35'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.26 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca b* değerleri.

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	6,58±0,08^{Ca}	9,01±0,05^{BCa}	13,83±2,41^{Aa}	11,57±0,35^{ABa}
Kaplama Kontrol	6,54±0,05^{Ca}	8,70±0,03^{BCa}	10,41±1,28^{ABa}	12,47±1,05^{Aa}
Kaplama Lactis	6,48±0,05^{Ba}	6,98±0,88^{Bb}	11,85±1,66^{Aa}	12,88±0,50^{Aa}
Kaplama Helveticus	6,58±0,10^{Ca}	8,99±0,24^{Ba}	11,28±0,40^{Aa}	12,12±0,74^{Aa}
Kaplama Mix	6,66±0,28^{Ba}	7,72±0,83^{Bab}	11,35±2,44^{Aa}	12,09±0,28^{Aa}

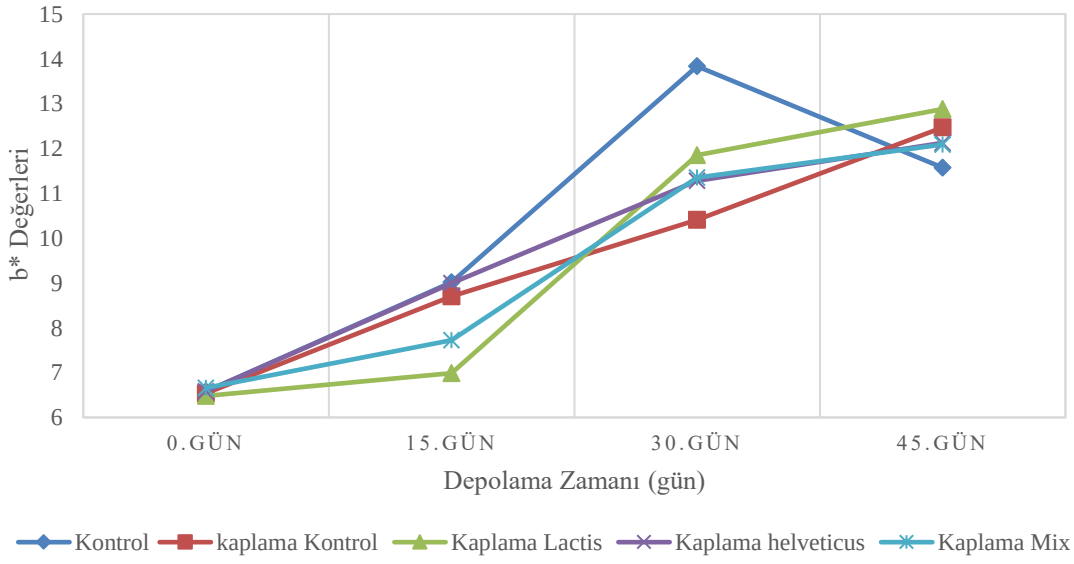
A – C (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - b (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.27 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin b* değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

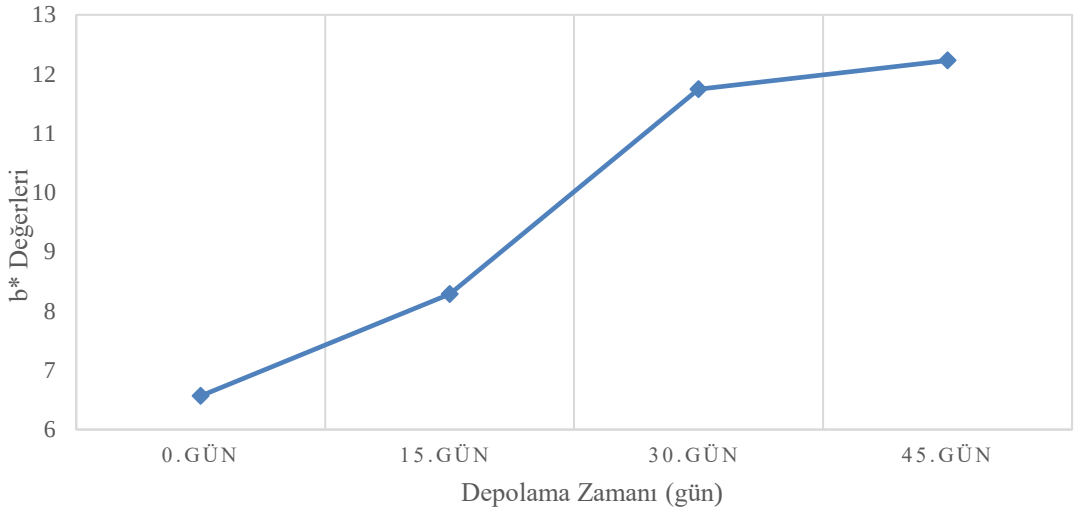
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	0,521	-0,076
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,887**
Ö x D	0,203	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

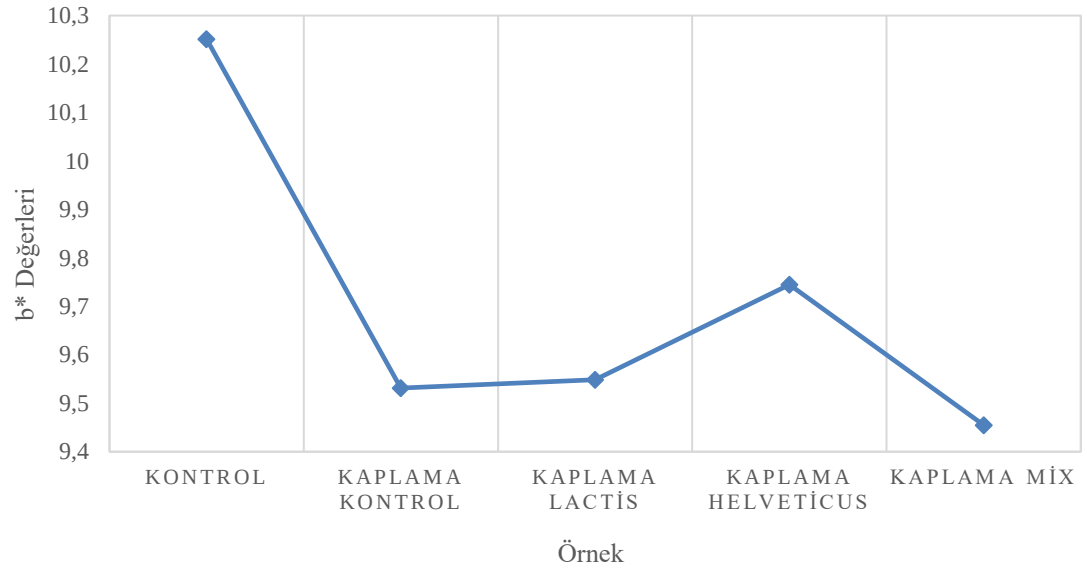
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.33 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca b* değerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4. 34 Peynir örneklerinde b* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.35 Peynir örneklerinde b* değerlerinin örnek çeşidine göre değişimi.

4.1.7.4 C* Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin C* değeri sonuçları Çizelge 4.29'da, örnek çeşidi ve depolama zamanının C* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.30'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.36'da, C* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.37'de, C* değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.38'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.28 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca C* değerleri.

Örnekler	Depolama Zamanı (Gün)			
	0.	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	7,04±0,08^{Ca}	9,53±0,40^{BCa}	14,18±2,56^{Aa}	12,04±0,29^{ABa}
Kaplama Kontrol	7,24±0,36^{Ca}	9,00±0,03^{BCab}	10,62±1,18^{Ba}	13,25±1,03^{Aa}
Kaplama Lactis	7,60±0,42^{Ba}	6,74±0,37^{Bc}	11,91±1,60^{Aa}	13,40±0,47^{Aa}
Kaplama Helveticus	7,15±0,49^{Ca}	9,25±0,23^{Bab}	11,39±0,39^{Aa}	12,77±0,85^{Aa}
Kaplama Mix	7,14±0,36^{Ca}	8,23±0,68^{BCb}	11,45±2,38^{ABa}	12,83±0,30^{Aa}

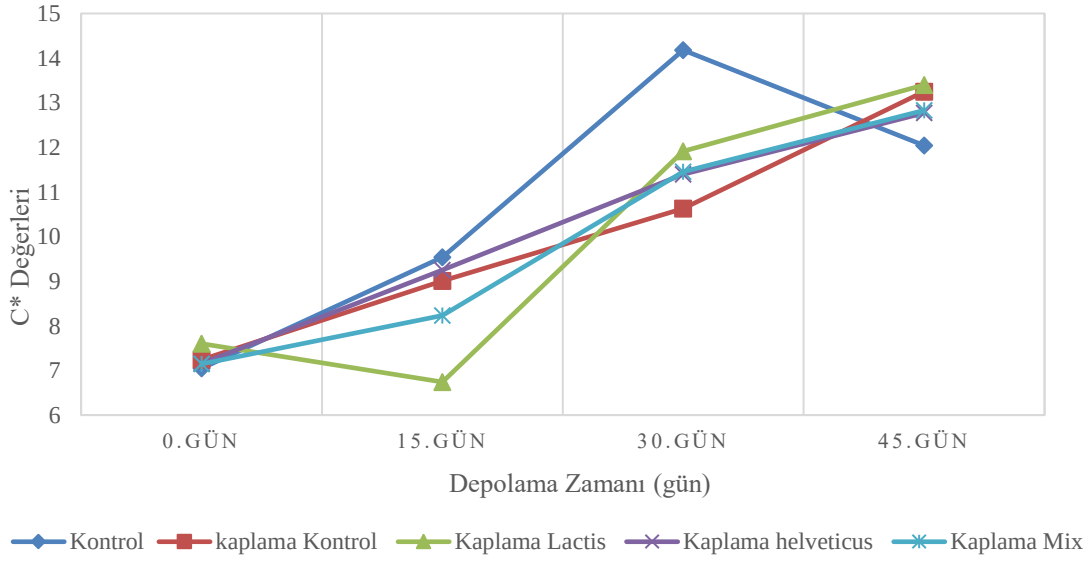
A – C (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - c (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.29 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin C* değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

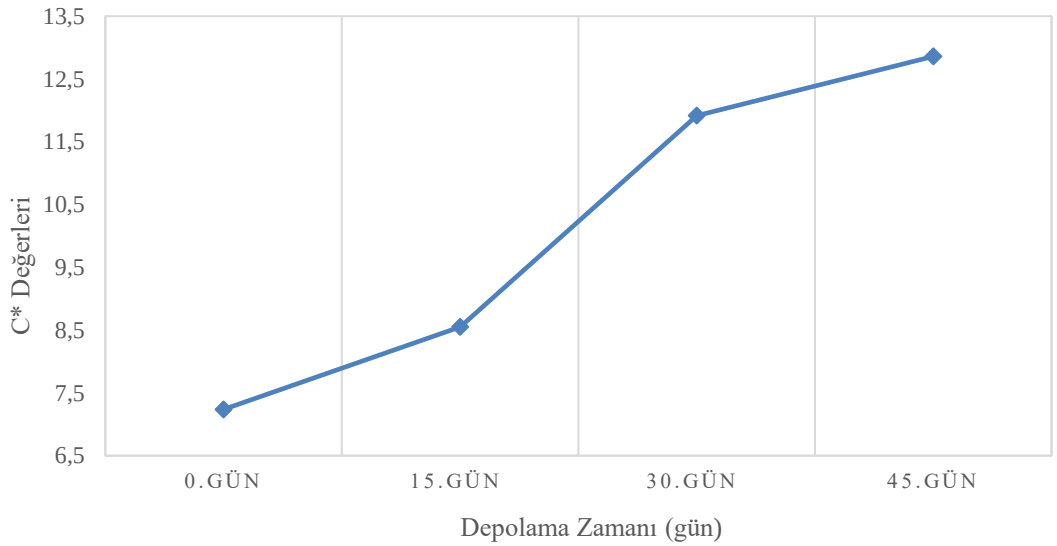
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	0,507	-0,081
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,883**
Ö x D	0,085	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

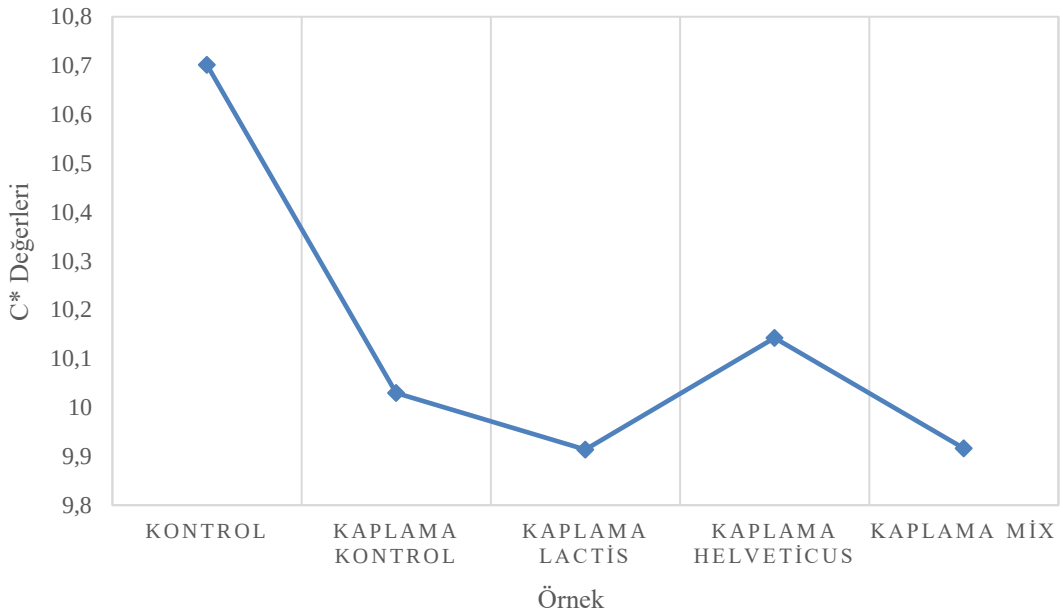
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.36 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca C* değerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.37 Peynir örneklerinde C* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.38 Peynir örneklerinde C* değerlerinin örnek çeşidine göre değişimi.

4.1.7.5 h° Değeri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin h° değeri sonuçları Çizelge 4.31'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının h° değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.32'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.39'da, h° değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.40'da, h° değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.41'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.30 Peynir örneklerinin depolama süreci boyunca h° değerleri.

Örnekler	Depolama Zamanı (Gün)			
	0.	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	69,51±0,43^{Ba}	75,29±1,50^{Aab}	77,42±1,86^{Aa}	73,94±1,18^{Aa}
Kaplama Kontrol	68,78±0,47^{Ca}	75,30±0,11^{ABab}	78,71±3,59^{Aa}	70,22±0,94^{BCb}
Kaplama Lactis	69,44±0,29^{BCa}	62,67±3,70^{Cc}	84,09±3,21^{Aa}	73,93±0,75^{Ba}
Kaplama Helveticus	68,95±0,51^{Da}	76,50±0,80^{Ba}	81,91±0,67^{Aa}	71,98±0,55^{Cab}
Kaplama Mix	69,23±0,12^{Ba}	69,60±3,91^{Bb}	82,32±3,58^{Aa}	70,37±0,06^{Bb}

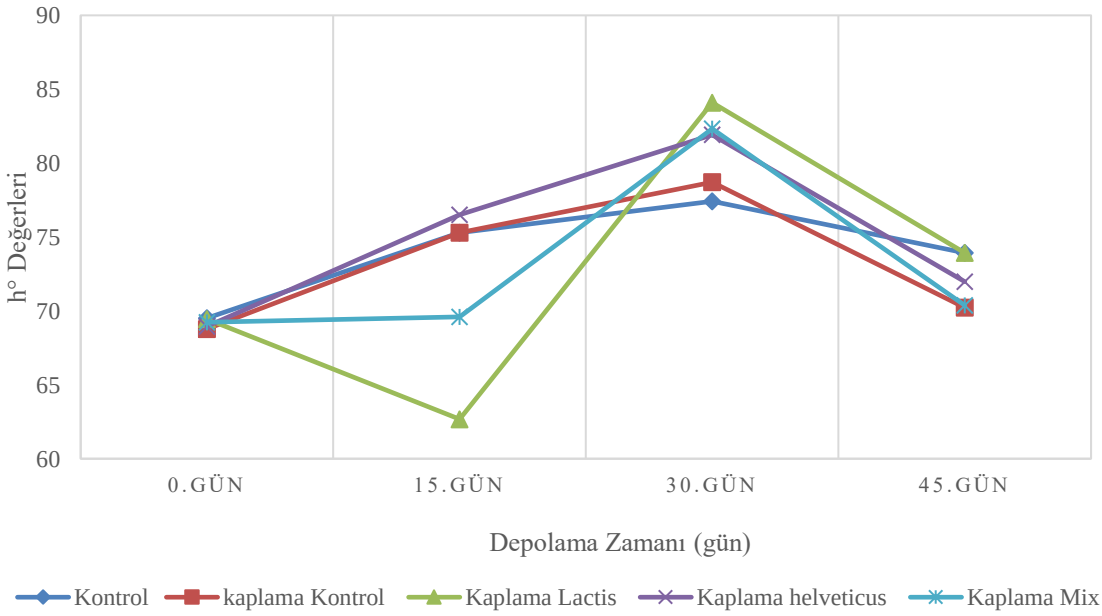
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - c (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.31 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin h° değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

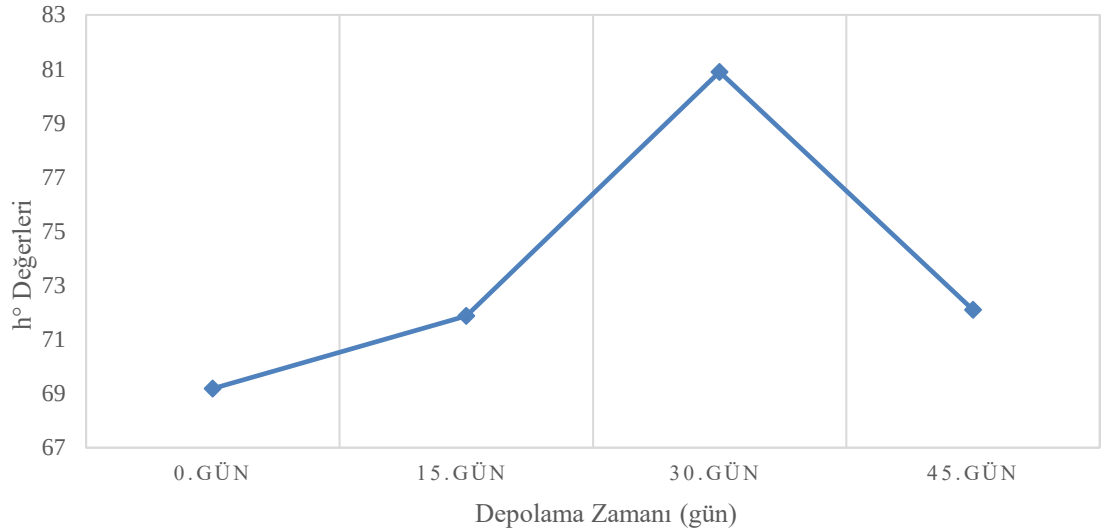
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	0,164	-0,019
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,360*
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

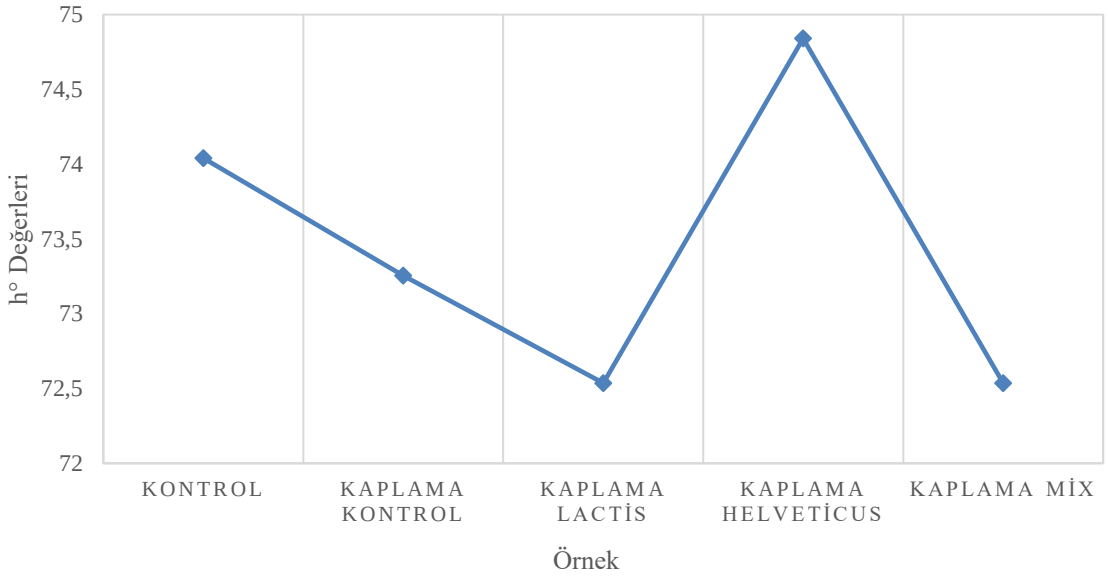
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.39 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca h° değerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.40 Peynir örneklerinde h° değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.41 Peynir örneklerinde h° değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.8 Köy Peynirlerinin Tekstür Analizleri

4.1.8.1 Sertlik (Hardness) Değerleri (N)

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin sertlik sonuçları Çizelge 4.33'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının sertlik analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.34'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.42'de, sertlik sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.43'de, sertlik sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.44'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.32 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca sertlik değerleri (N).

Örnekler	Depolamanı Zamanı (Gün)			
	0.	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	956,46±1,41^{Aa}	208,58±3,96^{Bb}	147,19±16,16^{Cd}	71,08±6,42^{Dc}
Kaplama Kontrol	951,37±1,18^{Ab}	368,09±39,16^{Ba}	220,74±3,56^{Cc}	198,64±4,22^{Cb}
Kaplama Lactis	941,44±1,23^{Ac}	444,18±58,17^{Ba}	344,46±32,59^{Ca}	304,84±6,68^{Ca}
Kaplama Helveticus	950,50±0,94^{Ab}	475,49±91,02^{Ba}	284,40±1,90^{Cb}	216,61±12,50^{Cb}
Kaplama Mix	949,17±1,44^{Ab}	462,94±0,31^{Ba}	247,39±11,08^{Cbc}	209,91±8,54^{Db}

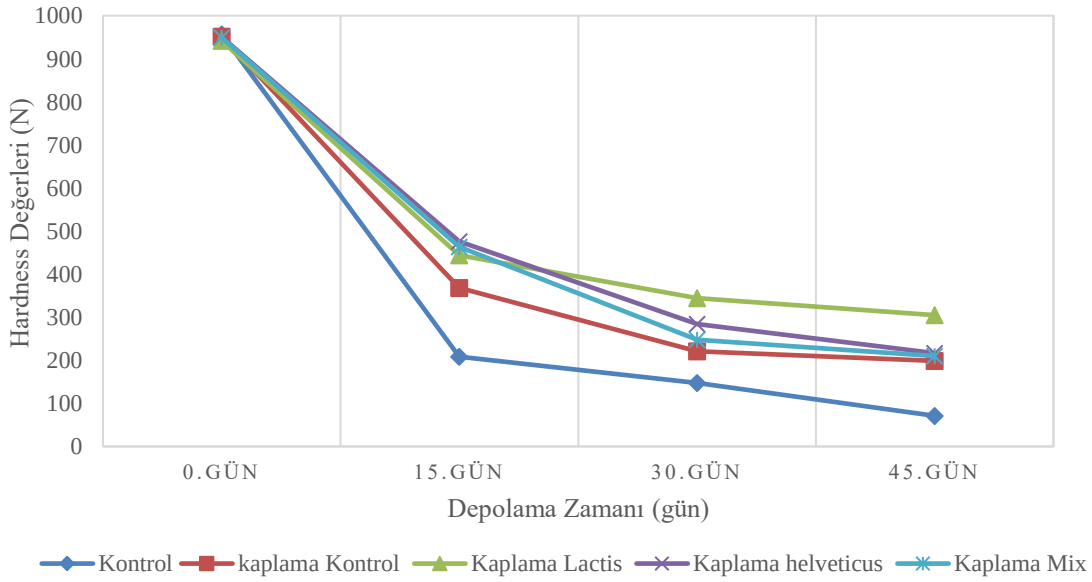
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - d (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.33 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin sertlik (N) değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

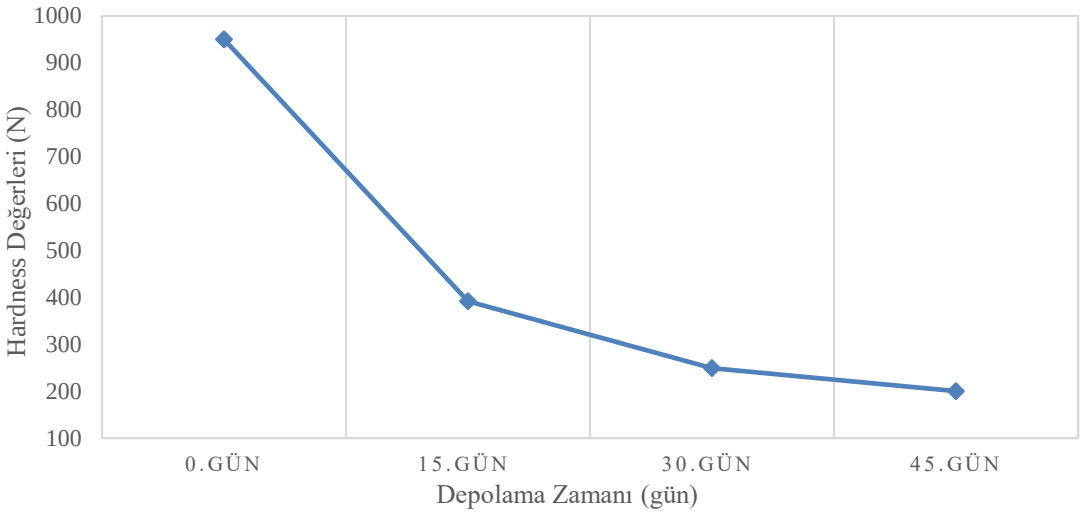
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	<0,001	0,134
Depolama Zamanı (D)	<0,001	-0,871**
Ö x D	<0,001	--

p<0.001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

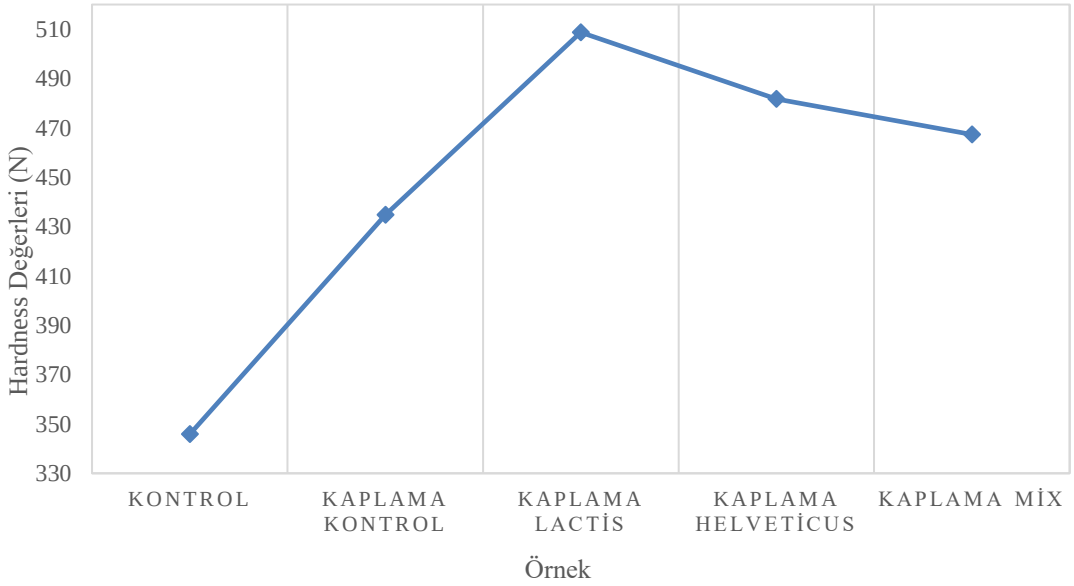
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.42 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca sertlik değerinde (N) meydana gelen değişim.



Şekil 4.43 Peynir örneklerinde sertlik değerinin (N) depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.44 Peynir örneklerinde sertlik değerinin (N) örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.8.2 Dış Yapışkanlık (Adhesiveness) Değerleri (g.s)

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin dış yapışkanlık sonuçları Çizelge 4.35'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının dış yapışkanlık analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.36'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.45'de, dış yapışkanlık sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.46'da, dış yapışkanlık sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.47'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.34 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca dış yapışkanlık değerleri (g.s).

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	-1,958±0,12^{Aa}	-3,858±0,97^{ABa}	-5,905±0,35^{Ba}	-9,790±1,65^{Ca}
Kaplama Kontrol	-2,038±0,16^{Aa}	-4,429±1,75^{Aa}	-6,385±0,72^{Aa}	-9,500±5,69^{Aa}
Kaplama Lactis	-2,075±0,18^{Aa}	-7,419±0,74^{Bb}	-8,141±0,86^{Bab}	-9,918±0,01^{Ca}
Kaplama Helveticus	-2,001±0,07^{Aa}	-5,096±1,18^{Bab}	-7,586±1,57^{BCab}	-10,547±0,96^{Ca}
Kaplama Mix	-2,008±0,03^{Aa}	-7,624±0,17^{Bb}	-9,612±0,34^{Bb}	-12,578±1,40^{Ca}

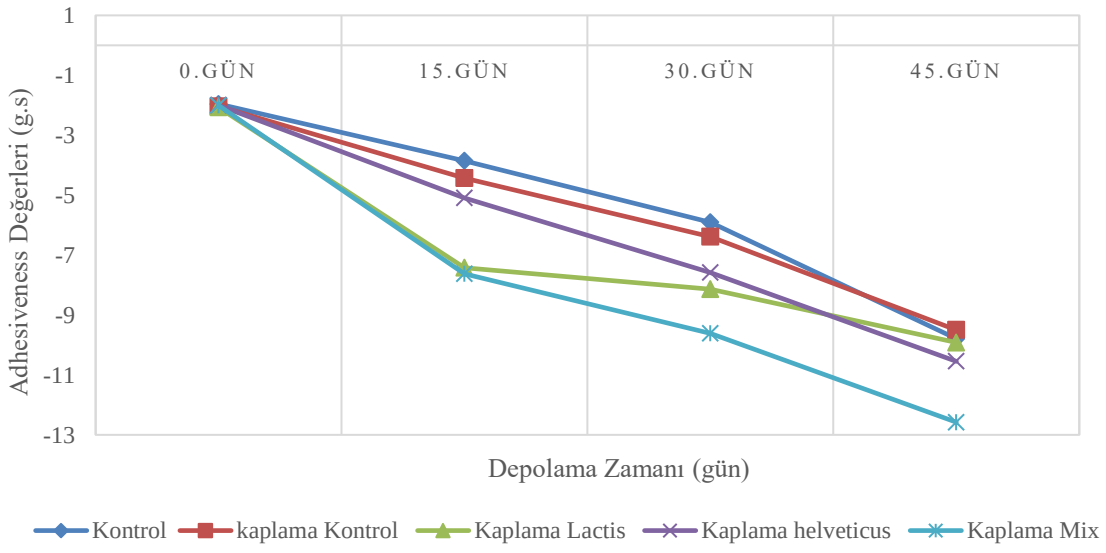
A – C (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - b (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.35 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin dış yapışkanlık (g.s) değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

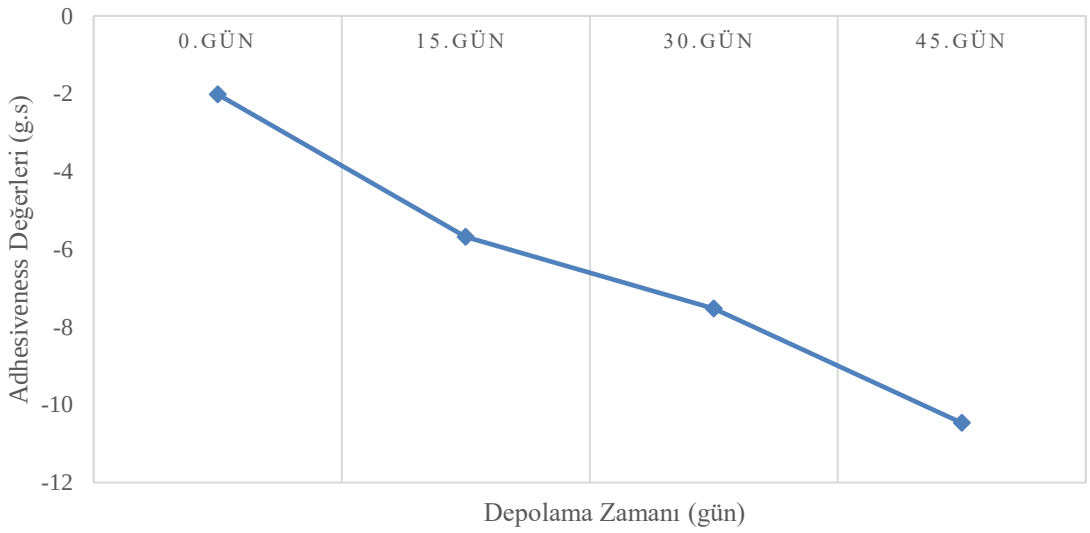
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	0,022	-0,241
Depolama Zamanı (D)	<0,001	-0,880**
Ö x D	0,777	--

p<0.001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0.05: istatistiksel olarak anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

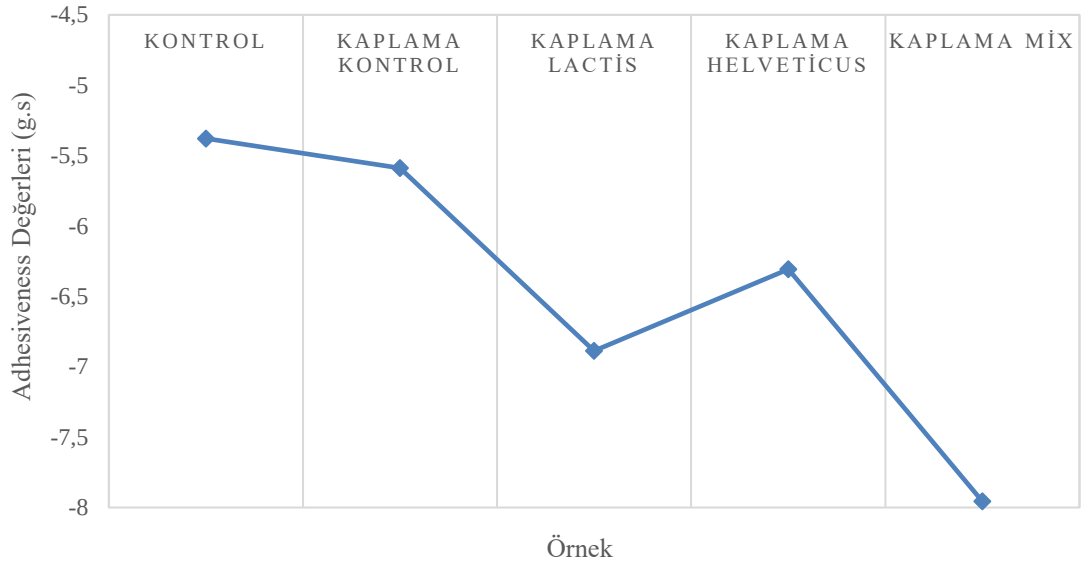
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.45 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca dış yapışkanlık değerlerinde (g.s) meydana gelen değişim.



Şekil 4.46 Dış yapışkanlık değerinin (g.s) depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4. 47 Dış yapışkanlık değerinin (g.s) örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.8.3 Esneklik (Springiness) Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin esneklik sonuçları Çizelge 4.37'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının esneklik analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.38'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.48'de, esneklik sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.49'da, esneklik sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.50'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.36 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca esneklik değerleri.

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	1,051±0,06^{Aa}	0,951±0,04^{Aa}	0,902±0,00^{Ab}	0,890±0,10^{Aa}
Kaplama Kontrol	1,058±0,05^{Aa}	0,989±0,00^{ABa}	0,968±0,00^{Ba}	0,919±0,00^{Ba}
Kaplama Lactis	1,055±0,04^{Aa}	0,951±0,05^{Aa}	0,947±0,02^{Aa}	0,920±0,08^{Aa}
Kaplama Helveticus	1,049±0,02^{Aa}	0,956±0,04^{Ba}	0,955±0,00^{Ba}	0,940±0,00^{Ba}
Kaplama Mix	1,051±0,00^{Aa}	0,994±0,00^{Ba}	0,953±0,01^{Ca}	0,945±0,00^{Ca}

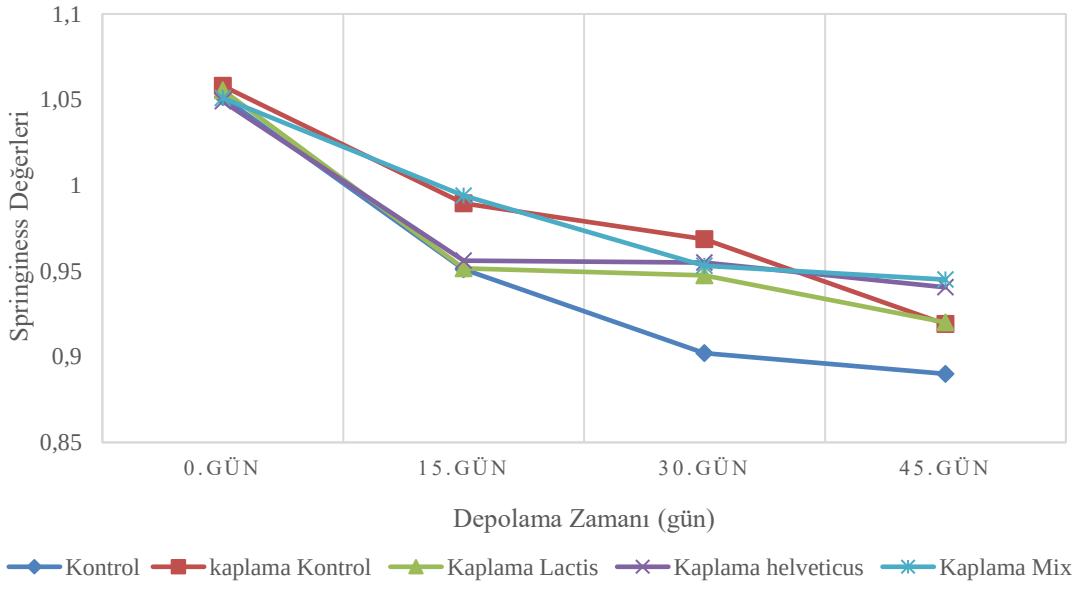
A – C (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - b (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.37 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin esneklik değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

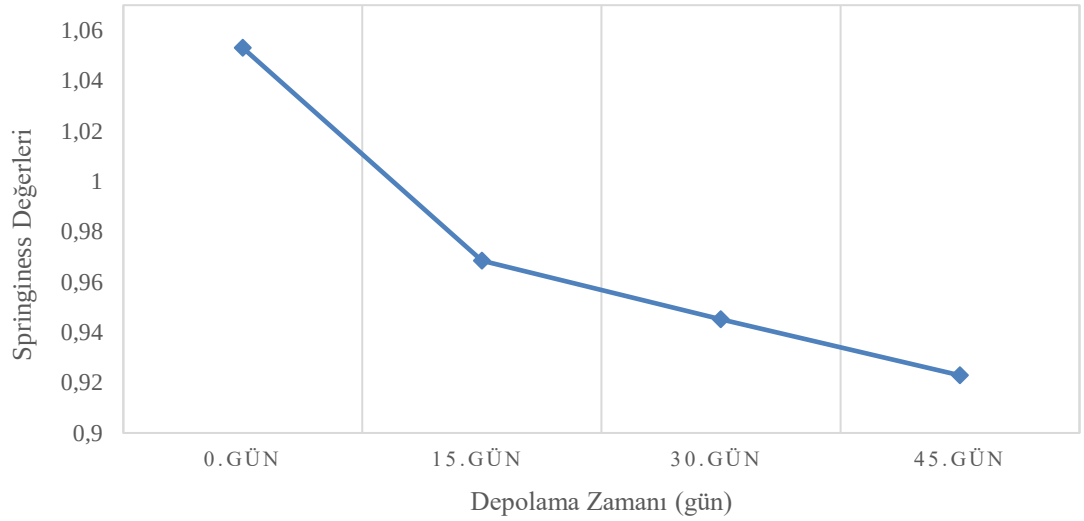
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	0,448	0,153
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,763**
Ö x D	0,991	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

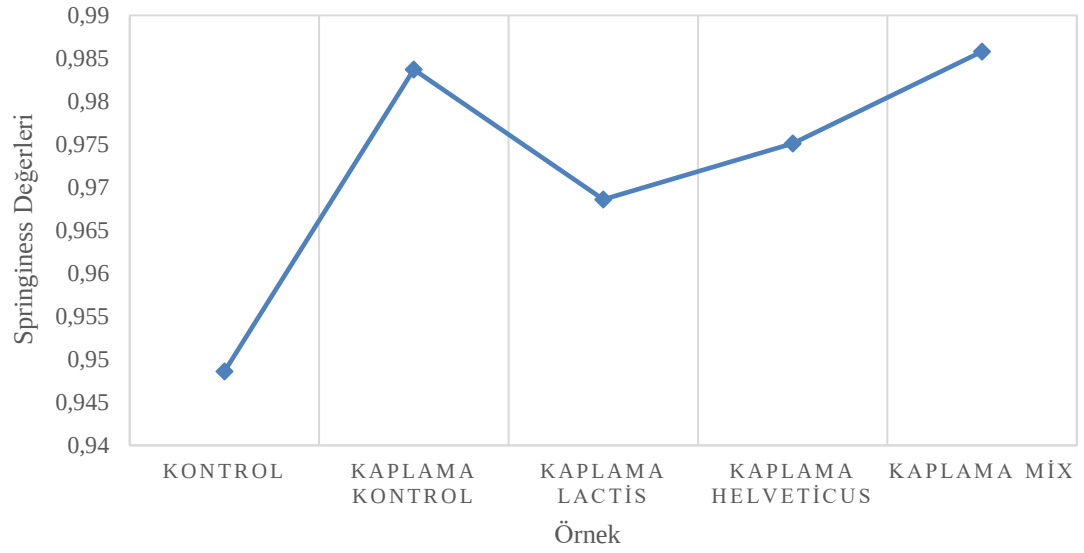
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.48 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca esneklik değerlerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.449 Esneklik değerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.50 Esneklik değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.8.4 İç Yapışkanlık (Cohesiveness) Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin iç yapışkanlık sonuçları Çizelge 4.39'da, örnek çeşidi ve depolama zamanının iç yapışkanlık analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.40'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.51'de, iç yapışkanlık sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.52'de, iç yapışkanlık sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.53'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.38 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca iç yapışkanlık değerleri.

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnek	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	0,855±0,02^{Ba}	0,798±0,04^{Ba}	1,132±0,02^{Aa}	0,861±0,00^{Ba}
Kaplama Kontrol	0,842±0,02^{Ba}	0,806±0,03^{Ba}	0,938±0,01^{Ab}	0,908±0,00^{Aa}
Kaplama Lactis	0,858±0,02^{ABa}	0,832±0,00^{Ba}	0,905±0,02^{Abc}	0,855±0,01^{ABa}
Kaplama Helveticus	0,857±0,03^{Ba}	0,866±0,00^{Ba}	0,932±0,01^{Ab}	0,899±0,02^{ABa}
Kaplama Mix	0,844±0,03^{Aa}	0,837±0,00^{Aa}	0,870±0,00^{Ac}	0,899±0,02^{Aa}

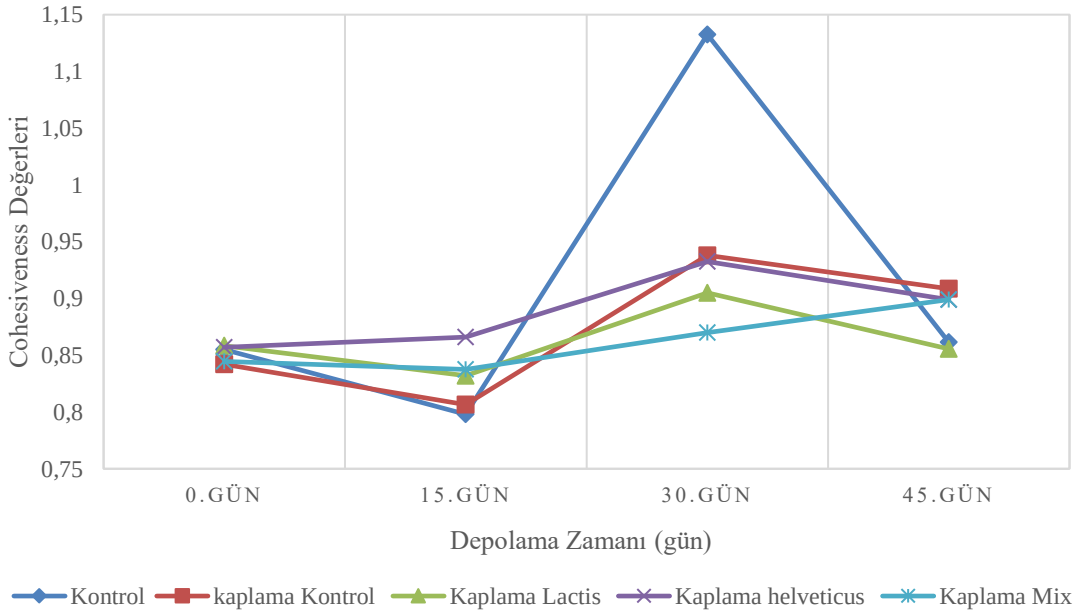
A – B (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - c (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.39 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin iç yapışkanlık değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

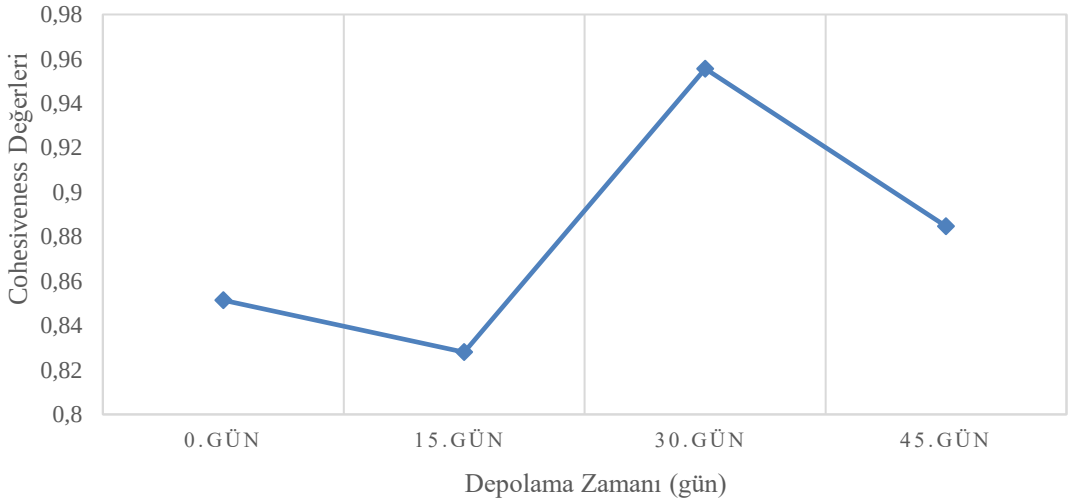
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	0,002	-0,167
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,361*
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: istatistiksel olarak fazla anlamlı.

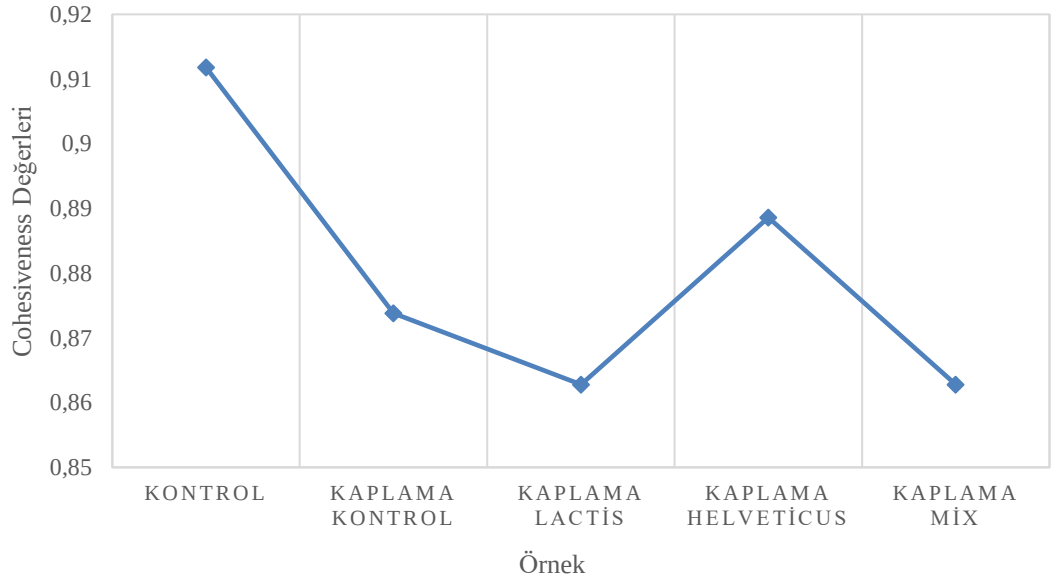
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.51 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca iç yapışkanlık değerlerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.52 İç yapışkanlık değerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.53 İç yapışkanlık değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.8.5 Sakızımsılık (Gumminess) Değerleri (N)

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin sakızımsılık sonuçları Çizelge 4.41'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının sakızımsılık analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.42'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.54'de, sakızımsılık sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.55'de, sakızımsılık sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.56'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.40 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca sakızımsılık değerleri (N).

Örnekler	Depolama Zamanı (Gün)			
	0.	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	817,83±24,48^{Aa}	246,38±5,29^{Bc}	119,40±15,83^{Cc}	61,50±5,93^{Dd}
Kaplama Kontrol	824,33±9,77^{Aa}	281,15±20,15^{Bbc}	207,14±6,50^{Cb}	185,55±9,40^{Cc}
Kaplama Lactis	828,39±9,97^{Aa}	369,71±49,07^{Bab}	290,20±8,62^{Ca}	265,04±16,88^{Ca}
Kaplama Helveticus	828,81±4,72^{Aa}	411,50±75,66^{Ba}	265,12±1,95^{Ca}	209,15±4,03^{Cbc}
Kaplama Mix	829,21±7,73^{Aa}	386,18±1,03^{Bab}	248,68±39,62^{Cab}	238,90±28,28^{Cab}

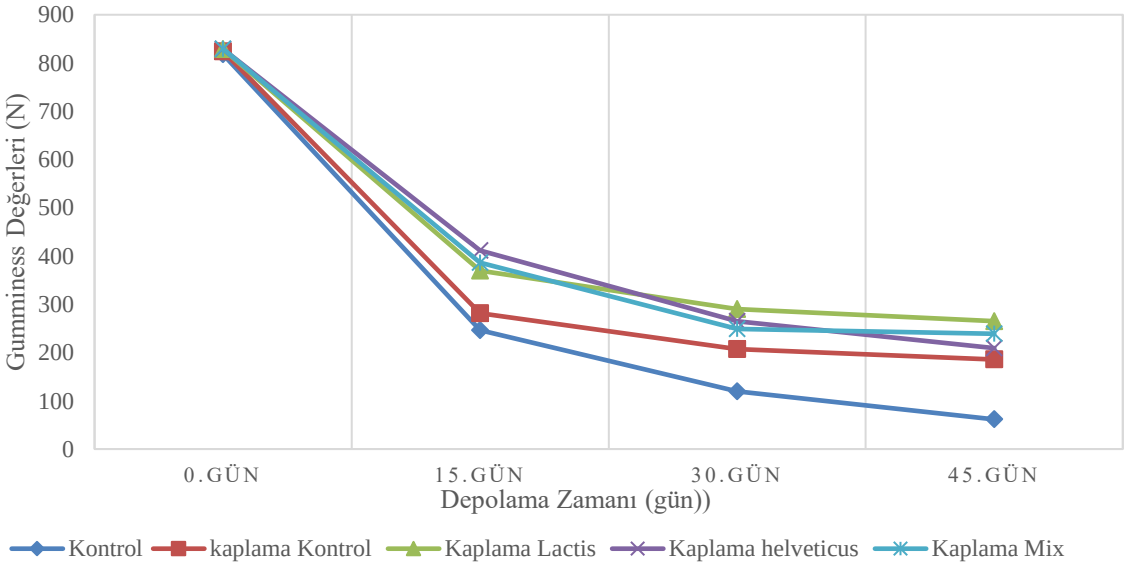
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - d (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.41 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin sakızımsılık (N) değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

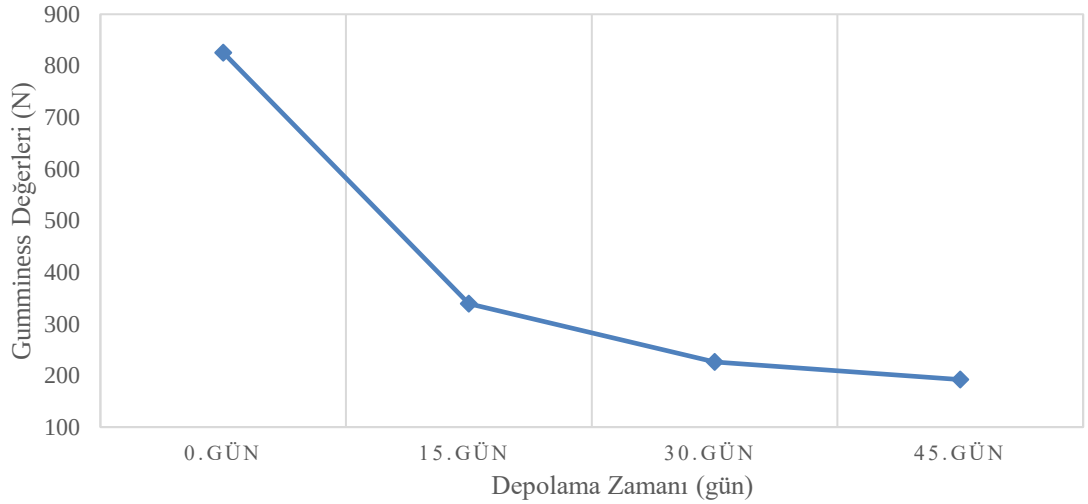
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	<0,001	0,153
Depolama Zamanı (D)	<0,001	-0,863**
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

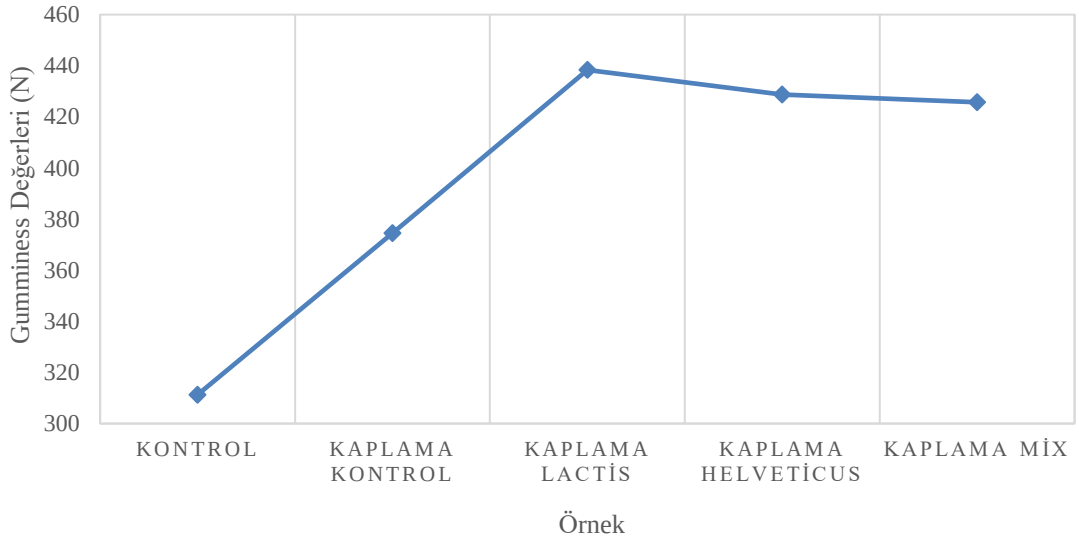
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.54 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca sakızımsılık değerlerinde (N) meydana gelen değişim.



Şekil 4.55 Sakızımsılık değerinin (N) depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.56 Sakızımsılık değerinin (N) örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.8.6 Çiğnenebilirlik (Chewiness) Değerleri (N)

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin çiğnenebilirlik sonuçları Çizelge 4.43'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının çiğnenebilirlik analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.44'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.57'de, çiğnenebilirlik sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.58'de, çiğnenebilirlik sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.59'da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 42 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca çiğnenebilirlik değerleri (N).

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	740,12±41,24^{Aa}	264,46±64,80^{Bb}	172,29±34,57^{BCb}	80,48±35,44^{Cc}
Kaplama Kontrol	748,65±25,05^{Aa}	294,35±41,88^{Bab}	200,59±6,26^{Cb}	174,89±17,44^{Cb}
Kaplama Lactis	742,79±24,95^{Aa}	350,37±26,03^{Bab}	270,79±15,78^{Ca}	221,35±9,34^{Cb}
Kaplama Helveticus	745,47±19,98^{Aa}	391,57±51,78^{Ba}	289,64±7,08^{Ca}	203,42±6,97^{Db}
Kaplama Mix	737,40±15,37^{Aa}	383,78±2,17^{Ba}	322,74±23,90^{Ca}	321,82±5,85^{Ca}

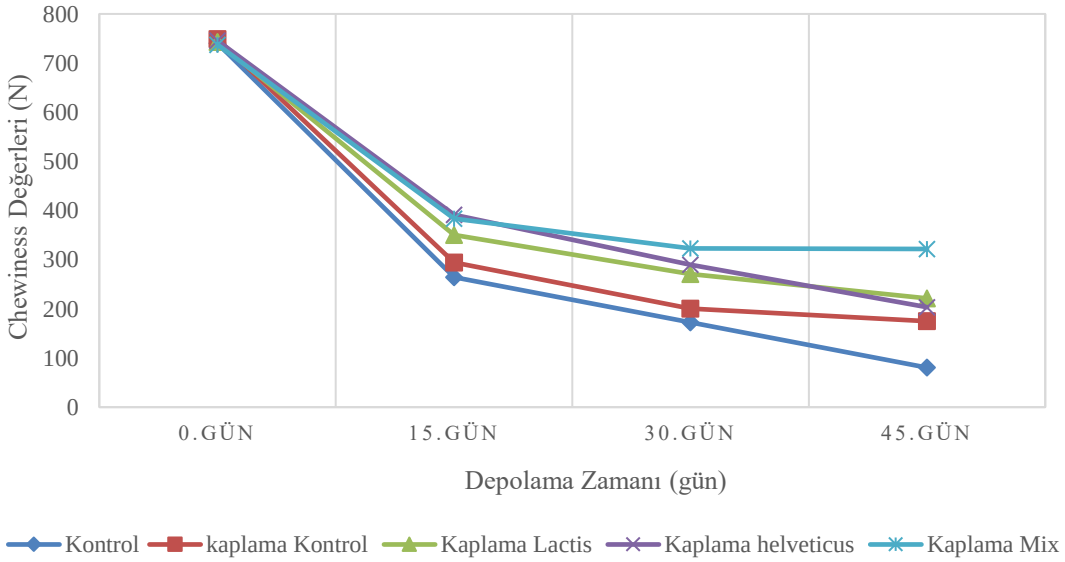
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - c (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.43 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin çiğnenebilirlik (N) değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

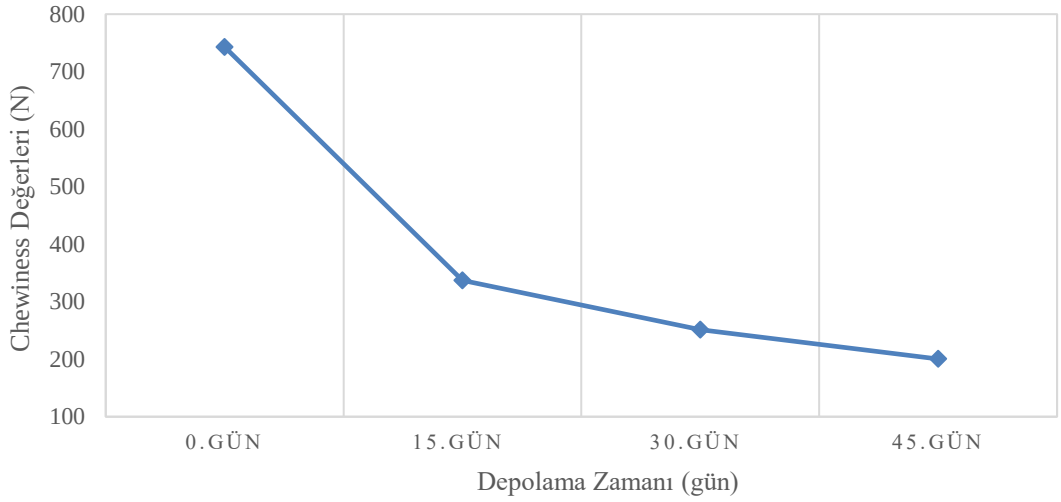
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	<0,001	0,196
Depolama Zamanı (D)	<0,001	-0,866**
Ö x D	0,004	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: istatistiksel olarak fazla anlamlı.

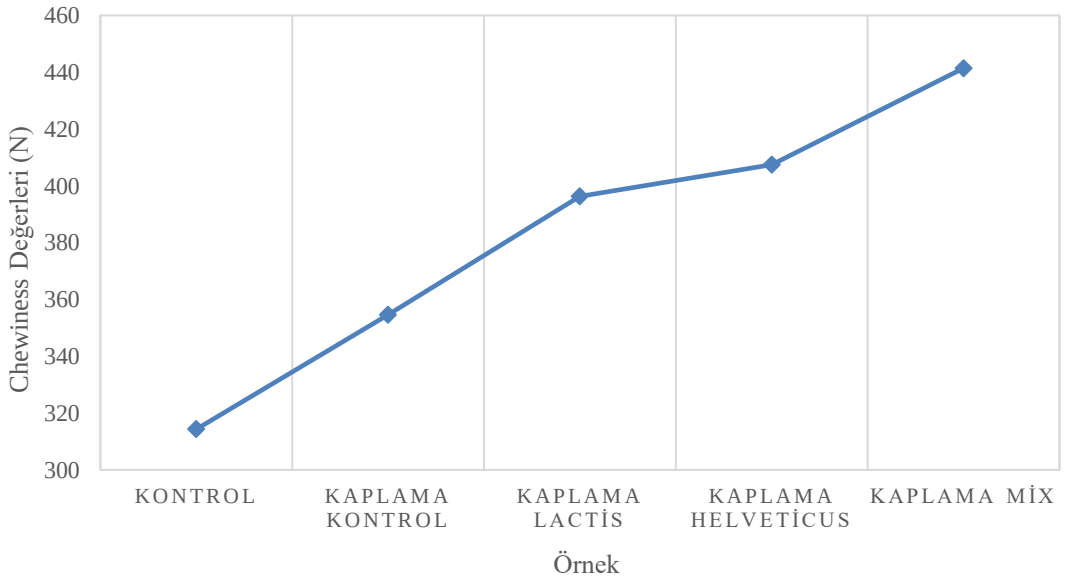
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.57 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca çiğnenebilirlik değerlerinde (N) meydana gelen değişim.



Şekil 4.58 Çiğnenebilirlik değerinin (N) depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.59 Çiğnenebilirlik değerinin (N) örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.1.8.7 Elastikiyet (Resilience) Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin elastikiyet sonuçları Çizelge 4.45'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının elastikiyet analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.46'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.60'da, elastikiyet sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.61'de, elastikiyet sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.62'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.44 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca elastikiyet değerleri.

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	0,546±0,01^{Aa}	0,544±0,02^{Aa}	0,583±0,00^{Ac}	0,631±0,07^{Ab}
Kaplama Kontrol	0,538±0,00^{Ba}	0,475±0,01^{Cb}	0,744±0,02^{Aa}	0,762±0,01^{Aa}
Kaplama Lactis	0,557±0,01^{Ba}	0,482±0,00^{Cb}	0,726±0,02^{Aab}	0,713±0,01^{Aab}
Kaplama Helveticus	0,549±0,01^{Ca}	0,529±0,01^{Ca}	0,693±0,00^{Bb}	0,748±0,00^{Aa}
Kaplama Mix	0,540±0,00^{Ca}	0,475±0,00^{Db}	0,600±0,01^{Bc}	0,713±0,02^{Aab}

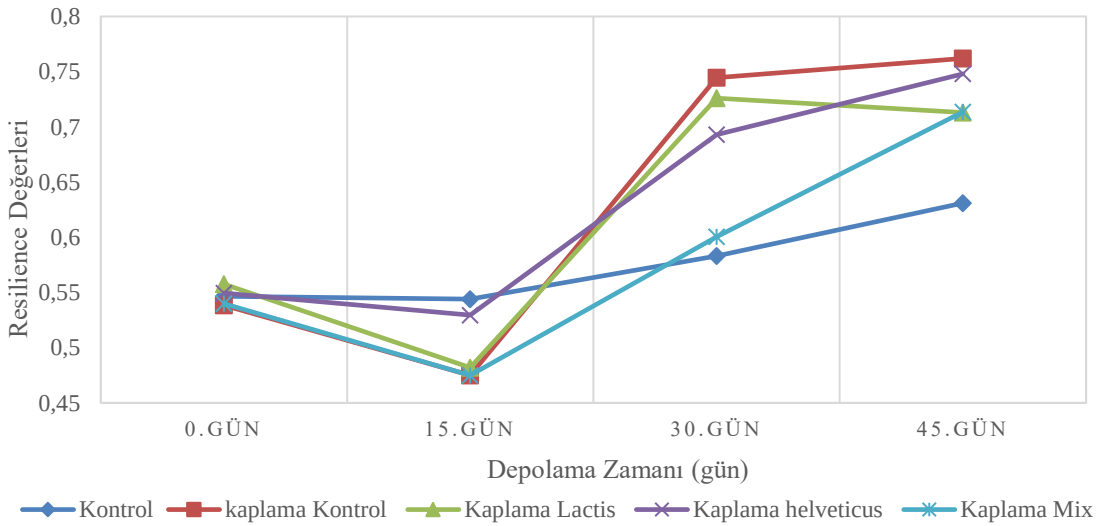
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - c (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4. 45 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin elastikiyet değerindeki değişimi üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

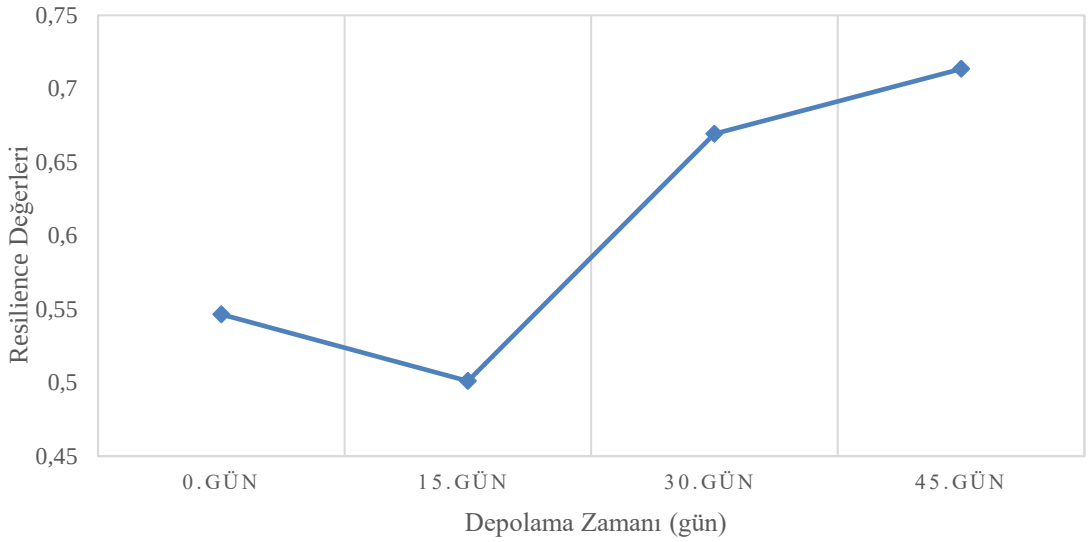
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	<0,001	0,018
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,763**
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

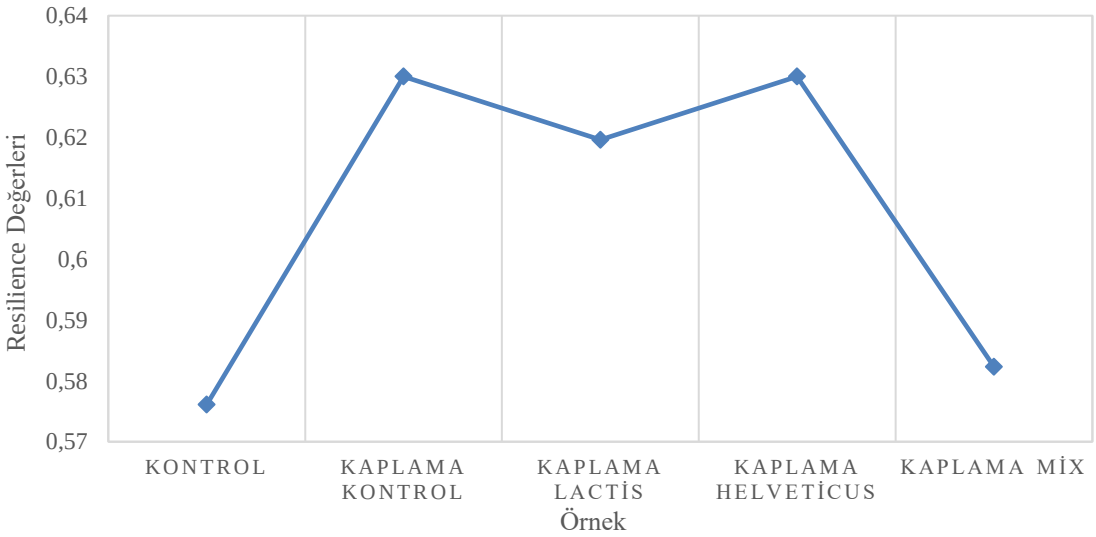
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.60 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca elastikiyet değerlerinde meydana gelen değişim.



Şekil 4.61 Elastikiyet değerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.62 Elastikiyet değerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.2 Köy Peynirlerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

4.2.1 Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayımı sonuçları Çizelge 4.47'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.48'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.63' de, toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.64'de, toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.65'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.46 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca TAMB değerleri (log kob/g).

Örnekler	Depolama Zamanı (Gün)			
	0.	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	4,81±0,006^{Da}	5,64±0,012^{Ca}	6,71±0,019^{Ba}	7,06±0,020^{Aa}
Kaplama Kontrol	4,64±0,001^{Dcd}	5,15±0,013^{Cb}	5,97±0,034^{Bb}	6,80±0,025^{Ab}
Kaplama Lactis	4,59±0,057^{Dd}	4,99±0,003^{Cd}	5,40±0,036^{Bc}	6,04±0,086^{Acd}
Kaplama Helveticus	4,72±0,000^{Cb}	5,16±0,000^{Bb}	5,22±0,062^{Bd}	6,15±0,041^{Ac}
Kaplama Mix	4,71±0,000^{Dbc}	5,10±0,024^{Cc}	5,31±0,012^{Bcd}	5,98±0,011^{Ad}

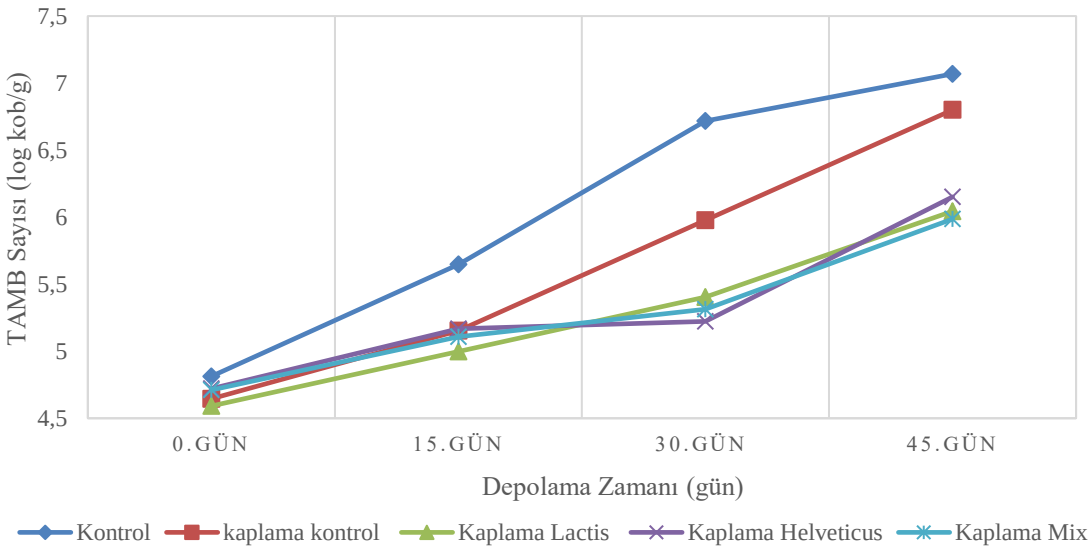
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - d (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.47 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin TAMB sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

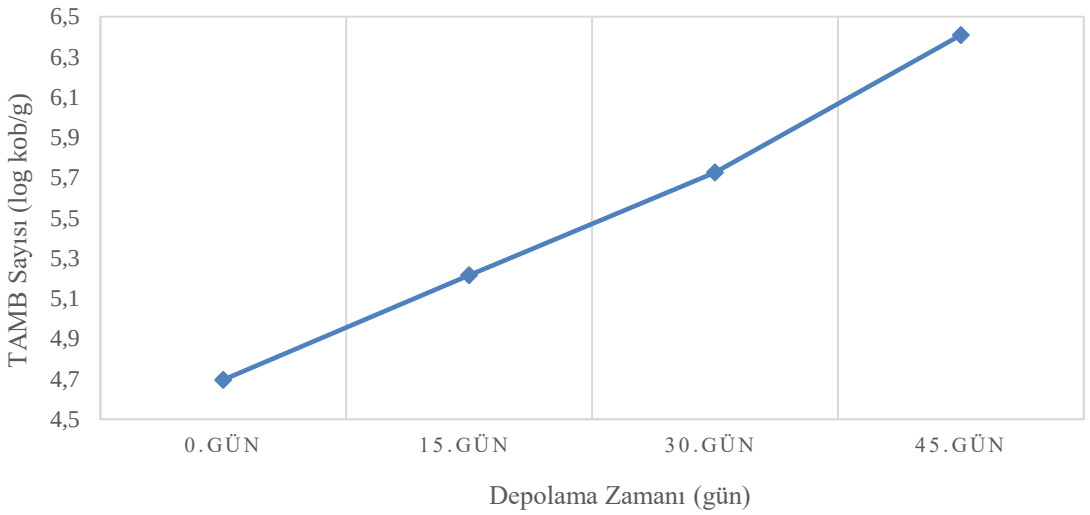
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	<0,001	-0,363*
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,857**
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

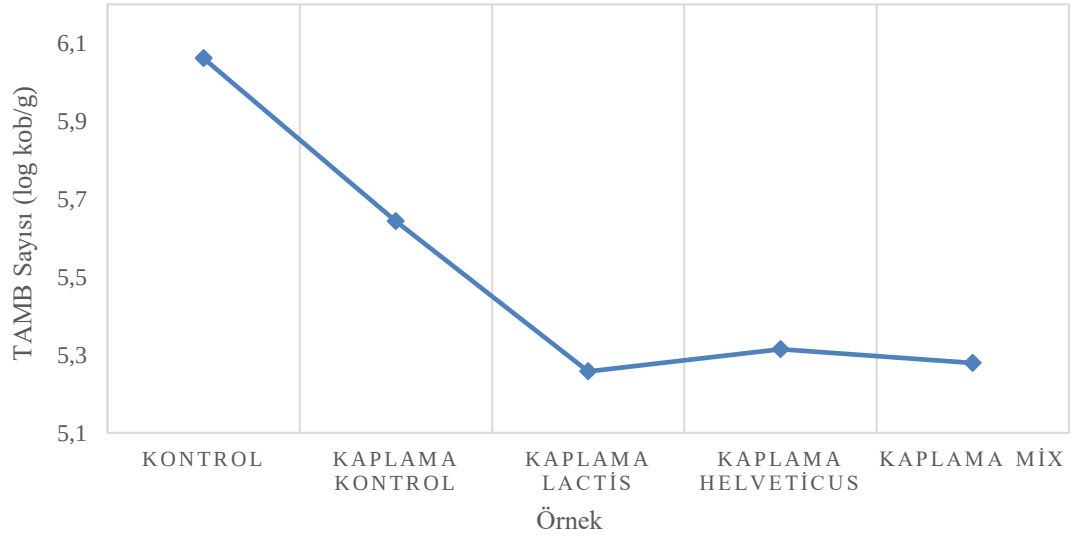
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.63 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca TAMB sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g).



Şekil 4. 64 TAMB sayısının depolama süresine bağlı değişimi.



Şekil 4. 65 TAMB sayının örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.2.2 Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri (TAPB) Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin TAPB bakteri sayımı sonuçları Çizelge 4.49'da, örnek çeşidi ve depolama zamanının TAPB sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.50'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.66'da, TAPB sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.67'de, TAPB sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.68'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.48 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca TAPB değerleri (log kob/g).

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	2,81±0,009^{Da}	3,63±0,007^{Ca}	4,05±0,005^{Ba}	4,16±0,002^{Aa}
Kaplama Kontrol	2,64±0,017^{Dc}	3,50±0,007^{Cb}	3,78±0,005^{Bb}	3,83±0,008^{Ab}
Kaplama Lactis	2,59±0,017^{Dd}	2,99±0,007^{Ce}	3,18±0,008^{Bd}	3,26±0,016^{Ad}
Kaplama Helveticus	2,72±0,017^{Cb}	3,16±0,007^{Bc}	3,17±0,009^{Bd}	3,25±0,017^{Ad}
Kaplama Mix	2,71±0,016^{Db}	3,10±0,010^{Cd}	3,31±0,008^{Bc}	3,37±0,013^{Ac}

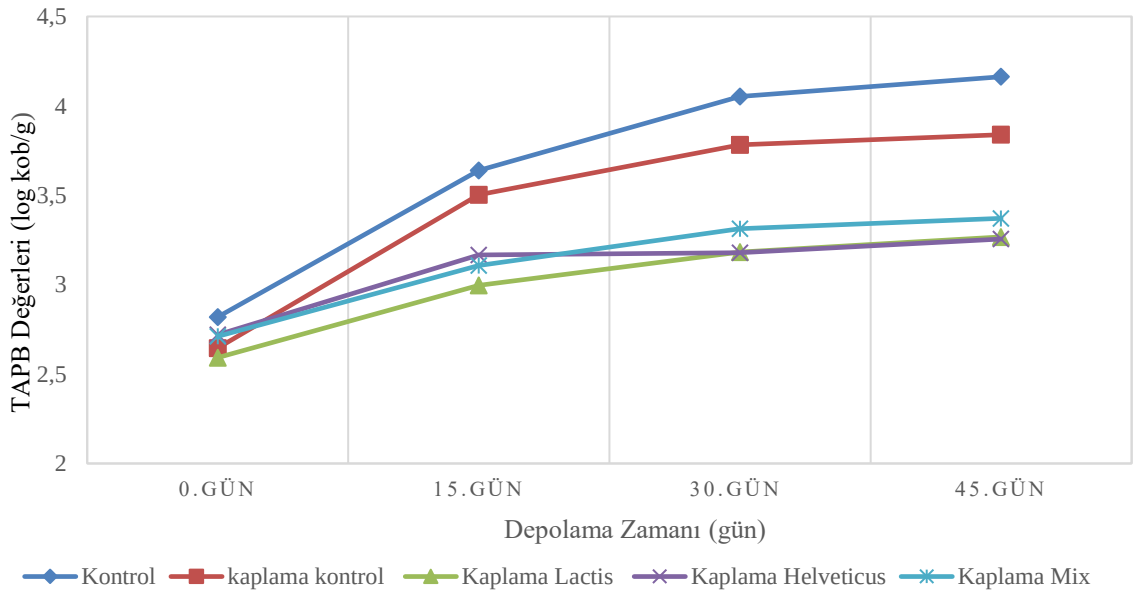
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - e (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.49 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin TAPB sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

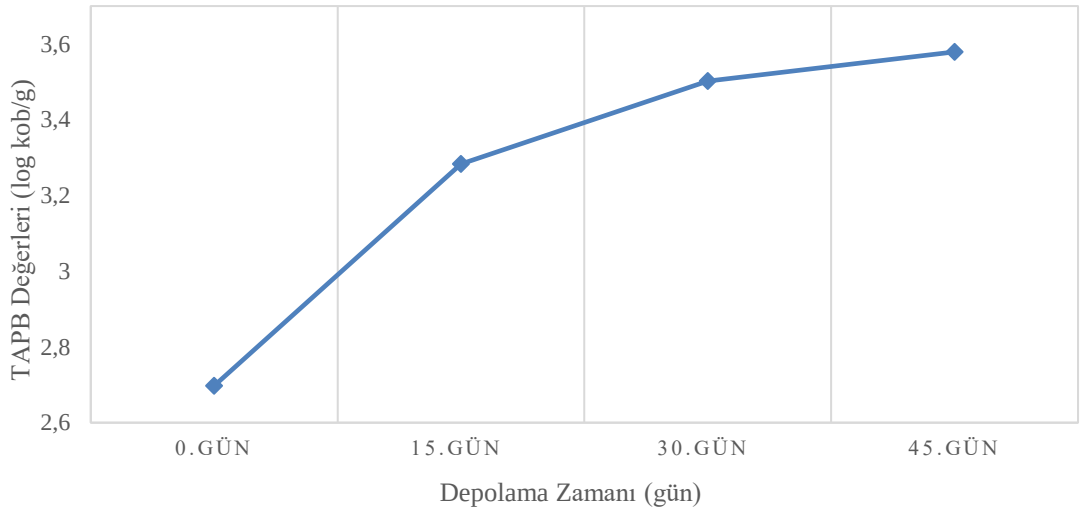
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	<0,001	-0,458**
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,716**
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

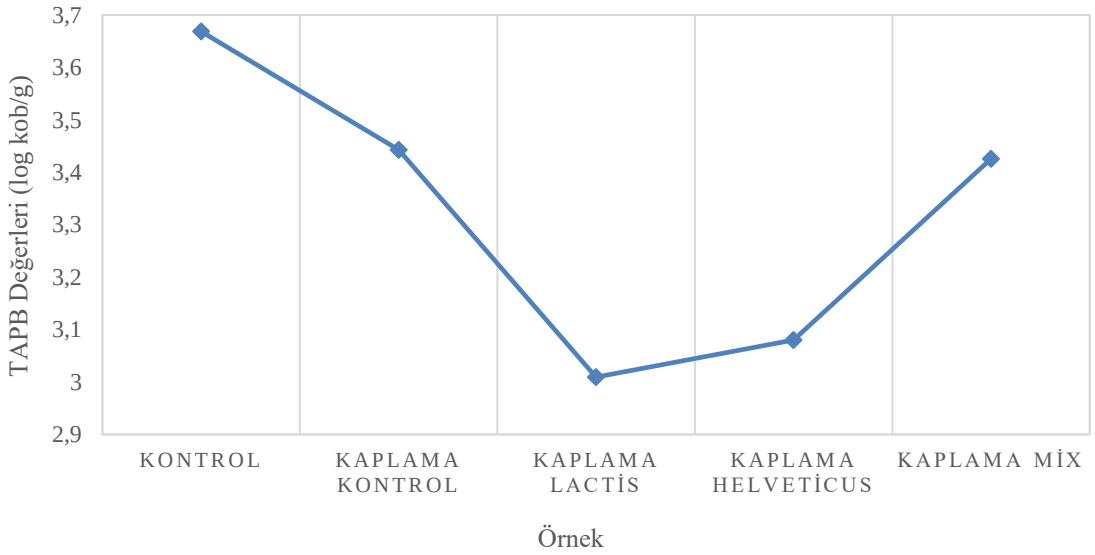
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.66 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca TAPB sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g).



Şekil 4. 67 TAPB bakteri değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.68 TAPB bakteri değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.2.3 Laktik Asit Bakteri Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin laktik asit bakteri sayımı sonuçları Çizelge 4.51'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının laktik asit bakteri sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.52'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.69' da, laktik asit bakteri sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.70'de, laktik asit bakteri sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.71'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.50 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca laktik asit bakteri değerleri (log kob/g).

Örnekler	Depolama Zamanı (Gün)			
	0.	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	3,99±0,01^{Ca}	4,17±0,01^{Bc}	4,31±0,01^{Ac}	4,21±0,02^{Bb}
Kaplama Kontrol	4,02±0,05^{Ba}	4,22±0,03^{Abc}	4,31±0,00^{Ac}	4,30±0,06^{Ab}
Kaplama Lactis	4,01±0,01^{Ca}	4,32±0,05^{Ba}	5,41±0,01^{Aa}	5,33±0,03^{Aa}
Kaplama Helveticus	4,02±0,03^{Ca}	4,28±0,01^{Bab}	5,29±0,01^{Ab}	5,25±0,03^{Aa}
Kaplama Mix	4,02±0,01^{Ca}	4,29±0,00^{Bab}	5,29±0,02^{Ab}	5,32±0,03^{Aa}

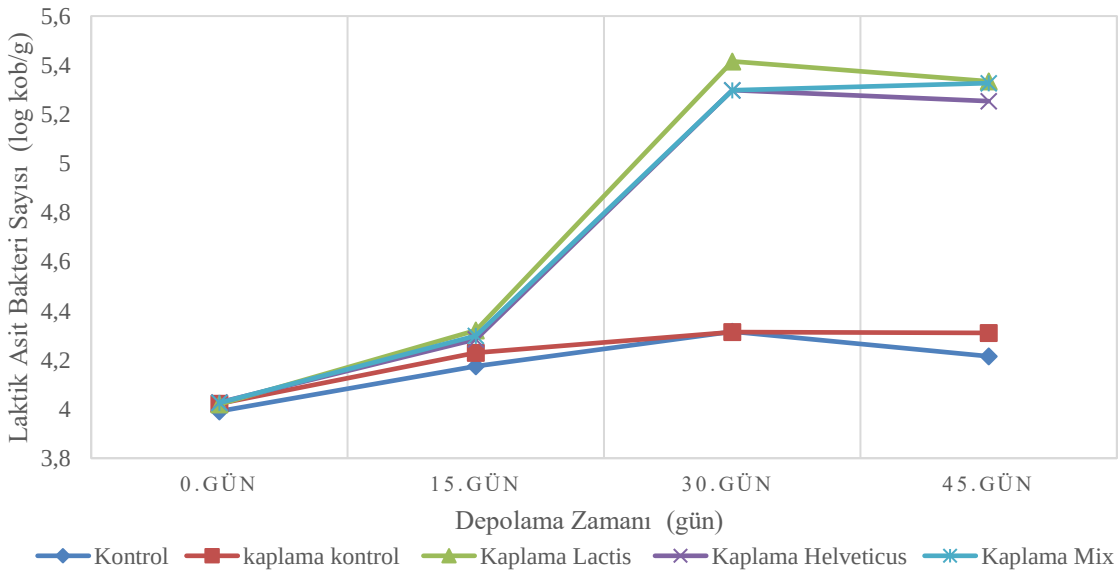
A – C (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - c (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.51 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin laktik asit bakteri sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

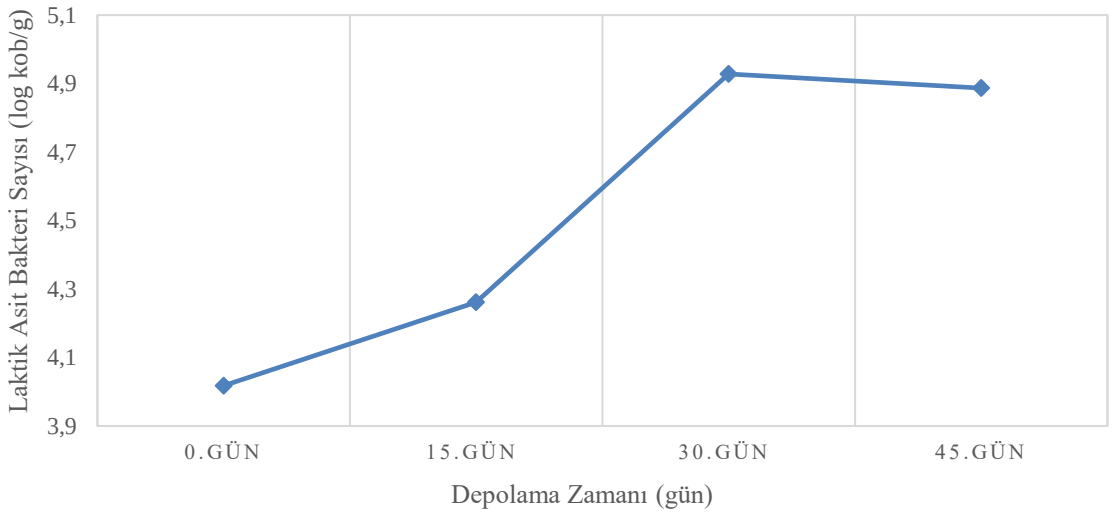
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	<0,001	0,445**
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,693**
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

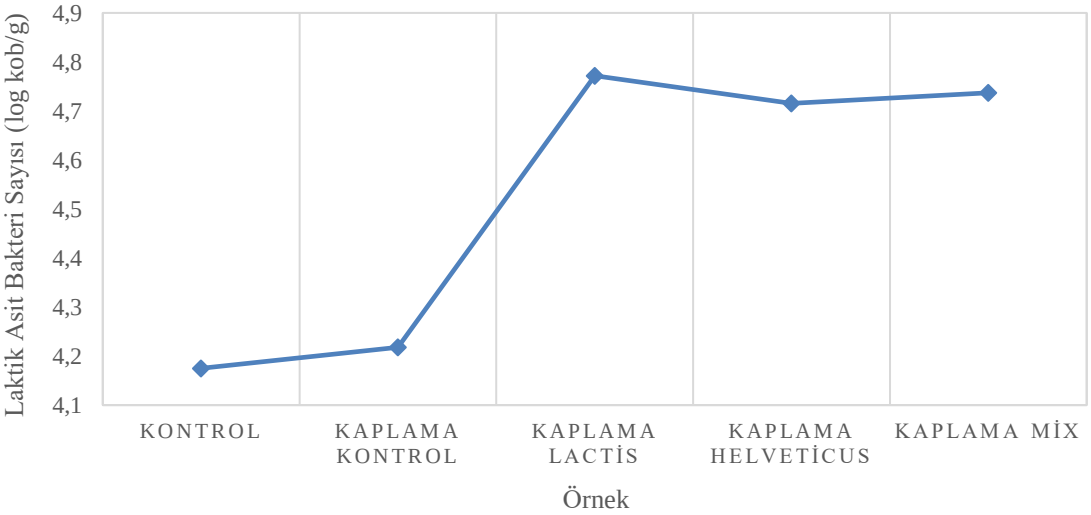
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.69 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca laktik asit bakteri sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g).



Şekil 4.70 Laktik asit bakteri sayılarının depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.71 Laktik asit bakteri sayılarının örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.2.4 *Lactococcus/Streptococcus* Cinsi Bakteri Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakterilerinin sayımı sonuçları Çizelge 4.53'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.54'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.72'de, *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.73'de, *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.74'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.52 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri değerleri (log kob/g).

Örnekler	Depolamanı Zamanı (Gün)			
	0.	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	2,79±0,041^{Ca}	2,94±0,008^{Bc}	3,01±0,008^{Ad}	2,93±0,013^{Bd}
Kaplama Kontrol	2,77±0,007^{Ca}	2,99±0,008^{Bbc}	3,15±0,065^{Ac}	3,03±0,056^{Bc}
Kaplama Lactis	2,82±0,025^{Ca}	3,18±0,125^{Ba}	3,50±0,024^{Aa}	3,38±0,032^{Aa}
Kaplama Helveticus	2,79±0,127^{Da}	3,10±0,000^{Cab}	3,37±0,024^{Ab}	3,19±0,038^{Bb}
Kaplama Mix	2,69±0,178^{Ba}	3,15±0,021^{Aa}	3,35±0,008^{Ab}	3,23±0,030^{Ab}

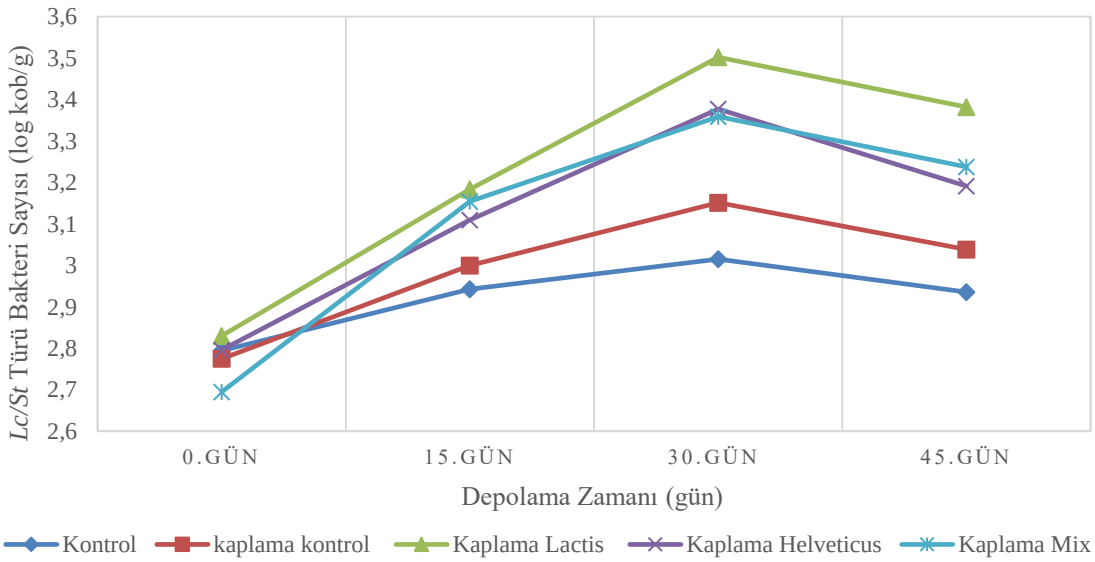
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - d (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4. 53 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

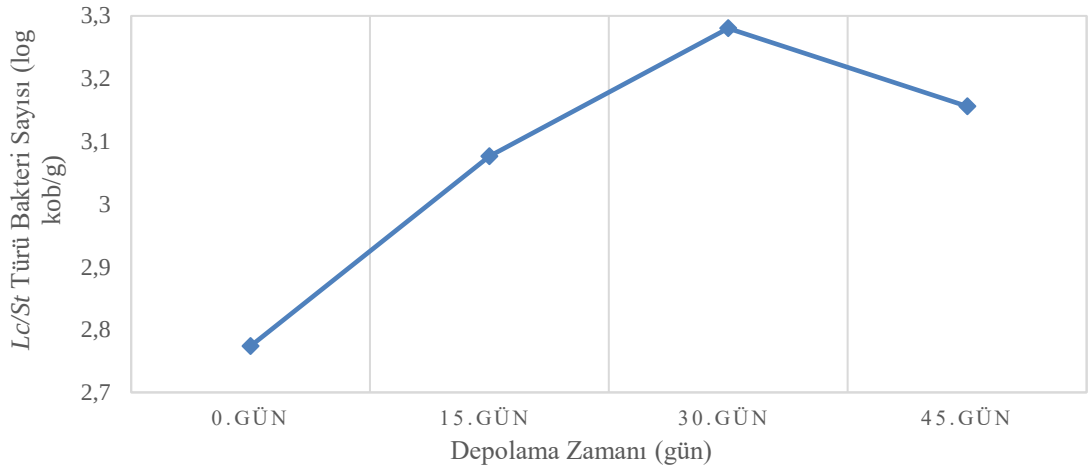
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	<0,001	0,307
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,657**
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

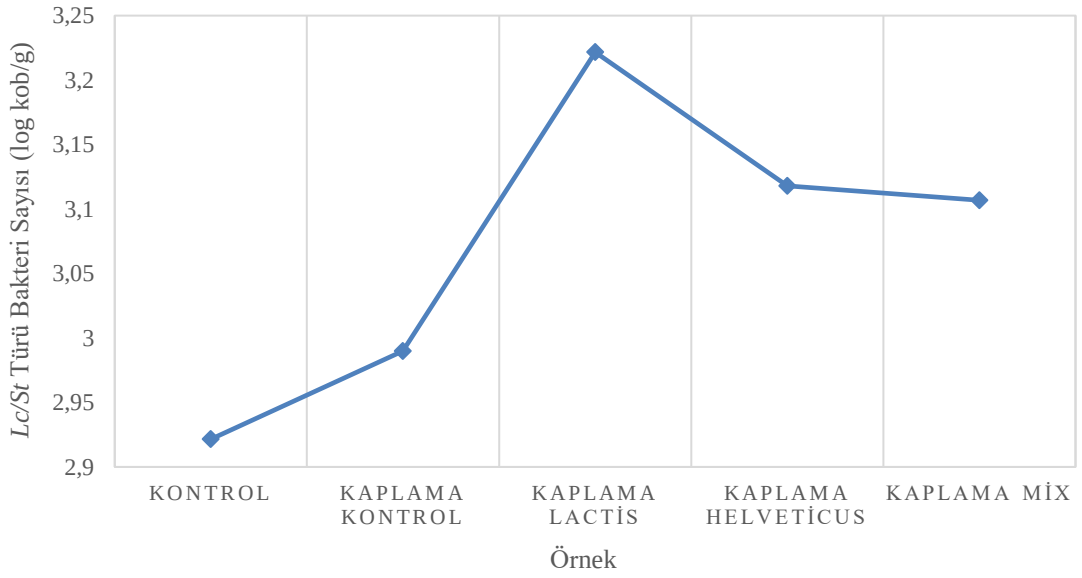
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.72 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca *Lactococcus/ Streptococcus* cinsi bakteri sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g).



Şekil 4.73 *Lactococcus/Streptococcus* türü bakteri sayılarının depolama zamanına bağlı değişimi (Log kob/g).



Şekil 4.74 *Lactococcus/Streptococcus* türü bakteri sayılarının örnek çeşidine bağlı değişimi (Log kob/g).

4.2.5 Maya ve Küf Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin maya ve küf sayımı sonuçları Çizelge 4.55'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının maya ve küf sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.56'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.75'de, maya ve küf sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.76'da, maya ve küf sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.77'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 54 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca maya ve küf değerleri (log kob/g).

Örnekler	Depolama Zamanı (Gün)			
	0.	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	4,81±0,003^{Da}	5,63±0,004^{Ca}	6,57±0,018^{Ba}	7,22±0,037^{Aa}
Kaplama Kontrol	4,63±0,000^{Dc}	5,16±0,031^{Cb}	5,97±0,031^{Bb}	6,51±0,043^{Ab}
Kaplama Lactis	4,59±0,042^{Dc}	4,99±0,008^{Cd}	5,41±0,009^{Bc}	6,06±0,106^{Acd}
Kaplama Helveticus	4,71±0,000^{Cb}	5,14±0,003^{Bb}	5,22±0,057^{Be}	6,15±0,040^{Ac}
Kaplama Mix	4,70±0,001^{Db}	5,08±0,011^{Cc}	5,31±0,007^{Bd}	5,93±0,006^{Ad}

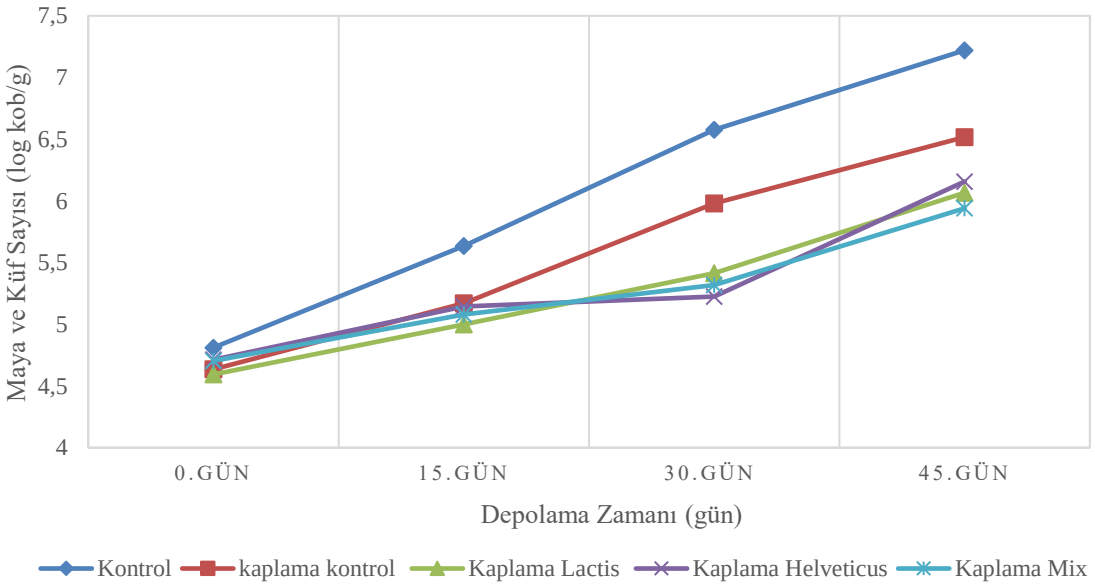
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - e (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.55 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin maya ve küf sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

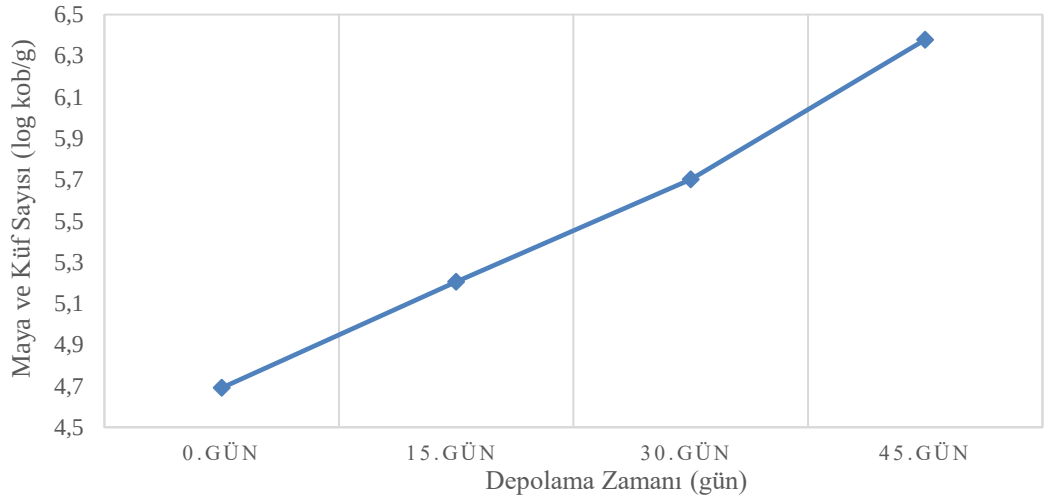
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	<0,001	-0,365*
Depolama Zamanı (D)	<0,001	0,861**
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

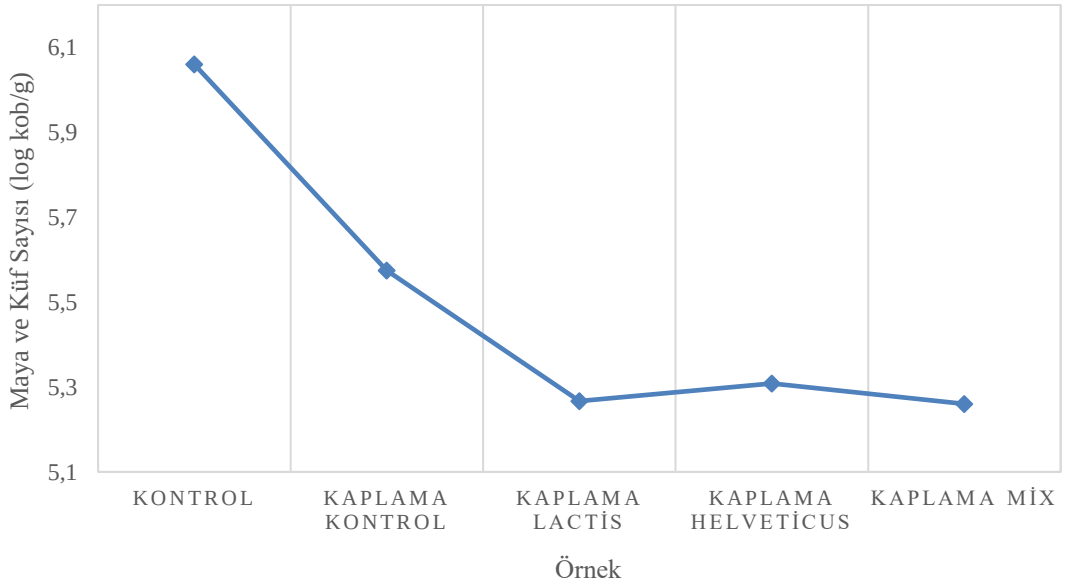
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.75 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca toplam maya ve küf sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g).



Şekil 4.76 Maya ve küf sayılarının depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.77 Maya ve küf sayılarının örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.2.6 Toplam Koliform Bakteri Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin toplam koliform bakteri sayımı sonuçları Çizelge 4.57'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının toplam koliform bakteri sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.58'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.78'de, toplam koliform bakteri sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.79'da, toplam koliform bakteri sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.80'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.56 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca toplam koliform bakteri değerleri (log kob/g).

Örnekler	Depolama Zamanı (Gün)			
	0.	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	3,80±0,007^{Ca}	4,32±0,017^{Ba}	4,83±0,079^{Aa}	4,94±0.012^{Aa}
Kaplama Kontrol	3,68±0,017^{Dbc}	3,81±0,002^{Cb}	4,39±0,008^{Bb}	4,68±0,027^{Ab}
Kaplama Lactis	3,70±0,004^{Abc}	3,48±0,019^{Bc}	2,37±0,089^{Cc}	1,44±0,043^{Dd}
Kaplama Helveticus	3,71±0,005^{Ab}	3,32±0,060^{Bd}	2,37±0,015^{Cc}	1,63±0,098^{Dc}
Kaplama Mix	3,66±0,031^{Ac}	3,12±0,032^{Be}	1,99±0,034^{Cd}	1,50±0,077^{Dcd}

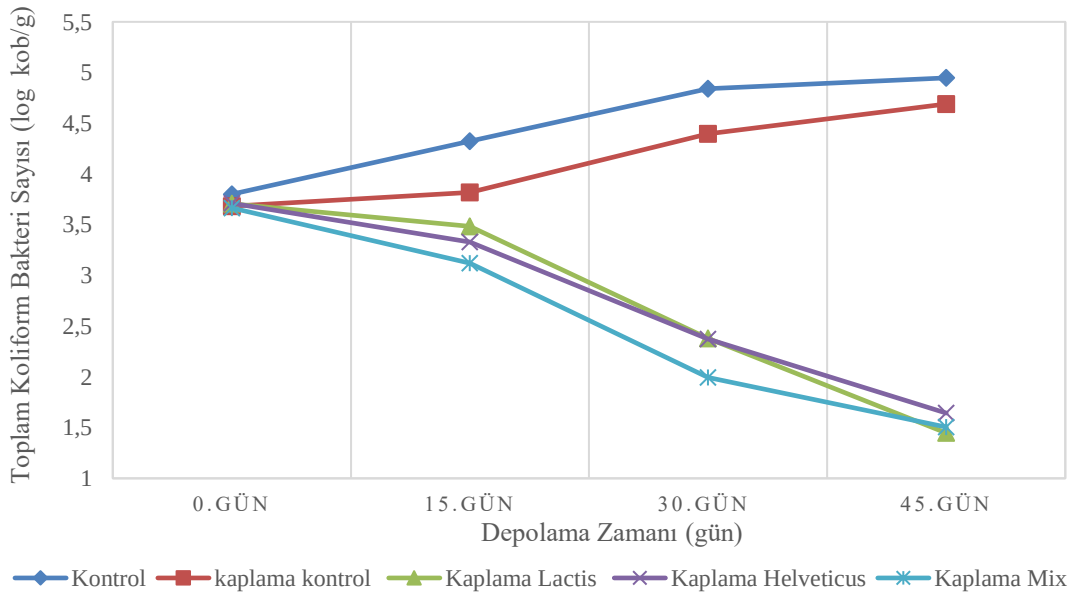
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - e (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.57 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin toplam koliform bakteri sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

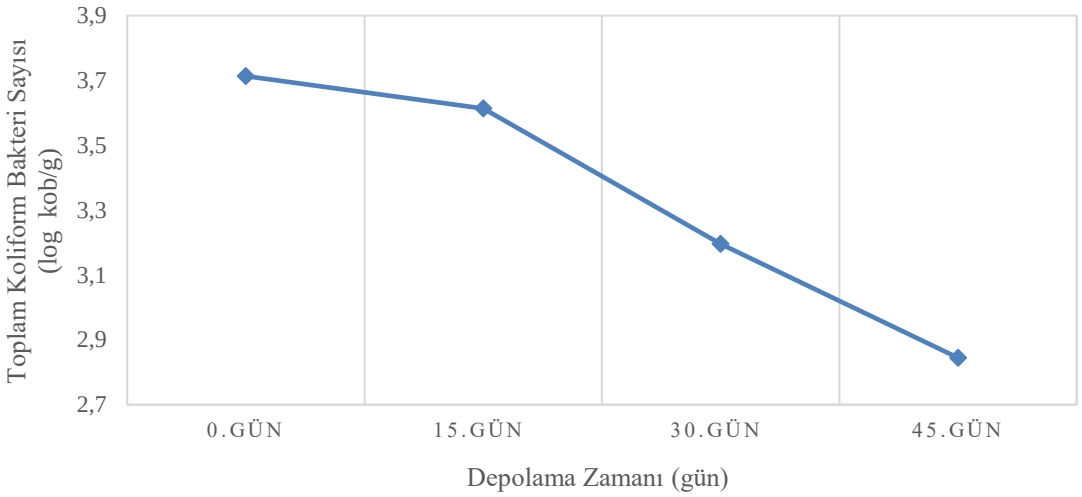
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	<0,001	-0,681**
Depolama Zamanı (D)	<0,001	-0,313*
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

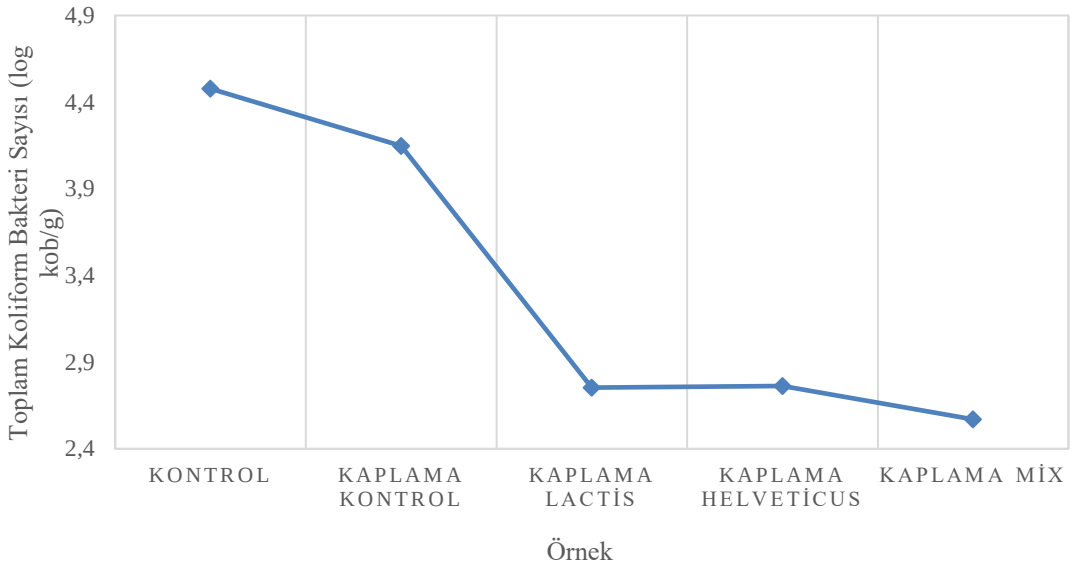
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.78 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca toplam koliform grubu bakteri sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g).



Şekil 4.79 Toplam koliform bakteri sayılarının depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.80 Toplam koliform bakteri sayılarının örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.2.7 *Staphylococcus aureus* Sayısı

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin *S. aureus* sayımı sonuçları Çizelge 4.59'da, örnek çeşidi ve depolama zamanının *S. aureus* sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.60'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.81'de, *S. aureus* sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.82'de, *S. aureus* sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.83'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.58 Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca *S. aureus* değerleri (log kob/g).

	Depolama Zamanı (Gün)			
Örnekler	**0.**	**15.**	**30.**	**45.**
Kontrol	3,03±0,034^{Da}	3,48±0,019^{Ca}	3,95±0,030^{Ba}	4,47±0,006^{Aa}
Kaplama Kontrol	3,04±0,016^{Da}	3,18±0,037^{Cb}	3,69±0,043^{Bb}	4,27±0,011^{Ab}
Kaplama Lactis	3,02±0,004^{Aa}	2,84±0,035^{Bc}	1,96±0,046^{Cd}	1,37±0,092^{De}
Kaplama Helveticus	3,04±0,011^{Aa}	2,71±0,041^{Bd}	2,13±0,027^{Cc}	1,96±0,033^{Dc}
Kaplama Mix	3,02±0,003^{Aa}	2,73±0,034^{Bd}	1,99±0,034^{Cd}	1,79±0,059^{Dd}

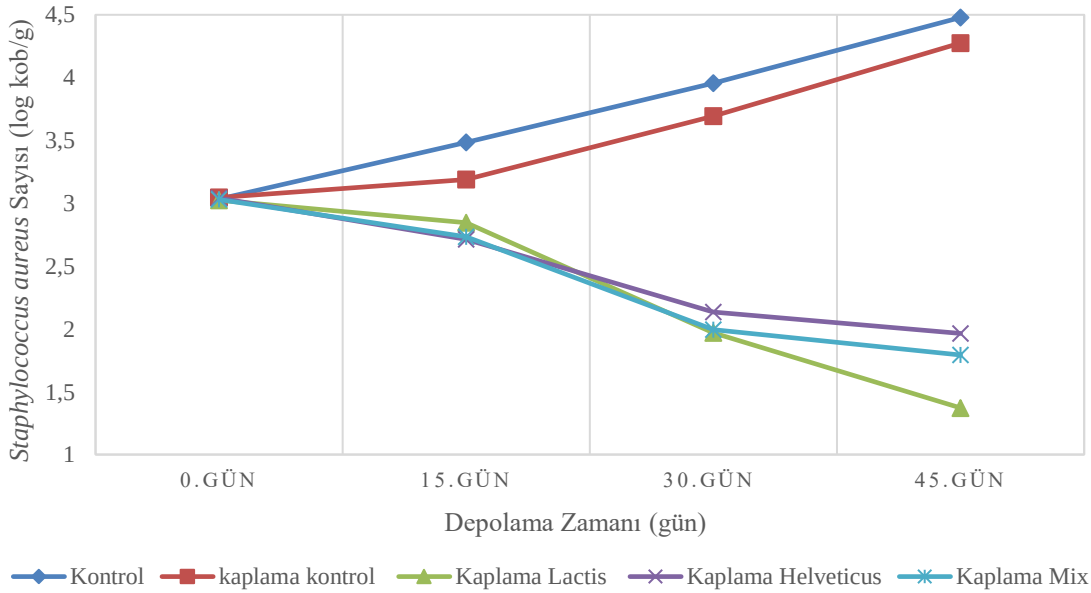
A – D (→): Aynı satırda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05). a - e (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.59 Örnek çeşidi ve depolama zamanının köy peynirlerinin *S. aureus* sayıları üzerindeki etkilerine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

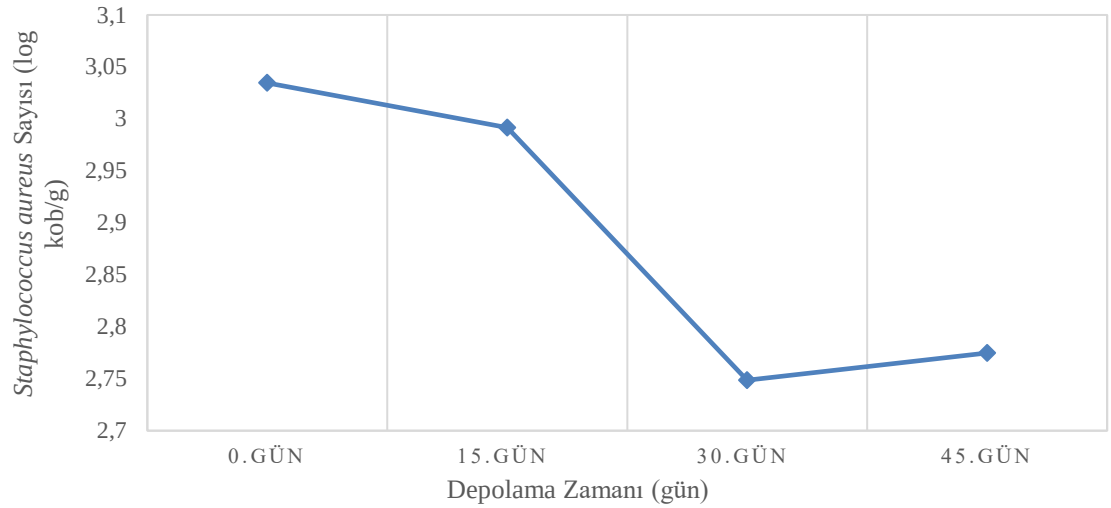
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek(Ö)	<0,001	-0,654**
Depolama Zamanı (D)	<0,001	-0,139
Ö x D	<0,001	--

p<0,001: istatistiksel olarak çok fazla anlamlı.

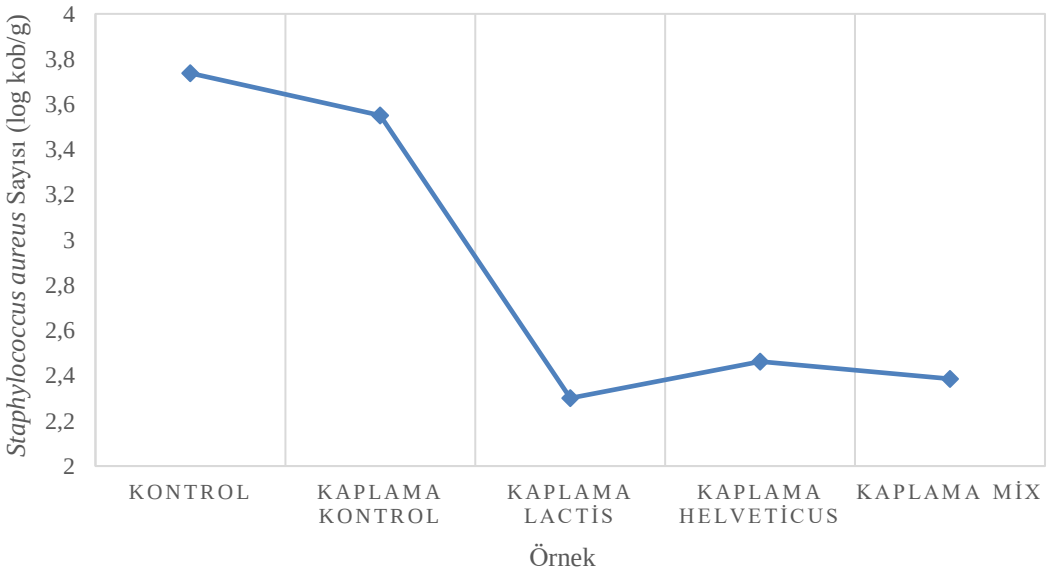
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.81 Peynir örneklerinde depolama süresi boyunca *S. aureus* sayılarında meydana gelen değişim (Log kob/g).



Şekil 4.82 *S. aureus* bakteri değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi.



Şekil 4.83 *S. aureus* bakteri değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.2.8 *Listeria monocytogenes* Varlığının Aranması

Depolamanın başlangıcında (0.gün) kontrol grubu ve kaplama uygulanmış örneklerde yapılan *L. monocytogenes* analizlerinde üremeye rastlanmamıştır. Başlangıç analizlerinde patojen varlığının belirlenmemesi nedeniyle, depolama sürecinin ilerleyen aşamalarında analizler tekrar edilmemiştir.

4.2.9 *Escherichia coli* Varlığının Aranması

Depolamanın başlangıcında (0.gün) kontrol grubu ve kaplama uygulanmış örneklerde yapılan *E. coli* analizlerinde üremeye rastlanmamıştır. Başlangıç analizlerinde patojen varlığının belirlenmemesi nedeniyle, depolama sürecinin ilerleyen aşamalarında analizler tekrar edilmemiştir.

4.2.10 *Salmonella* spp. Aranması

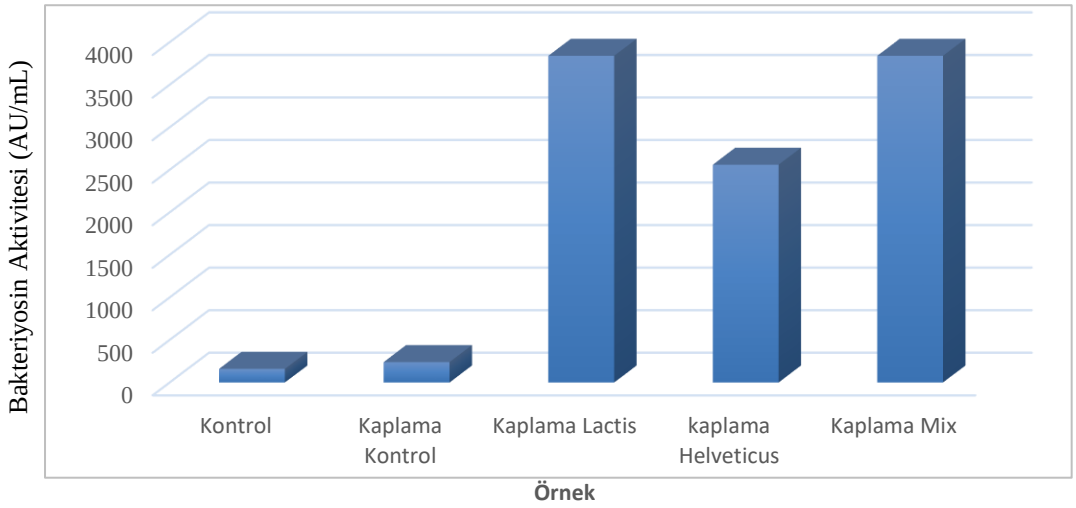
Depolamanın başlangıcında (0.gün) kontrol grubu ve kaplama uygulanmış örneklerde yapılan *Salmonella spp.* analizlerinde üremeye rastlanmamıştır. Başlangıç analizlerinde patojen varlığının belirlenmemesi nedeniyle, depolama sürecinin ilerleyen aşamalarında analizler tekrar edilmemiştir.

4.3 Bakteriyosin Aktivite Sonuçları

Depolamanın 45.gününde peynir örneklerine ait bakteriyosin aktivite değerleri Şekil 4.84 ‘de verilmiştir. Bu dönemde kontrol grubunda 160 AU/ml, kaplama kontrol grubunda 240 AU/ml bakteriyosin aktivitesi belirlenmiştir. Kaplama lactis ve kaplama mix grubunda 3840 AU/ml, kaplama helveticus grubunda 2560 AU/ml düzeyinde bakteriyosin aktivitesi ölçülmüştür.

Çizelge 4.60 Peynir örneklerinin depolama sonunda bakteriyosin aktivite değerleri.

	Bakteriyosin Aktivitesi (AU/mL)
Kontrol	160
Kaplama Kontrol	240
Kaplama Lactis	3840
Kaplama Helveticus	2560
Kaplama Mix	3840



Şekil 4.84 Depolamanın 45. gününde peynir örneklerine ait bakteriyosin aktivite sonuçları.

4.4 Kaplama Malzemelerinin Antimikrobiyal Analiz Değerleri

4.4.1 *Escherichia coli* Üzerine Antimikrobiyal Etki

L. lactis ve *L. helveticus* ilave edilerek hazırlanan kaplama malzemelerinin *E. coli* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri Çizelge 4.62' de, örnek çeşidi ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.63'de, antimikrobiyal etki değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 4.85'de, antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi ise Şekil 4.86'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.61 Kaplama malzemelerinin *E. coli* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri.

	Depolama Zamanı (gün)	
Örnekler	**0.gün**	**45.gün**
Kaplama Lactis	8,58±0,54[a]	10,40±1,29[a]
Kaplama Helveticus	8,94±1,09[a]	10,85±0,14[a]
Kaplama Mix	9,05±0,43[a]	9,93±1,15[a]

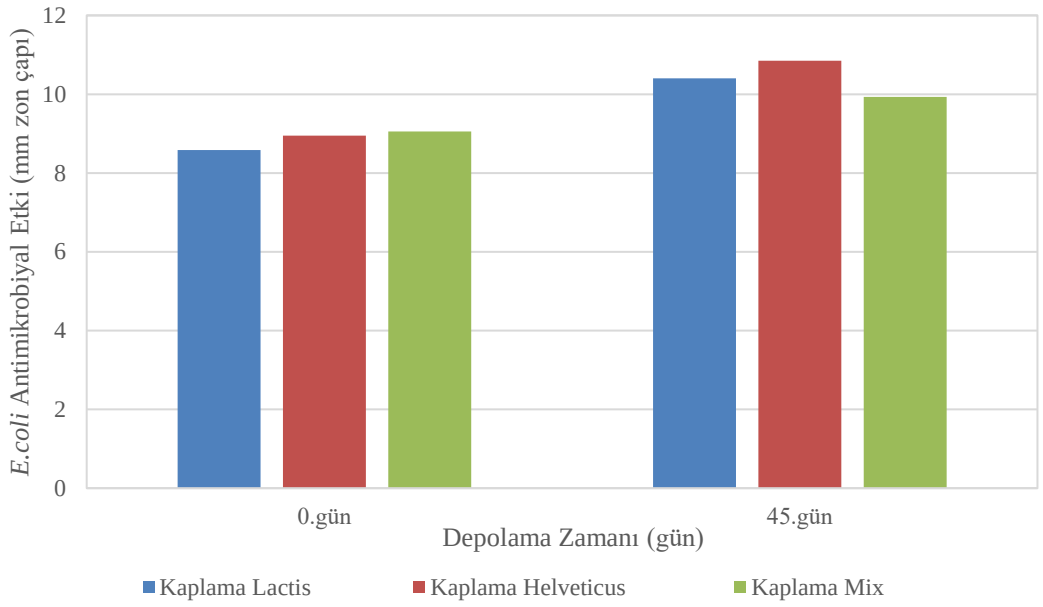
a – b (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.62 Kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri (*E.coli*).

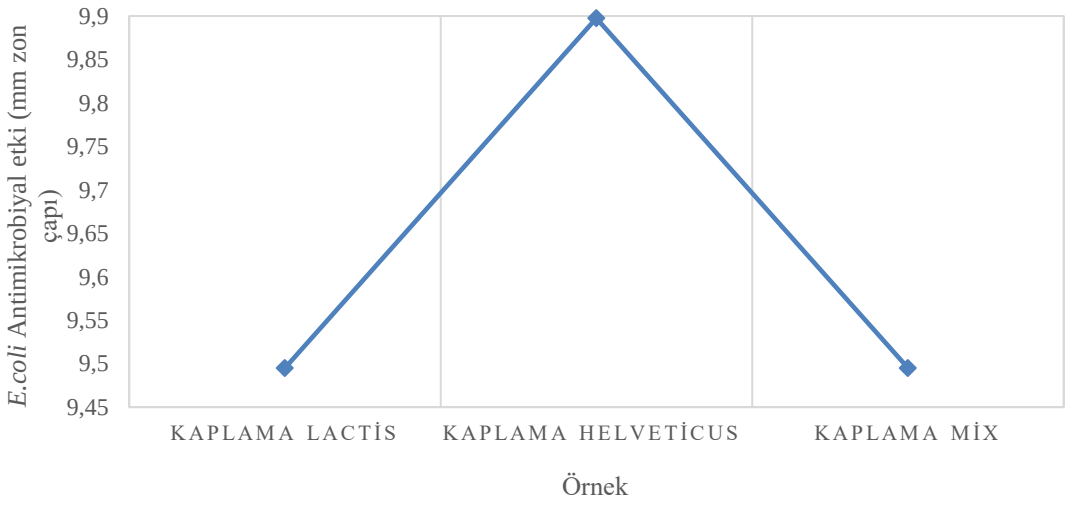
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	0,768	0,000
Depolama (D)	0,024	0,742**
Ö × D	0,679	--

p<0,05: istatistiksel olarak anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.85 Kaplama malzemelerinin *E. coli* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri.



Şekil 4.86 Kaplama malzemelerinin antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.

4.4.2 *Salmonella spp.* Üzerine Antimikrobiyal Etki

L. lactis ve *L. helveticus* ilave edilerek hazırlanan kaplama malzemelerinin *Salmonella spp.* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri Çizelge 4.64' de, örnek çeşidi ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.65'de, antimikrobiyal etki değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 4.87'de, antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi ise Şekil 4.88'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.63 Kaplama malzemelerinin *Salmonella spp.* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri.

	Depolama Zamanı (gün)	
Örnekler	**0.gün**	**45.gün**
Kaplama Lactis	8,38±0,77[a]	11,98±1,44[a]
Kaplama Helveticus	9,92±0,28[a]	9,97±0,07[a]
Kaplama Mix	9,50±0,16[a]	10,43±0,44[a]

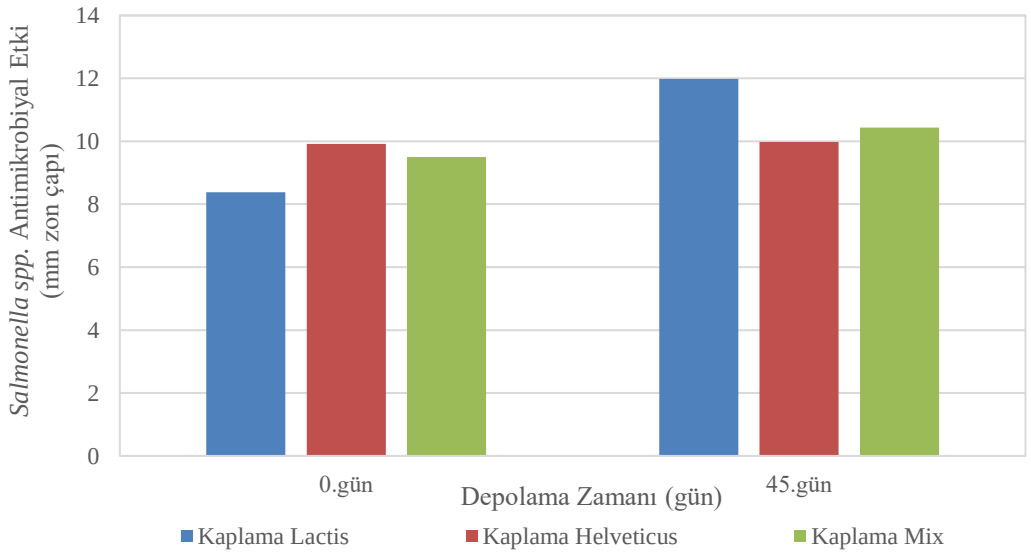
a – b (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.64 Kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri (*Salmonella spp*).

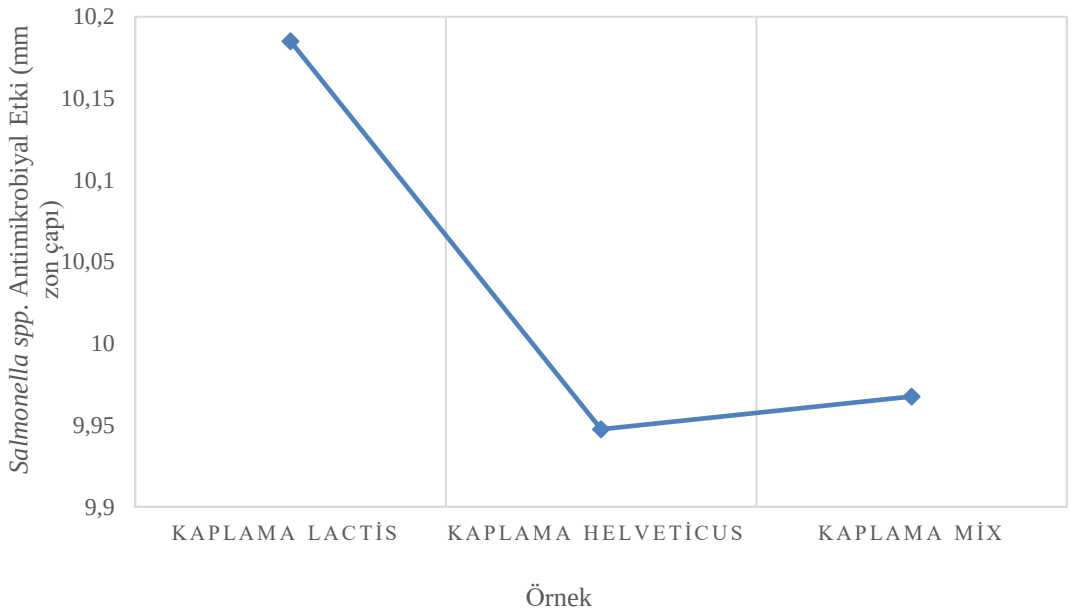
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	0,873	-0,075
Depolama (D)	0,010	0,643*
Ö × D	0,029	--

p<0,01: istatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0,05: istatistiksel olarak anlamlı, p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

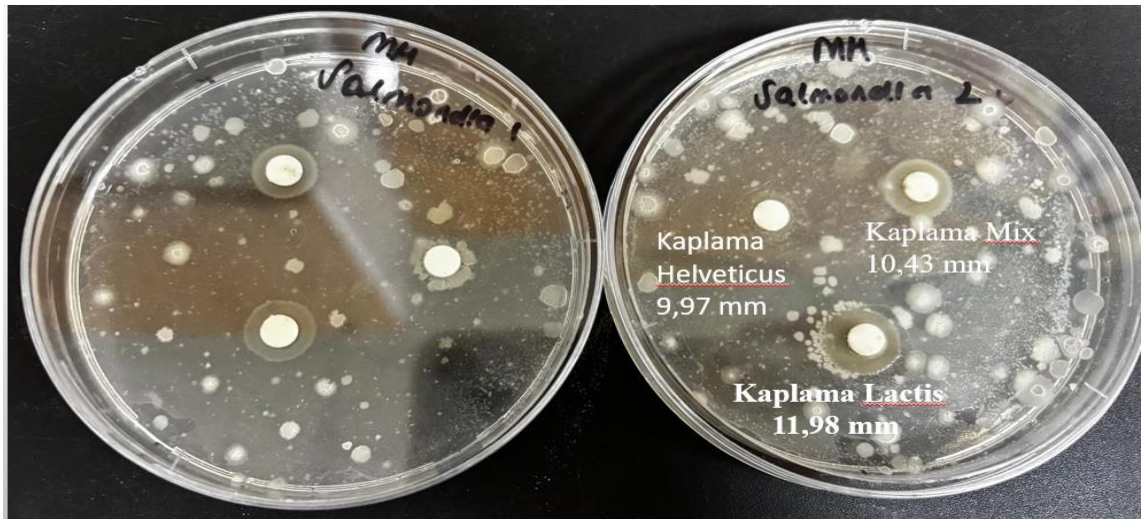
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



Şekil 4.87 Kaplama malzemelerinin *Salmonella spp.* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri.



Şekil 4.88 Kaplama malzemelerinin antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.



Resim 4.1 Disk difüzyon yöntemi ile *Salmonella spp.* üzerinde belirlenen inhibisyon zonlarının görünümü (depolama 45).

4.4.3 *Listeria monocytogenes* Üzerine Antimikrobiyal Etki

L. lactis ve *L. helveticus* ilave edilerek hazırlanan kaplama malzemelerinin *L. monocytogenes* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri Çizelge 4.66' da, örnek çeşidi ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.67'de, antimikrobiyal etki değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 4.89'da, antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi ise Şekil 4.90'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.65 Kaplama malzemelerinin *L.monocytogenes* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri.

	Depolama Zamanı (gün)	
Örnekler	**0.gün**	**45.gün**
Kaplama Lactis	8,86±0,79[a]	10,18±1,85[a]
Kaplama Helveticus	7,53±0,96[a]	10,40±1,89[a]
Kaplama Mix	10,64±2,94[a]	15,01±3,42[a]

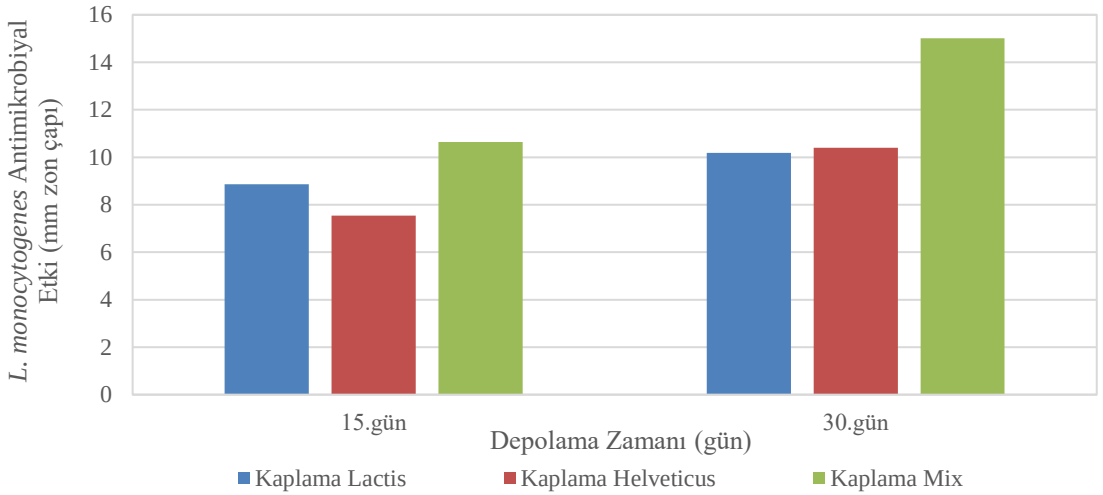
a – b (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4.66 Kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri (*L. monocytogenes*).

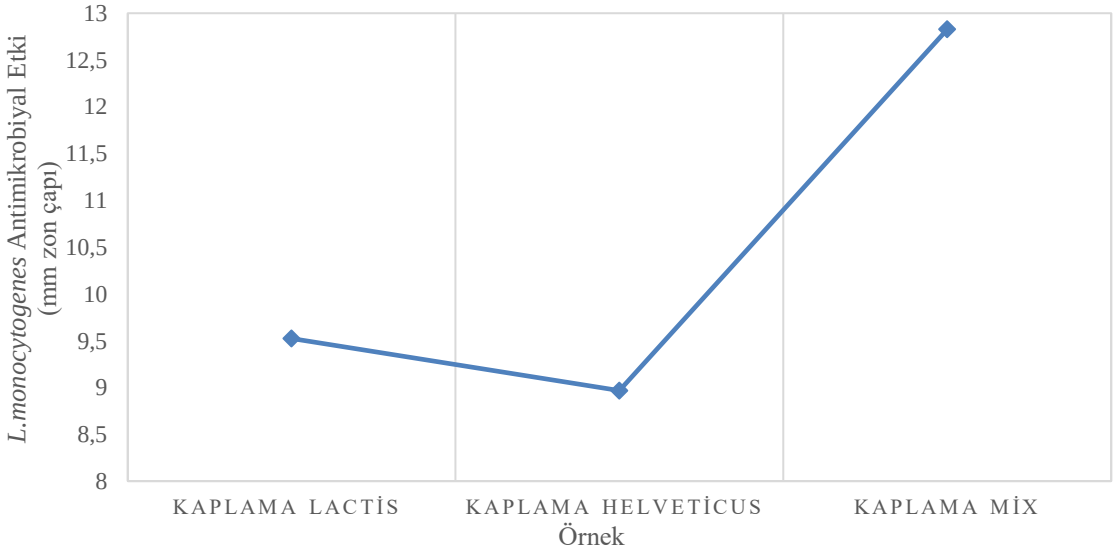
Etkileşim	P Değeri	r
Örnek (Ö)	0,094	0,485
Depolama (D)	0,066	0,512
Ö × D	0,641	--

p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

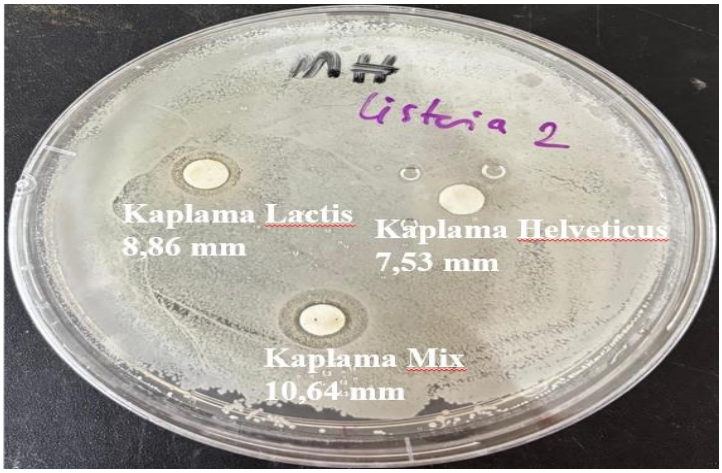
r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



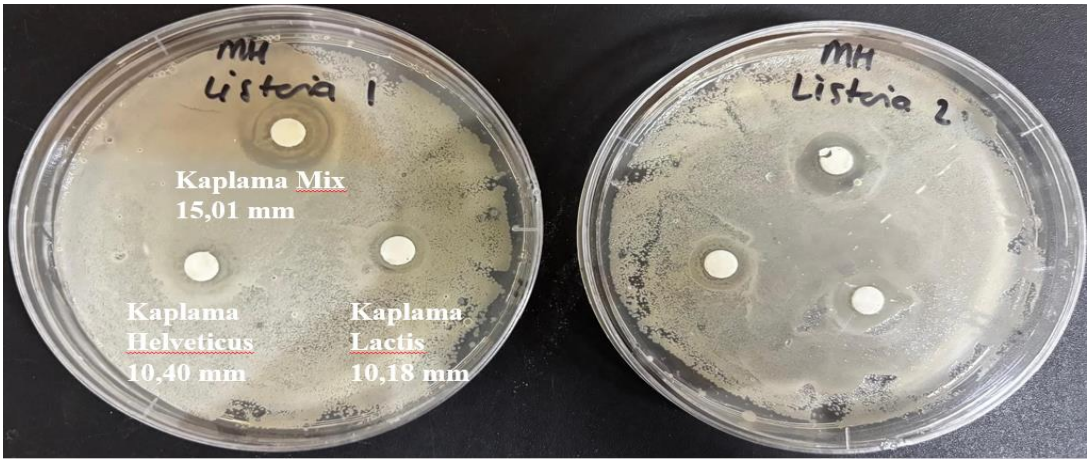
Şekil 4.89 Kaplama malzemelerinin *L. monocytogenes* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri.



Şekil 4.90 Kaplama malzemelerinin antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.



Resim 4.2 Disk difüzyon yöntemi ile *L. monocytogenes* üzerinde belirlenen inhibisyon zonlarının görünümü (depolama 0).



Resim 4.3 Disk difüzyon yöntemi ile *L. monocytogenes* üzerinde belirlenen inhibisyon zonlarının görünümü (depolama 45).

4.4.4 *Staphylococcus aureus* Üzerine Antimikrobiyal Etki

L. lactis ve *L. helveticus* ilave edilerek hazırlanan kaplama malzemelerinin *S. aureus* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri Çizelge 4.68' de, örnek çeşidi ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.69'da, antimikrobiyal etki değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 4.91'de, antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi ise Şekil 4.92'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.67 Kaplama malzemelerinin *S. aureus* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri.

	Depolama Zamanı (gün)	
Örnekler	**0.gün**	**45.gün**
Kaplama Lactis	9,90±0,03^{ab}	10,53±0,28^{a}
Kaplama Helveticus	9,07±0,49^{b}	10,48±0,04^{a}
Kaplama Mix	10,90±0,36^{a}	11,94±0,79^{a}

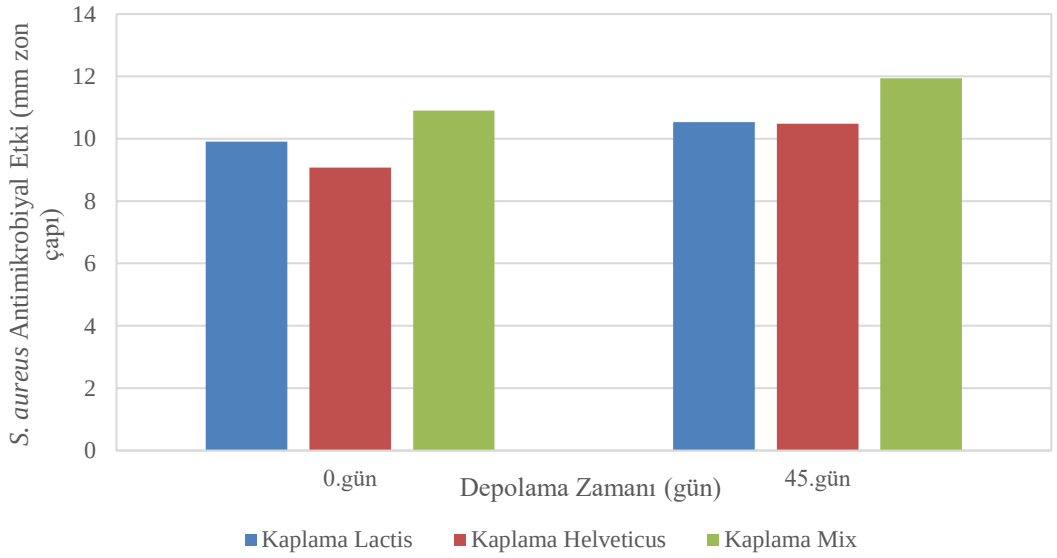
a – b (↓): Aynı sütunda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak farklılık gösterir (P<0,05).

Çizelge 4. 68 Kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri (*S. aureus*).

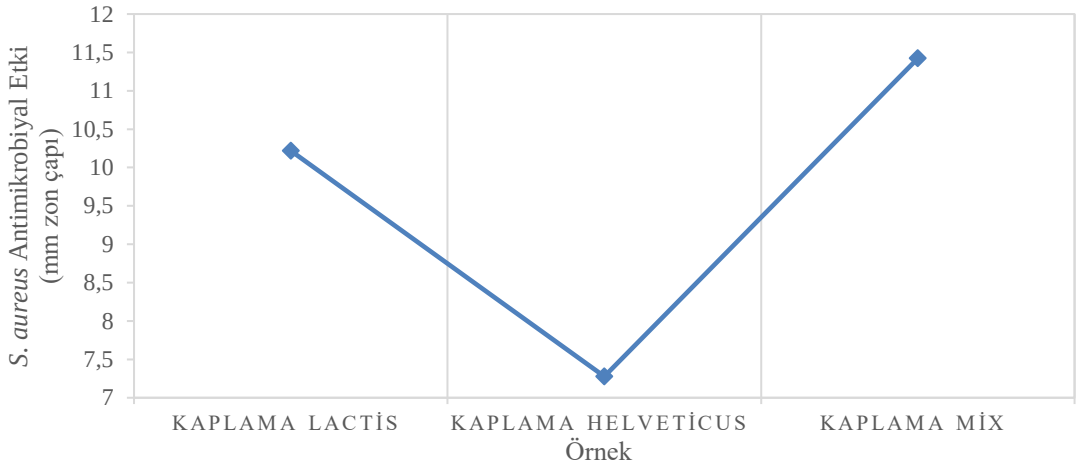
Etkileşim	**P Değeri**	**r**
Örnek (Ö)	0,196	0,169
Depolama (D)	0,715	-0,110
Ö × D	0,500	--

p>0,05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

r: korelasyon katsayısı, *: korelatif etki, **: çok fazla korelatif etki.



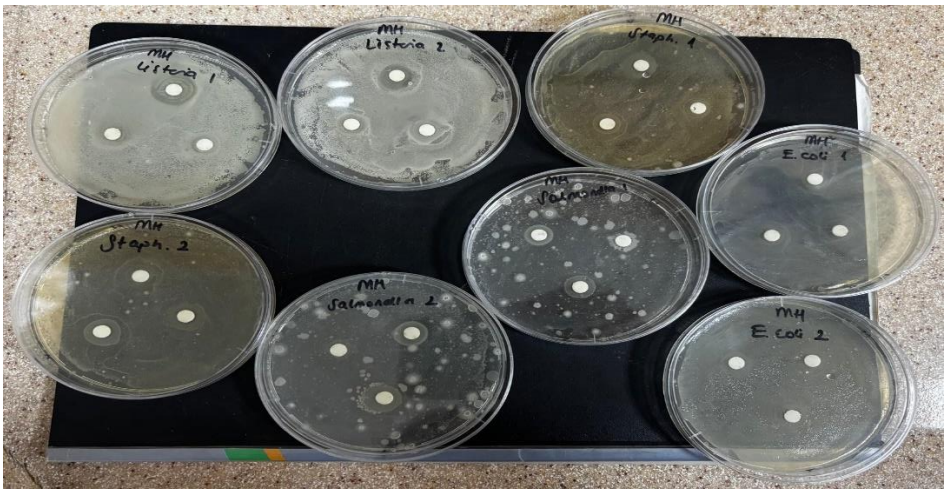
Şekil 4.91 Kaplama malzemelerinin *S. aureus* bakterisine karşı antimikrobiyal değerleri.



Şekil 4.92 Kaplama malzemelerinin antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşidine bağlı değişimi.



Resim 4.4 Disk difüzyon yöntemi ile *S. aureus* üzerinde belirlenen inhibisyon zonlarının görünümü (depolama 45).



Resim 4.5 Disk difüzyon yöntemi ile farklı patojen bakteriler (*L.monocytogenes*, *S. aureus*, *Salmonella spp.* ve *E. coli*) üzerinde belirlenen inhibisyon zonlarının karşılaştırmalı görünümü.

4.5 Kaplama Materyalinin Kalınlık Değerleri

Sodyum aljinat esaslı kaplama materyalinin fiziksel formu depolama süreci boyunca izlenmiştir. Kaplama uygulamasını takiben, film tabakasının başlangıçta daha yumuşak ve yüzeye bağlı bir yapı sergilediği, depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte ise daha bütünlüklü, elastik ve kendi formunu koruyabilen bir yapıya dönüştüğü belirlenmiştir (Resim 4.6). Depolama süresi sonunda kaplama materyali dijital kumpas yardımıyla farklı noktalardan ölçülmüş olup, değerlerin 0,87-0,90 mm aralığında olduğu tespit edilmiştir. Ölçümlerin birbirine yakın olması, kaplama tabakasının homojen bir yapı kazandığını göstermektedir.



Resim 4.6 Depolama süreci sonunda peynir yüzeyinde oluşan sodyum aljinat bazlı kaplama filminin genel görünümü.



Resim 4.7 Depolama sonunda kaplama materyali ile kaplanan peynirlerin genel görünümü.



Resim 4.8 Depolama sonunda kontrol grubu peynirlerin genel görünümü.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1 Geleneksel Taze Köy Peynirlerinin Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

5.1.1 Kuru Madde Değerleri (%)

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin toplam kuru madde miktarları Çizelge 4.1'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının kuru madde analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.2'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.1'de, kuru madde değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.2'de, kuru madde değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin kuru madde değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.2). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin kuru madde değerleri üzerinde pozitif yönlü çok fazla korelatif etki ortaya koymuştur (Çizelge 4.2).

Depolamanın 0. gününde tüm peynir örneklerinin toplam kuru madde değerlerinin birbirine yakın olduğu ve yaklaşık %34,42–%34,83 aralığında değiştiği belirlenmiştir($p>0,05$). Depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte örneklerin kuru madde değerlerinde değişimler meydana gelmiş ve depolama sonunda bu değerlerin %40,73 ile %49,90 arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1) ($p<0,05$). Depolama süresi boyunca özellikle kontrol grubunda kuru madde değerinde daha belirgin bir artış gözlenmiş olup, depolama sonunda en yüksek kuru madde değeri %49,90 ile kontrol grubunda belirlenmiştir. Kaplama uygulanan örneklerde depolama süresine bağlı olarak kuru madde değerlerinde artış görülmekle birlikte, bu artış kontrol grubuna kıyasla daha sınırlı kalmıştır (Şekil 4.1) ($p<0,05$). Depolama sonunda kuru madde değerleri kaplama kontrol grubunda %41,55, kaplama lactis grubunda %40,90, kaplama helveticus grubunda %40,73 ve kaplama mix grubunda %43,46 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Süt ve süt ürünlerinde toplam kuru madde, su dışındaki bileşenlerin toplamını ifade etmekte olup yağ, protein, laktoz ve mineral maddeleri içermektedir. Peynir üretiminde kullanılan sütün kompozisyonu ile depolama sırasında meydana gelen nem kaybının peynirin kuru madde içeriğini etkileyebileceği belirtilmektedir (Üçüncü 2018).

Yapılan bir çalışmada, sorbitol içeren sodyum kazeinat bazlı yenilebilir film ile kaplanan kaşar peynirlerinde olgunlaşma süresince kuru madde de dahil olmak üzere çeşitli kalite parametrelerinin incelendiği ve kaplamanın peynirlerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde olumlu etkiler gösterebildiği bildirilmiştir (Sarıoğlu ve Öner 2006).

Kazein bazlı kaplama uygulanan kaşar peynirleri üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, 90 günlük olgunlaşma süresi boyunca kuru madde değerlerinin %55,9-%63,3 aralığında olduğu belirlenmiştir (Güleç vd. 2004).

Depolama süresince kuru madde değerlerinde gözlemlenen artışın, peynir örneklerinde meydana gelen nem kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle kaplama uygulanmayan kontrol örneğinde daha belirgin artışın gözlenmesi su kaybının bu grupta daha yüksek düzeyde gerçekleşmiş olabileceğini göstermektedir.

5.1.2 Su Aktivitesi (a_w) Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin su aktivitesi sonuçları Çizelge 4.3'te, örnek çeşidi ve depolama zamanının su aktivitesi analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.4'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.4'de, su aktivitesi değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.5'de, su aktivitesi değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin a_w değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.4). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin a_w değerleri üzerinde negatif yönlü çok fazla korelatif etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çalışmamızda depolamanın 0. gününde tüm örneklerin a_w değerlerinin birbirine yakın olduğu ve 0,912 ile 0,916 değerler arasında değiştiği belirlenmiştir($p<0,05$). Başlangıçta en yüksek a_w değeri kaplama mix örneğinde 0,916, en düşük a_w değeri ise kaplama lactis örneğinde 0,912 tespit edilmiştir. Depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte tüm peynir örneklerinin a_w değerlerinde zamana bağlı olarak belirgin bir azalma meydana gelmiştir($p<0,05$). Özellikle 15. gün itibariyle a_w değerlerinde önemli bir düşüş gözlenmiş ve değerlerin 0,614-0,650 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Depolamanın 30. gününde örnekler arasındaki istatistiksel farklılıklar belirgin bir şekilde korunmuştur($p<0,05$). Kontrol örneğinde a_w değeri 0,573 seviyesine kadar düşerek en düşük değeri alırken; kaplama uygulanan örneklerin tamamında a_w değerlerinin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek kalarak 0,591 ile 0,634 arasında dengelendiği tespit edilmiştir. Depolamanın sonunda 45. gün a_w değerlerinin 0,579 ile 0,655 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu dönemde en düşük a_w değeri kontrol örneğinde 0,579, en yüksek a_w değerleri ise kaplama helveticus 0,654 ve kaplama mix 0,655 örneklerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.3) ($p<0,05$).

Janjarasskul ve Krochta (2010), yenilebilir kaplamaların gıda ile çevre arasındaki su buharı transferini kontrol ederek ürünlerdeki nem kaybını azaltabildiğini ve bu durumun su aktivitesi değerlerinin depolama süresince değişimini etkileyebileceğini bildirmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar da literatür bulguları ile paralellik göstermektedir.

Silva vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Azor peynirinde *L. lactis* L3A21M1 ve *L. garvieae* SJC17 suşlarının aljinat–maltodekstrin–gliserol bazlı bir matriste kapsüllenerek peynir yüzeyinde kullanımını araştırmışlardır. Peynirlerde depolama süresi boyunca nem içeriklerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte, nemdeki düşüşün kaplamasız peynirlerde daha hızlı olduğunu ve depolamanın 2. gününde önemli bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptıkları bu çalışma ile kaplamanın varlığının, peynirlerdeki nem düşüşünü geciktirdiği sonucuna ulaşmışlardır. Bu bulgular çalışmamızdaki bulgular ile uyumludur.

Costa vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, farklı kaplama materyalleri ile kaplanan peynirlerde, kaplanmamış örneklere kıyasla nem kaybının daha düşük olduğu

ve bu durumun ürün stabilitesinin korunmasına katkı sağladığını bildirmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada ise nisinle birleştirilen ve galaktomannan bazlı kaplama materyalleri ile kaplanan peynirlerde nem içeriğinde benzer değişimlerin gözlemlendiği rapor edilmiştir (Martins vd. 2010).

Depolama süresince a_w değerlerindeki değişimlerin, kaplama materyalinin oluşturduğu bariyerin nem transferini sınırlandırması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca a_w değerlerindeki azalmanın, proteoliz ve lipoliz sonucu oluşan bileşiklerin suyun bağlanma durumunu etkilemesinden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmektedir.

Çalışmamızda kaplama materyallerinin depolama süresince su aktivitesini kısmen stabilize ettiği ve özellikle kontrol grubuna kıyasla nem kaybını sınırlandırıcı etki gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bu bulgular literatür sonuçları ile uyum göstermektedir.

5.1.3 Titrasyon Asitliği (Laktik Asit Cinsinden) Değerleri (%)

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin titrasyon asitliği sonuçları Çizelge 4.5'te, örnek çeşidi ve depolama zamanının titrasyon asitliği analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.6'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.7'de, titrasyon asitliği değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.8'de, titrasyon asitliği değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin titrasyon asitliği değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö) ve depolama zamanının (D) istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur. Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin titrasyon asitliği değerleri üzerinde pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Depolama süresi boyunca tüm peynir örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5) ($p<0,05$). Depolamanın 0. gününde örnekler arasında titrasyon asitliği değerlerinin %1,43-%1,46 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte kaplama uygulanan örneklerde daha belirgin

artışlar gözlenmiştir. Depolamanın 45. gününde titrasyon asitliği değerlerinin %1,86–%2,20 aralığına yükseldiği belirlenmiş olup, en yüksek değerler kaplama lactis %2,20 ve kaplama mix %2,05 örneklerinde tespit edilmiştir. En düşük değer ise kontrol grubunda %1,86 belirlenmiştir. Depolama süresinin titrasyon asitliği üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Sütün titrasyon asitliği, hem süt bileşimine bağlı doğal asitlikten hem de mikrobiyal faaliyetler sonucu oluşan organik asitlerden etkilenmektedir. Sütün doğal asitliği başlıca kazein, fosfat ve sitrat gibi birincil bileşenlerden kaynaklanmakta olup, bu bileşenler tampon etki göstermektedir. Ayrıca albumin, globulin ve karbondioksit gibi ikincil bileşenler de sütün doğal asitliğine katkı sağlamaktadır (Metin 2001).

Yapılan bir çalışmada, yenilebilir kaplama uygulanan (peynir altı suyu protein bazlı, pektin ve gliserol içeren kaplama materyali) peynirlerde depolama süresince kaplamanın nemi koruyarak laktik asit bakterilerinin gelişimini desteklediği bildirilmiştir. Bu durumun peynir yapısında laktik asit birikimine bağlı olarak pH değerlerinde düşüşe ve asitlik değerlerinde artışa neden olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca kaplama içerisine *L. helveticus* ilavesinin, söz konusu biyokimyasal süreçleri hızlandırdığı rapor edilmiştir (Vasiliauskaite vd. 2022). Bu bulgular, çalışmamızda kaplama uygulanan örneklerde daha yüksek titrasyon asitliği değerlerinin belirlenmesi ile paralellik göstermektedir.

Sarıoğlu ve Öner (2006), kaşar peynirlerinin kaplanmasında sorbitol içeren sodyum kazeinat bazlı yenilebilir film kullanmış ve depolama süresince kaplanmış örneklerde asitlik gelişiminin kontrol grubuna kıyasla farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Araştırmacılar, özellikle 60. güne kadar kaplanmış örneklerde asitlik artışının daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Bu bulgular, kaplama materyalinin peynirin fizikokimyasal özellikleri üzerinde etkili olduğunu ortaya koymakta olup, çalışmamızda kaplama uygulanan örneklerde daha yüksek titrasyon asitliği değerlerinin belirlenmesi ile paralellik göstermektedir.

Di Pierro vd. (2011) tarafından kitosan ve peynir altı suyu proteini içeren yenilebilir film ile kaplanan Ricotta peynirinde yapılan çalışmada, depolamanın ilk iki haftasında titrasyon asitliğinde artış meydana geldiği, ancak ilerleyen depolama süresinde bu artışın

devam etmediği bildirilmiştir. Bu bulgular, çalışmamızdaki kontrol ve kaplama kontrol gruplarında 15.günden sonra asitlik artışının yavaşlaması ve durağan bir seyir izlemesi ile paralellik göstermektedir. Buna karşın, çalışmamızda kaplama materyaline laktik asit bakterilerinin ilave edildiği örneklerde (kaplama lactis) asit üretiminin depolama sonuna kadar kesintisiz devam etmesi, literatürdeki bu durağanlıktan farklılık göstermektedir.

Wagh vd. (2014) tarafından kazein ve peynir altı suyu proteini bazlı yenilebilir filmler ile kaplanan Cheddar peynirlerinde yapılan çalışmada, depolama süresince kaplanmış ve kontrol örneklerin titrasyon asitliği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu bulgular, kaplama uygulamalarının peynirlerin titrasyon asitliği gelişimi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular çalışmamızda elde edilen bulgular ile uyum göstermektedir.

Depolama süresi boyunca titrasyon asitliğinde meydana gelen artışın, başta *L. lactis* ve *L. helveticus* olmak üzere laktik asit bakterilerinin laktozu fermente etmesi sonucu oluşan laktik asit birikiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra depolama süresince laktik asit dışındaki diğer organik asitlerin de peynir matriksinde birikmesi titrasyon asitliğinin yükselmesine neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca kaplama materyalinin mikroorganizmaların yüzeyde tutulmasını sağlayarak metabolik aktivitelerini desteklemesi asit üretiminin artmasına katkı sağladığı düşünülmektedir.

5.1.4 pH Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin pH değeri sonuçları Çizelge 4.7'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının pH değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.8'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.10'da, pH değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.11'de, pH değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.12'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin pH değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$)

bulunmuştur (Çizelge 4.8). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin pH değerleri üzerinde negatif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu ($p<0,01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Depolamanın 0. gününde tüm örneklerin pH değerleri birbirine yakın olup 5,35–5,41 aralığında belirlenmiştir. Peynir örneklerinin pH değerlerindeki düşüş eğilimi, kontrol numunesi hariç tüm örneklerde depolamanın 15.gününe kadar devam etmiş, kontrol numunesi ise 5,05 değeri ile daha yüksek bir pH seviyesinde kalmıştır ($P<0,05$). Depolamanın 30. gününde pH değerlerinin 4,47–4,68 aralığında değiştiği, depolamanın 45. gününde ise 4,39–4,80 aralığında olduğu belirlenmiştir. En düşük pH değeri kaplama helveticus örneğinde 4,39, en yüksek pH değeri ise kontrol örneğinde 4,80 tespit edilmiştir. Depolama süresinin pH değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Aynı depolama gününde örnekler arasında pH değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunurken ($P<0,05$), en yüksek pH değerleri genellikle kontrol örneğinde, en düşük pH değerleri ise kaplama uygulanan örneklerde belirlenmiştir.

Aljinat bazlı yenilebilir kaplama ve bakteriyosin üreten *Lactococcus* suşlarının kullanıldığı benzer bir çalışmada, depolama süresince pH değerlerinde önemli bir değişim gözlenmediği ve pH'nın nispeten stabil kaldığı bildirilmiştir. Araştırmacılar bu durumu peynirin yüksek tampon kapasitesi ve kaplama materyalinin asit transferini sınırlandırıcı etkisi ile açıklamışlardır (Silva vd. 2022). Çalışmamızda depolama süresince pH değerlerinde belirgin değişimler gözlenmiştir. Bu farklılığın kullanılan suşların metabolik aktivitesi ve uygulama koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Aljinat bazlı yenilebilir kaplamaların kullanıldığı çalışmalarda, depolama süresince pH değerlerinde genellikle sınırlı değişimler gözlendiği ve pH'nın nispeten stabil kaldığı bildirilmektedir. Bununla birlikte titre edilebilir asitlik değerlerinde depolama süresine bağlı olarak artış eğilimi gözlenmiştir (Lisboa vd. 2022). Ancak çalışmamızda pH değerlerinde daha belirgin değişimlerin gözlenmesi ve asitlik artışının daha yüksek

olması, kaplama materyaline ilave edilen laktik asit bakterilerinin metabolik aktiviteleri ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Laktik asit bakterilerinin metabolik faaliyetleri sonucunda ortam pH'sının düştüğü farklı süt ürünlerinde de bildirilmektedir. Özellikle yoğurt üretiminde, laktik asit bakterilerinin laktozu fermente etmesi sonucu pH değerinin fermentasyon sonrasında önemli ölçüde azaldığı ve 3,43–4,19 aralığına düştüğü belirlenmiştir (Biberoğlu ve Ceylan 2013). Bu durum, çalışmamızda depolamanın ilk dönemlerinde gözlenen pH düşüşünü desteklemektedir.

Martins vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, nisin içeren galaktomannan bazlı kaplamalar ile kaplanan Ricotta peynirlerinin depolama sonunda pH değerlerinin kaplanmamış kontrol örneklerine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar bu durumu, yüzeydeki mikrobiyolojik aktiviteyi ve laktik asit üretimini kararlı bir şekilde desteklemesiyle açıklamışlardır. Bu bulgu çalışmamızda elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Kaplama uygulamalarının depolama süresi boyunca pH değerlerini kontrol grubuna göre daha düşük seviyelerde tutmuştur.

Yapılan bir çalışmada ise, kitosan bazlı kaplama materyali ile kaplanan peynir örneklerinde depolama süresince pH değerlerinin genel olarak azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, pH değişiminin kullanılan ambalaj ve kaplama tipine bağlı olarak farklılık gösterdiği, LDPE ve kontrol örneklerinde bu değişimin daha sınırlı kaldığı, bazı kaplama uygulamalarında ise daha düşük pH değerlerinin elde edildiği bildirilmiştir (Sandoval vd. 2016).

Depolamanın ilk dönemlerinde pH değerlerinde meydana gelen genel azalmanın, peynirin doğal florasında mevcut olan fermentatif mikroorganizmaların faaliyetlerine ve bununla birlikte kaplama materyaline ilave edilen *L. lactis* ile *L. helveticus* suşlarının laktozu fermente etmesi sonucu oluşan organik asit birikimine bağlı olduğu düşünülmektedir. Kaplama materyalinin nem kaybını sınırlayarak mikroorganizmaların metabolik faaliyetlerini desteklemesi de bu duruma katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir. İlerleyen dönemlerde bazı örneklerde gözlenen pH artışının ise

proteolitik reaksiyonlar sonucu oluşan bazik bileşiklerle ve peynir matriksinin tampon etkisi ile ilişkili olduğu değerlendirilmektedir.

Depolama süresince pH ve titrasyon asitliği değerleri birlikte değerlendirildiğinde, bu iki parametre arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğu tespit edilmiştir($p<0,05$). Bu durum, laktik asit bakterilerinin faaliyetleri sonucu organik asit üretiminin artmasıyla titrasyon asitliğinin yükselmesi ve buna bağlı olarak pH değerinin düşmesi ile açıklanabilmektedir. Bununla birlikte pH değerinin artması ise depolama üzerinde özellikle anaerobik koşullarda meydana gelen proteoliz reaksiyonları sonucunda ortaya çıkan alkali metabolitlerin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.1.5 Protein Değerleri (%)

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin protein değerleri Çizelge 4.9'da, örnek çeşidi ve depolama zamanının protein değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.10'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.13'de, protein değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.14'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin protein değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.10). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin protein değerleri üzerine negatif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Peynir örneklerinin protein değerleri incelendiğinde, depolama süresi boyunca tüm örneklerde protein miktarında azalma meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.9) ($p<0,05$). Depolamanın 0.gününde en yüksek protein değeri %10,55 ile kaplama mix örneğinde saptanırken bunu sırasıyla kaplama helveticus %10,36, kaplama lactis %10,10, kontrol %10,06 ve kaplama kontrol %9,77 örnekleri takip etmiştir. Depolamanın 45. gününde ise tüm örneklerde protein değerlerinin azaldığı ve en yüksek değerin %9,84 ile

kontrol grubunda olduğu, en düşük değerin ise %8,44 ile kaplama mix örneğinde olduğu belirlenmiştir.

Avila vd. (2005), İspanya'ya özgü Hispaniko peynirinde bakteriyosin üreten kültürlerin proteoliz ve tekstürel özellikler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada nisin Z ve laktisin 481 üretme kapasitesine sahip *L. lactis* subsp. *lactis* INIA 415 suşu ile bakteriyosin üretmeyen *L. lactis* subsp. *lactis* INIA 415-2 suşu, ticari starter kültür olan *Streptococcus thermophilus* ile birlikte kullanılarak peynir üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, bakteriyosin üreten kültürlerin kullanıldığı peynirlerde α-kazein parçalanmasının daha yavaş gerçekleştiğini ve buna bağlı olarak ürün yapısının daha yumuşak bir karakter kazandığını göstermiştir. Bununla birlikte, olgunlaşma süreci ilerledikçe ikincil proteolitik reaksiyonların arttığı da belirlenmiştir. Çalışmamızda depolama süresince protein değerlerinde azalma meydana geldiği ve özellikle *L. lactis* ve *L. helveticus* içeren kaplama gruplarında bu azalmanın daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, kullanılan mikroorganizma kombinasyonu, peynirin taze yapıda olması ve depolama koşullarındaki farklılıklara bağlı olarak proteolitik aktivitenin farklı düzeylerde gerçekleşmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Depolama sürecine bağlı olarak protein içeriğinde meydana gelen değişimler üzerine yapılan çalışmalarda, zaman ilerledikçe protein değerlerinde azalma eğiliminin görüldüğü ve bu durumun protein içeriğinde farklılıklar oluşturduğu rapor edilmiştir (Okumuş 2019).

Depolama süresince peynir örneklerinin protein değerlerinde meydana gelen değişimin, başlıca peynir matrisi içerisinde gerçekleşen proteolitik enzim aktivitelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle kaplama materyaline ilave edilen *L. lactis* ve *L. helveticus* suşlarının metabolik faaliyetleri sonucunda proteinlerin parçalanması, protein değerlerinde azalmaya neden olduğu düşünülmektedir.

Taze köy peynirinin yüksek nem içeriğinin, proteinlerin çözünürlüğünü artırarak serum fazına geçişini kolaylaştırmış olabileceği; ayrıca kaplama uygulamasının nem transferi ve

mikrobiyal aktivite üzerindeki etkisinin de protein değişiminde rol oynamış olabileceği düşünülmektedir.

5.1.6 Organik Asit Değerleri

5.1.6.1 Asetik Asit, Laktik Asit, Süksinik Asit, Propiyonik Asit, Askorbik Asit ve Malik Asit Değerleri

Organik asitler, gıda sistemlerinde gerçekleşen pek çok metabolik sürecin önemli bir parçasıdır. Bu bileşikler; karbonhidratların fermantasyonu, proteinlerin proteolizi ve yağların lipolizi gibi biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşmaktadır. Peynirde organik asitler, yalnızca tat ve aroma oluşumunda değil, aynı zamanda ürünün pH değerinin belirlenmesinde ve fermantasyon düzeyinin değerlendirilmesinde de önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte, organik asitler mikrobiyolojik kalite açısından da bir gösterge niteliği taşımakta ve ürünün raf ömrü ile depolama stabilitesi hakkında bilgi vermektedir (Tschager 1985).

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin asetik asit değerleri Çizelge 4.11'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının asetik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.12'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.15'de, asetik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin asetik asit değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.12). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanını etkileşiminin asetik asit değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu ($p<0,01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Peynir örneklerinin asetik asit değerleri incelendiğinde, depolama süresinin tüm örneklerde asetik asit miktarı üzerinde anlamlı bir artışa neden olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Depolamanın 0. gününde en düşük değer kontrol örneğinde 18,30

saptanırken, en yüksek değer kaplama mix grubunda 28,50 belirlenmiştir. Benzer şekilde depolamanın 45. gününde de en yüksek asetik asit değeri kaplama mix örneğinde 59,55 tespit edilmiş olup, bunu sırasıyla kaplama lactis 51,05, kaplama helveticus 48,40 ve kaplama kontrol 42,50 örnekleri izlemiştir. En düşük değer ise kontrol 36,25 örneğinde belirlenmiştir.

Asetik asit miktarındaki artışın yalnızca ilave edilen laktik asit bakterilerinin metabolik faaliyetlerinden değil, aynı zamanda sitrat metabolizması, depolama süresince gerçekleşen proteoliz ve lipoliz reaksiyonları ile kaplama materyalinin oluşturduğu ortam koşullarının etkisiyle mikroorganizma aktivitesinin devam etmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin laktik asit değerleri Çizelge 4.13'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının laktik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.14'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.17'de, laktik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.18'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin laktik asit değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.14). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin laktik asit değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu ($p<0,01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca laktik asit değerleri incelendiğinde, tüm örneklerde depolama süresine bağlı olarak laktik asit miktarında artış meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.13) ($p<0,05$). Depolamanın 0. gününde en düşük laktik asit değeri (10848,88) ile kontrol örneğinde belirlenirken, en yüksek değer (11423) ile kaplama lactis ve (11382,63) ile kaplama mix örneklerinde belirlenmiştir. Depolamanın 45. gününde ise tüm örneklerde laktik asit miktarının arttığı ve en yüksek değerin (20154,17) ile kaplama mix örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla kaplama

lactis (19616,80), kaplama helveticus (18073,79), kaplama kontrol (17043,61) ve kontrol örneği (16398,42) izlemiştir.

Depolama süresince laktik asit miktarındaki artışın, laktik asit bakterilerinin laktozu fermente ederek asit üretmeye devam etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kaplama materyalinin su kaybını azaltarak mikroorganizma aktivitesini sürdürmesi de bu artışa katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir. Karışık kültür içeren örneklerde daha yüksek değerlerin belirlenmesi ise suşlar arasındaki sinerjik etki ile açıklanabilir.

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin süksinik asit değerleri Çizelge 4.15'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının süksinik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.16'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.19'da, süksinik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin süksinik asit değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.16). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin süksinik asit değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.16).

Peynir örneklerinin süksinik asit değerleri incelendiğinde, depolama süresine bağlı olarak tüm örneklerde artış meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.15) ($p<0,05$). Depolamanın 0. gününde en düşük süksinik asit değeri (284,69) ile kontrol örneğinde belirlenirken, en yüksek değer (325,03) ile kaplama lactis örneğinde tespit edilmiştir. Diğer örnekler sırasıyla kaplama helveticus (315,46), kaplama mix (316,73) ve kaplama kontrol (306,27) olarak belirlenmiştir. Depolamanın 45. gününde ise tüm örneklerde süksinik asit değerlerinin belirgin şekilde arttığı ve en yüksek değerin (1206,10) ile kaplama lactis örneğinde olduğu görülmektedir. Bunu kaplama mix (1028,42), kaplama helveticus (919,55), kaplama kontrol (894,37) ve kontrol örneği (686,71) takip etmiştir.

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin propiyonik asit değerleri Çizelge 4.17'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının propiyonik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.18'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.21'da, propiyonik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.22'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin propiyonik asit değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.18). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin propiyonik asit değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Peynir örneklerinin propiyonik asit değerleri incelendiğinde, depolama süresine bağlı olarak tüm örneklerde artış meydana geldiği görülmektedir (Çizelge 4.17) ($p<0,05$). Depolamanın 0. gününde en düşük değer 22,70 ile kontrol örneğinde belirlenirken, en yüksek değer 28,54 ile kaplama lactis örneğinde tespit edilmiştir. Diğer örnekler kaplama kontrol 25,25, kaplama helveticus 26,14 ve kaplama mix 28,30 olarak belirlenmiştir. Depolamanın 45. gününde ise tüm örneklerde propiyonik asit değerlerinin arttığı ve en düşük değerin 107,70 ile kontrol örneğinde olduğu görülmüştür. En yüksek değer ise 158,00 ile kaplama mix örneğinde belirlenmiştir. Bunu sırasıyla kaplama lactis 148,34, kaplama helveticus 132,39 ve kaplama kontrol 122,39 örnekleri takip etmiştir.

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin askorbik asit değerleri Çizelge 4.19'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının askorbik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.20'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.23'de, askorbik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.24'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin askorbik asit değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.20). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama

zamanı etkileşiminin askorbik asit değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.20).

Peynir örneklerinin askorbik asit değerleri incelendiğinde, depolama süresine bağlı olarak tüm örneklerde artış meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.19) ($p<0,05$). Depolamanın 0. gününde en düşük askorbik asit değeri 41,20 ile kontrol örneğinde belirlenirken, en yüksek değer 47,72 ile kaplama mix örneğinde tespit edilmiştir. Bunu 46,85 ile kaplama lactis, 46,41 ile kaplama helveticus ve 44,24 ile kaplama kontrol örnekleri takip etmiştir. Depolamanın 45. gününde ise tüm örneklerde askorbik asit değerlerinin belirgin şekilde arttığı ve en düşük değer 106,02 ile kontrol örneğinde, en yüksek değer ise 155,20 ile kaplama lactis örneğinde belirlenmiştir. Bu değeri sırasıyla 148,86 ile kaplama mix, 141,91 ile kaplama helveticus ve 124,40 ile kaplama kontrol örnekleri izlemiştir.

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin malik asit değerleri Çizelge 4.21'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının malik asit analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.22'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.25'de, malik asit değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin malik asit değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.22). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin malik asit değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

Peynir örneklerinin malik asit değerleri incelendiğinde, depolama süresine bağlı olarak tüm örneklerde artış meydana geldiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.21). Depolamanın 0. gününde en düşük malik asit değeri 1,55 ile kontrol örneğinde belirlenirken, en yüksek değer 2,86 ile kaplama mix örneğinde tespit edilmiştir. Diğer örnekler sırasıyla kaplama lactis 2,82, kaplama helveticus 2,42 ve kaplama kontrol 2,24 olarak belirlenmiştir. Depolamanın 45. gününde ise tüm örneklerde malik asit değerlerinin belirgin şekilde

arttığı ve en düşük değerin 7,29 ile kontrol örneğinde olduğu görülmüştür. En yüksek değer ise 19,19 ile kaplama mix örneğinde belirlenmiştir. Bunu sırasıyla kaplama lactis 17,20, kaplama helveticus 14,40 ve kaplama kontrol 10,14 örnekleri takip etmiştir.

Yapılan bir çalışmada, peynirde olgunlaşma süresince mikrobiyal faaliyetler ve biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda laktik asit başta olmak üzere çeşitli organik asitlerin (asetik asit, sitrik asit, malik asit) miktarında artış meydana geldiği bildirilmiştir (Yıldız ve Öner 2017). Bu durumun, mikroorganizmaların laktozu parçalayarak organik asit üretmesi ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Elde edilen bu bulgular, çalışmamızda depolama süresince organik asit miktarlarında gözlemlenen artış ile paralellik göstermektedir.

Başka bir çalışmada Motal peynirinde depolama süresince organik asitlerin arttığını ve bu artışın özellikle 4 °C'de vakum ambalaj altında daha belirgin olduğunu bildirilmiştir (Andiç vd. 2010). Çalışmamızda benzer şekilde, kaplama uygulaması ile sınırlı oksijen geçişinin sağlanması ve laktik asit bakterilerinin varlığı, depolama süresince organik asit miktarındaki artışı desteklemiş olabileceği düşünülmektedir.

5.1.7 Köy Peynirlerinin Renk Değerleri

5.1.7.1 L* Değerleri

Renk, gıdalarda tüketici tercihlerini doğrudan etkileyen önemli bir kalite kriteridir. Gıdanın besin değeri yüksek olsa bile, renk beğenilmezse tercih edilmemektedir. Bu nedenle renk, ürünün kalite algısı ile yakından ilişkilidir. Gıda sektöründe renk ölçüm sistemleri yaygın olarak kullanılmakta olup; meyve, sebze, et, süt ve işlenmiş ürünlerde kalite belirlemede önemli rol oynamaktadır. En yaygın kullanılan renk değerlendirme sistemi ise CIE Lab* modelidir (Çelik ve Çakmakçı 2020).

CIE Lab* renk sistemi, renklerin üç boyutlu olarak ifade edilmesine olanak sağlayan ve gıda çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir modeldir. Bu sistemde L* değeri rengin parlaklığını ifade etmekte olup 0 siyahı, 100 ise beyazı temsil etmektedir. a* değeri

kırmızı-yeşil eksenini gösterirken, negatif değerler yeşil, pozitif değerler kırmızı yönünü ifade etmektedir. b* değeri ise sarı-mavi eksenini temsil etmekte olup, negatif değerler mavi, pozitif değerler sarı rengi göstermektedir (Konica Minolta 2007).

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin L* değeri sonuçları Çizelge 4.23'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının L* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.24'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.27'de, L* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.28'de, L* değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.29'da gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin L* değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö) ve depolama zamanının (D) çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$), örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin ise istatistiksel olarak fazla anlamlı olduğu ($p<0,01$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.24). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin L* değeri üzerinde negatif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

Depolama süresi boyunca peynir örneklerinin L* değerlerinde belirgin değişimler meydana geldiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.23) ($p<0,05$). Tüm örnekler arasında en yüksek L* değeri 92,17 ile 15. günde kaplama lactis örneğinde belirlenirken, en düşük L* değeri 82,23 ile 45. günde kontrol örneğinde saptanmıştır. Kontrol örneğinde L* değeri depolama süresince sürekli bir azalma eğilimi göstererek 91,16 değerinden 82,23 değerine düşmüştür. Benzer şekilde kaplama kontrol örneğinde de L* değerinin 90,90 değerinden 85,19 değerine gerilediği belirlenmiştir. Kaplama lactis örneğinde L* değeri 15. günde artış göstererek maksimum seviyeye ulaşmış, ancak depolamanın ilerleyen dönemlerinde azalma eğilimi göstermiştir. Kaplama helveticus ve kaplama mix örneklerinde ise L* değerlerinin depolama süresi boyunca genel olarak azalma yönünde değişim gösterdiği belirlenmiştir. Kaplama helveticus örneğinde L* değeri 0, günde 90,30 iken 45.günde 86,62'ye, kaplama mix örneğinde ise 91,20'den 85,94'e gerilemiştir.

Yapılan bir çalışmada, peynir örneklerinin depolama süresi boyunca renklerinde değişim meydana geldiği ve bu değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bildirilmiştir

(P<0,05). Renk değişiminin özellikle depolamanın ilk dönemlerinde daha belirgin olduğu, ilerleyen süreçte ise değişim hızının azaldığı ifade edilmiştir. Ayrıca, kaplama uygulamalarının ve kullanılan kaplama yöntemlerinin L* değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Henriques vd. 2013).

Yapılan bir çalışmada, peynir altı suyu proteini izolatı, gliserol, guar sakızı, ayçiçeği yağı ve Tween 20 içeren film matrisi içerisine kito-oligosakkarit, natamisin ve laktik asit ilave edilerek hazırlanan yenilebilir kaplamaların peynir üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, söz konusu kaplama uygulamasının depolama süresince peynirde meydana gelen renk değişimini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu durum, kaplama materyalinin ürün yüzeyinde koruyucu bir bariyer oluşturarak çevresel faktörlerin etkisini sınırlaması ile açıklanmaktadır (Ramos vd. 2012).

Yapılan bir başka çalışmada, gliserol ilaveli yenilebilir filmlerde renk farklılıklarının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum, kaplama materyalinin ürün yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturarak renk değişimini sınırladığını göstermektedir (Mei vd. 2013). Bu bulgular, çalışmamızda kaplama uygulanan örneklerde L* değerindeki azalmanın daha sınırlı gerçekleşmesi ile paralellik göstermektedir.

Yapılan bir araştırmada, galaktomannan ve kitosan bazlı yenilebilir kaplamaların peynirlerde depolama süresince meydana gelen kalite değişimleri üzerine etkileri incelenmiş ve kaplama uygulamasının renk değişimlerini azaltmak için kullanılabileceği tespit edilmiştir. Kaplama materyallerinin gıda yüzeyinde oluşturduğu yarı geçirgen bariyer sayesinde nem ve gaz transferinin kontrol altına alınması, ürün yüzeyinde meydana gelen fiziksel değişimlerin azalmasına katkı sağladığı bildirilmiştir. Bu durum, depolama süresince peynirlerde gözlemlenen renk parametrelerindeki değişimlerin daha kontrollü gerçekleşmesine neden olmaktadır (Cerqueira vd. 2010). Elde edilen bulgular, çalışmamızda kullanılan sodyum aljinat bazlı kaplama sisteminin de benzer şekilde peynir yüzeyinde koruyucu bir etki oluşturarak renk stabilitesinin korunmasına katkı sağladığı düşünülmektedir.

Geleneksel yöntemlerle üretilen peynirler üzerinde yapılan bir çalışmada, nisin uygulamasının renk parametreleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Çalışmada renk parametrelerinin özellikle olgunlaşma süresinin uzunluğundan (60 gün) önemli ölçüde etkilendiği ve olgunlaşma süreci boyunca L* değerinde belirgin bir azalma meydana geldiği rapor edilmiştir. Peynirde gözlemlenen bu değişimin, olgunlaşma süresince protein hidrasyonu ve serbest nem miktarında meydana gelen değişimlere bağlı olarak peynir matrisinin ışık saçılma özelliklerinin farklılaşmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır (Pinto vd. 2011). Bu çalışma ile bakteriyosinlerin renk parametreleri üzerinde doğrudan belirgin bir etkisinin bulunmadığı, renk değişimlerin daha çok peynir matrisinde zamanla meydana gelen yapısal ve nem ile ilişkili değişimlerden kaynaklandığını göstermektedir. Benzer şekilde, çalışmamızda 45 günlük depolama süresi boyunca gözlemlenen L* değeri değişimlerinin büyük ölçüde depolama süresine bağlı olduğu, uygulanan kaplama materyalinin ise bu değişimleri sınırlandırıcı bir etki göstermiş olabileceği düşünülmektedir.

L* değerlerinde gözlemlenen değişimlerin, olgunlaşma sürecine bağlı olarak azalma yönünde ilerlediği ifade edilmektedir (Tarakçı ve Akyüz 2020). Ayrıca, depolama süresince meydana gelen proteoliz ve lipoliz reaksiyonlarının yanı sıra su kaybının da bu düşüş üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir (Voss 1992).

5.1.7.2 a* Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin a* değeri sonuçları Çizelge 4.25'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının a* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.26'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.30'da, a* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.31'de, a* değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.32'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin a* değerlerindeki değişim üzerinde; depolama zamanının (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$), örnek çeşidinin (Ö) ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.26). Korelasyon analizi

sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin a* değeri üzerinde pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.26).

Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca a* değerlerinde değişim meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.25) ($p<0,05$). Depolamanın 15. gününde kaplama lactis örneğinde a* değerinin diğer örneklere kıyasla arttığı (3,08) görülürken, kaplama helveticus örneğinde daha düşük bir değer (2,16) saptanmıştır. Depolamanın 30. gününde ise kontrol (3,12) ve kaplama kontrol (2,04) örneklerinde a* değerlerinin diğer örneklere göre daha yüksek olduğu, buna karşılık kaplama lactis (1,40), kaplama helveticus (1,60) ve kaplama mix (1,45) örneklerinde daha düşük değerler elde edildiği belirlenmiştir. Depolamanın 45. gününde tüm örneklerde a* değerlerinin arttığı ve özellikle kaplama kontrol (4,47) ile kaplama mix (4,31) örneklerinde daha yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Depolama süresinin a* değeri üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.25) ($P<0,05$).

a* değerinde meydana gelen artışta oksidatif reaksiyonların önemli rol oynadığı, oksidasyonun ilerlemesiyle birlikte rengin koyulaştığı ve kırmızı tonların belirginleştiği, buna karşılık sarı renk bileşeninin azaldığı düşünülmektedir (Kılınççeker 2014).

Geleneksel Minas Serro peyniri üzerinde yapılan çalışmada, olgunlaşma süresi boyunca a* değerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir. Bu artış, peynirin zamanla daha kırmızı tonlara yöneldiğini göstermektedir. Çalışmada, a* değerindeki bu değişimin olgunlaşma süresince peynir matrisinde meydana gelen yapısal değişimler ile ilişkili olduğu ve özellikle protein hidrasyonu ile serbest nem miktarındaki değişimlerin ışık saçılma özelliklerini etkileyerek renk parametrelerinde değişime neden olduğu ifade edilmiştir (Pinto vd. 2011).

5.1.7.3 b* Değerleri

Geleneksel köy peyniri örneklerinin b* değeri sonuçları Çizelge 4.27'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının b* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.28'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.33'de, b* değerlerinin depolama

zamanına bağlı değişimi Şekil 4.34'de, b* değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.35'te gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin b* değerlerindeki değişim üzerinde; depolama zamanının (D) istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$), örnek çeşidi (Ö) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.28). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin b* değeri üzerinde pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.28).

Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca b* değerlerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Depolamanın başlangıcında b* değerleri 6,48 ile 6,66 aralığında olup tüm örneklerde benzer seviyelerde bulunmuştur. Depolamanın 15. gününde b* değerlerinin 6,98 ile 9,01 aralığına yükseldiği görülmüştür. Depolamanın 30. gününde ise en yüksek b* değeri kontrol örneğinde 13,83 olarak belirlenirken, diğer örneklerde bu değerlerin 10,41 ile 11,85 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 45. gününde tüm örneklerde b* değerlerinin 11,57 ile 12,88 aralığında seyrettiği belirlenmiştir. Depolama süresinin b* değeri üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin bulunduğu ($P<0,05$), buna karşılık aynı depolama süresi içerisinde örnekler arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.27) ($P>0,05$).

Geleneksel Minas Serro peyniri üzerinde yapılan çalışmada, olgunlaşma süresi boyunca b* değerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir. Bu durum, peynirin zamanla daha sarı tonlara yöneldiğini göstermektedir. b* değerindeki artışın, olgunlaşma sürecinde meydana gelen yapısal değişimler ve özellikle nem dağılımındaki farklılıklar sonucu peynir matrisinin ışık yansıtma özelliklerinin değişmesi ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Pinto vd. 2011).

Lu vd. (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, depolama süresi boyunca L* ve b* değerlerinde azalma gözlenirken, a* değerinin 60. günde düştüğü ve 120. günde tekrar artış gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmacılar bu değişimin temel nedeninin oksidatif reaksiyonlar olduğunu ifade etmişlerdir. Oksidasyonun ilerlemesine paralel olarak rengin

koyulaştığı, kırmızı tonların arttığı ve sarı renk bileşeninin azaldığı değerlendirilmektedir. Çalışmamızda b* değerinde artış gözlenmesi, renk değişimlerinin üretim yöntemi, kaplama uygulaması ve depolama koşullarına bağlı olarak farklılık gösterebileceği düşünülmektedir.

Depolama süresince geleneksel yöntemlerle üretilmiş taze köy peynirlerinin b* değerlerinde meydana gelen artışın oksidasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.1.7.4 C* Değerleri

CIE LCh* renk sistemi silindirik bir koordinat yapısına sahiptir. Bu modelde L* değeri parlaklığı ifade etmeye devam ederken, C* değeri rengin doygunluğunu (kroma) belirtmekte ve merkezden dışa doğru arttıkça renk yoğunluğu yükselmektedir. h değeri ise renk tonunu (açı) ifade etmekte olup derece cinsinden tanımlanmaktadır. Bu açısal sistemde 0° kırmızı, 90° sarı, 180° yeşil ve 270° mavi renkleri temsil etmektedir (Konica Minolta 2007).

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin C* değeri sonuçları Çizelge 4.29'da, örnek çeşidi ve depolama zamanının C* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.30'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.36'da, c* değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.37'de, C* değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.38'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin C* değerlerindeki değişim üzerinde; depolama zamanının (D) istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin C* değeri üzerinde pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30).

Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca C* değerlerinde dalgalı bir değişim meydana geldiği belirlenmiştir. Depolamanın 0. gününde C* değerleri 7,04 ile 7,60 aralığında bulunmuştur. Depolamanın 15. gününde kontrol (9,53), kaplama kontrol

(9,00), kaplama helveticus (9,25) ve kaplama mix (8,23) örneklerinde artış gözlenirken, kaplama lactis örneğinde C değerinin 6,74'e düştüğü belirlenmiştir. Depolamanın 30. gününde tüm örneklerde C* değerlerinin tekrar artış gösterdiği ve en yüksek değerin kontrol örneğinde (14,18) olduğu saptanmıştır. Depolamanın 45. gününde ise C* değerlerinin (12,04) ile (13,40) aralığında seyrettiği ve yüksek seviyede devam ettiği belirlenmiştir. Depolama süresinin C* değeri üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.29) ($P<0,05$).

Depolama süresi boyunca C* değerinde meydana gelen artışın, peynir örneklerinde renk yoğunluğunun arttığını ve rengin daha belirgin hale geldiğini gösterdiği düşünülmektedir. Bu durumun, depolama süresince meydana gelen nem kaybı ve yapısal değişimlere bağlı olarak renk bileşenlerinin daha yoğun algılanmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca kontrol örneğinde C* değerinin daha yüksek bulunmasının, kaplama uygulanmayan örneklerde renk değişimlerinin daha hızlı gerçekleşmesi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

5.1.7.5 h° Değeri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin h° değeri sonuçları Çizelge 4.31'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının h° değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.32'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.39'da, h° değerlerinin depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.40'da, h° değerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.41'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin h° değerlerindeki değişim üzerinde; depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) belirlenmiştir. (Çizelge 4.32). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin h° değeri üzerinde pozitif yönlü korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.32).

Peynir örneklerinin depolama süresi boyunca h° değerlerinde değişim meydana geldiği belirlenmiştir. Depolamanın 0. gününde h° değerleri 68,78 ile 69,51 aralığında

bulunmuştur. Depolamanın 15. gününde h° değerlerinin arttığı ve 62,67 ile 76,50 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Depolamanın 30. gününde h° değerlerinin artışını sürdürdüğü ve 77,42 ile 84,09 aralığında olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 45. gününde ise h° değerlerinde azalma meydana gelmiş ve değerlerin 70,22 ile 73,94 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Depolama süresinin h° değeri üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.31) ($P<0,05$).

Yapılan bir çalışmada, peynir yüzeyine uygulanan protein bazlı kaplamanın depolama süresince renk değişimini azalttığı ve bu durumun nem kaybının sınırlanması ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Vaez Nemati vd. 2023). Çalışmamızda renk parametrelerindeki bu stabilitenin, a* ve b* değerlerine bağlı olarak hesaplanan h° değerine de yansıdığı ve kaplama uygulanan örneklerde renk tonunun daha stabil kaldığı belirlenmiştir.

h° değerindeki değişimin, depolama süresince a* ve b* parametrelerinde meydana gelen değişimlere bağlı olarak peynir örneklerinin renk tonunun farklılaşmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

5.1.8 Peynir Örneklerinin Tekstür Profili Analiz Değerleri

Tekstür profil analizi (TPA), kuvvet-zaman eğrilerinden yararlanılarak bir ürünün tekstürel özelliklerinin belirlenmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu analiz kapsamında çiğnenebilirlik (chewiness), elastikiyet (springiness), sakızımsılık (gumminess), esneklik-geri kazanım (resilience), iç yapışkanlık (cohesiveness), sertlik (hardness) ve dış yapışkanlık (adhesiveness) olmak üzere yedi farklı parametre değerlendirilmektedir (Gunasekaran ve Ak 2003, Zhu 2013).

5.1.8.1 Sertlik (Hardness) Değerleri (N)

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin sertlik sonuçları Çizelge 4.33'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının sertlik analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.34'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.42'de, sertlik sonuçlarının

depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.43'de, sertlik sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.44'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin sertlik değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.34). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin sertlik değerleri üzerine negatif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Örneklerin depolama süresi boyunca sertlik değerlerinde belirgin değişimler gözlenmiştir ($p<0,05$). Depolamanın 0.gününde en yüksek sertlik değeri (956,46 N) ile kontrol örneğinde belirlenmiş olup, bunu sırasıyla (951,37 N) ile kaplama kontrol, (950,50 N) ile kaplama helveticus, (949,17 N) ile kaplama mix ve (941,44 N) ile kaplama lactis örnekleri takip etmiştir. Depolamanın 15. gününde tüm örneklerde sertlik değerlerinde önemli bir azalma meydana gelmiş, en düşük değer (208,58 N) ile kontrol örneğinde, en yüksek değer ise (475,49 N) ile kaplama helveticus örneğinde belirlenmiştir. Ayrıca kaplama mix (462,94 N) ve kaplama lactis (444,18 N) örneklerinin de kontrol örneğine kıyasla daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 30. Gününde kontrol örneğinde sertlik değeri (147,19 N) ile düşük seviyede seyrederken, kaplama uygulanan örneklerde daha yüksek değerler elde edilmiş ve en yüksek sertlik değeri (344,46 N) ile kaplama lactis örneğinde saptanmıştır. Depolamanın 45. gününde ise sertlik değerlerinde tekrar azalma eğilimi gözlenmiş, en düşük değer (71,08 N) ile kontrol örneğinde belirlenmiştir. Kaplama uygulanan örneklerde sertlik değerlerinin daha yüksek olduğu ve en yüksek değerin (304,84 N) ile kaplama lactis örneğinde olduğu tespit edilmiştir.

Sertlik değerlerinde gözlemlenen değişimlerin, peynir matriksinde gerçekleşen proteoliz ve lipoliz reaksiyonları ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Şalvarcı 2015). Bununla birlikte, çalışmamızda kontrol örneklerinde sertlik değerlerinin belirgin şekilde azalmasının, proteolitik aktivitenin daha hızlı ilerlemesi ve yapısal bütünlüğün zayıflaması ile bağlantılı olabileceği düşünülmektedir. Kaplama uygulanan örneklerde ise

sertlik değerlerinin daha yüksek seyretmesi, kaplama materyalinin oluşturduğu bariyer etkisi ile nem kaybını sınırlandırması ve ürün yapısının koruması ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, kaplama içerisinde yer alan laktik asit bakterilerinin metabolik faaliyetleri sonucu oluşan asidik ortamın protein ağ yapısını kısmen sıkılaştırarak sertlik değerlerinin korunmasına katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan bir çalışmada, galaktomannan ve kitosan bazlı kaplamaların peynirlerde depolama süresince nem kaybını azaltarak sertlik değerleri üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Cerqueira vd. 2010). Bu bulgular çalışmamızda kaplama uygulanan örneklerde sertlik değerlerinin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek bulunması ile paralellik göstermektedir.

Yapılan bir başka çalışmada ise, yenilebilir kaplama ve antimikrobiyal özelliğe sahip LAB ilavesi ile peynir örneklerinde depolama süresince sertlik değerlerinde azalma meydana geldiği belirlenmiştir (Ramos vd. 2012). Bu durumun, kaplama materyalinin nem kaybını sınırlandırması ve LAB kaynaklı laktik asit oluşumunun protein matriksini etkileyerek yapısal değişimlere neden olması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda kontrol örneklerinde sertlik değerlerinde belirgin bir azalma gözlenirken, kaplama uygulanan örneklerde sertlik değerlerinin daha yüksek ve daha stabil seyrettiği tespit edilmiştir. Bu bulguların kaplama materyalinin oluşturduğu bariyer etkisi ve laktik asit bakterilerinin ortam koşullarını düzenleyici etkisi ile açıklanabileceği düşünülmektedir, sonuçlarımız yapılan çalışma ile paralellik göstermiştir.

Kaplama uygulanan peynir örneklerinin, kaplama uygulanmayan örneklere kıyasla daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu ve bu durumun kaplama materyalinin oluşturduğu bariyer ile yüzeyde meydana gelen kabuksu yapıdan kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Henriques vd. 2013). Benzer şekilde, çalışmamızda kaplama uygulanan örneklerin sertlik değerlerinin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Pena-Sera vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, zein bazlı biyobozunur film ile kaplanan peynir örneklerinin depolama süresince fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, kaplama uygulanan örneklerde

proteolitik faaliyetlerin daha düşük olduğu ve buna bağlı olarak ürün yapısının daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Bu durum sonucunda, kaplanan peynir örneklerinin kaplanmamış örneklere kıyasla daha sert bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar çalışmamız ile paralellik göstermektedir.

5.1.8.2 Dış Yapışkanlık (Adhesiveness) Değerleri (g.s)

Gıdanın temas ettiği yüzeye olan yapışma eğilimini temsil eden adhesiveness, bu yüzeyden ayrılmak için gerekli iş miktarı ile tanımlanmaktadır (Gunasekaran ve Ak 2003).

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin dış yapışkanlık sonuçları Çizelge 4.35'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının dış yapışkanlık analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.36'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.45'de, dış yapışkanlık sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.46'da, dış yapışkanlık sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.47'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin dış yapışkanlık değerlerindeki değişim üzerinde; depolama zamanının (D) istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) belirlenmiştir (Çizelge 4.36). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin dış yapışkanlık değeri üzerine negatif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu ($p<0,01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.36).

Örneklerin depolama süresi boyunca dış yapışkanlık değerlerinde belirgin değişimler gözlenmiştir. Depolamanın 0. gününde tüm örneklerin dış yapışkanlık değerlerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Depolamanın 15. gününde tüm örneklerde dış yapışkanlık değerlerinin azaldığı ve en düşük değer (-7,624 g.s) ile kaplama mix örneğinde belirlenmiştir. Bunu (-7,419 g.s) ile kaplama lactis ve (-5,096 g.s) ile kaplama helveticus örnekleri takip etmiştir. Kontrol örneğinde ise değer (-3,858 g.s) olarak belirlenmiştir. Depolamanın 30. gününde dış yapışkanlık değerlerindeki azalışın devam ettiği ve en düşük değerin (-9,612 g.s) ile kaplama mix örneğinde olduğu görülmüştür. Kaplama lactis (-8,141 g.s) ve kaplama helveticus (-7,586 g.s) örneklerinin de kontrol

örneğine (-5,905 g.s) kıyasla daha düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 45. gününde ise dış yapışkanlık değerlerinin tüm örneklerde daha da azaldığı ve en düşük değerin (-12,578 g.s) ile kaplama mix örneğinde tespit edildiği görülmüştür. Kaplama lactis (-9,918 g.s) ve kaplama helveticus (-10,547 g.s) örneklerinin kontrol örneğine (-9,790 g.s) yakın değerler gösterdiği belirlenmiştir.

Peynirin tekstürel özellikleri; üretim koşulları, bileşim özellikleri ve depolama süresince meydana gelen biyokimyasal değişimlerden etkilenmektedir. Bu kapsamda özellikle mikroorganizmaların gelişimi, proteolitik ve lipolitik enzim aktiviteleri, nem kaybı ve tuz difüzyonu peynir tekstürünün oluşumunda ve değişiminde belirleyici rol oynamaktadır (Kaya 2002).

Depolama süresi boyunca taze köy peynirlerinde dış yapışkanlık değerlerinde meydana gelen azalmanın peynirin nem içeriği, proteoliz ve lipoliz gibi biyokimyasal değişimlerle ilgili olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızda uygulanan yenilebilir kaplamanın peynir yüzeyinde nem kaybını sınırlandırarak daha nemli bir yapı oluşturmasının, yüzeyde serbest su miktarını artırarak yapışkanlık değerlerinin yükselmesine katkı sağladığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, kaplama materyaline ilave edilen *L. lactis* ve *L. helveticus* suşlarının metabolik faaliyetleri sonucu oluşan asitlik artışı ve enzimatik aktivitelerin de protein yapısında değişimlere yol açarak dış yapışkanlık değerleri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

5.1.8.3 Esneklik (Springiness) Değerleri

Esneklik, ilk ısırmadan sonra ikinci ısırmaya kadar geçen süre içerisinde numunenin eski haline ne ölçüde dönebildiğini gösteren mesafe olarak tanımlanmaktadır (Gunasekaran ve Ak 2003).

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin esneklik sonuçları Çizelge 4.37'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının esneklik analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.38'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.48'de, esneklik sonuçlarının

depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.49'da, esneklik sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.50'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin esneklik değerlerindeki değişim üzerinde; depolama zamanının (D) istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) belirlenmiştir (Çizelge 4.38). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin esneklik değeri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.38).

Depolama süresi boyunca tüm peynir örneklerinde esneklik değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.37). Kontrol örneğinde esneklik değeri 0. günde 1,051 iken depolama sonunda 0,890'a düşmüştür. Benzer şekilde kaplama kontrol, kaplama lactis, kaplama helveticus ve kaplama mix örneklerinde de esneklik değerlerinde azalma gözlenmiş olup, sırasıyla 1,058'den 0,919'a, 1,055'ten 0,920'ye, 1,049'dan 0,940'a ve 1,051'den 0,945'e gerilediği tespit edilmiştir. Depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte tüm örneklerde esneklik değerlerinde azalma görülmesine rağmen, kaplama uygulanan örneklerin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek esneklik değerlerini koruduğu ve bu durumun özellikle kaplama kontrol ve kaplama mix örneklerinde daha belirgin olduğu belirlenmiştir.

Yapılan bir araştırmada, yenilebilir kaplama uygulanmış ve uygulanmamış Paipa peyniri örneklerinin tekstürel özellikleri depolama süresince incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, depolamanın başlangıcında kaplanmamış peynir örneklerinin esneklik değerlerinin kaplanmış örneklere kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Depolama süreci ilerledikçe her iki örnekte de esneklik değerlerinde değişim gözlenmiş, ancak kaplama uygulanan örneklerde esneklik değerlerinin daha iyi korunduğu tespit edilmiştir (López-Córdoba 2021). Çalışmamızda bulunan sonuçlar ile araştırmadaki bulgular uyum göstermektedir.

Bazı araştırmacılar esneklik değişimlerinin proteoliz sonucu protein zincirlerinde meydana gelen gevşeme ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir (Beri vd. 2019, Pena-Serna vd. 2016).

Çalışmamızda depolama süresinin esneklik üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmasına rağmen örnekler arasında anlamlı bir farklılık görülmemesi, kaplama uygulamasının esneklik üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Kaplama materyalinin nem kaybını sınırlandırarak yapısal bütünlüğü kısmen korumasına rağmen, proteolitik süreçlerin tüm örneklerde benzer şekilde ilerlemesi nedeniyle esneklik değerlerindeki değişimin örnekler arasında belirgin bir farklılık oluşturmadığı düşünülmektedir.

5.1.8.4 İç Yapışkanlık (Cohesiveness) Değerleri

İç yapışkanlık, tekstür analiz cihazı kullanılarak gıdaya uygulanan ikinci sıkıştırma sırasında ortaya çıkan direncin, ilk sıkıştırma davranışına oranı olarak tanımlanmaktadır (Koca 2002). Peynirlerde iç yapışkanlık ise, ürün yapısında yer alan protein miselleri arasındaki iç bağ kuvvetlerinin bir göstergesi olarak ifade edilmektedir (Tunick 2000).

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin iç yapışkanlık sonuçları Çizelge 4.39'da, örnek çeşidi ve depolama zamanının esneklik analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.40'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.51'de, iç yapışkanlık sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.52'de, iç yapışkanlık sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.53'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin iç yapışkanlık değerlerindeki değişim üzerinde; depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$), belirlenmiştir (Çizelge 4.40). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin iç yapışkanlık değerleri üzerine pozitif yönlü korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.40).

Depolama süresince iç yapışkanlık değerleri incelendiğinde, tüm örneklerde zamana bağlı olarak değişim meydana gelmiştir($p<0,05$). Kontrol örneğinde iç yapışkanlık değeri 0. günde 0,855 iken, 15. günde 0,798'e düşmüş, 30. günde 1,132 ile en yüksek değere

ulaşmış ve 45. günde 0,861 seviyesinde belirlenmiştir. Kaplama kontrol örneğinde ise değerler sırasıyla (0,842), (0,806), (0,938) ve (0,908) olarak tespit edilmiştir. Kaplama lactis örneğinde iç yapışkanlık değerleri 0. günde (0,858), 15. günde (0,832), 30. günde (0,905) ve 45. günde (0,855) olarak belirlenmiştir. Kaplama helveticus örneğinde ise bu değerler sırasıyla (0,857), (0,866), (0,932) ve (0,899) şeklinde bulunmuştur. Kaplama mix örneğinde ise 0. günde (0,844) olan iç yapışkanlık değeri, 15. günde (0,837), 30. günde (0,870) ve 45. günde (0,899) olarak belirlenmiştir.

Depolama süresinin iç yapışkanlık değerleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Örnek çeşidinin ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Ancak, aynı depolama gününde bazı örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.39) ($P<0,05$).

Yapılan bir çalışmada, kaşar peynirlerinde iç yapışkanlık değerlerinin olgunlaşma süresine bağlı olarak başlangıçta artış gösterdiği, ilerleyen depolama dönemlerinde ise azalma eğilimine geçtiği bildirilmiştir (Bayram ve Tarakçı 2020). Bu durum, iç yapışkanlık değerlerinin depolama süresince sabit bir eğilim göstermeyip değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Elde edilen bu bulgular, çalışmamızda belirlenen iç yapışkanlık değerlerinin depolama süresince dalgalı bir değişim göstermesi ile benzerlik göstermektedir.

Esneklik değerlerinde depolama süresince gözlemlenen dalgalı değişimin, peynir matrisi içerisinde gerçekleşen proteoliz reaksiyonları sonucu protein ağ yapısının kısmen zayıflaması ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

5.1.8.5 Sakızımsılık (Gumminess) Değerleri (N)

Sakızımsılık yarı katı halde olan gıda maddesini yutmaya hazır hale gelmesi için gereken parçalama kuvvetidir (Raphielides vd. 1995).

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin sakızımsılık sonuçları Çizelge 4.41'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının sakızımsılık analizine ait varyasyon ve korelasyon

analizleri Çizelge 4.42'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.54'de, sakızımsılık sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.55'de, sakızımsılık sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.56'da gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin sakızımsılık değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.42). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin sakızımsılık değerleri üzerine negatif yönlü fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

Depolama süresince sakızımsılık değerlerinin tüm örneklerde azalma gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Kontrol örneğinde değerler 817,83'ten 61,50'ye düşerken, kaplama kontrol örneğinde 824,33'ten 185,55'e azalma tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Kaplama lactis örneğinde 828,39'dan 265,04'e, Kaplama helveticus örneğinde 828,81'den 209,15'e ve Kaplama mix örneğinde 829,21'den 238,90'a düşüş meydana gelmiştir. Bununla birlikte, depolamanın son gününde kaplama uygulanan tüm örneklerin sakızımsılık değerlerinin kontrol örneğine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.41).

Depolama süresinin sakızımsılık değerleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunduğu ve aynı depolama gününde örnekler arasında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Literatürde, depolama süresince peynirde asitlik düzeyinde meydana gelen artışın protein yapılarını etkileyerek, bunu takiben tekstürel özelliklerde değişimlere yol açtığı bildirilmektedir. Bu değişimlerin sonucunda daha yumuşak ve kolay parçalanabilir bir yapı oluştuğu ifade edilmektedir. Özellikle pH değeri düşük olan ve kazeinin izoelektrik noktasına yakın bulunan peynirlerin daha yüksek sakızımsılık değerleri gösterdiği, buna karşılık daha yüksek pH değerine sahip peynirlerin ise daha yumuşak bir yapı sergilediği belirtilmektedir (Buriti vd. 2005).

Pena-Serna vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, kaplama uygulanan peynir örneklerinde depolama süresince sakızımsılık değerlerinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Ancak çalışmamızda sakızımsılık değerlerinde azalma tespit edilmiş olup, bu durumun kullanılan kaplama materyali, peynir çeşidi ve depolama koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Sakızımsılık değerlerinde depolama süresince gözlemlenen azalışın, proteolitik değişimlerin yanı sıra peynir matrisi içerisinde meydana gelen nem dağılımındaki değişimler ile pH ve asitlik düzeyindeki farklılıklarla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bu faktörlerin etkisiyle ürünün yapısal bütünlüğünün zayıfladığı ve buna bağlı olarak sakızımsılık değerlerinin azaldığı değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, kaplama uygulamasının nem kaybını sınırlandırarak yapı bütünlüğünün korunmasına katkı sağladığı ve bu nedenle sakızımsılıktaki azalmayı kontrol örneğine kıyasla sınırladığı düşünülmektedir.

5.1.8.6 Çiğnenebilirlik (Chewiness) Değerleri (N)

Çiğnenebilirlik, katı yapıdaki bir gıdanın yutulabilir kıvama ulaşıncaya kadar çiğnenmesi sırasında harcanan enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır (Gunasekaran ve Ak 2003).

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin çiğnenebilirlik sonuçları Çizelge 4.43'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının çiğnenebilirlik analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.44'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.57'de, çiğnenebilirlik sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.58'de, çiğnenebilirlik sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.59'da gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin çiğnenebilirlik değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö) ve depolama zamanı (D) parametrelerinin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) belirlenmiştir (Çizelge 4.44). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin negatif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.44).

Çiğnenebilirlik değerlerinin depolama süresi boyunca tüm örneklerde istatistiksel olarak önemli düzeyde değişim gösterdiği belirlenmiştir (P<0,05). Kontrol örneğinde çiğnenebilirlik değeri 0. günde 740,12 iken depolamanın ilerlemesiyle birlikte 15. günde 264,46'ya, 30. günde 172,29'a ve 45. günde 80,48'e kadar düşmüştür. Kaplama kontrol örneğinde değerler 748,65'den 174,89'e gerilerken, kaplama lactis örneğinde 742,79'dan 221,35'e, kaplama helveticus örneğinde 745,47'den 203,42'ye ve kaplama mix örneğinde ise 737,40'tan 321,82'ye düşüş gözlenmiştir. Depolama sonunda kontrol örneğinde meydana gelen azalışın, kaplama uygulanan örneklere kıyasla daha belirgin olduğu ve kaplama uygulamalarının çiğnenebilirlikteki azalmayı sınırlandırdığı görülmektedir.

Depolama süresinin çiğnenebilirlik değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (P<0,05). Aynı depolama süresi içerisinde örnekler arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (P<0,05).

Pena-Serna vd. (2016) kaplanmış peynirlerde çiğnenebilirliğin kaplanmamış peynir örneklerine kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda depolama süresince çiğnenebilirlik değerleri azalmış, ancak kaplama uygulanan örneklerin kontrol grubuna göre daha yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum, kaplamanın çiğnenebilirlikteki azalmayı sınırlandırdığını göstermektedir.

Yapılan bir başka çalışmada, kaplama uygulanan peynir örneklerinin kaplanmamış örneklere kıyasla daha yüksek çiğnenebilirlik değerleri gösterdiği ve depolama süresince her iki örnekte de çiğnenebilirlikte artış meydana geldiği bildirilmiştir (López-Córdoba 2021). Ancak çalışmamızda elde edilen bulgular söz konusu çalışma ile farklılık göstermektedir. Bu farklılığın kullanılan peynir çeşidi, kaplama materyali ve mikrobiyal aktivite farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Depolama süresince meydana gelen çiğnenebilirlik azalmasının, peynirde gerçekleşen olgunlaşma süreci ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Olgunlaşma boyunca gerçekleşen proteolitik değişimler ve buna bağlı olarak protein matriksinin zayıflaması, ürünün daha yumuşak bir yapı kazanmasına neden olarak çiğnenebilirlik değerlerinin düşmesine yol açmış olabileceği düşünülmektedir.

5.1.8.7 Elastikiyet (Resilience) Değerleri

Elastikiyet (resilience), peynirin deformasyon sonrası geri kazanım davranışını ifade eden bir tekstürel parametre olup, esneklik (springiness) ile benzerlik göstermekle birlikte aralarında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Elastikiyet, deformasyona uğrayan peynirin uygulanan kuvvetin kaldırılmasını takiben kısa sürede başlangıç formuna geri dönebilme kapasitesini tanımlarken; esneklik ise deformasyon sonrasında ürünün ilk konumuna daha yavaş ve zamana bağlı olarak geri dönme davranışını ifade etmektedir (Koranteng vd. 2021).

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin elastikiyet sonuçları Çizelge 4.45'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının elastikiyet analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.46'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.60'da, elastikiyet sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.61'de, elastikiyet sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.62'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin elastikiyet değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.46). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin elastikiyet değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.46).

Elastikiyet (resilience) değerlerinin depolama süresi boyunca tüm örneklerde değişim gösterdiği belirlenmiştir ($P<0,05$). Kontrol örneğinde elastikiyet değeri 0. günde 0,546 iken 15. günde 0,544, 30. günde 0,583 ve 45. günde 0,631 olarak belirlenmiştir. Kaplama kontrol örneğinde değerler 0,538'den 0,762'ye yükselmiştir. Kaplama lactis örneğinde 0,557'den 0,713'e, kaplama helveticus örneğinde 0,549'dan 0,748'e ve kaplama mix örneğinde ise 0,540'tan 0,713'e artış gözlenmiştir. Depolama süresi sonunda kaplama uygulanan örneklerin elastikiyet değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Depolama süresince taze köy peynirlerinde elastikiyet değerlerinde meydana gelen artış ve azalışların, olgunlaşmaya bağlı olarak gerçekleşen proteolitik ve lipolitik reaksiyonlarla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, kaplama materyalinin oluşturduğu yapısal özelliklerin ve peynir matrisine ilave edilen laktik asit suşlarının da bu değişimler üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

5.2 Köy Peynirlerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

5.2.1 Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Değerleri

Süt ve süt ürünlerinde mikrobiyolojik kaliteyi değerlendirmek amacıyla kullanılan başlıca yöntemlerden biri mezofilik aerobik bakteri analizidir. Sütün yüksek su içeriğine sahip olması (%87,5) ve besin maddeleri bakımından zengin bir yapıda bulunması, farklı özellikteki mikroorganizmaların gelişimi için uygun bir ortam oluşturur. Dolayısıyla mezofilik aerobik mikroorganizmalar, ürünün hijyenik durumu hakkında bilgi veren önemli indikatörler olarak kabul edilmektedir (Üzüm 2006).

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin (TAMB) sayımı sonuçları Çizelge 4.47'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.48'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.63' de, TAMB sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.64'de, TAMB sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.65'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin TAMB değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.48). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin TAMB değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu, örnek çeşidi (Ö) etkileşiminin ise TAMB değerleri üzerinde negatif yönlü korelatif etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.48).

Depolama süresince TAMB sayılarının tüm örneklerde artış gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Kontrol örneğinde TAMB değeri 0. günde 4,81 log kob/g iken, depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte 15. günde 5,64 log kob/g, 30. günde 6,71 log kob/g ve 45. günde 7,06 log kob/g'ye yükselmiştir. Kaplama kontrol örneğinde değerler 4,64 log kob/g'den 6,80 log kob/g'ye, kaplama lactis örneğinde 4,59 log kob/g'den 6,04 log kob/g'ye, kaplama helveticus örneğinde 4,72 log kob/g'den 6,15 log kob/g'ye ve kaplama mix örneğinde 4,72 log kob/g'den 6,15 log kob/g' a artış göstermiştir. Aynı depolama günlerinde örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda en yüksek TAMB değerinin kontrol örneğinde belirlenmesi, mikrobiyal gelişimin bu örnekte daha fazla gerçekleştiğini göstermektedir. Kaplama uygulanan örneklerde TAMB artışının daha sınırlı olduğu ve kaplamanın mikrobiyal gelişimi kontrol örneğine kıyasla daha etkin şekilde baskıladığı görülmektedir.

Yapılan bir çalışmada, yenilebilir kaplama materyaline *L. lactis* ve *Lc. garvieae* suşlarının ilave edilmesiyle, 4°C'de depolanan peynirlerde özellikle depolamanın 6. ve 8. günlerinde mezofilik aerobik bakteri gelişiminin baskılandığı, ancak depolamanın ilerleyen günlerinde bu etkinin azaldığı bildirilmiştir. Bu durum, laktik asit bakterilerinin başlangıçta güçlü bir antimikrobiyal etki oluşturduğunu, ancak depolama süresine bağlı olarak bu etkinin sınırlanabildiğini göstermektedir (Silva vd. 2022). Benzer şekilde, çalışmamızda da kaplama uygulanan örneklerde mikrobiyal gelişimin kontrol grubuna kıyasla daha düşük düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir. Ancak çalışmamızda depolama süresince genel bir artış eğilimi gözlenmiş olup, bu farklılığın kullanılan çiğ süt, başlangıç mikrobiyal yükü ve üretim koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Galaktomannan esaslı yenilebilir kaplamaların kullanıldığı bir çalışmada, peynir örneklerinin TAMB sayılarının depolama süresine bağlı olarak değişim gösterdiği, özellikle 7. günde belirgin bir artış meydana geldiği, ancak 14. ve 21. günler arasında mikrobiyal sayıda azalma eğiliminin ortaya çıktığı bildirilmiştir (Cerqueira vd. 2009). Çalışmamızda ise depolama süresince mikrobiyal yükte genel olarak artış gözlemlenmiştir. Bu farklılığın kullanılan süt özellikleri, üretim koşulları ve hijyen

düzeyindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim çalışmamızda çiğ sütten üretilen köy peyniri kullanılması başlangıç mikrobiyal yükünün daha yüksek olmasına ve depolama süresince mikroorganizma gelişiminin devam etmesine neden olmuş olabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızda kaplama uygulanan örneklerde mikrobiyal artışın kontrol örneğine kıyasla daha sınırlı düzeyde gerçekleşmesi, kaplama materyalinin mikroorganizma gelişimini baskılayıcı etkisini ortaya koymaktadır.

Kitosan ve peynir altı suyu proteini içeren yenilebilir film ile kaplanmış Ricotta peynirinde yapılan bir çalışmada, depolama süresince mezofilik ve psikrotrofik mikroorganizma sayılarında kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir farklılık bulunmadığı bildirilmiştir (Di Pierro vd. 2011). Çalışmamızda ise kaplama uygulanan örneklerde mikrobiyal gelişimin kontrol grubuna göre daha sınırlı olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın, kullanılan kaplama materyali, ilave edilen mikroorganizma türleri ve özellikle bakteriyosin üretme kapasitesine sahip suşların varlığı ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan çalışmalarda, depolama süresince TAMB sayısının bazı durumlarda arttığı, bazı durumlarda ise azaldığı bildirilmiştir. Bu farklılıkların; kullanılan hammadde, üretim koşulları ve ortamdaki mikroorganizmalar arasındaki rekabetten kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca pH başta olmak üzere su içeriği, tuz oranı, organik asitler, bakteriyosin varlığı ve depolama sıcaklığı gibi çevresel faktörlerin de TAMB gelişimi üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir (Beresford vd. 2001).

5.2.2 Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri (TAPB) Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin TAPB bakteri sayımı sonuçları Çizelge 4.49'da, örnek çeşidi ve depolama zamanının TAPB sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.50'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.66'da, TAPB sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.67'de, TAPB sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.68'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin TAPB değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.50). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin TAPB değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu, örnek çeşidi (Ö) etkileşiminin ise TAPB değeri üzerinde negatif yönlü çok fazla korelatif etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.50) .

Peynir örneklerine ait TAPB sayıları incelendiğinde, depolama süresi boyunca tüm örneklerde artış meydana geldiği belirlenmiştir($p<0,05$). Depolamanın 0. gününde en yüksek değer kontrol örneğinde 2,81 log kob/g tespit edilirken, en düşük değer kaplama lactis örneğinde 2,59 log kob/g belirlenmiştir. Depolamanın 15. gününde tüm örneklerde artış gözlenmiş olup, en yüksek değer kontrol örneğinde 3,63 log kob/g bulunmuştur. Depolamanın 30. gününde kontrol örneğinde 4,05 log kob/g ile en yüksek değer tespit edilirken, kaplama lactis örneğinde daha düşük değerler belirlenmiştir. Depolamanın sonunda ise tüm örneklerde artışın devam ettiği ve en yüksek değerin kontrol örneğinde 4,16 log kob/g olduğu görülmüştür. Kaplama uygulanan örneklerde ise tüm depolama süresi boyunca kontrol örneğine kıyasla daha düşük değerler elde edilmiştir.

İstatistiksel değerlendirme sonucunda, TAPB sayısı bakımından hem örnekler arasında hem de depolama süresine bağlı olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.49) ($P<0,05$).

Di Pierro vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, kitosan ve peynir altı suyu proteini içeren yenilebilir kaplamaların psikrotrofik mikroorganizma sayıları üzerinde kontrol örneğine kıyasla önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Bu durum, kaplama materyalinin tek başına mikroorganizma gelişimini sınırlamada yeterli olmayabileceğini göstermektedir. Çalışmamızda laktik asit bakterileri içeren kaplama örneklerinde daha düşük bakteri sayılarının elde edilmesi, antimikrobiyal etkinin kaplama matriksine ilave edilen mikroorganizmalar ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan bir çalışmada, olgunlaşmış peynirlerde psikrofilik bakteri sayılarının 4,28–8,58 log kob/g aralığında değiştiği ve ortalama 7,48 log kob/g olduğu bildirilmiştir (Tekinşen 2004). Bu değerler, çalışmamızda belirlenen değerlerden daha yüksek olup, bu farklılığın peynirin olgunlaşma düzeyi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızdaki peynir taze köy peyniridir.

5.2.3 Laktik Asit Bakteri Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin laktik asit bakteri sayımı sonuçları Çizelge 4.51'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının laktik asit bakteri sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.52'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.69' da, laktik asit bakteri sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.70'de, laktik asit bakteri sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.71'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin laktik asit bakteri değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.52). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı ve örnek (Ö) etkileşiminin laktik asit bakteri değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.52).

Peynir örneklerine ait laktik asit bakteri sayıları incelendiğinde, depolama süresi boyunca tüm örneklerde artış meydana geldiği belirlenmiştir($p<0,05$). Depolamanın 0. gününde değerler 3,99 ile 4,02 log kob/g arasında değişirken, depolamanın 15. gününde bu değerlerin 4,17 ile 4,32 log kob/g aralığına yükseldiği görülmüştür. Depolamanın 30. gününde artışın devam ettiği ve değerlerin 4,31 ile 5,41 log kob/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Depolamanın 45. gününde ise en yüksek laktik asit bakteri sayılarının kaplama lactis 5,33 log kob/g, kaplama helveticus 5,25 log kob/g ve kaplama mix 5,32 log kob/g örneklerinde olduğu, kontrol örneğinde ise daha düşük 4,21 log kob/g değerlerin elde edildiği tespit edilmiştir.

İstatistiksel değerlendirme sonucunda, laktik asit bakteri sayıları bakımından hem örnekler arasında hem de depolama süresine bağlı olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Yapılan bir çalışmada, yenilebilir kaplamalar ile birlikte uygulanan *L. helveticus* suşunun depolama süresince laktik asit bakteri sayılarının korunmasına ve bazı dönemlerde artış göstermesine katkı sağladığı bildirilmiştir (Vasiliauskaite vd. 2022). Elde edilen bulgularla uyumlu olarak çalışmamızda da depolama süresi boyunca laktik asit bakteri sayılarında genel olarak artış gözlenmiştir.

Sarıoğlu ve Öner (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, depolama süresi boyunca laktik asit bakteri sayılarında anlamlı bir azalma meydana gelmediğini ve uygulanan kaplama işleminin bu bakterilerin gelişimini olumsuz yönde etkilemediğini bildirmiştir.

Ramos vd. (2012), antimikrobiyal bileşenler içeren yenilebilir kaplamaların patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini sınırlandırırken, depolama süresince laktik asit bakterilerinin düzenli şekilde çoğalmasına olanak sağladığını bildirmiştir. Çalışmamızda kaplama uygulanan örneklerde laktik asit bakterilerinin gelişiminin desteklemesi ile benzerlik göstermektedir.

5.2.4 *Lactococcus/Streptococcus* Cinsi Bakteri Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakterilerinin sayımı sonuçları Çizelge 4.53'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.54'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.72'de, *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.73'de, *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.74'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin *Lactococcus/Streptococcus* değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama

zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.54). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin *Lactococcus/Streptococcus* değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.54).

Depolama süresi boyunca *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri sayılarında artış tespit edilmiştir($p<0,05$). Depolamanın 0. gününde kontrol örneğinde yaklaşık 2,79 log kob/g olarak belirlenen değer, depolama sonunda 2,93 log kob/g seviyesine ulaşmıştır. Kaplama uygulanan örneklerde ise bu artışın daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Kaplama lactis örneğinde değerler başlangıçta yaklaşık 2,82 log kob/g iken depolama sonunda 3,38 log kob/g seviyesine yükselmiştir. Benzer şekilde kaplama helveticus örneğinde yaklaşık 2,79 log kob/g'den 3,19 log kob/g'ye, kaplama mix örneğinde ise 2,69 log kob/g'den 3,23 log kob/g'ye artış meydana gelmiştir.

Depolama süresi boyunca *Lactococcus/Streptococcus* cinsi bakteri sayılarında meydana gelen değişimler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde hem depolama süresinin hem de örnek tipinin etkisinin anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Yapılan bir çalışmada, aljinat bazlı yenilebilir kaplama sistemlerinde *L. lactis* ve benzeri laktik asit bakterilerinin depolama süresi boyunca yüksek seviyelerde canlılığını koruduğu ve yalnızca sınırlı düzeyde azalma gösterdiği bildirilmiştir. Bu durum, kaplama materyalinin mikroorganizmalar için koruyucu bir çevre oluşturarak hücre canlılığını desteklediğini ortaya koymaktadır (Silva vd. 2022). Çalışmamızda elde edilen bulgular da benzer şekilde kaplama uygulamasının laktik asit bakterilerinin gelişimi üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

5.2.5 Maya ve Küf Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin maya ve küf sayımı sonuçları Çizelge 4.55'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının maya ve küf sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.56'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil

4.75'de, maya ve küf sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.76'da, maya ve küf sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.77'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin maya ve küf değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.56). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin maya ve küf değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkisinin olduğu, örnek çeşidi (Ö) etkileşiminin ise maya ve küf değeri üzerinde negatif yönlü korelatif etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.56).

Peynir örneklerinin maya ve küf sayıları incelendiğinde, depolama süresine bağlı olarak tüm örneklerde artış meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.55) ($p<0,05$). Depolamanın başlangıcında maya ve küf sayıları 4,5–4,8 log kob/g aralığında yer alırken, 15. günde bu değerlerin 5,0–5,6 log kob/g aralığına yükseldiği görülmüştür. Depolamanın 30. gününde maya ve küf sayılarının 5,2–6,5 log kob/g aralığında olduğu, 45. günde ise 5,9–7,2 log kob/g aralığına ulaştığı belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca kontrol örneğinde daha yüksek değerlere ulaşılırken, kaplama uygulanan örneklerde maya ve küf sayılarının daha düşük düzeylerde kaldığı tespit edilmiştir.

Karvakrol içeren yenilebilir kaplamaların uygulandığı bir çalışmada, depolamanın başlangıcında maya ve küf sayılarında azalma eğilimi gözlenmiş ancak bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir ($p>0,05$). Depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte hem kaplanmış hem de kontrol örneklerinde maya ve küf sayılarında artış meydana gelmiş ve depolama sonunda benzer düzeylere ulaşıldığı ifade edilmiştir (López-Córdoba 2021). Elde edilen bu bulgular, çalışmamızda depolama süresine bağlı olarak gözlenen artış eğilimi ile paralellik göstermektedir fakat kaplamalı ve kaplanmamış örnekler arasında maya-küf sayıları bakımından farklılık bulunduğu belirlenmiştir.

Kitosan ve natamisin içeren yenilebilir kaplamaların kullanıldığı bir çalışmada, Saloio peyniri üzerinde depolama süresince maya ve küf sayısında yaklaşık 1.1 log düzeyinde azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Fajardo vd. 2010). Çalışmamızda ise maya ve küf sayılarında depolama süresince artış gözlenmiş, ancak kaplama uygulanan örneklerde bu artışın daha sınırlı düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu farklılığın, kullanılan antimikrobiyal ajanın türünden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Peynirlerde maya ve küf gelişiminin; kullanılan hammaddenin mikrobiyal yükü, üretim ve depolama koşulları ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Özellikle çiğ sütten üretilen peynirlerde başlangıç mikrobiyal yükünün yüksek olmasının, maya ve küf gelişimini artırabileceği değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, yüksek su aktivitesi, uygun pH, düşük tuz oranı ve depolama süresi gibi faktörlerin de bu mikroorganizmaların gelişimini destekleyebileceği düşünülmektedir.

5.2.6 Toplam Koliform Bakteri Değerleri

Gıdalarda koliform bakterilerin bulunması, hijyen ve sanitasyon koşullarındaki eksikliklere ve olası fekal bulaşmaya işaret etmektedir. Özellikle çiğ sütlerde koliform varlığı, sağım ve depolama koşullarındaki yetersizliklerin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Çetin 2011).

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin toplam koliform bakteri sayımı sonuçları Çizelge 4.57'de, örnek çeşidi ve depolama zamanının toplam koliform bakteri sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.58'de, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.78'de, toplam koliform bakteri sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.79'da, toplam koliform bakteri sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.80'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin toplam koliform bakteri değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.48). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama

zamanı etkileşiminin toplam koliform bakteri değerleri üzerine negatif yönlü korelatif etkisinin olduğu, örnek çeşidi (Ö) etkileşiminin ise toplam koliform bakteri değeri üzerinde negatif yönlü çok fazla korelatif etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.48).

Peynir örneklerine ait toplam koliform bakteri sayıları incelendiğinde, depolama süresi boyunca örnekler arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Depolamanın 0. gününde tüm örneklerde benzer düzeylerde değerler 3,5–3,8 log kob/g tespit edilmiştir. Depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte kontrol örneğinde daha yüksek değerler gözlenirken, kaplama uygulanan örneklerde daha düşük seviyeler belirlenmiştir. Depolamanın sonunda en yüksek değer kontrol örneğinde 4,94 log kob/g, en düşük değerlerin ise laktik asit bakterisi içeren kaplama örneklerinde yaklaşık 1,4–1,6 log kob/g olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel değerlendirme sonucunda, toplam koliform bakteri sayısı bakımından hem örnekler arasında hem de depolama süresine bağlı olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.57) ($P<0,05$).

Yapılan bir çalışmada, kekik ve karanfil uçucu yağları içeren yenilebilir kaplamaların *E. coli*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* üzerine inhibitör etki gösterdiği ve depolama süresince bu mikroorganizmaların düzeylerini azalttığı bildirilmiştir (Kavas vd. 2015). Bu durum, Gram negatif bakteriler grubunda yer alan koliform mikroorganizmaların da benzer şekilde kaplama uygulamalarından etkilenebileceğini desteklemektedir.

Koliform bakteri sayılarındaki azalmanın, düşük depolama sıcaklığı, kaplamanın bariyer etkisi ve laktik asit bakterilerinin antimikrobiyal faaliyetlerinin birlikte etkisiyle gerçekleşmiş olabileceği düşünülmektedir.

5.2.7 *Staphylococcus aureus* Sayısı Değerleri

Geleneksel taze köy peyniri örneklerinin *S. aureus* sayımı sonuçları Çizelge 4.59'da, örnek çeşidi ve depolama zamanının *S. aureus* sayımı analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.60'da, örneklerin depolama boyunca değişimi Şekil 4.81' de, *S. aureus* sayımı sonuçlarının depolama zamanına bağlı değişimi Şekil 4.82'de, *S. aureus* sayımı sonuçlarının örnek çeşitliliğine göre değişimi Şekil 4.83'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre peynir örneklerinin *S. aureus* değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi x depolama zamanı (Ö x D) etkileşiminin istatistiksel olarak çok fazla anlamlı olduğu ($p<0,001$) bulunmuştur (Çizelge 4.60). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; peynir örneklerinde, depolama zamanının korelatif etkisinin olmadığı ($p>0,05$), örnek çeşidi (Ö) etkileşiminin ise *S. aureus* değeri üzerinde negatif yönlü çok fazla korelatif etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.60) ($p<0,05$).

Peynir örneklerine ait *S. aureus* sayıları incelendiğinde, depolama süresi boyunca değerlerde değişim meydana geldiği görülmüştür($p<0,05$). Depolamanın 0. gününde tüm örneklerde benzer düzeylerde sonuçlar elde edilmiş olup, değerlerin yaklaşık 3,02–3,04 log kob/g aralığında olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 15. ve 30. günlerinde kontrol ve kaplama kontrol örneklerinde daha yüksek değerler tespit edilirken, kaplama uygulanan örneklerde daha düşük seviyeler belirlenmiştir. Depolamanın sonunda 45. gün kontrol örneğinde en yüksek değer 4,47 log kob/g belirlenirken, kaplama lactis 1,37 log kob/g, kaplama helveticus 1,96 log kob/g ve kaplama mix 1,79 log kob/g örneklerinde daha düşük değerler tespit edilmiştir.

İstatistiksel değerlendirme sonucunda, *S. aureus* sayısı bakımından hem örnekler arasında hem de depolama süresine bağlı olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Kaplama kontrol örneğinde *S. aureus* sayısında belirgin bir azalma gözlenmemesi, kaplama materyalinin tek başına güçlü bir antimikrobiyal etki oluşturmadığını göstermektedir. Fakat lactis, helveticus ve mix içeren kaplama örneklerinde daha düşük değerlerin belirlenmesi, söz konusu azalmanın kaplama materyalinden ziyade kaplamaya ilave edilen laktik asit bakterilerinin etkisiyle ilişkili olabileceğini düşünülmektedir.

Literatürde, yenilebilir kaplamalara aktif bileşenlerin eklenmesinin patojen mikroorganizmalar üzerinde belirgin bir baskılayıcı etki oluşturduğu bildirilmektedir. Bu kapsamda, *S. aureus* sayısının depolama süresi sonunda önemli ölçüde azaldığı ifade

edilmiştir (Ghasemi vd. 2015). Benzer şekilde, kekik ve karanfil uçucu yağları ile kitosan içeren yenilebilir filmlerin *S. aureus* ve *E. coli* O157:H7 üzerine etkili olduğu ve mikrobiyal gelişimi sınırlandırdığı belirlenmiştir (Torlak ve Nizamlıoğlu 2011). Yapılan bir başka çalışmada ise, kitosan ve aljinat bazlı kaplamalara eklenen uçucu yağların peynirde *S. aureus, L. monocytogenes* ve *E. coli* gelişimini azaltarak antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir (Shahdadi vd. 2023). Bu bulgularla uyumlu olarak, çalışmamızda da kaplama uygulanan örneklerde daha düşük *S. aureus* değerlerinin elde edilmesi, kaplama matriksine ilave edilen laktik asit bakterilerinin oluşturduğu antimikrobiyal bileşikler aracılığıyla mikroorganizma gelişimini sınırlandırmış olabileceği düşünülmektedir.

5.3 Bakteriyosin Aktivitesi Değerleri

Bakteriyosin aktivitesi analizi peynir örneklerinde yalnızca depolamanın 45. gününde gerçekleştirilmiştir. Bakteriyosin aktivite sonuçları değerlendirildiğinde örnekler arasında belirgin farklılıkların bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4.61) (Şekil 4.84). Aktivite değerleri kontrol grubunda 160 AU/ml, kaplama kontrol grubunda 240 AU/ml, kaplama lactis grubunda 3840 AU/ml, kaplama helveticus 2560 AU/ml ve kaplama mix grubunda ise 3840 AU/ml düzeyinde tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde en yüksek bakteriyosin aktivite değerinin kaplama lactis ve kaplama mix grubunda, en düşük aktivite değerinin ise kontrol grubunda belirlenmiştir.

Bakteriyosin aktivitesinin özellikle bakteriyosin üreten suşların ilave edildiği örneklerde daha yüksek düzeylerde olduğu görülmektedir. Bu durumun, kaplama materyaline ilave edilen *L. lactis* ve *L. helveticus* suşlarının bakteriyosin üretme yeteneklerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca kaplama materyalinin bakteriyosinlerin stabilitesini koruyarak aktivitenin daha yüksek düzeylerde belirlenmesine katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir.

Karışık suş içeren kaplama uygulamalarında ise farklı laktik asit bakterilerinin birlikte bulunmasının bakteriyosin aktivitesini destekleyici bir etki oluşturmuş olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda kaplama materyaline ilave edilen bakteriyosin üreten suşların oluşturduğu bakteriyosin aktivitesinin, peynir örneklerinde bozulma ve patojen mikroorganizmaların gelişimini baskılayarak ürünün mikrobiyolojik kalitesinin korunmasına ve raf ömrünün uzatılmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Bakteriyosinlerin fermente gıdalar aracılığıyla insanlar tarafından uzun yıllardır farkında olunmadan tüketilen doğal antimikrobiyal bileşikler olduğu bilinmektedir. Fermente ürünlerde bulunan doğal mikroflora içerisinde yer alan bazı mikroorganizmaların da bakteriyosin benzeri antimikrobiyal maddeler üretebildiği bildirilmektedir (Silva vd. 2018). Bu nedenle çalışmamızda kontrol ve kaplama kontrol gruplarında da düşük düzeylerde bakteriyosin aktivitesinin belirlenmiş olabileceği düşünülmektedir.

Silva vd. (2018), yaptıkları çalışmada süt ürünlerinde bakteriyosin üreten bakterilerin kullanımındaki son çalışmaları derlemişlerdir. Bakteriyosinlerin gıda güvenliğini sağlamak, raf ömrünü uzatmak, kaliteyi korumak adına süt ürünlerine başarıyla dahil edilmesini, saflaştırılmış ve konsantre edilmiş bakteriyosinlerin gıda katkı maddesi olarak kullanımı, bakteriyosinojenik kültürlerin doğrudan uygulanmasına kıyasla daha etkili olması nedeniyle tercih edilen yöntem olduğunu vurgulamışlardır.

Ajazi vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, geleneksel peynirlerden izole edilen laktik asit bakterilerinin bakteriyosin üretim kapasiteleri değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular, bu suşların biyokoruma açısından potansiyel taşıdığını ortaya koymuştur. Araştırmada farklı peynir örneklerinden izole edilen LAB suşlarının önemli bir kısmının, özellikle *Lactobacillus* ve *Lactococcus* türlerinin geniş spektrumlu antimikrobiyal aktivite gösterdiği bildirilmiştir. Çalışmada toplam 140 LAB izolatından 105'inin bakteriyosin üretimi gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum, geleneksel peynir ortamında antimikrobiyal potansiyele sahip mikroorganizmaların yaygın olduğunu göstermektedir. Tür düzeyinde değerlendirildiğinde özellikle *L. lactis* 47 izolatın bakteriyosin üretiminde etkin rol oynadığı bildirilmiştir. Bu bulgular, çalışmamızda kullanılan suşların bakteriyosin üretimi göstermesi bakımından elde edilen sonuçlarla uyumlu bulunmuştur.

Ribeiro vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, Azor peynirinden izole edilen *L. lactis* L3A21M1 suşu tarafından üretilen bakteriyosinin *L. monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal aktivitesi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, söz konusu suşun fermente gıdalarda *Listeria*'nın biyokontrolünde önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca bakteriyosinin yüksek sıcaklıklarda kararlı olması ve geniş bir pH aralığında etkinlik göstermesi, fermantasyon süreçlerinde kullanım açısından avantaj sağlamaktadır. Bu bulgular, *L. lactis* L3A21M1 suşunun gıda güvenliğinin sağlanması amacıyla biyokoruyucu kültür olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada gouda peynirinin üretiminde nisin üreten *L. lactis* suşunun kullanılmasıyla *Clostridium tryobutyricum* sporlarının gelişiminin engellendiği ve bu sayede üretim sürecinde koruyucu madde (nitrat gibi) kullanımına ihtiyaç duyulmadığı rapor edilmiştir. Ayrıca çalışmada cottage ve camembert peynirlerine nisin ilavesi ile *L. monocytogenes* gelişiminin inhibe edildiği belirtilmiştir (Benkerroum ve Sandine 1988). Bu durum bakteriyosinlerin süt ve süt ürünlerinde biyokoruyucu olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, çalışmamızda belirlenen bakteriyosin üretimi sonuçları ile uyum göstermektedir.

Sezer vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, *L. plantarum* ve *L. lactis* tarafından üretilen bakteriyosinlerin ayrı ayrı ve karışık kültürlerde oluşturduğu etkiler incelenmiş ve özellikle karışık kültür kullanımında simbiyotik bir etki ortaya çıktığı bildirilmiştir. Ayrıca bakteriyosinlerin patojenler dışında aflotoksin B1 gibi bazı mikotoksinlerin inaktivasyonunda da etkili olabildiği belirtilmiştir. Bu bulgular, laktik asit bakterilerinin ürettiği bakteriyosinlerin gıdalarda biyokoruyucu olarak geniş bir kullanım potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde çalışmamızda da kullanılan karışık suş içeren kaplama uygulamasında bakteriyosin aktivitesinin (3840 AU/ml) yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca patojen mikroorganizmalara karşı değerlendirilen antimikrobiyal etki açısından en geniş inhibisyon zonunun bu grupta oluştuğu gözlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada Silva vd. (2022), Azor peynirinden izole edilen bakteriyosin üreten *L. lactis* ve *L. garvieae* suşlarının aljinat, maltodekstrin ve gliserol içeren yenilebilir bir kaplama matrisi içerisinde peynir yüzeyinde kullanımını incelemişlerdir. Araştırma

sonuçlarına göre, kaplama matrisi içerisine immobilize edilen LAB suşlarının depolama süresince canlılıklarını koruyabildiği ve *L. monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal aktivite gösterebildiği belirlenmiştir. Ayrıca söz konusu kaplamanın peynir yüzeyinde patojen geçişini sınırlayan fiziksel bir bariyer oluşturduğu ve depolama sürecinde mikrobiyolojik güvenliğin artırılmasına katkı sağladığı bildirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda bakteriyosin üreten LAB suşları içeren kaplama uygulamasının peynirleri bir bütün olarak koruduğu ve 45 günlük depolama süresi sonunda gerçekleştirilen antimikrobiyal analizlerde *L. monocytogenes*'e karşı inhibisyon etkisinin olduğu belirlenmiştir.

5.4 Kaplama Malzemelerinin Antimikrobiyal Analiz Değerleri

5.4.1 *Escherichia coli* Üzerine Antimikrobiyal Etki

L. lactis ve *L. helveticus* ilave edilerek hazırlanan kaplama malzemelerinin *E. coli* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri Çizelge 4.62' de, örnek çeşidi ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.63'de, antimikrobiyal etki değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 4.85'de, antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi ise Şekil 4.86'da gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizinde *E. coli* üzerine antimikrobiyal etki değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö) ve örnek çeşidi × depolama zamanı (Ö × D) etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0,05$), depolama zamanı etkileşiminin ise istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.63). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise; depolama zamanı etkileşiminin *E. coli* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri üzerine pozitif yönlü çok fazla korelatif etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Kaplama malzemelerinin *E. coli* üzerine antimikrobiyal etkileri incelendiğinde, depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte inhibisyon zonu değerlerinde artış meydana geldiği

belirlenmiştir. Depolamanın 0. gününde kaplama lactis (8,58 mm), kaplama helveticus (8,94 mm) ve kaplama mix (9,05 mm) belirlenen inhibisyon zonu değerleri, depolamanın 45.gününde kaplama lactis (10,40 mm), kaplama helveticus (10,85 mm) ve kaplama mix (9,93 mm) seviyelerine yükselmiştir. Bununla birlikte örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.62) ($P>0.05$).

Literatürde, yapılan çalışmalarda farklı ortamlardan izole edilen laktik asit bakterilerinin ürettiği bakteriyosinlerin çeşitli patojen bakteriler üzerine inhibitör etki gösterebildiği bildirilmektedir. Nitekim zeytinyağından izole edilen bazı laktik asit bakteri izolatlarının ürettiği bakteriyosinlerin *E. coli* Gram negatif bakteri üzerinde inhibitör etki gösterebildiği rapor edilmiştir (Dinçer vd. 2009).

Yapılan bir başka araştırmada *L. lactis* C15 tarafından üretilen kısmen saflaştırılmış bakteriyosinin *E. coli*' nin gelişimini hem agar ortamında hem de UHT süt sisteminde önemli ölçüde inhibe ettiği belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgular, laktik asit bakterilerinin ürettiği bakteriyosinlerin *E. coli* gibi patojen bakteriler üzerinde antimikrobiyal etki gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, çalışmamızda kaplama materyaline ilave edilen *L. lactis* ve *L. helveticus* suşlarının *E. coli* üzerinde gözlemlenen inhibitör etkisini destekler niteliktedir (Lei vd. 2022).

Depolama süresince antimikrobiyal etkinin artış göstermesi, kaplama materyaline ilave edilen *L. lactis* ve *L. helveticus* suşlarının metabolik faaliyetleri sonucunda oluşan bakteriyosin ve diğer antimikrobiyal metabolitlerin (H_2O_2 ve organik asit) patojen mikroorganizmalar üzerindeki inhibitör etkisi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca kaplama materyallerinin oluşturduğu fiziksel bariyerinde antimikrobiyal etkinin artmasında etkili olmuş olabileceği düşünülmektedir.

5.4.2 *Salmonella spp.* Üzerine Antimikrobiyal Etki

L. lactis ve *L. helveticus* ilave edilerek hazırlanan kaplama malzemelerinin *Salmonella spp.* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri Çizelge 4.64' de, örnek çeşidi ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri

Çizelge 4.65'de, antimikrobiyal etki değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 4.87'de, antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi ise Şekil 4.88'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizinde *Salmonella spp.* üzerine antimikrobiyal etki değerlerindeki değişim üzerinde; depolama zamanı etkileşiminin istatistiksel olarak fazla anlamlı olduğu ($p<0,01$), örnek çeşidi × depolama zamanı (Ö × D) etkileşiminin ise istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p>0,05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.65). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise depolama zamanı etkileşiminin *Salmonella spp*. bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri üzerine pozitif yönlü korelatif etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.65).

Kaplama malzemelerinin *Salmonella spp.* üzerine antimikrobiyal etki değerleri incelendiğinde, depolamanın 0. gününde en yüksek inhibisyon zonu kaplama helveticus örneğinde (9,92 mm) belirlenmiştir. Kaplama lactis örneğinde inhibisyon zonu (8,38 mm) olarak belirlenirken, kaplama mix örneğinde bu değer (9,50 mm) olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 45. gününde ise en yüksek inhibisyon zonu kaplama lactis örneğinde (11,98 mm) belirlenmiş, bunu kaplama mix (10,43 mm) ve kaplama helveticus (9,97 mm) örnekleri izlemiştir. Bununla birlikte örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.64) ($P>0.05$).

Yapılan bir çalışmada bakteriyosinlerin kullanımı ile *Salmonella infantis* bakterisinin inhibe edildiği ve gıdaların raf ömrünün uzadığı bildirilmiştir (Mattila ve Skytta 1991). Bir başka çalışmada ise LAB'ın disk difüzyon yöntemi ile bazı patojen mikroorganizmalar üzerine antimikrobiyal etkileri incelenmiş ve *Salmonella enterica ser. typhy* üzerinde oluşan inhibisyon zonlarının anlamlı düzeyde olduğu bildirilmiştir. Bu antimikrobiyal etkinin LAB tarafından üretilen bakteriyosinler ile ilişkili olabileceği ifade edilmiştir (Pundir 2013). Benzer şekilde çalışmamızda kullanılan suşların *Salmonella spp.* üzerine inhibisyon zonu oluşturduğu ve antimikrobiyal etkinin depolama süresince devam ettiği belirlenmiştir.

Salmonella spp. üzerine gözlemlenen antimikrobiyal etkinin, depolama süresince laktik asit bakterilerinin metabolik aktiviteleri sonucu bakteriyosin, organik asit ve diğer inhibitör bileşiklerin oluşumu ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bunun yanında kaplama materyalinin bu bileşiklerin difüzyonunu etkilemesi ve kullanılan suşların depolama boyunca farklı düzeylerde aktivite göstermesi de inhibisyon zonundaki değişimin olası nedenleri arasında düşünülmektedir.

5.4.3 *Listeria monocytogenes* Üzerine Antimikrobiyal Etki

L. lactis ve *L. helveticus* ilave edilerek hazırlanan kaplama malzemelerinin *L. monocytogenes* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri Çizelge 4.66' da, örnek çeşidi ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.67'de, antimikrobiyal etki değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 4.89' da antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi ise Şekil 4.90'da gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizinde *L. monocytogenes* üzerine antimikrobiyal etki değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi × depolama zamanı (Ö × D) etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.67).

Kaplama malzemelerinin *L. monocytogenes* üzerine antimikrobiyal etki değerleri incelendiğinde, depolama süresince tüm örneklerde inhibisyon zon çaplarında artış meydana geldiği görülmektedir. Depolamanın 0. gününde en yüksek antimikrobiyal etki değeri (10,64) mm ile kaplama mix örneğinde belirlenirken, bunu (8,86) mm ile kaplama lactis ve (7,53) mm ile kaplama helveticus örnekleri takip etmiştir. Depolamanın 45. gününde ise tüm örneklerde antimikrobiyal etkinin arttığı ve en yüksek zon çapının (15,01) mm ile yine kaplama mix örneğinde elde edildiği görülmüştür. Aynı depolamada kaplama helveticus örneğinde (10,40) mm, kaplama lactis örneğinde ise (10,18) mm değerleri belirlenmiştir. Değerlendirmeler sonucunda kaplama örnekleri arasında

antimikrobiyal etki bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.66) (P>0.05).

Yıldırım (2011) tarafından antimikrobiyal bileşiklerin doğrudan gıdaya uygulanmasının gıda matrisi ile etkileşim sonucu etkinliğin azalmasına neden olabileceği, buna karşın bu bileşiklerin yenilebilir kaplamalara dahil edilmesinin daha etkili bir uygulama sağlayabileceği belirtilmiştir. Ayrıca kaplamaların, antimikrobiyal maddelerin gıda yüzeyinde tutulmasını ve kontrollü difüzyonunu sağlayarak antimikrobiyal etkinliği artırabildiği bildirilmektedir (Çağrı vd. 2004). Bu durum, çalışmamızda bakteriyosin üreten *L. lactis* ve *L. helveticus* suşları ile zenginleştirilen kaplama malzemelerinin *L. monocytogenes* üzerine belirlenen antimikrobiyal etkisini destekler niteliktedir.

Barbosa vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, bakteriyosin üreten *L. curvatus* suşunun kalsiyum aljinat içerisinde immobilize edilmiş ve serbest formlarının *L. monocytogenes*'in inhibisyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda söz konusu suşun bakteriyosin üretimi yoluyla *L. monocytogenes* gelişimini sınırlandırabildiği bildirilmiştir. Bu sonuçlar, çalışmamızda kaplama materyaline ilave edilen laktik asit bakterilerinin *L. monocytogenes* üzerine gösterdiği antimikrobiyal etkinin bakteriyosin üretimi ile ilişkili olabileceğini destekler niteliktedir.

L. lactis tarafından üretilen bazı bakteriyosinler arasında yer alan lacticin 3147 ve lacticin 481, gıda kaynaklı patojenlere karşı antimikrobiyal aktivite gösterebilen önemli biyokoruyucu bileşikler arasında bulunmaktadır. Bu bakteriyosinlerin özellikle Gram pozitif bakteriler üzerinde etkili olduğu ve *L. monocytogenes* gibi gıda kaynaklı patojenlerin gelişimini inhibe edebildiği bildirilmektedir. Nitekim Ribeiro vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, soğutma sıcaklıklarında depolanan taze peynirde yarı saflaştırılmış lacticin 481'in antimikrobiyal etkisi araştırılmış ve depolamanın 3–7. günleri arasında *L. monocytogenes* sayısında yaklaşık 3 log düzeyinde azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Bu bulgular, LAB tarafından üretilen bakteriyosinlerin süt ve süt ürünlerinde *L. monocytogenes*'in kontrolünde etkili olabileceğini göstermektedir (Morgan vd. 2000).

Yapılan bir çalışmada, bakteriyosin üreten *L. lactis* suşunun peynir üretiminde yardımcı başlangıç kültürü olarak kullanılması sonucunda *L. monocytogenes* gelişiminin inhibe edildiği ve depolama süresince patojen sayısında yaklaşık 1 log düzeyinde azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Yoon 2020). Bir başka çalışmada ise nisin A üreten *L. lactis* suşlarının taze peynire ilavesi sonucunda *L. monocytogenes* sayısında azalma gözlendiği bildirilmiştir (Kondrotiene vd. 2018).

Bakteriyosin içeren yenilebilir film ve kaplamaların kullanım alanı yalnızca süt ürünleri ile sınırlı olmayıp, farklı gıda sistemlerinde de patojen mikroorganizmaların kontrolünde etkili olduğu bildirilmektedir. Nitekim yapılan çalışmalarda, bakteriyosin veya antimikrobiyal bileşenler ile zenginleştirilen yenilebilir film ve kaplama sistemlerinin çeşitli gıda ürünlerinde *L. monocytogenes* gelişimini inhibe edebildiği ortaya konmuştur. Örneğin, *Lactobacillus sakei* içeren sodyum kazeinat bazlı kaplamaların taze et ürünlerinde *L. monocytogenes* gelişimini inhibe ettiği bildirilmiştir. Benzer şekilde, *Carnobacterium maltaromaticum* ve nisin içeren aljinat ve nişasta bazlı kaplamaların soğuk tütsülenmiş somon ürünlerinde *L. monocytogenes* üzerine inhibitör etki gösterdiği rapor edilmiştir (Gálamas vd. 2010, Concha-Meyer vd. 2011). Bu çalışmalar, antimikrobiyal özellik kazandırılmış yenilebilir film ve kaplama sistemlerinin farklı gıda matrislerinde patojen kontrolünde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu durum, çalışmamızda bakteriyosin üreten *L. lactis* ve *L. helveticus* suşları ile zenginleştirilen kaplama materyallerinin *L. monocytogenes* üzerine belirlenen antimikrobiyal etkinliği ile literatürle uyum göstermektedir.

Depolama süresince *L. monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal etkinin artış göstermesinin, kaplama malzemesine ilave edilen *L. lactis* ve *L. helveticus* suşlarının metabolik faaliyetleri sonucunda bakteriyosin, organik asit ve diğer antimikrobiyal metabolitlerin oluşumu ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca kaplama materyalinin oluşturduğu yarı geçirgen tabakanın bu antimikrobiyal bileşiklerin difüzyonunu etkileyerek hedef mikroorganizma üzerinde inhibitör etkinin artmasına katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir.

L. monocytogenes'in Gram pozitif bir bakteri olması nedeniyle bakteriyosinlere karşı daha duyarlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle çalışmamızda depolama süresince gözlemlenen antimikrobiyal etkinin, kaplama materyaline ilave edilen *L.lactis* ve *L. helveticus* suşlarının ürettiği bakteriyosinlerin *L. monocytogenes* hücre zarına daha kolay etki etmesi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

5.4.4 *Staphylococcus aureus* Üzerine Antimikrobiyal Etki

L. lactis ve *L. helveticus* ilave edilerek hazırlanan kaplama malzemelerinin *S. aureus* bakterisine karşı antimikrobiyal etki değerleri Çizelge 4.68' de, örnek çeşidi ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri Çizelge 4.69'da, antimikrobiyal etki değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 4.91'de, antimikrobiyal etki değerlerinin örnek çeşitliliğine göre değişimi ise Şekil 4.92'de gösterilmiştir.

Yapılan varyasyon analizi sonuçlarına göre kaplama malzemelerinin ve depolama zamanının antimikrobiyal etki analizinde *S. aureus* üzerine antimikrobiyal etki değerlerindeki değişim üzerinde; örnek çeşidi (Ö), depolama zamanı (D) ve örnek çeşidi × depolama zamanı (Ö × D) etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.69).

Kaplama malzemelerinin *S.aureus* üzerine antimikrobiyal etkileri incelendiğinde, depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte inhibisyon zonu değerlerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir. Depolamanın başlangıcında kaplama lactis (9,90 mm), kaplama helveticus (9,07 mm) ve kaplama mix (10,90 mm) belirlenen inhibisyon zonu değerleri, depolamanın 45.gününde kaplama lactis (10,53 mm), kaplama helveticus (10,48 mm) ve kaplama mix (11,94 mm) seviyelerine yükselmiştir. Depolamanın 0. gününde kaplama örnekleri arasında antimikrobiyal etki bakımından farklılıklar gözlenmiş ($p<0,05$), depolamanın 45.gününde ise örnekler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.68) ($P>0.05$).

Gram pozitif bakterilere karşı etkili olan bazı bakteriyosinlerin, özellikle *L. lactis* tarafından üretilebilen nisin gibi bileşiklerin antimikrobiyal aktivite gösterebildiği bildirilmektedir. Gram pozitif patojenler arasında yer alan *S. aureus*'un bu tür bakteriyosinlere duyarlı olduğu çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir (Silva vd. 2018).

Yapılan bir çalışmada Minas Frescal peynirine nisin ilavesinin *S. aureus* sayısını yaklaşık 1.5 log düzeyinde azalttığı bildirilmiştir. Bu sonuç, nisin gibi bakteriyosinlerin peynir ortamında *S. aureus* üzerine inhibitör etki gösterebildiğini ortaya koymaktadır (Felicio vd. 2015). Arqués vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ise nisin uygulamasının sütün buzdolabı sıcaklığında depolanması sırasında *S. aureus* sayılarında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. Bu bulguları destekler nitelikte, çalışmamızda *L. lactis* suşu içeren uygulamalarda *S. aureus*' a karşı inhibisyon zonlarının oluştuğu ve depolama süresince zon çaplarının artış gösterdiği belirlenmiştir.

Millette vd. (2007) tarafından yapılan bir araştırmada, nisin içeren alginat filmlerinin sığır bifteği yüzeyinde *S. aureus* üzerine antimikrobiyal etki gösterdiği ve depolama süresi boyunca bakteriyal sayılarda önemli düzeyde azalma meydana geldiği bildirilmiştir.

Çalışmamızda belirlenen *S. aureus* üzerine antimikrobiyal etkinin, kaplama materyaline ilave edilen *L. lactis* ve *L. helveticus* suşlarının metabolik faaliyetleri sonucunda oluşan çeşitli antimikrobiyal bileşiklerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca kaplama materyalinin gıda yüzeyinde oluşturduğu tabakanın, bu bileşiklerin yüzeyde tutulmasını sağlayarak mikroorganizmalar ile temasını artırmış olabileceği ve bu durumunda gözlemlenen antimikrobiyal etkinin oluşmasına katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, Afyonkarahisar ilinde bulunan yerel bir pazardan temin edilen çiğ sütten üretilmiş geleneksel taze köy peynirlerine, *L. lactis* ve *L. helveticus* suşları ilave edilerek sodyum aljinat-maltodekstrin-gliserol içeren yenilebilir kaplama uygulanmış ve örneklerin depolama süresi boyunca mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir.

Peynir, yüksek besin değeri ve zengin duyusal özellikleri nedeniyle dünya genelinde ve ülkemizde yaygın olarak tüketilen önemli süt ürünlerinden biridir. Özellikle çiğ sütten geleneksel yöntemlerle üretilen taze köy peynirleri, kendine özgü aroma ve tekstürü ile öne çıkmakta ve tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Ancak bu ürünlerin yüksek nem içeriğine sahip olması nedeniyle raf ömürleri kısa olup, çiğ sütten üretilmeleri mikrobiyolojik açıdan risk oluşturmaktadır.

Çalışmamızda, çiğ sütten üretilen köy peynirlerinde mikrobiyolojik riskin azaltılmasına ve kimyasal koruyucular yerine doğal koruyucu uygulamaların geliştirilmesine yönelik olarak laktik asit bakterilerinin biyokoruyucu özelliklerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda kullanılan *L. lactis* ve *L. helveticus* suşlarının, metabolik faaliyetleri sonucu sentezledikleri bakteriyosinler ve diğer antimikrobiyal bileşikler aracılığıyla patojen mikroorganizmaların gelişimini inhibe ettiği belirlenmiştir. Ayrıca, laktik asit bakterilerinin antimikrobiyal etkilerinden daha etkin bir şekilde yararlanmak, peynirin raf ömrünü uzatmak ve yapısal özelliklerini korumak amacıyla sodyum aljinat-maltodekstrin-gliserol bazlı yenilebilir kaplama uygulanmıştır. Uygulanan kaplama materyalinin, ürün yüzeyinde yarı geçirgen bir bariyer oluşturarak nem transferini sınırladığı ve böylece kalite parametrelerinin daha stabil seyretmesine katkı sağladığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulgular, sodyum aljinat ile kaplanan peynirlerin üstün fizikokimyasal özellikler gösterdiğini bildiren çalışmalarla uyum göstermektedir (Zhong vd. 2014).

Depolama süresi boyunca incelenen fizikokimyasal parametrelerde zamana bağlı olarak belirgin değişimler meydana gelmiştir. pH değerlerinde gözlemlenen azalma ile birlikte

titrasyon asitliğinde artış eğilimi tespit edilmiş olup, bu durumun laktik asit bakterilerinin metabolik aktiviteleri sonucunda oluşan organik asit üretimi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Kaplama uygulanan örneklerde ise söz konusu değişimlerin daha sınırlı gerçekleştiği ve değerlerin kontrol grubuna kıyasla daha stabil bir seyir izlediği belirlenmiştir.

Su aktivitesi ve kuru madde değerleri birlikte değerlendirildiğinde, kaplama materyalinin ürün yüzeyinde oluşturduğu yarı geçirgen bariyer sayesinde nem transferinin sınırlandığı ve bu durumun depolama süresince ürünün fizikokimyasal stabilitesinin korunmasına katkı sağladığı anlaşılmaktadır. Özellikle kaplama uygulanan örneklerde su kaybının daha kontrollü gerçekleştiği ve buna bağlı olarak kuru madde değişimlerinin daha dengeli olduğu tespit edilmiştir.

Tekstürel özellikler bakımından değerlendirildiğinde, kaplama uygulanan peynirlerin yapısal bütünlüğünü etkin bir şekilde muhafaza ettiği, kontrol grubunda ise depolama süresine bağlı yapısal bozulmaların daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun, kaplama materyalinin oluşturduğu bariyer etkisi sayesinde ürünün iç yapısının dış çevresel faktörlere karşı korunması ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Elde edilen bulgular sodyum aljinat bazlı kaplama uygulamalarının peynirlerde tekstürel özelliklerin korunması ve yapısal stabilitenin sürdürülmesi açısından etkili bir alternatif olduğunu göstermektedir.

Mikrobiyolojik özellikler bakımından incelendiğinde, tüm gruplarda mikroorganizma sayılarında artış gözlenmiştir. Ancak, kaplama uygulanan ve laktik asit bakterileri içeren örneklerde bu artışın kontrol grubuna göre daha düşük seviyede gerçekleştiği belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca laktik asit bakterilerinin gelişim gösterdiği ve sayılarının arttığı tespit edilmiştir. Laktik asit bakterileri ile zenginleştirilmiş kaplama uygulanan örneklerde, toplam aerobik mezofilik bakteri ve diğer hedef mikroorganizmaların gelişiminin baskılandığı görülmüştür. Bu durumun, kaplama materyalinin oluşturduğu bariyer etkisi ile birlikte laktik asit bakterilerinin metabolik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan antimikrobiyal bileşiklerin etkisine bağlı olduğu değerlendirilmektedir.

Bakteriyosin ve antimikrobiyal etki bulguları birlikte ele alındığında, inhibisyonun özellikle *L. monocytogenes* ve *S. aureus* üzerinde yoğunlaştığı ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, gözlemlenen antimikrobiyal etkinin yalnızca bakteriyosin üretimi ile sınırlı olmadığı; laktik asit bakterilerinin metabolik faaliyetleri sonucu oluşan organik asitler, pH değişimleri ve diğer biyokimyasal bileşiklerin yanı sıra kaplama materyalinin oluşturduğu yarı geçirgen bariyerin sinerjik etkisiyle şekillendiği değerlendirilmektedir. Bu durum, antimikrobiyal etkinin çok bileşenli bir mekanizma ile ortaya çıktığını göstermekte olup, bakteriyosinlerin Gram pozitif bakteriler üzerindeki belirgin etkisini ortaya koyan literatür bulgularını destekler niteliktedir.

Sonuç olarak, geliştirdiğimiz sistemin çiğ sütten üretilen köy peynirlerinde mikrobiyolojik güvenliğin artırılması ve ürün kalitesinin korunması açısından etkili bir biyokoruyucu yaklaşım sunduğu; ayrıca yenilebilir kaplama uygulaması sayesinde çevre dostu bir alternatif oluşturduğu ve raf ömrünün uzatılmasına katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. İlerleyen çalışmalarda bu sistemin farklı süt ürünlerine uygulanması ile gıda sanayinde daha geniş kullanım alanı bulabileceği düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

Abachi S, Lee S, Vasantha Rupasinghe H P, 2016, Molecular Mechanisms of Inhibition of *Streptococcus* Species by Phytochemicals, Molecules, 21(215), 1-31.

Abriouel F, Lucas R, Ben O, Valdivia E, Maqueda M, Martinez C, 2005, *Enterocin* AS-48RJ: a variant of *enterocin* AS-48 chromosomally encoded by *Enterococcus faecium* RJ16 isolated from food, Systematic and Applied Microbiology, (28): 383–397.

Adam R C, 1974, Peynir, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 176, İzmir.

Adoh O B, Enabulele S A, 2025, A Review on Industrial Application of Lactic Acid Bacteria in Food Microbiology, International Journal of Life Sciences and Biotechnology, 8(2), 142–152.

Ahmad V, Khan M S, Jamal Q M S, Alzohairy M A, Al Karaawi M A, Siddiqui M U, 2017, Antimicrobial Potential of Bacteriocins: In Therapy, Agriculture and food Preservation, International Journal of Antimicrobial Agents, 49(1), 1–11.

Ahmadova A, Totorov S D, Sfaxi I H, Choiset Y, Rabesona H, Messaoudi S, Kulivev A, Franco B D G, Chobert J, Haertle T, 2013, Antimicrobial and Antifungal Activity of *Lactobacillus Curvatus* Strain İsolated from Azerbaijani Cheese, Anaerob (Elsevier), vol. 20: 42-49.

Ajazi F C, Ehrmann M, Vehapi I, Sylejmani D, Hamidi A, Gecaj R M, 2020, Bacteriocin Production by Lactic Acid Bacteria (LAB) İsolated from Traditional Cheese, In UBT International Conference on Agriculture, Food Science and Technology (Prishtina, Kosovo).

Akarca G, 2013, Kılıflanmış Sade ve Baharatlı Mozzarella Peynirinin Olgunlaşma Süresinde Değişimlerinin İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi,174s, 2013.

Akarca G, Başpınar E, 2019, Determination of Pomegranate Peel and Seed Extracted in Different Solvents for Antimicrobial Effect, Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology, 7, 46-53.

Aktaş A H, Şen S, Yılmazer M, Cubuk E, 2005, Determination of Carboxylic Acids in Apple Juice by RP HPLC, Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering International English Edition, 24, 1-6.

Akkoç N, Şanlıbaba P, Akçelik M, 2009, Bakteriyosinler: Alternatif Gıda Koruyucuları, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 25 (1-2): 59-70s.

Al-Hassan A A, Norziah M H, 2012, Starch–gelatin Edible Films: Water Vapor Permeability and Mechanical Properties as Affected by Plasticizers, Food Hydrocolloids, 26(1), 108–117.

Andiç S, Tunçtürk Y, Gençcelep H, 2010, Dondurarak Depolama ve Vakum Ambalajlamanın Motal Peynirinde Lipoliz ve Organik Asit Değişimi Üzerine Etkisi, Gıda, 35(6), 423–430.

Andrade L R, Salgado L T, Farina M, Pereira M S, Mourão P A, Amado Filho G M, 2004, Ultrastructure of Acidic Polysaccharides from the Cell Walls of Brown Algae. Journal of Structural Biology, 145, 216–225.

Anker M, Berntsen J, Hermansson A M, Stading M, 2002, Improved Water Vapor Barrier of Whey Protein Films by Addition of an Acetylated Monoglyceride, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3(1), 81–92.

Anonim, 1978a. TS 3043, Peynirde Klorür Miktarı Tayini, Türk Standartları Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim, 1978b. TS 3046, Peynirde Yağ Miktarı Tayini (Van Gulik Metodu), Türk Standartları Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim, 1989 TS 6930, Süt ve Mamülleri ve Koliformların Sayımı, Bölüm 1. 30°C'da Koloni Sayım Tekniği, Türk Standartları Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim, 1995b. TS 591, Beyaz Peynir, Türk Standartları Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim, 2001a. TS 6235 EN ISO 6887-1, Gıda ve Hayvan Yemlerinin Mikrobiyolojisi, Deney Numunelerinin Başlangıç Süspansiyonun ve Ondalık Seyreltilerin Hazırlanması İçin Genel Kurallar.

Anonim, 2011, Merck Mikrobiyoloji El Kitabı (Hızlı Erişim) 2. Baskı. Editörler: A. Kadir Halkman, Özlem Etiz Sağdaş, Ankara, 234.

Anonim, 2014, Gıda Zincir Mikrobiyolojisi- Salmonella'nın Tespiti, Sayılması ve Serotiplendirilmesi için Yatay Yöntem- Bölüm 3: Salmonella Türlerinin Serotiplendirilmesi için Kılavuz (ISO/TR 6579-3:2014), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim, 2014, Sakarya Üniversitesi, Gıda mühendisliği, Gıda Analizleri Uygulama Notları.

Anonim, 2017, Nisan. Besin Zincirinin Mikrobiyolojisi- Salmonella'nın tespiti, sayımı ve serotiplendirmesi için yatay yöntem- Bölüm 1: Salmonella spp. (ISO 6579-1:2017. TSE Standard Hazırlama Merkezi Başkanlığı, Ankara.

Anonim, 2017, Türk Gıda Kodeksi Çiğ Sütün Arzına Dair Tebliği, 2017, Resmî Gazete, 27 Ocak 2017, 30050.

Arqués J L, Rodríguez E, Nuñez M, Medina M, 2011, Combined Effect of Reuterin and Lactic Acid Bacteria Bacteriocins on the İnactivation of Food-Borne Pathogens in Milk, Food Control, 22(3–4), 457–461.

Arslankoz N, 2011, Ankara Çubuk Yöresi Turşularından İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Bazı Teknolojik ve Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 80s, Ankara.

Askari F, Sadeghi E, Mohammadi R, Rouhi M, Taghizadeh M, Hosein Shirgardoun M, Kariminejad M, 2018, The Physicochemical and Structural Properties of psyllium Gum/Modified Starch Composite Edible Film, Journal of Food Processing and Preservation, 42(10), 1–9.

Avila M, Gadre S, Gaya P, Medina M, Nunez M, 2005, Influence of Bacteriocin-Producing Lactic Culture on Proteolysis and Texture of Hispanico Cheese, International Dairy Journal, 15(2), 145–153.

Axelsson L, Ahrné S, 2000, Lactic Acid Bacteria, In Priest, F. G. and Goodfellow, M. (Ed), Applied Microbial Systematics, 367–388, Dordrecht: Springer.

Badem A, 2021, Süt ve Süt Ürünleri, Seçim Y, Bayrakcı S (Ed.), İleri Mutfak Bilimleri (301-337), Detay Yayıncılık, 432s, Ankara.

Balciunas E M, Martinez F A C, Todorov S D, de Melo Franco B D G, Converti A, Oliveira R P S, 2013, Novel Biotechnological Applications of Bacteriocins: A review, Food Control, 32(1), 134-142.

Barbosa M S, Todorov S D, Jurkiewicz C H, Franco B D G M, 2013, Bacteriocin Production by *Lactobacillus Curvatus* MBSa2 Entrapped in Calcium Alginate During Ripening of Salami for Control of *Listeria Monocytogenes*, Food Research International, 51(1), 365-372.

Barbosa M, Borsarelli C, Mercadante A, 2005, Light Stability of Spray-Dried Bixin Encapsulated with Different Edible Polysaccharide Preparations, Food Research International, 38(8), 989–994.

Bayram U, Tarakçı Z, 2020, Farklı Meyve Tozları İlave Edilen Kaşar Peynirlerinin Renk Değerleri ve Tekstürel Özellikleri Üzerine Olgunlaşmanın Etkilerinin Belirlenmesi, Akademik Ziraat Dergisi, 9(2), 363–372.

Benkerroum N, Sandine W E, 1988, Inhibitory Action of Nisin Against *Listeria Monocytogenes*, Journal of Dairy Science, 71, 3237–3245.

Beresford T P, Fitzsimons N A, Brennan N L, Cogan T M, 2001, Recent Advances in Cheese Microbiology, International Dairy Journal, 11(4-7), 259-274.

Beri S, Resa C P O, Basanta F, Gerschenson L N, Jagus R J, 2019, Edible Coatings on Gouda Cheese as a Barrier Against External Contamination During Ripening, Food Bioscience, 31, 100447.

Besler H, Ünal S, 2006, Ankara'da Satılan Sokak Sütlerinin Bazı Vitaminler Açısından Değerlendirilmesi ve Ev Koşullarında Uygulanan Kaynatmanın Süreye Bağlı Olarak Vitaminlere Olan Etkisi, IV Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi Bildiri Kitabı, 134-142.

Biberoğlu Ö, Ceylan Z G, 2013, Geleneksel Olarak Üretilen Yoğurtların Bazı Kimyasal Özellikleri, Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg., 8, 43-51.

Bircan S, 2013, Şalgam Suyundan İzole Edilen Bazı Laktik Asit Bakterilerinin Moleküler Karakterizasyonu ve Bunların Starter Kültür Olarak Kullanılma Potansiyellerinin Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108s, Adana.

Bourtoom T, 2008, Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties, International Food Research Journal, 15(3), 237–248.

Bourtoom T, 2009, Edible Protein Films: Properties Enhancement, International Food Research Journal, 16(1), 1–9.

Bozkurt S, 2019, Ekmek Mayasının *(Saccharomyces cerevisia)* Akışkan Yatak Kaplama Yöntemi ile Kaplanmasında Farklı Kaplama Materyallerinin Etkisi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 255s, Aydın.

Breukink E, de Kruijff B, 2006, Lipid II as a Target for Antibiotics,Nat. Rev. Drug Discov.,5321–323.

Buriti F C, Da Rocha J S, Saad S M, 2005, Incorporation of *Lactobacillus acidophilus* in Minas Fresh Cheese and its Implications for Textural and Sensorial Properties During Storage, International Dairy Journal, 15, 1279-1288.

Butt M S, Akhtar M, Maan A A, Asghar M, 2023, Fabrication and Characterization of Carnauba Wax-Based Films İncorporated with Sodium Alginate/Whey Protein. Journal of Food Measurement and Characterization, 17(1).

Byczkowski J, Gessner T, 1988, Biological Role of Superoxide Ion-radical, International Journal of Biochemistry, 20, 569–580.

Callanan M, Kaleta P, O'Callaghan J, O'Sullivan O, Jordan K, McAuliffe O, 2008, Genome Sequence of *Lactobacillus helveticus*, An Organism Distinguished by Selective Gene Loss and Insertion Sequence Element Expansion, Journal of Bacteriology, 190, 727-735.

Caplice E, Fitzgerald G F, 1999, Food Fermentations: Role of Microorganisms in Food Production and Preservation, International Journal of Food Microbiology, 50(1-2), 131–149.

Cardamone L, Quiberoni A, Mercanti D J, Fornasari M E, Reinheimer J A, Guglielmotti D M, 2011, Adventitious Dairy *Leuconostoc* Strains with İnteresting 96 Technological and Biological Properties Useful for Adjunct Starters, Dairy Science & Technology, 91, 457–470.

Cavanagh D, Fitzgerald G F, McAuliffe O, 2015, “From Field to Fermentation: The Origins of *Lactococcus lactis* and Its Domestication to the Dairy Environment”, Food Microbiology, 47, 45–61.

Cazón P, Velazquez G, Ramírez J A, Vázquez M, 2017, Polysaccharide-based Films and Coatings for Food Packaging: A Review, Food Hydrocolloids, 68, 136–148.

Cerqueira M A, Sousa-Gallagher M J, Macedo I, Rodriguez-Aguilera R, Souza B W S, Teixeira J A, Vicente A A, 2010, Use of Galactomannan Edible Coating Application and Storage Temperature for Prolonging Shelf-Life of “Regional” Cheese, Journal of Food Engineering, 97(1), 87–94.

Chen K, Yu G, He F, Zhou Q, Xiao D, Li J, 2017, A pH-responsive Emulsion Stabilized by Alginate-Grafted Anisotropic Silica and Its Application in the Controlled Release of Lambda-Cyhalothrin, Carbohydrate Polymers, 176, 203–213.

Cheng Y, Gao S, Wang W, Hou H, Lim L-T, 2022, Low Temperature Extrusion Blown ε-polylysine hydrochloride-loaded Starch/Gelatin Edible Antimicrobial Films. Carbohydrate Polymers, 278, 118990.

Chikindas M L, Weeks R, Drider D, Chistyakov VA, Dicks L MT, 2018, Functions and Emerging Applications of Bacteriocins, Current Opinion in Biotechnology, 49, 23-28.

Chodijah S, Husaini A, Zaman M, 2019, Extraction of Pectin from Banana Peels *(Musa paradisiaca formatypica)* for Biodegradable Plastic Films, Journal of Physics: Conference Series, 1167(1), 012061.

Chowdhury S, Chakraborty S, Maity M, Hasnain M S, Nayak A K, 2020, Alginate biocomposites in Drug Delivery, In A K Nayak and M S Hasnain (Eds.), Alginates in Drug Delivery (pp. 153–185), Academic Press.

Cleveland F, Montville T J, Nes I F, Chikindas M L, 2001, Bacteriocins: Safe, Natural Antimicrobials for Food Preservation, International Journal of Food Microbiology, 71(1–2), 1–20.

Coelho M C, Malcata F X, Silva C C G, 2022, Lactic Acid Bacteria in Raw-Milk Cheeses: From Starter Cultures to Probiotic Functions, Foods, 11(15), 2276.

Concha-Meyer A, Schöbitz R, Brito C, Fuentes R, 2011, Lactic Acid Bacteria in an Alginate Film İnhibit *Listeria monocytogenes* Growth on Smoked Salmon, Food Control, 22(3), 485–489.

Coppola D, Oliviero M, Vitale G A, Lauritano C, D'Ambra I, Iannace S, de Pascale D, 2020, Marine Collagen from Alternative and Sustainable Sources: Extraction, Processing and Applications, Marine Drugs, 18(4), 214.

Costa M J, Maciel L C, Teixeira J A, Vicente A A, Cerqueira M A, 2018, Use of Edible Films and Coatings in Cheese Preservation: Opportunities and Challenges, Food Research International, 107, 84–92.

Costa R J, Voloski F L S, Mondadori R G, Duval E H, Fiorentini A M, 2019, Preservation of Meat Products with Bacteriocins Produced by Lactic Acid Bacteria Isolated from Meat, Hindawi Journal of Food Quality, 1-12.

Cotter P D, Ross R P, Hill C, 2013, Bacteriocins—a Viable Alternative to Antibiotics,Nat. Rev. Microbiol.,11, 95–105.

Cotter P D, Hill C, Ross R P, 2005, Food Microbiology: Bacteriocins: Developing Innate Immunity for Food, Nature Reviews Microbiology, 3(10), 777–788.

Crowley S, Mahony J, van Sinderen D, 2013, Current Perspectives on Antifungal Lactic Acid Bacteria as Natural Bio-Preservatives, Trends in Food Science and Technology, 33(2), 93–109.

Cubas-Cano E, González-Fernández C, Ballesteros M, Tomás-Pejó E, 2018, Biotechnological Advances in Lactic Acid Production by Lactic Acid Bacteria: Lignocellulose as Novel Substrate, Biofuels, Bioproducts & Biorefining, 12, 290–303.

Cutter C N, 2006, Opportunities for Bio-Based Packaging Technologies to Improve the Quality and Safety of Fresh and Further Processed Meat Products, Meat Science, 74(1), 131–142.

Çağrı Mehmetoğlu A, 2010, Yenilebilir Filmlerin ve Kaplamaların Özelliklerini Etkileyen Faktörler, Akademik Gıda, 8(5), 37–43.

Çağrı A, Üstünol Z, Ryser E T, 2004, Antimicrobial Edible Films and Coatings, Journal of Food Protection, 67, 833–848.

Çelik K, Çakmakçı S, 2020, Gıdalarda Renk ve Renk Ölçümü, Türkiye 13. Gıda Kongresi Bildiriler Kitabı, Çanakkale.

Çetin M Ş, 2011, Gıda Mikrobiyolojisi: İçinde Gıdalarda Patojen İndikatörleri, Ankara: Efil Yayınevi.

Çon A, Gökalp H, 2000, Laktik Asit Bakterilerinin Antimikrobiyal Metabolitleri ve Etki Şekilleri, Türk Mikrobiyoloji Cem Derg, (30): 180-190s.

da Silva Sabo S, Vitolo M González J M D, De Souza Oliveira R P, 2014, Overview of *Lactobacillus plantarum* as a Promising Bacteriocin Producer Among Lactic Acid Bacteria, Food Res., Int.64527–536.

Daeschel M A, 1989, Antimicrobial Substances from Lactic Acid Bacteria for Use as Food Preservatives, Food Technology, 164-167.

Dağdemir E, 2006, Salamura Beyaz Peynirlerden İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Tanımlanması ve Seçilen Bazı İzolatların Kültür Olarak Kullanılabilme Olanakları, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 206s, Erzurum.

Darsanaki R, Aliabadi M, Chakoosari M, 2013, Antibiotic Resistance of Lactic Acid Bacteria: A Review, Scientific Journal of Microbiology, 11, 201–206.

De Vuyst L, Vandamme E J, 1994, Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria, Microbiology Genetics and Applications, Blackie Academic and Professional, London, p 536.

De Vuyst L, Leroy F, 2007, Bacteriocins from Lactic Acid Bacteria: Production, Purification, and Food Applications, Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology, 13(4), 194-199.

Debeaufort F, Martin-Polo M, Voilley A, 1993, Polarity Homogeneity and Structure Affect Water Vapor Permeability of Model Edible Films, Journal of Food Science, 58(2), 426–434.

Debeaufort F, Quezada-Gallo J A, Voilley A, 1998, Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packagings: a Review, Critical Reviews in Food Science, 38(4), 299-313.

Demir B, Demirdöven A, 2019, Aljinat ve Meyve-sebze Ürünlerindeki Uygulamaları, Journal of New Results in Engineering and Natural Science, (1), 20–34.

Dhall R K, 2013, Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 53(5), 435–450.

Di Pierro P, Sorrentino A, Mariniello L, Giosafatto C V L, Porta R, 2011, Chitosan Whey Protein Film as Active Coating to Extend Ricotta Cheese Shelf-life, Food Science and Technology, 44(11), 2324–2327.

Díaz-Montes E, Castro-Muñoz R, 2021, Edible Films and Coatings as Food-quality Preservers: An Overview, Foods, 10, 249.

Dinçer E, Kıvanç M, Karaca H, 2009, Biyo Koruyucu Olarak Laktik Asit Bakterileri ve Bakteriyosinler, Gıda, 35(1): 1–8.

Dokuzlu C, 2004, Gıda Analizleri, Marmara Kitapevi Yayınları, Bursa.

Doming K J, Mayer H K, Kneifel W, 2003, Methods Used for the Isolation, Enumeration, Characterisation and Identification of Enterococcus spp. 2. Phenoand genotypic criteria. Int. J. Food Microbiol., 88, 165-188.

Donhowe I G, Fennema O, 1993, The Effects of Plasticizers on Crystallinity, Permeability, and Mechanical Properties of Lipid Films, Journal of Food Processing and Preservation, 17(4), 247–257.

Draget K I, Smidsrød O, Skjåk-Bræk G, 2005, Alginates From Algae, In A. Steinbüchel ve S. K. Rhee (Ed), Polysaccharides and polyamides in the Food Industry: Properties, Production and Patents, ss. 1–30, Wiley-VCH.

Durlu-Özkaya F, Gün İ, 2007, Anadolu'da Peynir Kültürü, ICANAS, Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi, 10(15), 485.

Dursun S, Erkan N, 2009, Yenilebilir Protein Filmler ve Su Ürünlerinde Kullanımı, Journal of Fisheries Science, 3(4), 352–373.

Earnshaw R G, 1992, The Antimicrobial Action of Lactic Acid Bacteria: Natural Food Preservation Systems, In: The Lactic Acid Bacteria in Health and Disease. ed. Wood, B.J.B, pp. 211-232, Elsevier Applied Science, London and New York.

Ektik N, 2022, Klasik (Olgunlaştırılmış) Beyaz Peynir Üretiminin Farklı Aşamalarından Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu, İdentifikasyonu ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Balıkesir Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 128s, Balıkesir.

Endo A, Maeno S, Liu S Q, 2022, Lactic Acid Bacteria: *Leuconostoc spp*., Encyclopedia of Dairy Sciences (Third edition), 226-232 pp.

Erikli G, 2024, Geleneksel Yoğurt İzolatı *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Suşlarının GABA Üretim Yeteneklerinin Belirlenmesi ve Fonksiyonel Yoğurt Üretimi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 61s, İstanbul.

Ertekin Ö, 2007, Farklı Gıdalardan İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Nümerik Taksonomisi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 176s, Denizli.

Escamilla-García M, Calderón-Domínguez G, Chanona-Pérez J J, Farrera-Rebollo R R, Andraca-Adame J A, Arzate-Vázquez I, Mendez-Mendez J V, Moreno-Ruiz L A, 2013, Physical and Structural Characterisation of Zein and Chitosan Edible Films Using Nanotechnology Tools, International Journal of Biological Macromolecules, 61, 196–203.

Espitia P J P, Batista R A, Azeredo H M C, Otoni C G, 2016, Probiotics and Their Potential Applications in Active Edible Films and Coatings, Food Research International, 90, 42–52.

Evren M, Albayram C, Apan M, 2006, Laktik Asit Bakterilerinin Oluşturduğu Antimikrobiyal Maddeler, Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, 24-26s

Evren M, Apan M, Tutkun E, Eren S, 2011, Geleneksel Fermente Gıdalarda Bulunan Laktik Asit Bakterileri, Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR, 9(1), 11–17.

Fahrullah F, Radiati L E, Purwadi P, Rosyidi D, 2020, The Effect of Different Plasticizers on the Characteristics of Whey Composite Edible Film, Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak (JITEK), 15(1), 1–10.

Fajardo P, Martins J T, Fuciños C, Pastrana L, Teixeira J A, Vicente A A, 2010, Evaluation of a Chitosan-based Edible Film as Carrier of Natamycin to Improve the Storability of Saloio Cheese, Journal of Food Engineering, 101, 349–356.

Felicio B A, Pinto M S, Oliveira F S, Lempk M W, Pires A C S, Lelis C A, 2015, Effects of Nisin on *Staphylococcus Aureus* Count and Physicochemical Properties of Minas Frescal Cheese, Journal of Dairy Science, 98(7), 4364–4369.

Fenderya S, Akalın A S, 2003, Probiyotik Yoğurtların Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40, 87-94.

Fernandes L M, Guimarães J T, Pimentel T C, Esmerino E A, Freitas M Q, Carvalho C W P, Cruz A G, Silva M C, 2020, Edible Whey Protein Films and Coatings Added with Prebiotic Ingredients, In F J Barba, P Putnik, D B Kovačević (Eds.), Agri-Food İndustry Strategies for Healthy Diets and Sustainability (pp. 177–193), Academic Press.

Fernández-Pérez R, Sáenz Y, Rojo-Bezares B, Zarazaga M, Rodríguez J M, Torres C, Tenorio C, Ruiz-Larrea F, 2018, Production and Antimicrobial Activity of Nisin Under Enological Conditions, Frontiers in Microbiology, 9, 1918.

Field D, Ross R P, Hill C, 2018, Developing Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria İnto Next Generation Biopreservatives, Current Opinion in Food Science, 20, 1-6.

Fox P F, Guinee T P, Cogan T M, McSweeney P L, 2017, Fundamentals of Cheese Science, Springer, 799p, New York.

Fox P F, McSweeney P L H, 2017, Cheese: An Overview, McSweeney P L H, Fox P F, Cotter P D, Everett D W (Ed.), Cheese: Chemistry, Physics & Microbiology (5 21), Academic Press, 1203p, United Kingdom.

Fox P F, Uniacke-Lowe T, McSweeney P L H, O'Mahony J A, 2015, Dairy Chemistry and Biochemistry of Cheese, Springer, 584p, New York.

Galus S, Kadzińska J, 2015, Food Applications of Emulsion-based Edible Films and Coatings, Trends in Food Science & Technology, 45(2), 273–283.

Galus S, Kadzińska J, 2016, Whey Protein Edible Films Modified with Almond and Walnut Oils, Food Hydrocolloids, 52, 78–86.

Galus S, Mathieu H, Lenart A, Debeaufort F, 2012, Effect of Modified Starch or Maltodextrin İncorporation on the Barrier and Mechanical Properties, Moisture Sensitivity and Appearance of Soy Protein İsolate-Based Edible Films, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 16, 148–154.

Gálvez, A, Abriouel H, López R, Omar N, 2007, Bacteriocin-based Strategies for Food Biopreservation. International Journal of Food Microbiology, 120(1-2), 51–70.

Galvez A, Lucas Lopez R, Abriouel H, 2008, Application of Bacteriocins in the Control of Foodborne Pathogenic and Spoilage Bacteria, Critical Reviews in Biotechnology, (28), 125-152.

Gao Z, Daliri E B M, Wang J, Liu D, Chen S, Ye X, Ding T, 2019, Inhibitory Effect of Lactic Acid Bacteria on Food Borne Pathogens: A Review, Journal of Food Protection, 82(3), 441–453.

Garbowska M, Berthold-Pluta A, Stasiak-Różańska L, Pluta A, 2021, The Impact of the Adjunct Heat-Treated Starter Culture and *Lactobacillus helveticus* LH-b01 on the Proteolysis and ACE Inhibitory Activity in Dutch-type Cheese Model During Ripening, Animals, 11(9), Article 2699.

Garcia P, Rodrigueza L, Rodrigueza A, Martinez B, 2010, Food Biopreservation: Promising Strategies Using Bacteriocins, Bacteriophages and Endolysins, Trends Food Science Technology, 21(8), 373-382.

Ge L, Zhu M, Xu Y, Li X, Li D, Mu C, 2017, Development of Antimicrobial and Controlled Biodegradable Gelatin-Based Edible Films Containing Nisin and Amino-Functionalized Montmorillonite, Food and Bioprocess Technology, 10(9), 1727–1736.

Gennadios A, Milford A H, Lyndon B K, 1997, Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A review, LWT – Food Science and Technology, 30(4), 337–350.

Gharsallaoui A, Oulahal N, Joly C, Degraeve P, 2016, Nisin as a Food Preservative: Part 1: Physicochemical Properties, Antimicrobial Activity, and Main Uses. Crit Rev Food Sci Nutr. 10;56(8): 1262-74 pp.

Ghasemi S, Javadi N H S, Moradi M, Khosravi-Darani K, 2015, Application of Zein Antimicrobial Edible Film İncorporating Zataria Multiflora Boiss Essential Oil for Preservation of Iranian Ultrafiltered Feta Cheese, African Journal of Biotechnology, 14(24), 2014–2021.

Gheorghita (Puscaselu) R, Gutt G, Amariei S, 2020, The Use of Edible Films Based on Sodium Alginate in Meat Product Packaging: An Eco-friendly Alternative to Conventional Plastic Materials, Coatings, 10(2), 166.

Gratia A. 1925, Sur un remarquable exemple d'antagonisme entre deux souches de colibacille. Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie et de ses Filiales, 93, 1040–1042.

Gialamas H, Zinoviadou K G, Biliaderis C G, Koutsoumanis K P, 2010, Development of a Novel Bioactive Packaging Based on the Incorporation of *Lactobacillus Sakei* İnto Sodium-Caseinate Films for Controlling *Listeria Monocytogenes* in Foods, Food Research International, 43(10), 2402–2408.

Gothandam L, Kadirvelu J, 2018, Probiotic Potential of *Pediococcus pentosaceus* LJR1, a Bacteriocinogenic Strain Isolated from Rumen Liquor of Goat (Capraaegagrus hircus), Food Biotechnology, 32(1): 60-77.

Gould G W, 1991, Antimicrobial Compound. In: Biotechnology and Food Ingredients. eds. Goldberg, I. and Williams, R. pp. 461-483. Van Nostrand Reinhold, New York.

Groh K J, Backhaus T, Carney-Almroth B, Geueke B, Inostroza P A, Lennquist A, Leslie H A, Maffini M, Slunge D, Trasande L, Warhurst A M, Muncke J, 2019, Overview of Known Plastic Packaging-Associated Chemicals and Their Hazards, Science of the Total Environment, 651, 3253–3268.

Guetouache M, Guessas B, Medjekal S, 2014, Composition and Nutritional Value of Raw Milk, Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research, 2(10), 115-122.

Gunasekaran S, Ak M M, 2003, Fundamental Rheological Methods, Cheese Rheology and Texture, CRC Press, USA, 31-112.

Güleç F, Bayram M, Yıldırım M, Yıldırım Z, 2004, Some Properties of Kasar Cheese Coated with Casein, International Dairy Symposium, Isparta, Turkey, 58-63.

Gülgör G, Özçelik F, 2014, Bakteriyosin Üreten Laktik Asit Bakterilerinin Probiyotik Amaçlı Kullanımı, Akademik Gıda, 12(1), 63–68.

Güllü M, 2022, Gastronomi Alanında Tematik Araştırmalar I, Oğan Y (Ed.), Sütün Simyası: Türkiye'de Peynir ve Peynir Çeşitleri (47-55), Çizgi Kitabevi, 152 s, Artvin.

Halkman K, 2005, Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları, Başak Matbaacılık Ltd. Şti., 358s, Ankara.

Halkman K, 2019, Gıda Mikrobiyolojisi, Başak Matbaacılık ve Tanıtım Hizmetleri Ltd, 648s, Ankara.

Hao Y Y, Brackett R E, Beuchat L R, Doyle M P, 1999, Microbiological Quality and Production of Botulinal Toxin in Film-packaged Broccoli, Carrots, and Green Beans, Journal of Food Protection, 62(5), 499–508.

Hassan B, Chatha S A S, Hussain A I, Zia K M, Akhtar N, 2018, Recent Advances on Polysaccharides, Lipids and Protein Based Edible Films and Coatings: A Review, International Journal of Biological Macromolecules, 109, 1095–1107.

Henriques M, Santos G, Rodrigues A, Gomes D, Pereira C, Gil M, 2013, Replacement of Conventional Cheese Coatings by Natural Whey Protein Edible Coatings with Antimicrobial Activity. J. Hyg. Eng. Des, 3, 34–47.

Holzapfel W H, Wood B J B, 2014, Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy, Wiley Blackwell, 632s, Oxford, İngiltere.

Holzapfel H W, Haberer P, Geisen R, Björkroth J, Schillinger U, 2001, Taxonomy and Important Features of Probiotic Microorganisms in Food Nutrition, American Journal of Clinical Nutrition, 73(2), 365–373.

Ibrahim S A, 2016, Lactic Acid Bacteria: *Lactobacillus spp.*: Other Species, Reference Module in Food Science, 125-131 pp.

Immerstrand T, Paul C J, Rosenquist A, Deraz S, Martensson O B, Ljungh A,Blücher A, Oste R, Holst O, Karlsson E N, 2010, Characterization of the Properties of *Pediococcus parvulus* for Probiotic or Protective Culture Use, Journal of Food Protection, 73 (5), 960–966.

Imre B, García L, Puglia D, Vilaplana F, 2019, Reactive Compatibilization of Plant Polysaccharides and Biobased Polymers: Review on Current Strategies, Expectations and Reality, Carbohydrate Polymers, 209, 20–37.

International Organization for Standardization, 2017, Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella — Part 1: Detection of Salmonella spp, ISO Standard No. 6579-1:2017.

İçöz Y, Demir A, Çeliker S A, Kalanlar Ş, Gül U, 2006, Süt ve Süt Ürünleri Durum Tahmin, Ankara: TEAE Yayınları, 132.

İşevi T, 2011, Silaj Kaynaklı Laktik Asit Bakterilerinin Bakteriyosin İçerikleri Yönünden İncelenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 48s, Kahramanmaraş.

J Reis, A Paula, S Casarotti, A Penna, 2012, Lactic Acid Bacteria Antimicrobial Compounds: Characteristics and Applications, 4, 124-140.

Janjarasskul T, Krochta J M, 2010, Edible Packaging Materials, Annual Review of Food Science and Technology, 1(1), 415–448.

Jozala Ai F, Novaes L C L, Pessoa Junior A, 2015, Nisin In Concepts, Compounds and the Alternatives of Antibacterials, InTech.

Kamber U, 2005, Geleneksel Anadolu Peynirleri, Miki Matbaası, 223s, Ankara.

Kashket E R, 1987, Bioenergetics of Lactic Acid Bacteria: Cytoplasmic pH and Osmotolerance, FEMS Microbiol, Rev. 46, 233-244.

Kavas G, Kavas N, Saygılı D, 2015, The Effects of Thyme and Clove Essential Oil Fortified Edible Films on the Physical, Chemical and Microbiological Characteristics of Kashar Cheese, Journal of Food Quality, 38, 405–412.

Kaya İ, 2022, Beyaz Peynirlerden Bakteriyosin Üreten Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu, Bakteriyosinlerin Kısmi Saflaştırılması ve Aktivitesine Etki Eden

Faktörlerin Değerlendirilmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99s, İzmir.

Kaya S, 2002, Effect of Salt on Hardness and Whiteness of Gaziantep Cheese During Short-term Brining, Journal of Food Engineering, 52(2), 155–159.

Kazancıgil E, 2018, Çeşitli Tulum Peynirlerinden İzole Edilmiş Laktik Asit Bakterilerinin Bazı Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 98s, Konya.

Kazou M, 2022, "Lactic Acid Bacteria: *Lactococcus lactis*", In: McSweeney, P L H, McNamara J P (Eds.), Encyclopedia of Dairy Sciences, vol. 4. Elsevier, Academic Press, pp. 218–225.

Kesenkas H, Dinkçi N, Kınık Ö, 2012, Farklı İşletmelerde Üretilen Köy Peynirlerinin Özellikleri, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 49(2), 167–173.

Khaoula K, Cristina P, Sylvie B, Sthane D, Jo H, Khwaldia K, Perez C, Banon S, Desobry S, Hardy J, 2004, Milk Proteins for Edible Films and Coatings, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44(4), 239–251.

Kılınççeker O, 2014, Fen Bilimleri Dergisi, 2,47-56.

Kıran F, Osmanağaoğlu Ö, 2012, Gram-Pozitif Bakteriyosinlerin Genel Özellikleri ve Güncel Sınıflandırılması, Akademik Gıda, 10(4): 91-101s.

Kıvanç M, 2010, Süt ve Süt Ürünlerinin Kalite Kontrolü, İçinde Süt Endüstrisinde Bozulmalara Neden Olan ve Patojen Mikroorganizmalar, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi: 141- 166.

Kiernan R C, Beresford T P, O'Cuinn G, Jordan K N, 2000, Autolysis of Lactobacilli During Cheddar Cheese Ripening, Irish Journal of Agricultural and Food Research, 39, 95-106.

Kim J Y, Kim D B, Lee H J, 2006, Regulations on Health/functional Foods in Korea, Toxicology, 221, 112-118.

Kim W, "The genus *Lactococcus*", In: Holzapfel W H, Wood B J B (Eds.), Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, pp. 249–353, 2014.

Koca N, 2002, Bazı İkame Maddelerinin Yağı Azaltılmış Taze Kaşar Peynirinin Nitelikleri Üzerine Etkisi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi 227 s, İzmir.

Koçak C, 2022, Peynirin Öyküsü, Gıda Mühendisliği Dergisi, 50, 8-16.

Kok J, Buist G, Zomer A L, van Hijum S A, Kuipers O P, 2005, "Comparative and functional genomics of lactococci", FEMS Microbiology Review, 29, 411–433, 2005.

Kondrotiene K, Kasnauskyte N, Serniene L, Gölz G, Alter T, Kaskoniene V, 2018, Characterization and Application of Newly Isolated Nisin Producing *Lactococcus Lactis* Strains for Control of *Listeria Monocytogenes* Growth in Fresh Cheese, LWT, 87, 507–514.

Kondrotiene K, Zavistanaviciute P, Aksomaitiene J, Novoslavskij A, Malakauskas M, 2024, "*Lactococcus lactis* in Dairy Fermentation—Health-Promoting and Probiotic Properties", Fermentation, 10, 16.

Konica Minolta, 2007, Precise Color Communication, Konica Minolta Photo Sensing Inc., Japan.

Koranteng B A, Awodoyin O R, Adediran A O, Omojola A B, 2021, Physicochemical and Sensory Characteristics of Soft Cheese as Affected by Different Salt Levels, Nigerian Journal of Animal Production, 48(5), 124-134.

König H, Fröhlich J, 2009, Lactic Acid Bacteria, In:Biology of Microorganisms on Grapes, in Must and in Wine. Springer, 3-29 pp.

König H, Unden G, Fröhlich J, 2017, Biology of Microorganisms on Grapes, in Must and in Wine (2nd ed., Vol. XXII), Springer International Publishing.

Krochta J M, 1997, Edible Protein Films and Coatings, In S. Damodaran, A. Paraf (Eds.), Food Proteins and Their Applications in Foods (pp. 529–549), New York, NY: Marcel Dekker.

Kumar A, Hasan M, Mangaraj S, Pravitha M, Verma D K, Srivastav P P, 2022, Trends in Edible Packaging Films and Its Prospective Future in Food: A Review, Applied Food Research, 2(1), 100118.

Kumar S, Mukherjee A, Dutta J, 2020, Chitosan Based Nanocomposite Films and Coatings: Emerging Antimicrobial Food Packaging Alternatives, Trends in Food Science and Technology, 97, 196–209.

Kumari M, Mahajan H, Joshi R, Gupta M, 2017, Development and Structural Characterization of Edible Films for Improving Fruit Quality, Food Packaging and Shelf Life.

Kurt A, Çakmakçı S, Çağlar A, 2007, Süt ve Mamulleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 254s, Erzurum.

Lahiri D, Nag M, Dutta B, Sarkar T, Pati S, Basu D, Abdul Kari Z, Wei L S, Smaoui S, Wen Goh K, Ray R R, 2022, Bacteriocin: A Natural Approach for Food Safety and Food Security, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 10, 1005918.

Lee I, 2000, The Korean Language, Albany, NY: State University of New York Press.

Lei W, Hao L, You S, Yao H, Liu C, Zhou H, 2022, Partial Purification and Application of a Bacteriocin Produced by Probiotic *Lactococcus lactis* C15 Isolated from Raw Milk, LWT – Food Science and Technology, 169, 113917.

Li W, Ren M, Duo L, Li J,Wang S, Sun Y, Li M, Ren W, Hou Q, Yu J, Sun Z, Sun T, 2020, "Fermentation characteristics of *Lactococcus lactis* subsp, *lactis* Isolated from Naturally Fermented Dairy Products and Screening of Potential Starter Isolates", Frontiers in Microbiology, 11, 1794.

Li Y, Cao C, Pei Y, Liu X, Tang K, 2019, Preparation and Properties of Microfibrillated Chitin/gelatin Composites, International Journal of Biological Macromolecules, 130, 715–719.

Lindgren S E, Dobrogosz W J, 1990, Antagonistic Activities of Lactic Acid Bacteria in Food and Feed Fermentations, FEMS Microbiol. Rev. 87, 149-164.

Lisboa M, Chagas C, Martins da Costa J C, Rossoni D, Mikcha M G, Oliveira Silva J V, Batista A, Caetano W, Madrona G S, Tonon L A C, Pozza M S S, Stafussa A P, Scapim M R S, 2022, Characterization and Effect of Edible Alginate Acidified Coatings Associated with Photodynamics on Cheese Preservation, Applied Food Research, 2(1), 100113.

Lo´pez A, d Belloso O, 2008, Use of Nisin and Other Bacteriocins for Preservation of Dairy Products, International Dairy Journal, (18): 329-343 pp.

Loksuwan J, 2007, Characteristics of Microencapsulated β-carotene Formed by Spray Drying with Modified Tapioca Starch, Native Tapioca Starch and Maltodextrin, Food Hydrocolloids, 21(5), 928–935.

Lopez D, Marquez A, Gutierrez-Cutino M, Venegas-Yazigi D, Bustos R, Matiacevich S, 2017, Edible Film with Antioxidant Capacity Based on Salmon Gelatin and Boldine, LWT – Food Science and Technology, 77, 160–169.

López-Córdoba A, 2021, Feasibility of Using Carvacrol/starch Edible Coatings to Improve the Quality of Paipa Cheese, Polymers, 13(15), 2516.

Lu F, Ding Y, Ye X, Liu D, 2010, Cinnamon and Nisin in Alginate–Calcium Coating Maintain Quality of Fresh Northern Snakehead Fish Fillets, LWT- Food Sci and Tech, 43, 1331-1335.

Machaidze G, Seelig J, 2003, Specific Binding of Cinnamycin (Ro 09-0198) to phosphatidylethanolamine, Comparison Between Micellar and Membrane Environments, Biochemistry, 4;42(43):12570-6.

Mali S, Grossmann M V E, García M A, Martino M N, Zaritzky N E, 2005, Mechanical and Thermal Properties of Yam Starch Films, Food Hydrocolloids, 19(1), 157–164.

Malik A, Sumayyah S, Yeh C W, Heng N C K, 2016, Identification and Sequence Analysis of pWcMBF8-1, a Bacteriocin-Encoding Plasmid from the lactic acid bacterium Weissella confusa, FEMS Microbiology Letters, 363(8), 1-8.

Martinez C G, De Martinis C P E, 2005, Evaluation of Bacteriocin Producing *Lactobacillus sakei* 1 Against *Listeria monocytogenes* 1/2a Growth and Haemolytic Activity, Braz. J. Microbiol, vol.36.

Martins J T, Cerqueira M A, Souza B W, Carmo Avides M D, Vicente A A, 2010, Shelf life Extension of Ricotta Cheese Using Coatings of Galactomannans from Nonconventional Sources Incorporating Nisin Against *Listeria Monocytogenes*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(3), 1884–1891.

Mattila-Sandholm T, Skyttä E, 1991, The Effect of Spoilage Flora on the Growth of Food Pathogens in Minced Meat Stored at Chilled Temperature, Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie, 24, 116–120.

Mbandlwa P, Doyle N, Hill C, Stanton C, Ross R, 2020, Bacteriocins: Novel Applications in Food, and Human and Animal Health, Reference Module in Food Sciences, 1-9 pp.

McHugh T H, 2000, Protein–lipid Interactions in Edible Films and Coatings, Nahrung, 44(3), 148–151.

Mei J, Yuan Y, Wu Y, Li Y, 2013, Characterization of Edible Starch–Chitosan Film and Its Application in the Storage of Mongolian Cheese, International Journal of Biological Macromolecules, 57, 17–21.

Mellinas C, Valdés A, Ramos M, Burgos N, del C Garrigós M, Jiménez A, 2016, Active Edible Films: Current State and Future Trends, Journal of Applied Polymer Science, 133(2), 133.

Messaoudi S, Manai M, Kergourlay G, Prévost H, Connil N, Chobert J M, 2013, *Lactobacillus Salivarius*: Bacteriocin and Probiotic Activity, Food Microbiology, 36, 296-304.

Metin M, 2001, Süt Teknolojisi Sütün Bileşimi ve İşlenmesi, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:33, 802s, Bornova-İzmir.

Metin M, Öztürk G F, 2002, Süt ve Mamulleri Analiz Yöntemleri, Ege Üni, Ege Meslek Yüksekokulu Yayınları, Yayın No:24, Bornova, İzmir.

Metin M, 2008, Sütün Bileşimi ve İşlenmesi, Ege Üniversitesi Basımevi, 802s, İzmir.

Metin M, 2012, Sütün Yapısı ve Özellikleri, İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.

Metzger L E, Barbano D M, Rudan M A, Kindstedt P S, Guo M R, 2000, Whiteness Change During Heating and Cooling of Mozzarella Cheese, Journal of Dairy Science, 83(1), 1-10.

Milani J M, Nemati A, 2022, Lipid-based Edible Films and Coatings: A Review of Recent Advances and Applications, Journal of Packaging Technology and Research, 6(1), 11–22.

Millette M, Le Tien C, Smoragiewicz W, Lacroix M, 2007, Inhibition of *Staphylococcus Aureus* on Beef by Nisin-containing Modified Alginate Films and Beads, Food Control, 18(7), 878–884.

Moatsou G, 2019, Cheese: Technology, Compositional, Physical and Biofunctional Properties: A Special Issue, Foods, 8(10), 512.

Moe S, Draget K I, Skjak-Braek G, Smidsrod O, 1995, Alginates. In: Food Polysaccharides and Their Applications, pp 245, Stephen A M(Ed.), New York, Marcel Decker.

Mogi T, Kita K, 2009, Gramicidin S and Polymyxins: the Revival of Cationic Cyclic Peptide Antibiotics, Cellular and Molecular Life Science, 66, 3821-3826.

Mohamed S A A, El-Sakhawy M, El-Sakhawy M A M, 2020, Polysaccharides, Protein and Lipid-based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review, Carbohydrate Polymers, 238, 116178.

Mokoena M P, 2017, Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins: Classification, Biosynthesis and Applications Against Uropathogens: A Mini-review, Molecules, 22(8), 1–13.

Molloy E M, Hill C, Cotter P D, Ross R P, 2011, Bacteriocins, Encyclopedia of Dairy Sciences (2nd ed., ss. 420–429), Academic Press.

Montville T J, Kaiser A, 1993, Antimicrobial Proteins: Classification, Nomenclature, Diversity and Relationship to Bacteriocins, In D G Hoover, L R Steenson (Eds.), Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria (pp. 1–22), Academic Press.

Morales-Contreras B E, Wicker L, Rosas-Flores W, Contreras-Esquivel J C, Gallegos-Infante J A, Reyes-Jaquez D, Morales-Castro J, 2020, Apple Pomace from Variety "Blanca de Asturias" as Sustainable Source of Pectin: Composition, Rheological, and Thermal Properties, LWT, 117, Article 108641.

Morgan S M, Ross R P, Beresford T, Hill C, 2000, Combination of Hydrostatic Pressure and Lacticin 3147 Causes İncreased Killing of *Staphylococcus* and *Listeria*, Journal of Applied Microbiology, 88(3), 414-420.

Naidu A S, Clemens R A, 2000, Probiotics in Naidu, Natural Food Antimicrobial Systems, CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.

Nes I F, Diep D B, Ike Y, 2014, Enterococcal Bacteriocins and Antimicrobial Proteins That Contribute to Niche Control, Enterococci from Commensals to Leading of Drug Resistant İnfection, 1–34.

Ngatirah N, Ruswanto A, Sunardi S, 2022, Effect of Hydroxypropyl Methylcellulose from Oil Palm Empty Fruit Bunch on Oil Uptake and Physical Properties of French Fries, Food Science and Technology, 42.

Nguyen T T, Thi Dao U T, Thi Bui Q P, Bach G L, Ha Thuc C N, Ha Thuc H, 2020, Enhanced Antimicrobial Activities and Physiochemical Properties of Edible Film Based on Chitosan Incorporated with Sonneratia caseolaris (L.) Engl. leaf extract. Progress in Organic Coatings, 140, Article 105487.

Norajit K, Kim K M, Ryu G H, 2010, Comparative Studies on the Characterization and Antioxidant Properties of Biodegradable Alginate Films Containing Ginseng Extract, Journal of Food Engineering, 98 (3): 377-384.

Nuryana I, Andriani A, Lisdiyanti P, Yopi K, 2018, Analysis of Organic Acids Produced by Lactic Acid Bacteria, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 251, 1–6.

O'Keeffe T, Hill C, 1999, Bacteriocins: Potential in Food Preservation.

O'Mahony J A, Fox P F, 2014, Milk: An Overview, In P L H McSweeney, P F Fox (Eds.), Milk Proteins: From Expression to Food (2nd ed., pp. 19–73).

Oberg T S, McMahon D J, Culumber M D, McAuliffe O, Oberg C J, 2022, Invited Review: Review of Taxonomic Changes in Dairy-Related Lactobacilli, Journal of Dairy Science, 105(4), 2750–2770.

O'Callaghan A, Van Sinderen D, 2016, Bifidobacteria and Their Role as Members of the Human Gut Microbiota, Frontiers in Microbiology, 7, 925.

Okumuş M, 2019, Fiziko-kimyasal, Tekstürel ve Duyusal Özellikleri Üzerine Manda Sütü Kullanımının Etkisi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 133s, Bursa.

Ouwehand A C, Vesterlund S, 2004, Antimicrobial Components from Lactic Acid Bacteria, pp. 375-396.

Ovchinnikov K V, Kristiansen P E, Straume D, Jensen M S, AleksandrzakPiekarczyk T, Nes I F, Diep D B, 2017, The Leaderless Bacteriocin Enterocin K1 Is Highly Potent Against *Enterococcus Faecium*: A Study on Structure, Target Spectrum and Receptor, Frontiers in Microbiology, 8(774), 1-12.

Özdemir S, Sert S, 1996, Gıda Mikrobiyolojisi Tatbikat Notları, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın, 128.

Pavlath A E, Orts W, 2009, Edible Films and Coatings: Why, What, and How? In Edible Films and Coatings for Food Applications, Edited by Milda E. Embuscado, Kerry C. Huber, Springer Dordrecht Heidelberg London, New York, 403.

Pawar S N, 2017, Chemical Modification of Alginate, In Seaweed Polysaccharides: Isolation, Biological and Biomedical Applications, (Ed. V. Venkatesan), Elsevier, ss. 111-155.

Pena-Serna C, Penna A L B, Filho J F L, 2016, Zein-based Blend Coatings: Impact on the Quality of a Model Cheese of Short Ripening Period, Journal of Food Engineering, 171, 208–213.

Perez R, Zendo T, Sonomoto K, 2014, Novel bacteriocins from Lactic Acid Bacteria (LAB): Various Structures and Applications, Microbial Cell Factories, 13(Suppl 1): 3p.

Pfeiler E A, Klaenhammer T R, 2007, The Genomics of Lactic Acid Bacteria, Trends in Microbiology, 15, 546–553.

Phillips, C, Duggan J, 2001, The effect of EDTA and trisodium phosphate, alone and in combination with nisin, on the growth of *Arcobacter butzleri* in culture. Food Microbiology, 18(5), 547–554.

Pietrzak-Fiećko R, Kamelska-Sadowska A M, 2020, The Comparison of Nutritional Value of Human Milk with Other Mammals' Milk, Nutrients, 12, 1404.

Pinto M S, Fernandes de Carvalho A, dos Santos Pires A C, Souza A A C, da Silva P H F, Sobral D, de Paula J C J, de Lima Santos A, 2011, The Effects of nisin on

Staphylococcus aureus count and the Physicochemical Properties of Traditional Minas Serro Cheese, International Dairy Journal, 21(2), 90–96.

Podolak P K, Zayas J F, Kastner C L, Fung D Y C, 1996, Inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 on Beef by Application of Organic Acids, J. Food Prot, 59, 370-373.

Powell J E, 2006, Bacteriocins and Bacteriocin Producers Present in Kefir and Kefir Grains, Stellenbosh University Institutıonal Repository, Masters Degree Theses.

Preedy V R, Watson R R, Patel V B (Ed.), 2013, Handbook of Cheese in Health: Production, Nutrition and Medical Sciences, Wageningen Academic Publishers, 874p, Netherlands.

Pundir R R, Rna S, Kashyap N, Kaur A, 2013, Probiotic Potential of Lactic Acid Bacteria Isolated from Food Samples: An in Vitro Study, Journal of Applied Pharmaceutical Science, 3(3), 85–93.

Quigley L, O'Sullivan O, Stanton C, Beresford T P, Ross R P, Fitzgerald G F, 2013, The Complex Microbiota of Raw Milk, FEMS Microbiology Reviews, 37, 664- 698.

Raccach M, 2014, *Pediococcus*, Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition), 1-5 pp.

Raghav P, Agarwal N, Saini M, 2016, Edible Coating of Fruits and Vegetables: A Review, Education, 1, 2455–5630.

Ramos Ó L, Pereira J O, Silva S I, Fernandes J C, Franco M I, Lopes-da-Silva J A, Pintado M E, Malcata F X, 2012, Evaluation of Antimicrobial Edible Coatings from a Whey Protein Isolate Base to Improve the Shelf Life of Cheese, International Journal of Dairy Technology, 65, 6282–6292.

Raphaelides S, Antoniou K D, Petridis D, 1995, Texture Evaluation of Ultra-filtered Teleme Cheese, Journal of Food Science, 60(6), 1211–1215.

Ray W L, James B N, 1993, Algin. In Industrial Gums (pp. 105–142), San Diego, CA: Academic Press.

Rhim J-W, Gennadios A, Weller C L, Cezeirat C, Hanna M A, 1998, Soy Protein Isolate–Dialdehyde Starch Films, Industrial Crops and Products, 8 (3): 195-203.

Rhim J W, Shellhammer T H, 2005, Lipid-based Edible Films and Coatings, In J. H. Han (Ed.), Innovations in Food Packaging (pp. 362–383), Elsevier Academic Press.

Ribeiro S C, O'Connor P M, Ross R P, Stanton C, Silva C C, 2016, An Anti-listerial *Lactococcus lactis* strain isolated from Azorean Pico Cheese Produces Lacticin 481, International Dairy Journal, 63, 18-28.

Riley M, Wertz J, 2002, Bacteriocins: Evolution, Ecology, and Application, (56): 117-137.

Robertson G L, 2013, Food Packaging: Principle and Practice, Third Edition, CRC Press, Boca Raton, 703p.

Ryu S Y, Rhim J W, Roh H J, Kim S S, 2002, Preparation and Physical Properties of Zein-coated High-amylose Corn Starch Film, LWT – Food Science and Technology, 35(8), 680–686.

Sade E, 2011, *Leuconostoc* Spoilage of Refrigerated, Packaged Foods, Doctoral Thesis, Department of Food Hygiene and Environmental Health, Faculty of Veterinary Medicine University of Helsinki, 57 p, Helsinki/Finland.

Salgado P R, Ortiz C M, Musso Y S, Di Giorgio L, Mauri A N, 2015, Edible Films and Coatings Containing Bioactive Compounds, Current Opinion in Food Science.

Sánchez-Ortega I, García-Almendárez B E, Santos-López E M, Amaro-Reyes A, Barboza-Corona J E, Regalado C, 2014, Antimicrobial Edible Films and Coatings for Meat and Meat Products Preservation, The Scientific World Journal, 2014, 1–18.

Sandoval L N, López M, Montes-Díaz E, Espadín A, Tecante A, Gimeno M, Shirai K, 2016, Inhibition of *Listeria Monocytogenes* in Fresh Cheese Using Chitosan-Grafted Lactic Acid Packaging, Molecules, 21(4), 469.

Sansone F, Mencherini T, Picerno P, d'Amore M, Aquino R P, Lauro M R, 2011, Maltodextrin/pectin Microparticles by Spray Drying as Carrier for Nutraceutical Extracts, Journal of Food Engineering, 105(3), 468–476.

Sarıoğlu T, Öner Z, 2006, Yenilebilir Filmlerin Kaşar Peynirinin Kaplanmasında Kullanılma Olanakları ve Peynir Kalitesi Üzerine Etkileri, Gıda, 31(1), 3–10.

Sarıtaş Küçük G, Çelik Ö F, Türe H, 2017, Yenilebilir Aljinat ve Zein Filmlerin Gıda Ambalajlamasında Kullanımı, Ordu University Journal of Science and Technology, 7(2), 295–311.

Schillinger U, Geisen R, Holzapfel W H, 1996, Potential of Antagonistic Microorganisms and Bacteriocins for the Biological Preservation of Foods, Trends in Food Science & Technology, 7(5), 158–164.

Seçkin Y, Karagözlü N, 2004, Gıda Endüstrisi İçin Temel Esaslar ve Uygulamalar, Klaus Pichhardt (4. Basımdan Çeviri), Gıda Mikrobiyolojisi, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

Senturk Parreidt T, Müller K, Schmid M, 2018, Alginate-based Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications, Foods, 7(10), 170.

Serna C P, Penna A L B, Filho J F L, 2016, Zein-based Blend Coatings: Impact on the Quality of a Model Cheese of Short Ripening Period. J. Food Eng., 171, 208-213.

Settanni L, Corsetti A, 2008, Application of Bacteriocins in Vegetable Food Biopreservation, International Journal of Food Microbiology, 121(2), 123–138.

Sezer Ç, Güven A, Bilge Oral N, Vatansever L, 2013, Detoxification of Aflatoxin B1 by Bacteriocins and Bacteriocinogenic Lactic Acid Bacteria, Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 37, 594–601.

Shahdadi F, Faryabi M, Khan H, Sardoeei A S, Fazeli-Nasab B, Goh B H, Goh K W, Tan C S, 2023, Mentha Longifolia Essential Oil and Pulegone in Edible Coatings of Alginate and Chitosan: Effects on pathogenic bacteria in lactic cheese, Molecules, 28(11), 4554.

Silva C C G, Silva S P M, Ribeiro S C, 2018, Application of Bacteriocins and Protective Cultures in Dairy Food Preservation, Frontiers in Microbiology, 9, 594.

Silva S P M, Ribeiro S C, Teixeira J A, Silva C C G, 2022, Application of an Alginate-based Edible Coating with bacteriocin-producing *Lactococcus* Strains in Fresh Cheese Preservation, LWT- Food Science and Technology, 153, 112486.

Skryplonek K, Dmytrów I, Mituniewicz-Małek A, 2019, The Use of Buttermilk as A Raw Material for Cheese Production, International Journal of Dairy Technology, 72(4), 610-616.

Skurtys O, Acevedo C, Pedreschi F, Enrione J, Osorio F, Aguilera J, 2010, Food Hydrocolloid edible Films and Coatings, Nova Science Publishers.

Smit G, Smit B A, Engels W J M, 2005, Flavour Formation by Lactic Acid Bacteria and Biochemical Flavour Profiling of Cheese Products, FEMS Microbiology Reviews, 29, 591-610.

Smulders F J M, Barendsen P, van Logtestijn J G, Mossel D A A, van Der Marel G M, 1986, Review: Lactic Acid: Considerations in Favor of Its Acceptance as a Meat Decontaminant, J. Food Technol., 21, 419-436.

Soomro A H, Masud T, Anwaar K, 2002, Role of Lactic Acid Bacteria (LAB) in Food Preservation and Human Health – a review, Pakistan Journal of Nutrition, 1(1): 20-24.

SPSS, 2008, 17.0.0 for Windows SPSS Inc, Chicago, IL.

Stiles M E, Holzapfel W H, 1997, Lactic Acid Bacteria of Foods and Their Current Taxonomy, International Journal of Food Microbiology, 36, 1-29.

Stoyanova L, Ustyugova E, Netrusov A, 2012, Antibacterial Metabolites of Lactic Acid Bacteria: Their Diversity and Properties, Applied Biochemistry and Microbiology, Vol.48, No.3, 229–243.

Sun M C, Hu Z Y, Dian D L, Chen Y X, Xi J H, Zhao C H, 2022, Application of the Reuterin System as Food Preservative or Health-promoting Agent: A Critical Review, Foods, 11(24), 4000.

Szekalska M, Puciłowska A, Szymańska E, Ciosek P, Winnicka K, 2016, Alginate: Current Use and Future Perspectives in Pharmaceutical and Biomedical Applications, International Journal of Polymer Science, 1–17.

Şalvarcı M, 2015, Farklı pH Değerlerindeki Telemelerden Farklı Üretim Teknikleriyle Üretilen Kaşar Peynirlerinin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 85s, Konya.

Şen A, Toprak N, Güneş E, Halkman A K, 2004, Bitki Kökenli Laktobasiller Üzerine Bir Araştırma, Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, 2, 1-6s.

Tagg J R, Dajani A S, Wannamaker L W, 1976, Bacteriocins of Gram-Positive Bacteria, Bacterological Reviews, 40(3), 722-756.

Tambulut Y, 2011, Köy Peynirinin Starter Kültürle Üretilmesi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 91s, Çanakkale.

Tarakçı Z, Akyüz N, 2009, Effects of Packaging Materials and Filling Methods on Selected Characteristics of Otlu (Herby) Cheese, International Journal of Food Properties, 12, 496–511.

Tekinşen K K, 2004, Hakkâri ve Çevresinde Üretilen Otlu Peynirlerin Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kalitesi, Veteriner Bilimleri Dergisi, 20(2), 79-85.

Tekinşen O C, 2000, Süt Ürünleri Teknolojisi, Selçuk Üniversitesi Basımevi, 329s, Konya.

Temiz A, 2000, Genel Mikrobiyoloji Uygulama Teknikleri, 3.Baskı, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara.

Teuber M, 2008, Lactic Acid Bacteria: Biotechnology, In Rehm H J, Reed G (Editörler), Biotechnology (2. baskı, ss. 325–366), Wiley-Blackwell.

Thakur S, Sharma B, Verma A, Chaudhary J, Tamulevicius S, Thakur V K, 2018, Recent Progress in Sodium Alginate Based Sustainable Hydrogels for Environmental Applications, Journal of Cleaner Production, 198, 143–159.

Todorov S D, Dicks L M T, 2005, Pediocin ST18, an Anti-listerial Bacteriocin Produced by *Pediococcus pentosaceus* ST18 isolated from boza, a Traditional Cereal Beverage from Bulgaria, Process Biochemistry, 40, 365–370.

Tokatlı M, 2013, Ankara Çubuk Yöresi Turşularından İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Tanımlanmaları, Teknolojik ve Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi ve Starter Olarak Kullanılma Olanaklarının Değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 192s, Ankara.

Torlak E, Nizamlıoğlu M, 2011, Uçucu Yağ İçeren Yenilebilir Kitosan Filmlerinin *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* O157:H7 Üzerine Etkinlikleri, Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi, 8, 125–129.

Tschager E, 1985, Organik Asitlerin Önemi ve Peynirin Kalitesi Üzerine Etkileri (L. Öztek, Çev.), Gıda, 10(4).

Tunail N, 2009, Mikrobiyoloji, Pelin Ofset, 448 s, Ankara.

Tunail N, Akçelik M, Ayhan K, Durlu F, Aydar Y, Demircan S, 1995, Laktik Streptokoklarda nisin Üretim Özelliğinin Genetik Determinantlarını Bu Özelliğin Aktarım Olanakları ve Mikrobiyel Yolla nisin Üretimi Üzerinde Araştırmalar, Proje No: TBGAG 36- DPT 84. s. 32.

Tunick M H, 2000, Rheology of Dairy Foods that Gel, Stretch, and Fracture, Journal of Dairy Science, 83(8), 1892–1898.

Üçüncü M, 2018, Süt ve Mamulleri Teknolojisi, Sidas Medya, 567, İzmir.

Ünlütürk A, Turantaş F, 1999, Gıda Mikrobiyolojisi 2.Baskı, Mengi Tan Basımevi, 606s, İzmir.

Ünlütürk A, Turantaş F, 2002, Gıdaların Mikrobiyolojik Analizi, İkinci Baskı, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, Bornova, İzmir.

Ünsal A, 1997, When Milk Slept ―Turkish Cheeses, Bank of Yapı Kredi Publications, İstanbul, 49-81, 216-244.

Üstünol Z, 2009, Edible Films and Coatings for Meat and Poultry, In Edible Films and Coatings for Food Applications, Edited by Milda E. Embuscado, Kerry C. Huber, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 403p.

Üzüm M, 2006, Ankara Yöresinde Tüketime Sunulan Çiğ Sütlerde Salmonella, Shigella ve Bazı Patojenlerin İzolasyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Vaez Nemati M, Hashempour-Baltork F, Gharavi-Nakhjavani M S, Feizollahi E, Marangoni Júnior L, Mirza Alizadeh A, 2023, Application of a Whey Protein Edible Film İncorporated with Cumin Essential Oil in Cheese Preservation, Food Science and Nutrition, 8(5), 2485–2495.

Vasiliauskaite A, Mileriene J, Songisepp E, Rud I, Muizniece-Brasava S, Ciprovica I, Axelsson L, Lutter L, Aleksandrovas E, Tammsaar E, Salomskiene J, Serniene L, Malakauskas M, 2022, Application of Edible Coating Based on Liquid Acid Whey Protein Concentrate with Indigenous *Lactobacillus Helveticus* for Acid-curd Cheese Quality Improvement, Foods, 11(21), 3353.

Voss D H, 1992, Relating Colorimeter Measurement of Plant Color to the Royal Horticultural Society Colour Chart, Hortscience, 27, 1256-1260.

Vust L D, Leroy F, 2007, Bacteriocins from Lactic Acid Bacteria: Production, Purification, and Food Applications, Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology 13: 194-199.

Wagh Y R, Pushpadass H A, Emerald F M E, Nath B S, 2014, Preparation and Characterization of Milk Protein Films and Their Application for Packaging of Cheddar Cheese, Journal of Food Science and Technology, 51(12), 3767–3775.

Wang A, Siddique B, Wu L, Ahmad I, Liu X, 2020, Sodium Alginate Edible Coating Augmented with Essential Oils Maintains Fruits Postharvest Physiology During Preservation: A Review, International Journal of Multidisciplinary Research and Development, 7(8), 135-140.

Wayah S B, Philip K, 2018, Pentocin MQ1: A Novel, Broad-Spectrum, PoreForming Bacteriocin From *Lactobacillus pentosus* CS2 With Quorum Sensing Regulatory Mechanism and Biopreservative Potential, Frontiers in Microbiology, 9(564), 1-13.

Weller C L, Gennadios A, Saraiva R A, 1998, Edible Bilayer Films from Zein and Grain Sorghum Wax or Carnauba Wax, LWT – Food Science and Technology, 31(3), 279–285.

Wittaya T, 2012, Protein-based Edible Films: Characteristics and Improvement of Properties, In A A Eissa (Ed.), Structure and Function of Food Engineering, InTech.

Wongphan P, Harnkarnsujarit N, 2020, Characterization of Starch, Agar and Maltodextrin Blends for Controlled Dissolution of Edible Films, International Journal of Biological Macromolecules, 156, 80–93.

Wood B J B, Holzapfel W H, 1995, The Lactic Acid Bacteria: The Genera of Lactic Acid Bacteria, Blackie Academic and Professional, Glasgow BK.

Wu Y, Zhen W, Geng Y, Wang Z, Guo Y, 2019. Pretreatment with probiotic *Enterococcus faecium* NCIMB 11181 ameliorates necrotic enteritis-induced intestinal barrier injury in broiler chickens, Scientific Reports, 9(10256), 1-17.

Yalgın G, 2022, Farklı Unlardan Üretilen Ekşi Hamurlardan İzole Edilen *Lactobacillus brevis* ve *Lactobacillus plantarum*'un Antimikrobiyel Etkilerinin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Ankara.

Yang S, Wang J, Wang Y, Luo Y, 2016, Key Role of Collagen Fibers Orientation in Casing-meat Adhesion, Food Research International, 89, 439–447.

Yarkent Ç, Aslanbay Güler B, Gürlek C, Şahin Y, Köse A, Öncel S S, İmamoğlu E, 2021, Algal Alginate in Biotechnology: Biosynthesis and Applications, In Properties and Applications of Alginates.

Yeşiltaş M, 2012, Dumanlanmış Balığın Kalitesinde Aljinat Kaplama Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Yıldırım G, 2019, *Lactobacillus Acidophilus* ve *Bifidobacterium Bifidum* Türlerinin Manda ve İnek Sütünden Elde Edilmiş Mozzarella Peynirlerinin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 171s, Afyonkarahisar.

Yıldırım S, 2011, Active Packaging for Food Biopreservation, In C. Lacroix (Ed.), Protective Cultures, Antimicrobial Metabolites and Bacteriophages for Food and Beverage Biopreservation (pp. 460–489), London, UK: Woodhead Publishing Ltd.

Yıldız B, Öner Z, 2017, Karbondioksit Uygulamasının Beyaz Peynir Kalitesine Etkisi, Gıda, 42(5), 527–534.

Yoon S H, 2020, Application of Bacteriocin-producing Lactic Acid Bacteria in Fresh Cheese for Efficient Control of *Listeria monocytogenes* (Master's thesis), Chung-Ang University, Anseong, Korea.

Yousuf B, Sun Y, Wu S, 2022, Lipid and Lipid-containing Composite Edible Coatings and Films, Food Reviews International, 38(Suppl. 1), 574–597.

Yörük N, Güner A, 2011, Laktik Asit Bakterilerinin Sınıflandırılması ve *Weissella* Türlerinin Gıda Mikrobiyolojisinde Önemi, Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 6(2): 163-176s.

Z. Yang, 2000, Antimicrobial Compounds and Extracellular Polysaccharides Produced by Lactic Acid Bacteria: Structures and Properties, Book Z. Yangs, (eds: Vol.Number), Citeseer, Place, Chapter Number.

Zare A, Azari-Takami G, Taridashti F, Khara H, 2017, The Effects of *Pediococcus acidilactici* as a Probiotic on Growth Performance and Survival Rate of Greats Turgeon, Husohuso (Linnaeus, 1758), Iranian Journal of Fisheries Sciences, 16(1): 150-161.

Zhang J, Yang Y, Yang H, Bu Y, Yi H, Zhang L, Han X, Ai L, 2018, Purification and Partial Characterization of Bacteriocin Lac-B23, a Novel Bacteriocin Production by *Lactobacillus plantarum* J23, Isolated From Chinese Traditional Fermented Milk, Frontiers in Microbiology, 9(2165), 1-7.

Zhong Y, Cavender G, Zhao Y, 2014, Investigation of Different Coating Application Methods on The Performance of Edible Coatings on Mozzarella Cheese, Food Science and Technology, 56, 1-8.

Zhu C, 2013, Characterization of the Rheological Properties of Mozzarella Cheese, Massey University, Chemical and Pioprocess Engineering, MSc Theses, 135 s, New Zeland.

Zoghi A, Khosravi-Darani K, Mohammadi R, 2020, Application of Edible Films Containing Probiotics in Food Products, Journal of Consumer Protection and Food Safety, 15(4), 307–320.

İnternet Kaynakları:

1- https://www.arniskimya.com/Gida-Katki-Maddeleri/Maltodekstrin, 03.10.2025

2- https://www.diatek.com.tr/Makale-Yontem/Mikrobiyolojik-Analiz/*Listeria-Monocytogenes*-Analizi_233.htm, 12.08.2025

ÖZGEÇMİŞ