



T.C
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEÇİL PEYNİRİNİN MUHAFAZASINDA FARKLI YENİLEBİLİR
FİLM VE KAPLAMALARIN OPTİMİZASYONU VE KALİTE
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESRA EFDAL

AĞUSTOS 2025

ESRA EFDAL

BIYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 2025

**ÇEÇİL PEYNİRİNİN MUHAFAZASINDA FARKLI YENİLEBİLİR FİLM
VE KAPLAMALARIN OPTİMİZASYONU VE KALİTE
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Esra EFDAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Fadime SEYREKOĞLU

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2025

Yüksek Lisans Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Esra EFDAL tarafından hazırlanan “Çeçil Peynirinin Muhafazasında Farklı Yenilebilir Film ve Kaplamaların Optimizasyonu ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fadime SEYREKOĞLU

Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan: Doç. Dr. Ebru BATI AY

Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ali GÖNCÜ

Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Adnan Menderes Üniversitesi

Bu tezin kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 21/08/2025

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Esra EFDAL

21/08/2025

ÇEÇİL PEYNİRİNİN MUHAFAZASINDA
FARKLI YENİLEBİLİR FİLM VE KAPLAMALARIN OPTİMİZASYONU VE
KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Esra EFDAL

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2025

ÖZET

Gıdaların raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyal stabilitesini sağlamak, gıda endüstrisinin temel hedeflerinden biridir. Bu kapsamda doğal, biyobozunur ve aktif özellik gösteren yenilebilir filmler ön plana çıkmaktadır. Bu tez çalışmasında, geleneksel ve endüstriyel yöntemlerle üretilen çeçil peynirlerinin yüzeyine kitosan, kitosan+kekik yağı ve kitosan+biberiye yağı içeren yenilebilir filmler uygulanmıştır. Ön çalışmalarda ayrıca chia bazlı film kombinasyonları da denenmiş, ancak mikrobiyolojik analiz sonuçları doğrultusunda sadece kitosan esaslı üç formülasyon ile uygulamaya devam edilmiştir. Üretilen yenilebilir filmler peynir yüzeyine daldırma yöntemi ile uygulanmış, her üretim tipi için bir kontrol grubu belirlenmiştir. Ürünler soğuk koşullarda (4 ± 1 °C) depolanmış ve 1., 15., 30. ve 45. günlerde fiziksel (renk, su aktivitesi, tekstür), kimyasal (pH, asitlik, kuru madde), mikrobiyolojik (TAMB, maya-küf, koliform, LAB) ve duyusal analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, özellikle kitosan bazlı filmlerin mikrobiyal gelişimi sınırlandırmada etkili olduğunu göstermiştir. Kitosan+biberiye yağı kombinasyonu'nun, hem geleneksel hem de endüstriyel peynirlerde mikrobiyal yükü düşürmede ve tekstürel stabiliteyi korumada öne çıktığı belirlenmiştir. Duyusal analizlerde ise geleneksel üretimle elde edilen peynirlerin genel beğeni düzeyleri daha yüksek bulunmuştur. Ancak film uygulamalarının tüketici kabulü açısından farklı sonuçlar verdiği, satın alma isteğinde ise geleneksel peynirlerde daha düşük eğilim gözlemlendiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, doğal kaynaklı yenilebilir film uygulamaları ile çeçil peyniri gibi hızlı bozulan gıdaların raf ömrü güvenli bir şekilde uzatılabilirken, bu uygulamaların üretim tipi, film içeriği ve tüketici beklentileri doğrultusunda optimize edilmesi gerektiği ortaya konmuştur. Bu çalışma, özellikle kitosan bazlı filmlerin çeçil peyniri üzerinde uygulanabilirliğini göstermesi açısından literatüre önemli katkılar sunmaktadır.

Sayfa Adedi : 143

Anahtar Kelimeler: Çeçil Peyniri, Yenilebilir Film, Kitosan, Biberiye Yağı, Kekik Yağı, Raf Ömrü, Mikrobiyolojik Kalite, Duyusal Analiz.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Fadime SEYREKOĞLU

OPTIMIZATION OF DIFFERENT EDIBLE FILMS AND COATINGS IN THE PRESERVATION OF ÇEÇİL CHEESE AND THEIR EFFECTS ON QUALITY

PARAMETERS

(M. Sc. Thesis)

Esra EFDAL

AMASYA UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

August 2025

ABSTRACT

Extending the shelf life and ensuring the microbial stability of food products are among the main goals of the food industry. In this context, edible films with natural, biodegradable, and active properties have gained increasing importance. In the present study, edible films containing chitosan, chitosan + thyme oil, and chitosan + rosemary oil were applied to the surface of Cecil cheeses produced using traditional and industrial methods. In preliminary trials, chia-based film formulations were also evaluated; however, due to inadequate antimicrobial performance, only chitosan-based films were used in the main experiments. The films were applied by dipping, with one control group designated for each cheese production type. The samples were stored under refrigerated conditions (4 ± 1 °C), and analyses were performed on days 1, 15, 30, and 45. These included physical (color, water activity, texture), chemical (pH, titratable acidity, dry matter), microbiological (total mesophilic aerobic bacteria, yeast-mold, coliforms, lactic acid bacteria), and sensory evaluations. The results demonstrated that chitosan-based films were effective in inhibiting microbial growth. The combination of chitosan and rosemary oil was particularly successful in reducing microbial load and maintaining textural stability in both traditional and industrial samples. Sensory analysis revealed that cheeses produced by traditional methods received higher scores in overall acceptability. However, edible film applications led to variable results in terms of consumer acceptance, with lower purchase intent observed for traditional control samples. In conclusion, natural edible film applications can significantly extend the shelf life of perishable products such as Cecil cheese. Nevertheless, formulation content, production method, and consumer expectations must be considered when designing such applications. This study contributes to the literature by demonstrating the applicability of chitosan-based edible films in preserving the quality and safety of traditional dairy products.

Number of pages : 143

Keywords : Cecil Cheese, Edible Film, Chitosan, Rosemary Oil, Thyme Oil,
Shelf Life, Microbial Quality, Sensory Analysis.

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Fadime SEYREKOĞLU

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi, deneyim ve emeğini esirgemedi her zaman yanımda olan, bana yol gösteren ve rehberlik eden değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Fadime SEYREKOĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Yalnızca tez sürecinde değil, lisansüstü eğitimim boyunca göstermiş olduğu sabır, anlayış ve desteği, akademik birikimini paylaşmadaki cömertliği benim için çok kıymetlidir. Zorlandığım, cesaretimin kırıldığı anlarda her zaman yanımda olmuş, laboratuvar çalışmalarında bizzat bulunarak bu süreci daha verimli ve öğretici hale getirmiştir. Kendisinin ilk yüksek lisans öğrencisi olmanın verdiği gurur ve mutluluğu derinden hissediyorum. Bu yolculuk boyunca bana kazandırdığı akademik birikim, rehberlik ve ilham için kendisine minnettarım.

Tez çalışmam için oldukça önemli olan bir analizin gerçekleştirilmesine olanak sağlayarak tezime yüksek katkılar sunan saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Sultan ACUN'a bu anlamlı desteği için çok teşekkür ediyorum. Abiotech Ar-Ge ve İnovasyon Ltd.Şti.'ne ait laboratuvarı tez çalışmam boyunca, rahatlıkla kullanmama imkan tanıyan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Tuba YILDIRIM ve kıymetli ablam Dr. Öğr. Üyesi Seda MESCI' ye sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Dalgıçlar Çiftliği (Eren Gıda) Fabrika Müdürü Sn. Mehmet YILMAZ ve kıymetli ekip arkadaşlarına, mesleki ve teknik bilgilerini içtenlikle paylaştıkları ve sağladıkları laboratuvar imkanları için çok teşekkür ediyorum. İlk iş yerim olan MUTLUKAL Gıda San. Tic. A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanı Sn. Mutlu DİŞDİŞ' e tez çalışmama sağladığı katkılardan dolayı teşekkür ediyorum.

Ve tabiki babacım Mehmet EFDAL ve annecim Selma EFDAL' a çıktığım her yolda ışığım, gücüm, yol arkadaşlarım oldukları için sonsuz teşekkür ediyorum. Emeklerinize layık olabilmeyi diliyorum. Bu yola çıkmama sebep olan, başarısı ve azmine her zaman hayran olduğum, akademik anlamda bana rol model olan canım kardeşim İnşaat Yüksek Mühendisi Dilara EFDAL'a ayrıca çok teşekkür ediyorum. (Sen olmasan başaramazdım.) Son olarak tez sürecimde gece gündüz bilgisayar başında beni yalnız bırakmayan; mental olarak beni hayata bağlayan güzel kedilerim Düğme ve Şeftali' ye kalpten teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
2.1. Yenilebilir Film ve Kaplamalar	3
2.1.1. Giriş	3
2.1.2. Yenilebilir Film ve Kaplama Türleri	4
2.1.3. Yenilebilir Filmlerin Fonksiyonları	4
2.1.4. Kullanım Alanları	5
2.1.5. Aktif ve Akıllı Yenilebilir Kaplamalar	6
2.1.6. Film Oluşumunda Temel Aşamalar	7
2.1.7. Süt Ürünlerinde Uygulama Örnekleri	8
2.1.8. Peynir Ürünlerinde Yenilebilir Film Kullanımı	9
2.1.9. Literatür Değerlendirmesi ve Tezle İlişkilendirme	10
2.1.10. Sonuç ve Geçiş	10
2.2. Kitosan: Özellikleri ve Yenilebilir Film Oluşturma Kabiliyeti	11
2.2.1. Tanımı, Kaynağı ve Elde Edilme Süreci	11
2.2.2. Kimyasal Yapısı ve Özellikleri	12

	Sayfa
2.2.3. Fonksiyonel Özellikleri ve Antimikrobiyal Etki Mekanizması.....	12
2.2.4. Kitosan Tabanlı Yenilebilir Film Oluşturma Yeteneği	14
2.2.5. Kitosan Bazlı Yenilebilir Film Üretim Süreci.....	15
2.2.6. Uygulama Alanları ve Sağladığı Avantajlar.....	16
2.2.7. Literatür ve Tez Tabanlı Uygulamalar	18
2.2.8. Tez Çalışmasıyla İlişkilendirme	20
2.3. Biberiye Yağı: Üretimi, Özellikleri ve Raf Ömrüne Etkisi.....	20
2.3.1. Biberiye Bitkisi ve Elde Edilişi	21
2.3.2. Biberiye Yağının Kimyasal Yapısı.....	22
2.3.3. Antimikrobiyal ve Antioksidan Etki Mekanizması	23
2.3.4. Gıda Endüstrisinde Kullanımı ve Raf Ömrüne Etkisi	25
2.3.5. Literatür ve Tez Tabanlı Uygulamalar	27
2.3.6. Tez Çalışmasıyla İlişkilendirme	28
2.4. Kekik Yağı: Üretimi, Özellikleri ve Raf Ömrüne Etkisi.....	29
2.4.1. Kekik Bitkisi ve Önemi	29
2.4.2. Kekik Yağı Üretim Yöntemleri	30
2.4.3. Kekik Yağının Kimyasal Yapısı.....	32
2.4.4. Antimikrobiyal ve Antioksidan Etki Mekanizmaları	33
2.4.5. Gıda Endüstrisinde Kullanımı ve Raf Ömrüne Etkisi	35
2.4.6. Literatür ve Tez Tabanlı Uygulamalar	37
2.4.7. Tez Çalışmasıyla İlişkilendirme	38
2.5. Çeçil Peyniri: Tarihçesi ve Üretimi.....	39
2.5.1. Giriş ve Tarihçe	39
2.5.2. Coğrafi Üretim ve Kültürel Önemi.....	39

	Sayfa
2.5.3. Yapısal ve Duyusal Özellikler.....	40
2.5.4. Geleneksel ve Endüstriyel Üretim Süreci.....	41
2.6. Sonuç ve Değerlendirme	51
3. MATERYAL VE METOD	53
3.1. Materyal	53
3.2. Metod	53
3.2.1. Yenilebilir Film Üretimi (1.Aşama).....	53
3.2.1.1. Chia Tohumu ile Yenilebilir Film Üretimi	54
3.2.1.2. Chia Tohumu ve Uçucu Yağların (Biberiye yağı,Kekik yağı) Kombinasyonu	57
3.2.1.3. Kitosan ile Yenilebilir Film Üretimi	59
3.2.1.4. Kitosan ve Uçucu Yağların Kombinasyonu.....	61
3.2.1.5. Kitosan, Chia Tohumu ve Uçucu Yağların Kombinasyonu.....	63
3.2.2.Çeçil Peyniri Üretimi.....	64
3.2.2.1. Geleneksel Yöntemle Çeçil Peyniri Üretimi.....	64
3.2.2.2. Endüstriyel Yöntemle Çeçil Peyniri Üretimi	74
3.2.3.Çeçil Peynirlerinin Yenilebilir Filmle Kaplanması	84
3.2.3.1. Çeçil Peynirlerinin Kaplanması için Yenilebilir Film Çözeltilerinin Hazırlanması	84
3.2.3.2.Çeçil Peynirlerinin Yenilebilir Filmle Kaplanması.....	87
4. YAPILAN ANALİZLER VE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	91
4.1. Yenilebilir filmlerde Antimikrobiyal Aktivite Analizleri	91
4.1.1. <i>Salmonella spp.</i> Varlığının Belirlenmesi.....	91
4.1.2. <i>Bacillus subtilis</i> Sayımı	92
4.2. Yenilebilir Filmle Kaplanan Çeçil Peynirlerine Yapılan Analizler	92

	Sayfa
4.2.1. Çeçil Peynirlerinde Fiziksel Analizler.....	93
4.2.1.1. Renk Analizi.....	93
4.2.1.2. Su Aktivitesi (aw) Analizi.....	94
4.2.2. Çeçil Peynirlerinde Kimyasal Analizler	95
4.2.2.1. pH Analizi	95
4.2.2.2. Asitlik Analizi	96
4.2.2.3. Kuru Madde Analizi.....	96
4.2.3. Çeçil Peynirlerinde Mikrobiyolojik Analizler.....	97
4.2.3.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı	98
4.2.3.2. Maya-Küf Sayımı.....	98
4.2.3.3. Koliform Grubu Bakteri Sayımı	98
4.2.3.4. Laktik Asit Bakteri Sayımı	99
4.2.4. Çeçil Peynirlerinde Duyusal Analizler.....	99
4.2.5. Çeçil Peynirlerinde Tekstür Analizi	99
4.2.6. İstatiksel Analizler.....	100
5. ARAŞTIRMA VERİLERİ VE TARTIŞMA	101
5.1. Yenilebilir Filmlerde Antimikrobiyal Aktivite Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	101
5.2. Çeçil Peynirlerinin Fiziksel Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	102
5.2.1. Su Aktivitesi Analizlerinin Değerlendirilmesi	103
5.2.2. Renk Analizlerinin Değerlendirilmesi.....	105
5.3. Çeçil Peynirlerinin Kimyasal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	108
5.3.1. pH Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	108
5.3.2. Asitlik Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	111
5.3.3. Kuru Madde Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	113

Sayfa

5.4. Çeçil Peynirlerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	115
5.4.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	115
5.4.2. Maya-Küf Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	117
5.4.3. Koliform Grubu Bakteri Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	120
5.4.4. Laktik Asit Bakteri Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	121
5.5. Çeçil Peynirlerinin Duyusal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	124
5.5.1. Renk ve Görünüm Değerlendirmesi	127
5.5.2. Tekstür Değerlendirmesi	127
5.5.3. Koku Değerlendirmesi.....	128
5.5.4. Tat ve Aroma Değerlendirmesi	128
5.5.5. Tuzluluk Değerlendirmesi	128
5.5.6. Genel Beğeni Değerlendirmesi.....	128
5.5.7. Satın Alma Eğilimi Değerlendirmesi	129
5.6. Çeçil Peynirlerinin Tekstür Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	130
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	135
6.1. ÖNERİLER	137
KAYNAKLAR	139
ÖZGEÇMİŞ	143

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1 Yenilebilir Filmlerde Kullanılan Biyopolimerler ve Özellikleri	4
Çizelge 2. 2. Yenilebilir Film Üretim Süreci	8
Çizelge 2. 3. Peynir Ürünlerinde Yenilebilir Film Uygulamaları ve Bulgular	9
Çizelge 2. 4. Kitosanın Kimyasal Yapısı	12
Çizelge 2. 5.Kitosan Filmlerin Kullanım Şekline Göre Etkisi.....	18
Çizelge 2. 6.Kitosan İçeren Filmlerde Alınan Sonuçlar	20
Çizelge 2. 7.Biberiye Yağının Ana Bileşenleri.....	22
Çizelge 2. 8.Biberiye Yağının Bazı Mikroorganizmalara Etkisi	25
Çizelge 2. 9.Biberiye Yağının Yenilebilir Filmlerde Uygulanma Örnekleri.....	27
Çizelge 2. 10.Biberiye Yağının Kullanıldığı Tezler	28
Çizelge 2. 11.Kekik Yağının Farklı Üretim Yöntemleri.....	31
Çizelge 2. 12.Kekik Yağının Kimyasal Bileşimi.....	32
Çizelge 2. 13.Kekik Yağının Gıdalarda Kullanımı ve Etkileri	37
Çizelge 2. 14.Kekik Yağının Bulunduğu Bazı Tez Uygulamaları.....	38
Çizelge 2. 15.Çeçil Peynirinin Yapısal ve Duyusal Özellikleri.....	40
Çizelge 2. 16.Geleneksel ve Endüstriyel Üretimde Temel Farklar	46
Çizelge 2. 17.Yenilebilir Film Uygulamaları ile Peynirlerde Elde Edilen Sonuçlar	50
Çizelge 3. 1.Yenilebilir Film Grupları	54
Çizelge 3. 2.Geleneksel Üretim Aşamaları.....	67
Çizelge 5.1. Yenilebilir filmlerde antimikrobiyal aktivite analiz değerleri	101
Çizelge 5.2. Çeçil peyniri örneklerinin aw analiz değerleri.....	103
Çizelge 5.3. Çeçil peyniri örneklerinin renk analiz değerleri	105
Çizelge 5.4. Çeçil peyniri örneklerinin pH analiz değerleri	109

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.5. Çeçil peyniri örneklerinin asitlik analizi değerleri	111
Çizelge 5.6. Çeçil peyniri örneklerinin kuru madde analizi değerleri	113
Çizelge 5.7. Çeçil peyniri örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri analizi değerleri.....	115
Çizelge 5.8. Çeçil peyniri örneklerinin maya-küf analizi değerleri.....	118
Çizelge 5.9. Çeçil peyniri örneklerinin koliform grubu bakteri analiz değerleri.....	120
Çizelge 5.10. Çeçil peyniri örneklerinin laktik asit bakteri analizi değerleri	122
Çizelge 5.11. Çeçil peyniri örneklerinin duyuşsal analiz değerleri.....	124
Çizelge 5.12. Çeçil peyniri örneklerinin tekstür analiz değerleri	130

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 1.Kitosan Elde Edilme Süreci.....	11
Şekil 2. 2.Kitosanın Basitleştirilmiş Kimyasal Yapısı.....	12
Şekil 2. 3.Biberiye Yağının Temel Bileşenleri	23
Şekil 3. 1.Chia tohumunun tartılması	55
Şekil 3. 2.NaOH ile asitliğin ayarlanması.....	55
Şekil 3. 3.Hidratlama işlemi.....	56
Şekil 3. 4.Kurutmaya hazır çözelti.....	56
Şekil 3. 5.Kurutulmuş chia tohumu musilajı	57
Şekil 3. 6.Chia film çözeltisi.....	57
Şekil 3. 7.Chia tohumu ile hazırlanan yenilebilir filmler.....	58
Şekil 3. 8.Etüvde kurumaya bırakılan filmler	59
Şekil 3. 9.Kitosan	60
Şekil 3. 10.Kitosan film çözeltisi	60
Şekil 3. 11.Kitosan+biberiye yağı çözeltisi	61
Şekil 3. 12.Kitosan+kekik yağı çözeltisi.....	62
Şekil 3. 13.Kitosan+uçucu yağ filmleri	62
Şekil 3. 14.Kurumaya bırakılan yenilebilir filmler	63
Şekil 3. 15.Çiğ süt.....	67
Şekil 3. 16.Isıtma	67
Şekil 3. 17.Şirden mayası.....	67
Şekil 3. 18.Yoğurt ilavesi.....	68
Şekil 3. 19.Limon suyu	68
Şekil 3. 20.Mayalama	68

Şekil	Sayfa
Şekil 3. 21.Pıhtı oluşumu	69
Şekil 3. 22.Pıhtı kırma	69
Şekil 3. 23.Pıhtı toplama.....	69
Şekil 3. 24.Süzme	70
Şekil 3. 25.Baskılama	70
Şekil 3. 26.Dinlendirme	70
Şekil 3. 27.Doğrama	71
Şekil 3. 28.Haşlama suyu.....	71
Şekil 3. 29.Haşlama	71
Şekil 3. 30.Suda yoğurma	72
Şekil 3. 31.Yoğurma	72
Şekil 3. 32.Çekme	72
Şekil 3. 33.Suda çekme	73
Şekil 3. 34.Telleme	73
Şekil 3. 35.Tuzlama	73
Şekil 3. 36. Geleneksel Üretim Çeçil Peyniri	74
Şekil 3. 37.Pastörizasyon Tankı.....	76
Şekil 3. 38.Seperatör	76
Şekil 3. 39.Mayalama tankı	77
Şekil 3. 40.Bekleme tankı	77
Şekil 3. 41.Kesme	78
Şekil 3. 42.Haşlama ve Yoğurma Makinası.....	78
Şekil 3. 43.Yoğurma ve çekme	79
Şekil 3. 44.Kesme	79

Şekil	Sayfa
Şekil 3. 45.Soğutma	80
Şekil 3. 46.Tuz banyosu.....	80
Şekil 3. 47.Kesme, Soğutma ve Tuzlama Makinası	81
Şekil 3. 48.Kurutma	81
Şekil 3. 49.Telleme makinası.....	81
Şekil 3. 50.Endüstriyel Üretim Çeçil Peyniri.....	82
Şekil 3. 51.Paketleme (Vakumlama-MAP)	82
Şekil 3. 52.Endüstriyel Üretim Akış Şeması	83
Şekil 3. 53.Kitosan.....	85
Şekil 3. 54.Kitosan film çözeltisinin hazırlanması	85
Şekil 3. 55.Kitosan+kekik yağı çözeltisi.....	86
Şekil 3. 56.Kitosan+biberiye yağı çözeltisi	87
Şekil 3. 57.Daldırma yöntemi ile kaplama.....	88
Şekil 3. 58.Yenilebilir filmle kaplanmış geleneksel çeçil peyniri	89
Şekil 3. 59.Endüstriyel çeçil peyniri kaplama	89
Şekil 3. 60.Yenilebilir filmle kaplanmış endüstriyel çeçil peynirleri	90
Şekil 3. 61.Yenilebilir filmle kaplanmış peynirlerin kurutulması	90
Şekil 4. 1.Renk tayin cihazı	93
Şekil 4. 2. Su aktivitesi tayin cihazı	94
Şekil 4. 3.pH metre	95
Şekil 4. 4.Nem tayin cihazı	96
Şekil 4. 5.Mikrobiyolojik analizler	97

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
cfu/g	Koloni oluşturan birim/gram
cm	Santimetre
g	Gram
h	Saat
m	Metre
mL	Mililitre
min	Dakika
mm	Milimetre
mg	Miligram
NaOH	Sodyum hidroksit
µL	Mikrolitre
OD	Optik Dansite
pH	Hidrojen iyonu konsantrasyonu
SD	Standart sapma

Kısaltmalar**Açıklama**

ANOVA	Analysis of variance (Tek yönlü varyans analizi)
AOAC	Association of official analytical chemists
B. subtilis	Bacillus subtilis bakterisi
EBİ	Endüstriyel kitosan+ biberiye yağı ile kaplı peynir
EK	Endüstriyel kontrol grubu
EKE	Endüstriyel kitosan+ kekik yağı ile kaplı peynir
EKİ	Endüstriyel kitosan ile kaplı peynir
GBİ	Geleneksel kitosan+ biberiye yağı ile kaplı peynir
GK	Geleneksel kontrol grubu
GKE	Geleneksel kitosan+ kekik yağı ile kaplı peynir
GKİ	Geleneksel kitosan ile kaplı peynir
ISO	International organization for standardization
KMO	Kaiser-meyer-olkin testi
MIC	Minimum inhibitory concentration (Minimum inhibitör konsantrasyonu)
SPSS	Statistical package for the social sciences (İstatistik analiz programı)
TAMB	Toplam aerobik mezofilik bakteri
TBARS	Lipid oksidasyon derecesi
YMBA	Yeast and mold base agar (Mayalar ve küfler için besiyeri)

1. GİRİŞ

Gıda güvenliği, kalite korunumu ve raf ömrünün uzatılması, günümüz gıda sektörünün en önemli gündem maddelerinden biri olmaya devam etmektedir. Dünya genelinde her yıl milyonlarca ton gıda, uygun muhafaza koşullarının sağlanamaması ve bozulma nedeniyle israf edilmekte, bu da ekonomik kayıplara ve çevresel problemlere yol açmaktadır. Gıda kayıplarının büyük bir kısmı, özellikle süt ve süt ürünleri gibi mikrobiyal bozulmaya açık ürünlerde gerçekleşmektedir. Süt ürünleri, yüksek nem içeriği ve nötr pH yapısı nedeniyle mikroorganizmaların gelişimi için uygun bir ortam oluşturmaktadır. Bu nedenle, süt ve süt ürünlerinin korunması için doğal ve sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesi hem tüketici sağlığının korunması hem de gıda israfının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda yenilebilir film ve kaplamalar, çevre dostu ve işlevsel çözümler sunması nedeniyle önemli bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadır. Geleneksel plastik ambalajların doğada uzun yıllar çözünmemesi, çevresel kirliliğe sebep olması ve tüketicilerin daha sağlıklı koruma yöntemlerine yönelmesi, yenilebilir ambalajlara olan ilgiyi artırmıştır. Yenilebilir filmler, gıdanın yüzeyinde ince bir bariyer oluşturarak su buharı, gaz ve mikroorganizma geçişini sınırlayabilmekte, böylece ürünün raf ömrünü uzatma potansiyeline sahip olmaktadır. Ayrıca bu filmler, tüketilebilir özellikte olmaları sayesinde çevreyi kirletmez ve atık yükünü azaltır. Yenilebilir film ve kaplamalar, taşıyıcı bir biyopolimer ve çoğunlukla antimikrobiyal veya antioksidan özelliklere sahip aktif bileşenler içerebilir. Bu özellikleri sayesinde mikrobiyal gelişimi yavaşlatabilir, oksidatif bozulmaları önleyebilir ve ürün kalitesini koruyabilirler.

Kitosan, yenilebilir film üretiminde en sık kullanılan biyopolimerlerden biridir. Doğal bir polisakkarit olan kitosan, kitinden üretilmekte olup özellikle karides, yengeç ve diğer kabuklu deniz canlılarının kabuklarından elde edilmektedir. Kitosan, antimikrobiyal ve antioksidan etkilerinin yanı sıra film oluşturma kabiliyeti sayesinde gıda ambalajlamasında tercih edilmektedir. Ayrıca biyolojik olarak parçalanabilir ve toksik olmayan yapısı ile sürdürülebilir ambalaj sistemlerinde kullanım için oldukça uygundur. Kitosan esaslı filmlerin, gıdaların raf ömrünü uzattığı ve özellikle süt ürünlerinde mikrobiyal kontaminasyonu geciktirdiği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Kitosan bazlı filmler,

uçucu bitkisel yağlar ile zenginleştirildiğinde daha geniş spektrumlu antimikrobiyal etkiye sahip olabilmektedir.

Bitkisel uçucu yağlar, gıda koruma alanında doğal antimikrobiyal ve antioksidan ajanlar olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle kekik (*Origanum vulgare*) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis*) yağları, içerdiği fenolik bileşikler sayesinde güçlü antimikrobiyal ve antioksidan özellikler göstermektedir. Kekik yağı başlıca karvakrol ve timol, biberiye yağı ise cineol, borneol ve kampfer gibi aktif bileşenleri ile öne çıkmaktadır. Bu uçucu yağların yenilebilir filmlerle birlikte kullanılması hem gıdada hem de ambalaj yüzeyinde sinerjik bir koruma sağlayarak mikrobiyal gelişimi önemli ölçüde yavaşlatabilmektedir.

Çeçil peyniri, Doğu Anadolu Bölgesi'ne özgü, kendine has lifli yapısı ve tuzlu tadı ile bilinen geleneksel bir peynir çeşididir. Yarı sert kıvamı ve lif lif ayrılan yapısı ile diğer peynirlerden ayrılmaktadır. Geleneksel yöntemlerle üretilen çeçil peynirleri ile endüstriyel üretim teknikleri kullanılarak elde edilen çeçil peynirleri arasında mikrobiyolojik kalite, fiziksel yapı ve duyu özellikleri açısından farklılıklar oluşabilmektedir. Üretim yöntemine bağlı olarak gelişen bu farklılıklar, uygulanacak koruma yöntemlerinin etkinliğini doğrudan etkileyebileceğinden, geleneksel ve endüstriyel üretim tiplerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi önem arz etmektedir. Ayrıca geleneksel peynir çeşitleri, coğrafi işaretli ürünler olarak kültürel bir değer taşımakta ve korunması gereken gıda grupları arasında yer almaktadır.

Bu tez çalışmasında, geleneksel ve endüstriyel yöntemlerle üretilmiş çeçil peynirleri; kitosan, kitosan + kekik yağı ve kitosan + biberiye yağı içeren yenilebilir filmlerle kaplanmış ve kaplamaların peynirin kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, raf ömrü boyunca fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri değerlendirilmiş ve yenilebilir film uygulamalarının peynirin raf ömrünü uzatmadaki başarısı araştırılmıştır. Çalışmanın temel amacı, biyolojik olarak parçalanabilen ve doğal antimikrobiyal ajanlar içeren yenilebilir filmlerin çeçil peyniri üzerindeki koruyucu etkisini ortaya koymak ve farklı üretim yöntemlerine göre uygulamaların etkinliğini değerlendirmektir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatür taraması, çalışmanın bilimsel altyapısını oluşturmak ve konu ile ilgili daha önce yapılmış araştırmaları sistematik bir şekilde ortaya koymak açısından büyük önem taşır. Bu bölümde yenilebilir film ve kaplamalar ile ilgili ulusal ve uluslararası düzeyde yapılmış çalışmalar incelenerek mevcut bilgiler değerlendirilmiş ve araştırma için gerekli teorik çerçeve oluşturulmuştur.

2.1. Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Yenilebilir film ve kaplamalar, gıdaların raf ömrünü uzatmak ve kalite kayıplarını azaltmak amacıyla geliştirilen biyobozunur materyallerdir. Çevre dostu özellikleri ve doğal bileşenlerden üretilibilmeleri nedeniyle son yıllarda gıda endüstrisinde önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir.

2.1.1. Giriş

Gıda ambalajlamasında son yıllarda yaşanan gelişmeler, sadece ürünün fiziksel olarak korunmasına değil, aynı zamanda raf ömrünün uzatılmasına, mikrobiyal bozulmaların önlenmesine ve tüketici sağlığının desteklenmesine yönelik çözümleri gündeme getirmiştir. Bu bağlamda yenilebilir film ve kaplamalar, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de gıda güvenliği açısından dikkat çeken biyoteknolojik uygulamalar arasında yer almaktadır (Han, 2014).

Yenilebilir kaplamalar, gıda yüzeyine doğrudan uygulanabilen, doğal kaynaklı ve tüketilebilir materyallerden oluşan koruyucu bir tabakadır. Gıdanın solunumunu sınırlayarak, su kaybını azaltır; oksijen, karbondioksit, uçucu bileşenler ve aroma iletimini düzenleyerek ürünün raf ömrünü uzatır. Aynı zamanda taşıyıcı sistem olarak antioksidanlar, antimikrobiyal ajanlar ve aroma bileşikler gibi fonksiyonel maddeleri de bünyesinde barındırabilir (Campos, Gerschenson ve Flores, 2011).

2.1.2. Yenilebilir Film ve Kaplama Türleri

Yenilebilir filmler esas olarak üç ana biyopolimer grubundan elde edilmektedir: polisakkaritler, proteinler ve lipidler. Bu gruplar, aşağıdaki Çizelge 2.1’de sınıflandırılarak genel özellikleriyle birlikte sunulmuştur.

Çizelge 2.1 Yenilebilir Filmlerde Kullanılan Biyopolimerler ve Özellikleri

Biyopolimer Grubu	Kaynaklar	Özellikleri	Zayıf Yönleri
Polisakkaritler	Kitosan, selüloz, nişasta, pektin, alginat	İyi gaz bariyeri, düşük yağ geçirgenliği, şeffaflık	Su geçirgenliği yüksektir
Proteinler	Jelatin, kazein, buğday glütenu, soya proteini	Gaz geçirgenliği düşük, iyi film oluşturma yeteneği	Nem bariyeri zayıf, maliyeti yüksektir
Lipidler	Mumlar, yağ asitleri, gliseridler	İyi nem bariyeri sağlarlar	Mekanik dayanım zayıf, kırılabilir olabilir

2.1.3. Yenilebilir Filmlerin Fonksiyonları

Yenilebilir filmler, gıdalar üzerinde oluşturdıkları ince ve esnek bir tabaka ile çeşitli işlevler üstlenmektedirler:

- Fiziksel Bariyer: Nem, gaz ve aroma kayıplarını azaltır.
- Antimikrobiyal Etki: İçeriğine eklenen bileşenlerle (esansiyel yağlar, organik asitler) mikrobiyal büyümeyi engeller.
- Taşıyıcılık: Antioksidan, renk tutucu, tat artırıcı gibi fonksiyonel bileşenleri gıdaya kontrollü olarak iletebilir.
- Görsel ve Duyusal Koruma: Gıda yüzeyini parlak ve düzgün tutarak ürünün raf cazibesini artırır.

Bu işlevler sayesinde, özellikle çabuk bozulan gıdalarda raf ömrünün uzatılması ve tüketici sağlığı açısından önemli avantajlar sağlanmaktadır.

2.1.4. Kullanım Alanları

Yenilebilir film ve kaplamalar, farklı gıda gruplarında bozulmayı geciktirmek, raf ömrünü uzatmak ve ürün kalitesini korumak amacıyla yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Bu filmler, gıdanın yüzeyinde bir bariyer oluşturarak su kaybını azaltmakta, gaz değişimini sınırlandırmakta ve mikrobiyal gelişimi yavaşlatmaktadır (Cazón vd., 2017). Farklı biyopolimer türleri ve aktif bileşenler kullanılarak geliştirilen yenilebilir filmler, ürünün özelliklerine ve korunma ihtiyacına göre çeşitlilik göstermektedir.

Yenilebilir filmler, taze meyve ve sebzelerde ağırlık kaybını önlemek, yüzey nemini korumak ve mantar gelişimini sınırlandırmak amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle alginat, pektin ve kitosan bazlı filmler, meyve ve sebzelerin solunum hızını düşürerek raf ömrünü uzatmaktadır. Çalışmalarda, şeftali, domates, çilek ve muz gibi ürünlerde yenilebilir film uygulamalarının ağırlık kaybını azalttığı, renk değişimini geciktirdiği ve mikrobiyal yükü düşürdüğü gösterilmiştir (Cazón vd., 2017; Perdonés vd., 2014). Örneğin, kitosan kaplamalar çilekte küf gelişimini baskılamış ve çileğin raf ömrünü uzatmıştır (Campos vd., 2011).

Et ve et ürünleri, yenilebilir film uygulamalarının yaygın olduğu bir diğer gıda grubudur. Tavuk eti ve kırmızı ette kullanılan protein bazlı filmler ve antimikrobiyal ekstraktlar, oksijen geçişini sınırlayarak mikrobiyal gelişimi yavaşlatmakta ve lipid oksidasyonunu geciktirmektedir (Arfat vd., 2014; Campos vd., 2011). Yapılan çalışmalarda, kitosan bazlı kaplamaların tavuk eti ve sığır etinde toplam aerobik bakteri sayısını azalttığı ve renk kaybını geciktirdiği bildirilmiştir. Ayrıca antimikrobiyal ekstraktlar ve uçucu yağlar ile kombine edilen kaplamalar, et yüzeyindeki mikrobiyal kontaminasyonu daha etkin bir şekilde sınırlayabilmektedir (Perdonés vd., 2014).

Yenilebilir film uygulamaları, özellikle süt ve süt ürünlerinde önemli bir kullanım alanına sahiptir. Peynir yüzeyinde kullanılan kitosan, jelatin ve esansiyel yağ katkılı filmler, maya ve küf gelişimini geciktirerek ürünün mikrobiyal kalitesini korumaktadır (Fajardo vd., 2010; Kavas vd., 2018). Yapılan çalışmalar, beyaz peynir, kaşar peyniri ve çeçil peynirinde kitosan bazlı kaplamaların mikrobiyal büyümeyi sınırlandırdığını ve su kaybını azalttığını ortaya koymuştur (Yüceer, 2017). Uçucu yağ katkılı yenilebilir filmler ise peynir yüzeyinde sinerjik bir antimikrobiyal etki sağlayarak raf ömrünü daha da uzatmaktadır (Perdonés vd., 2014).

Yenilebilir filmler, fırın ürünlerinde de aroma ve nem koruyucu olarak kullanılmaktadır. Kek ve ekmek gibi ürünlerde uygulanan bu filmler, yüzey sertleşmesini geciktirerek ürünün tazeliğini korumakta ve aroma kaybını önlemektedir (Cazón vd., 2017). Ayrıca kitosan ve diğer biyopolimer esaslı kaplamalar, yüzeydeki mikrobiyal gelişimi yavaşlatarak fırın ürünlerinin raf ömrüne katkı sağlamaktadır (Campos vd., 2011).

Yenilebilir film uygulamalarının her bir gıda grubu için spesifik kaplama formülasyonları geliştirilmekte ve bu teknolojiler hem gıda güvenliği hem de çevre dostu ambalaj alternatifleri açısından büyük önem taşımaktadır.

2.1.5. Aktif ve Akıllı Yenilebilir Kaplamalar

Yenilebilir filmler, başlangıçta yalnızca gıdayı dış etkenlerden koruyan pasif bariyerler olarak geliştirilmiş olsada, günümüzde bu sistemler aktif ve akıllı ambalajlara dönüştürülerek gıda koruma teknolojilerinde ileri seviyelere taşınmıştır (Tavassoli- Kafrani vd., 2016; Han, 2014).

Aktif filmler, yalnızca fiziksel bir koruma sağlamakla kalmaz; aynı zamanda film yapısına entegre edilen antimikrobiyal veya antioksidan maddeleri kontrollü bir şekilde salarak gıdayı mikrobiyal bozulmaya ve oksidatif hasara karşı doğrudan korur (Han, 2014; Dutta vd., 2009). Aktif bileşenler, genellikle uçucu yağlar, bitki ekstraktları, organik asitler ve enzimler gibi doğal koruyuculardan oluşmaktadır. Örneğin, kitosan bazlı filmlere kekik yağı, biberiye yağı, tarçın yağı veya karanfil yağı gibi esansiyel yağlar eklendiğinde, film antimikrobiyal bir özellik kazanır ve yüzeydeki zararlı mikroorganizmaların gelişimini sınırlandırır (Perdones vd., 2014; Arfat vd., 2014). Ayrıca antioksidan ajanlar içeren aktif filmler, lipid oksidasyonunu geciktirerek özellikle et ve süt ürünlerinde kalite kaybını yavaşlatır (Campos vd., 2011). Bu filmler, gıdanın yüzeyine uygulandığında koruyucu maddeleri yavaş ve kontrollü bir şekilde salarak etkinliğini uzun süre koruyabilir.

Yenilebilir film teknolojisindeki en yeni yaklaşımlardan biri akıllı filmlerdir. Akıllı filmler, çevresel değişimlere veya gıdanın bozulmasına bağlı olarak renk değiştirerek tüketiciyi bilgilendirebilen sistemlerdir (Tavassoli- Kafrani vd., 2016; Han, 2014). Bu filmler genellikle pH duyarlı doğal boyalar veya mikrobiyal gelişime duyarlı biyosensörler içerir. Örneğin, kırmızı lahana ekstraktı, pancar suyu veya mor havuç gibi antosiyanin açısından

zengin doğal renk maddeleri, akıllı film sistemlerinde pH göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bu filmler, gıda bozuldukça mikrobiyal faaliyet sonucu oluşan pH değişimine bağlı olarak renk değiştirir ve böylece tüketiciye ürünün tazeliği hakkında görsel bir uyarı verir (Tavassoli- Kafrani vd., 2016). Akıllı filmler ayrıca sıcaklık değişimlerine, oksijen seviyesine ve nem oranına da duyarlı olacak şekilde tasarlanabilir. Özellikle bozulmaya eğilimli gıdalar için renk değişimi, tüketici güvenliği açısından oldukça önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bu sistemler henüz ticari olarak sınırlı sayıda ürün üzerinde uygulansa da akademik çalışmalar bu alanda hızla ilerlemektedir.

Günümüzde yenilebilir filmler, klasik koruma işlevinin ötesine geçerek aktif ve akıllı özellikler kazandırılmış çok işlevli gıda ambalajları haline gelmektedir. Bu sistemler, doğal bileşenlerin kullanımı sayesinde hem tüketici sağlığına uygun hem de çevre dostu bir çözüm sunmaktadır. Kitosan bazlı filmler, taşıyıcı yapıları sayesinde aktif ve akıllı film uygulamalarında sıkça tercih edilmekte ve bu alandaki potansiyelini sürekli geliştirmektedir (Perdones vd., 2014; Han, 2014).

2.1.6. Film Oluşumunda Temel Aşamalar

Yenilebilir film üretimi, genellikle çözeltiden film dökme (casting) yöntemiyle gerçekleştirilir. Çizelge 2.2’de gösterilen yöntem şu temel adımları içerir:

- Film çözeltisinin hazırlanması: Biyopolimer, çözücü (genellikle su/asetik asit) ve katkı maddeleri karıştırılır.
- Çözelti homojenizasyonu: Karışım ısı ve karıştırma ile homojen hale getirilir.
- Film dökümü: Hazırlanan çözelti cam, plastik veya metal yüzeye dökülerek yayılır.
- Kuruma: Film kontrollü sıcaklık ve nem koşullarında kurutulur.
- Filmin ayrılması ve kullanım: Kuruyan film yüzeyden ayrılarak gıdaya uygulanır.

Çizelge 2. 1. Yenilebilir Film Üretim Süreci

Film Formülasyonu Hazırlığı
Biyopolimerin çözülmesi (örn. kitosan + asetik asit)
Fonksiyonel katkıların eklenmesi (esansiyel yağ, antioksidan vs.)
Homojenizasyon (karıştırma/ısıtma)
Film çözeltisinin dökülmesi (cam/plastik yüzeye)
Kuruma (örneğin 25–40 °C'de 24–48 saat)
Filmin yüzeyden ayrılması ve gıdaya uygulanması

Açıklama: Casting yöntemi (Bourtoom, 2008), özellikle laboratuvar ölçekli çalışmalarda yaygın kullanılan düşük maliyetli ve kolay kontrol edilebilen bir yöntemdir. Film oluşum parametreleri (polimer konsantrasyonu, sıcaklık, kuruma süresi) film kalitesini doğrudan etkiler (Cazón vd., 2017).

2.1.7. Süt Ürünlerinde Uygulama Örnekleri

Süt ürünlerinde yenilebilir kaplamalar en çok peynirlerde uygulanmaktadır. Örneğin:

- Fajardo vd. (2010), Saloio peyniri üzerine kitosan-natamisin bazlı film uygulayarak, küf gelişimini baskıladıklarını ve nem kaybını azalttıklarını bildirmiştir.
- Kavas vd. (2018), beyaz peynir üzerine kitosan ve nane yağı içeren kaplama uygulamış; toplam mezofil aerob bakteri sayısında belirgin düşüş gözlemiştir.
- Yadav vd. (2021), taze paneer peyniri üzerine jelatin-esansiyel yağ film kaplayarak raf ömrünü 10 güne kadar uzatmıştır.

2.1.8. Peynir Ürünlerinde Yenilebilir Film Kullanımı

Çeçil peynirine benzer yapıya sahip peynirlerde yapılan yenilebilir film uygulamaları incelenmiştir. Çizelge 2.3’de örnek nitelikte 6 farklı literatür verilmektedir.

Çizelge 2. 2. Peynir Ürünlerinde Yenilebilir Film Uygulamaları ve Bulgular

Çalışma	Film Materyali	Peynir Türü	Katılan Bileşen	Bulgular / Sonuçlar
Fajardo vd. (2010)	Kitosan	Saloio peyniri	Natamisin	Film küf gelişimini önledi, nem kaybını azalttı.
Kavas vd. (2018)	Kitosan	Beyaz peynir	Nane yağı	Mezofil bakteri ve maya sayısı azaldı, raf ömrü uzadı.
Arfat vd. (2014)	Jelatin	Taze peynir	Kekik yağı	Mikrobiyal kontrol sağlandı, oksidasyon yavaşladı.
Perdones vd. (2014)	Kitosan	Yarı sert peynir	Limon yağı	<i>E. coli</i> ve <i>L. monocytogenes</i> büyümesi engellendi.
Eswaranandam vd. (2006)	Kazein	Peynir analogları	Laktoperoksidaz	Antimikrobiyal etki gösterdi, duyusal değişiklik gözlenmedi.
Gammariello vd. (2020)	Kitosan + jelatin	Mozzarella peyniri	Kekik + biberiye yağı kombinasyonu	Film küf-maya gelişimini baskıladı, duyusal kalite olumlu etkilendi.

2.1.9. Literatür Değerlendirmesi ve Tezle İlişkilendirme

Yukarıdaki örnekler ışığında şu değerlendirmeler yapılabilir:

- Kitosan, hem tek başına hem de doğal antimikrobiyallerle birlikte en sık kullanılan film ajanıdır.
- Esansiyel yağlar (özellikle kekik ve biberiye yağı), antimikrobiyal etkilerini doğrudan film sistemine kazandırmakta ve peynir yüzeyindeki mikrobiyal yükü azaltmaktadır.
- Yenilebilir film uygulamaları, özellikle taze ve yarı sert peynir türlerinde nem kaybının önlenmesi, oksidatif bozulmanın azaltılması ve raf ömrünün uzatılması açısından etkilidir.
- Çeçil peyniri gibi tellendirme işlemi görmüş, lifli ve tuzlu yapıya sahip geleneksel peynirlerde bu tür uygulamalar hem yüzey kalitesi hem de mikrobiyal stabilite için önem arz etmektedir.

2.1.10. Sonuç ve Geçiş

Yenilebilir film ve kaplamalar, gıda sektörünün sürdürülebilirlik, kalite koruma ve doğal katkı arayışlarına cevap veren önemli teknolojilerdendir. Gıda güvenliğini sağlama, israfı azaltma ve çevre dostu olma yönleriyle geleceğin ambalaj sistemleri arasında görülmektedir. Bu teknolojinin süt ürünleri özelinde özellikle peynir gibi küflenmeye hassas ürünlerde kullanımı; hem mikrobiyolojik kaliteyi iyileştirme hem de fiziksel stabilite sağlama açısından ön

plana çıkmaktadır. Tez kapsamında uygulanan yenilebilir film kombinasyonları, bu teknolojinin çeçil peyniri gibi geleneksel ürünlerdeki potansiyelini değerlendirmek adına kıymetli bir örnek teşkil etmektedir.

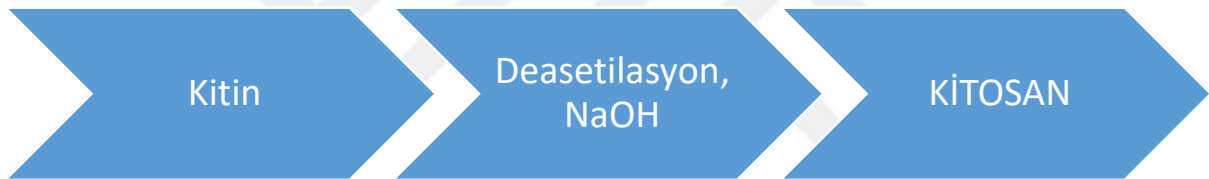
Bu bölümde yenilebilir film ve kaplamaların tanımı, işlevleri, sınıflandırmaları, üretim süreçleri ve süt ürünleri özelinde kullanımları detaylı biçimde ele alınmıştır. Film sistemlerinin içerdiği doğal bileşenlerle birlikte antimikrobiyal ve koruyucu etkileri artırılabilir. Bu yaklaşım, özellikle peynir gibi yüksek riskli ürünlerde raf ömrünü uzatma ve duyuusal kaliteyi koruma amacıyla değerlidir.

2.2. Kitosan: Özellikleri ve Yenilebilir Film Oluşturma Kabiliyeti

Kitosan, son yıllarda biyopolimerler arasında en fazla araştırılan ve gıda endüstrisinde geniş kullanım alanına sahip doğal bir polisakkarittir. Antimikrobiyal ve biyobozunur özellikleri sayesinde yenilebilir film ve kaplama üretiminde önemli bir materyal olarak değerlendirilmektedir. Bu bölümde, kitosanın tanımı, elde edilme süreci, yapısal ve fonksiyonel özellikleri ile yenilebilir film oluşturma kabiliyeti ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

2.2.1. Tanımı, Kaynağı ve Elde Edilme Süreci

Kitosan, kitinin (N-asetil-D-glukozamin) deasetilasyonu (Şekil 2.1, Aranaz vd., 2009) ile elde edilen, doğal, biyobozunur ve biyoyumlu bir polisakarittir. Genellikle karides ve yengeç gibi kabuklu deniz canlılarının dış iskeletlerinden elde edilir.



Şekil 2. 1.Kitosan Elde Edilme Süreci

Bu süreç aşağıdaki aşamalardan oluşur:

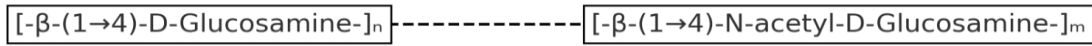
- Demineralizasyon: Asidik ortamda kalsiyum karbonat gibi inorganik bileşenlerin uzaklaştırılması
- Deproteinizasyon: Alkali ortamda proteinlerin uzaklaştırılması
- Deasetilasyon: Kitinin amino gruplarının serbest bırakılması (genellikle NaOH ile)
Kitosan elde etme verimi; kullanılan hammaddeye, sıcaklığa, süreye ve pH'ya bağlıdır.

2.2.2. Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Kitosana ilişkin temel yapısal özellikler Çizelge 2.4'te özetlenmiştir. (Rinaudo, 2006) Çizelgede kitosanın kimyasal yapısı, molekül ağırlığı, çözünürlük durumu, görünümü ve deasetilasyon derecesi gibi başlıca nitelikler derlenerek, bu biyopolimerin genel karakteri hakkında bilgi verilmiştir.

Çizelge 2. 3. Kitosanın Kimyasal Yapısı

Özellik	Değer / Açıklama
Kimyasal Yapı (Şekil 2)	$(C_6H_{11}NO_4)_n$ (deasetillenmiş kitin zinciri)
Molekül Ağırlığı	50 – 1000 kDa arası
Deasetilasyon Derecesi	%70–95
Çözünürlük	Hafif asidik ortamda çözünebilir (pH<6.5)
Görünüm	Beyaz, yarı saydam toz
Suda çözünürlük	Zayıf (ancak asetik asitte iyi çözünür)



Şekil 2. 2.Kitosanın Basitleştirilmiş Kimyasal Yapısı

2.2.3. Fonksiyonel Özellikleri ve Antimikrobiyal Etki Mekanizması

Kitosan, biyopolimerler içerisinde gıda endüstrisinde en çok ilgi gören ve en yaygın kullanılan doğal polisakkaritlerden biridir. Kitosan; karides, yengeç ve diğer kabuklu deniz canlılarının kabuklarından elde edilen kitinin, deasetilasyonu yoluyla üretilir (Rinaudo, 2006). Biyolojik kökenli olması, toksik olmaması, biyobozunur yapısı ve sürdürülebilirliği sayesinde gıda kaplamaları ve ambalaj sistemlerinde önemli bir yer edinmiştir (Elsabee ve Abdou, 2013). Özellikle antimikrobiyal ve antioksidan etkileri nedeniyle aktif ambalaj teknolojilerinde sıklıkla tercih edilmektedir (Dutta vd., 2009).

Kitosanın fonksiyonel özellikleri arasında antibakteriyel ve antifungal etki en dikkat çeken özelliklerdir. Yapısında yer alan pozitif yüklü amino grupları sayesinde kitosan, negatif

yüklü mikrobiyal hücre zarları ile elektrostatik etkileşime girer (Aranaz vd., 2009). Bu etkileşim, mikroorganizmaların hücre yapısını doğrudan bozarak yaşamlarını olumsuz yönde etkiler. Kitosan ayrıca, sahip olduğu serbest amino grupları sayesinde serbest radikalleri tutarak oksidatif reaksiyonları yavaşlatabilir ve böylece gıdalarda antioksidan koruma sağlar (Dutta vd., 2009; Elsabee ve Abdou, 2013). Bu özellik, özellikle lipid oksidasyonunun önlenmesinde büyük avantaj sağlamaktadır.

Yenilebilir film ve kaplama oluşturma yeteneği, kitosanın gıda koruma uygulamalarındaki bir diğer önemli fonksiyonudur. Kitosan bazlı kaplamalar, gıdanın yüzeyinde ince, şeffaf ve dayanıklı bir bariyer oluşturur (Perdones vd., 2014). Bu bariyer, oksijen (O_2) ve karbondioksit (CO_2) gibi gazların gıdaya ulaşmasını sınırlar. Oksijen geçirgenliğinin azaltılması, aerobik mikroorganizmaların gelişimini yavaşlatırken, karbondioksit dengesinin korunması ise ürünün yapısal ve duyuşsal özelliklerini korumasına katkı sağlar (Cazón vd., 2017). Ayrıca kitosanın oluşturduğu bu film tabakası, gıdanın su kaybını azaltarak yüzey neminin korunmasına yardımcı olur. Böylece ürünün tekstürel özelliklerinin bozulması da geciktirilmiş olur (Campos vd., 2011).

Çevre dostu bir materyal olması da kitosanın önemli bir avantajıdır. Kitosan biyobozunur bir yapıya sahip olduğundan, çevresel atık yükünü artırmaz ve plastik bazlı ambalajlara sürdürülebilir bir alternatif sunar (Tharanathan, 2003). Gıdayla doğrudan temas edebilen ve insan sağlığına zarar vermeyen kitosan, gıda sektöründe güvenle kullanılabilir.

Kitosanın antimikrobiyal etkisinin nasıl gerçekleştiği literatürde detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Dutta vd (2009) bildirdiğine göre kitosanın antimikrobiyal etki mekanizması dört temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, kitosan molekülleri mikroorganizmaların hücre zarlarına elektrostatik olarak bağlanır. Bu bağlanma, hücre zarının yapısal bütünlüğünü bozar. İkinci aşamada, kitosanın hücre zarında oluşturduğu bozulma hücre geçirgenliğini olumsuz etkiler ve hücre içi bileşenlerin dış ortama sızmasına neden olur. Hücre içi sıvı dengesinin kaybı, hücre metabolizmasının bozulmasına yol açar. Üçüncü aşamada ise kitosanın hücre içine nüfuz ederek DNA sentezini baskıladığı bildirilmiştir. DNA sentezinin engellenmesi, hücresel çoğalmayı durdurur ve mikroorganizmanın yaşamsal faaliyetleri sona erer. Son aşamada ise mikroorganizma, kitosan etkisiyle tamamen inaktif olur ve hücre ölümü gerçekleşir.

Kitosanın antimikrobiyal etkisinin geniş spektrumlu olduğu ve özellikle Gram negatif bakteriler üzerinde etkili olduğu çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (Dutta vd., 2009; Aranaz vd., 2009). Bununla birlikte, kitosanın antimikrobiyal etkinliği; kullanılan kitosan konsantrasyonu, deasetilasyon derecesi, moleküler ağırlığı ve uygulama yöntemine göre değişkenlik gösterebilir (Elsabee ve Abdou, 2013). Ayrıca ortamın pH değeri ve sıcaklığı da kitosanın antimikrobiyal etkinliği üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Kitosan, genellikle asidik ortamlarda daha yüksek antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Rinaudo, 2006).

Tüm bu özellikleri ile kitosan, gıdaların korunmasında doğal, etkili ve sürdürülebilir bir yöntem sunmakta ve özellikle yenilebilir film uygulamalarında güçlü bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

2.2.4. Kitosan Tabanlı Yenilebilir Film Oluşturma Yeteneği

Kitosan, doğal yapısı ve fonksiyonel özellikleri sayesinde yenilebilir film ve kaplama üretiminde en çok tercih edilen biyopolimerlerden biridir. Yenilebilir film oluşturma kabiliyeti, kitosanın moleküler yapısında yer alan serbest amino ve hidroksil gruplarından kaynaklanmaktadır. Bu gruplar, kitosanın çözelti içerisinde çapraz bağ oluşturmaya ve üç boyutlu bir film yapısı meydana getirmesine olanak sağlar (Rinaudo, 2006).

Kitosan esaslı filmler, genellikle %1–2 oranında kitosanın zayıf asit (genellikle asetik asit) çözeltilerinde çözündürülmesiyle hazırlanır. Çözünebilen kitosan çözeltileri, düşük viskozite ve iyi homojenlik sağlayarak film formasyonu için uygun bir yapı oluşturur (Elsabee ve Abdou, 2013). Hazırlanan çözeltiler, bir yüzeye dökülerek veya daldırma yöntemi ile kaplanarak film haline getirilebilir. Kurutma sırasında asetik asit buharlaşır ve kitosan zincirleri arasında hidrojen bağları oluşarak stabil bir film meydana gelir (Dutta vd., 2009).

Kitosan tabanlı filmlerin oluşturulmasında genellikle plastikleştirici kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Plastikleştiriciler, film yapısının elastikiyetini artırır ve kırılganlığı azaltır (Perdones vd., 2014). Bu amaçla sıklıkla kullanılan plastikleştiriciler arasında gliserol ve sorbitol bulunmaktadır. Gliserol ilavesi, kitosan filmlerinin mekanik dayanıklılığını iyileştirirken, su buharı geçirgenliğini bir miktar artırabilmektedir (Arfat vd., 2014). Kitosan bazlı filmlerin mekanik özellikleri, kullanılan kitosan konsantrasyonu, plastikleştirici tipi ve

miktarı, kurutma sıcaklığı ve süreye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Cazón vd., 2017).

Kitosan filmlerinin en önemli avantajlarından biri, oksijen ve karbondioksit geçirgenliğinin düşük olmasıdır. Yapılan çalışmalar, kitosan tabanlı filmlerin özellikle oksijen geçişini sınırlandırarak gıdalarda oksidatif bozulmayı yavaşlattığını göstermektedir (Perdones vd., 2014; Campos vd., 2011). Ancak kitosan filmlerinin su buharı geçirgenliği görece yüksektir. Bu nedenle kitosan filmlerinin nem bariyer özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla esansiyel yağlar, balmumu, lipidler veya bitkisel yağlar gibi hidrofobik katkılarla zenginleştirilmesi önerilmektedir (Cazón vd., 2017; Elsabee ve Abdou, 2013).

Kitosan bazlı yenilebilir filmler, antimikrobiyal ve antioksidan ajanları taşıyabilme kapasitesine de sahiptir. Bu özelliği sayesinde kitosan filmlerine uçucu yağlar, bitkisel özler veya diğer doğal koruyucular entegre edilerek film yapısına fonksiyonellik kazandırılabilir (Dutta vd., 2009; Aranaz vd., 2009). Özellikle kekik, biberiye, tarçın ve nane gibi uçucu yağların kitosan filmleriyle birlikte kullanılması, geniş spektrumlu antimikrobiyal etki sağlayarak gıdaların raf ömrünü uzatmada oldukça başarılı sonuçlar vermektedir (Perdones vd., 2014; Arfat vd., 2014).

Kitosan bazlı filmlerin uygulama yöntemleri arasında daldırma, püskürtme ve film döküm teknikleri yer almaktadır. Daldırma yöntemi, peynir gibi gıdaların kaplanması yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu yöntemde ürün, film çözeltisine belirli bir süre batırılır ve kaplama oluşturulduktan sonra ürün kurutularak analizlere alınır (Campos vd., 2011).

Tüm bu bilgiler ışığında kitosan tabanlı yenilebilir filmler, gıda ambalajı ve yüzey kaplama uygulamalarında çevre dostu, biyobozunur ve fonksiyonel bir alternatif olarak dikkat çekmektedir. Uygun koşullar sağlandığında kitosan filmlerinin mekanik dayanıklılık, esneklik ve bariyer özellikleri geliştirilebilir ve taşıyıcı sistem olarak antimikrobiyal ajanlarla etkin bir koruma sağlanabilir.

2.2.5. Kitosan Bazlı Yenilebilir Film Üretim Süreci

Kitosan + Asetik Asit Çözeltisinin Hazırlanması: Kitosan, genellikle hazırlanacak çözeltinin %1–2 oranında tartılarak %1'lik asetik asit çözeltisinde manyetik karıştırıcı

yardımıyla çözündürülür. Bu aşamada kitosan tamamen çözülerek homojen bir çözelti elde edilir. Asidik ortam kitosanın çözünmesini kolaylaştırır ve film oluşturma için uygun viskoziteyi sağlar (Rinaudo, 2006).

Plastifiyan ve Esansiyel Yağ İlavesi: Çözeltinin içerisine film yapısının esnekliğini artırmak amacıyla plastikleştirici (örneğin gliserol) ilave edilir. Ayrıca antimikrobiyal ve antioksidan özellik sağlamak amacıyla kekik yağı, biberiye yağı gibi esansiyel yağlar eklenir (Perdones vd., 2014; Arfat vd., 2014). Plastifiyan ve esansiyel yağların uygun oranda karışıma dahil edilmesi film performansını doğrudan etkiler.

Karıştırma ve Homojenizasyon: Tüm bileşenler manyetik karıştırıcı yardımıyla belirli süre ve sıcaklıkta karıştırılarak homojen bir film çözeltisi elde edilir. Esansiyel yağların ortamda düzgün dağılması için bu aşamada hız ve sıcaklık kontrolü sağlanır (Dutta vd., 2009).

Film Döküm Aşaması: Hazırlanan film çözeltisi, düzgün bir yüzeye (genellikle cam veya teflon kaplı yüzey) belirlenen kalınlıkta dökülür. Çözeltinin yüzeye homojen yayılması, film kalitesinin standart olmasını sağlar.

Kuruma: Dökülen film, genellikle oda sıcaklığında veya kontrollü sıcaklık ve nem koşullarında belirli bir süre kurutulur. Kuruma aşamasında çözücü ortam buharlaşır ve kitosan molekülleri arasında hidrojen bağları oluşarak dayanıklı bir film tabakası meydana gelir (Campos vd., 2011).

Yenilebilir Film Elde Edilmesi: Kuruyan film yüzeyden dikkatlice kaldırılır ve kullanılmak üzere hazırlanır. Elde edilen yenilebilir film, gıda kaplama veya ambalaj malzemesi olarak kullanıma hazırdır. Bu filmler, biyobozunur ve çevre dostu olmaları sayesinde sürdürülebilir ambalaj uygulamalarında önem kazanmaktadır (Tharanathan, 2003).

2.2.6. Uygulama Alanları ve Sağladığı Avantajlar

Kitosan bazlı yenilebilir filmler, geniş bir gıda yelpazesinde doğal koruyucu sistemler olarak başarıyla uygulanmaktadır. Özellikle süt ürünleri, et ürünleri ve meyve-sebzelerde kitosan kaplamaların sağladığı fiziksel ve mikrobiyolojik koruma önemli avantajlar sunmaktadır.

Süt ürünlerinde kitosan filmler, en yaygın uygulama alanlarından birini oluşturmaktadır. Yapılan birçok çalışmada, kitosan kaplamaların peynir yüzeyinde mikroorganizma gelişimini sınırladığı, yüzeydeki su kaybını azalttığı ve raf ömrünü uzattığı bildirilmiştir (Fajardo vd., 2010; Kavas vd., 2018). Özellikle beyaz peynir, kaşar peyniri ve çeçil peyniri gibi yarı sert ve tuzlu peynirlerde kitosan kaplamaların, toplam bakteri ve maya-küf sayısında belirgin bir azalma sağladığı, duyuşal özellikleri ise olumsuz etkilemediği tespit edilmiştir (Kavas vd., 2018; Yüceer, 2017). Ayrıca, kitosan filmler ile birlikte uçucu yağların kullanımı, süt ürünlerinde sinerjik bir antimikrobiyal etki sağlayarak küf ve maya gelişimini daha etkin bir şekilde baskılamaktadır (Perdones vd., 2014).

Et ve et ürünlerinde ise kitosan bazlı kaplamalar, başta renk stabilitesi, oksidatif bozulmanın geciktirilmesi ve mikrobiyal kontrol açısından kullanılmaktadır. Et ürünleri, özellikle aerobik mikroorganizmaların hızlı gelişimine elverişli olduğundan, kitosan kaplamalar oksijen geçişini sınırlandırarak bozulma hızını azaltır (Arfat vd., 2014). Yapılan çalışmalarda kitosan filmler ile kaplanan tavuk eti ve sığır eti ürünlerinde toplam aerobik bakteri sayısında anlamlı bir azalma sağlandığı ve renk kaybının geciktiği belirtilmiştir (Campos vd., 2011; Arfat vd., 2014). Ayrıca kitosan kaplamalar, lipid oksidasyonunu yavaşlatarak et ürünlerinde raf ömrünün uzatılmasına katkı sağlamaktadır.

Meyve ve sebzelerde de kitosan tabanlı yenilebilir filmler yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle çilek, üzüm, elma ve domates gibi hızlı bozulabilen ürünlerin yüzeyine uygulanan kitosan kaplamaların, ağırlık kaybını önlediği, yüzey nemini koruduğu ve mantar gelişimini sınırladığı gösterilmiştir (Cazón vd., 2017). Kitosan kaplamalar, meyve ve sebzelerin solunum hızını yavaşlatmakta ve ürünün depolama süresince tazeliğini korumasına yardımcı olmaktadır (Perdones vd., 2014). Ayrıca kitosan filmler, meyve ve sebze yüzeylerinde oksijen bariyeri oluşturarak enzimatik esmerleşmeyi geciktirir ve ürünün duyuşal özelliklerini olumlu yönde etkiler.

Kitosan bazlı yenilebilir filmler, yüksek biyoyoumluluk ve biyobozunur özellikleri sayesinde çevre dostu bir ambalaj alternatifi olarak da ön plana çıkmaktadır. Doğal, toksik olmayan ve tüketilebilir yapıları sayesinde özellikle gıda ile doğrudan temas eden ürünlerde güvenle kullanılabilir (Tharanathan, 2003; Rinaudo, 2006). Ayrıca kitosan filmler, taşıyıcı bir yapı olarak çeşitli antimikrobiyal ve antioksidan ajanları bünyesinde bulundurabilme yeteneğine sahiptir. Bu özellik sayesinde kitosan bazlı filmler, yalnızca

fiziksel bir bariyer oluşturmakla kalmayıp aynı zamanda aktif bileşenlerin kontrollü salınımını da sağlayarak gıda güvenliğini artırmaktadır (Dutta vd., 2009; Elsabee ve Abdou, 2013). Çizelge 2.5’de kitosan bazlı filmlerin farklı gıdalarda kullanımıyla elde edilen etki belirtilmiştir.

Çizelge 2. 4.Kitosan Filmlerin Kullanım Şekline Göre Etkisi

Gıda Grubu	Kullanım Şekli	Elde Edilen Etki
Peynir	Yüzey kaplama	Raf ömrü uzaması, yüzey küflenmenin engellenmesi
Et Ürünleri	Vakum ambalaj içinde film	Renk stabilitesi, mikrobiyal gelişmenin azalması
Meyve-Sebze	Doğrudan daldırma	Solunum hızında azalma, su kaybının engellenmesi

2.2.7.Literatür ve Tez Tabanlı Uygulamalar

Kitosan bazlı yenilebilir filmlerle yapılan çeşitli çalışmalar, bu filmlerin gıda muhafazasında önemli katkılar sağladığını ortaya koymaktadır. Yapılan araştırmalarda kitosan esaslı filmlerin, özellikle mikrobiyolojik kaliteyi koruma, fiziksel stabiliteyi artırma ve raf ömrünü uzatma yönünde etkili sonuçlar verdiği bildirilmektedir.

Fajardo vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, kitosan ve natamisin içeren yenilebilir filmlerle kaplanan Saloio peynirinin mikrobiyolojik kalitesi ve nem kaybı değerlendirilmiştir. Çalışmada, kitosan kaplama uygulamasının küf ve maya gelişimini belirgin şekilde sınırlandırdığı ve kaplamalı örneklerde daha düşük nem kaybı gözlemlendiği belirtilmiştir. Ayrıca kitosan bazlı film, peynir yüzeyinde natamisin taşıyıcı olarak işlev görmüş ve antimikrobiyal etkinlik süresini uzatmıştır.

Kavas vd. (2018) ise beyaz peynir üzerinde yaptıkları çalışmada, kitosan bazlı yenilebilir film uygulamasının peynirin raf ömrünü uzattığını ve toplam mezofilik aerob bakteri ile maya-küf sayılarında önemli bir azalma sağladığını tespit etmiştir. Kitosan kaplamaların ayrıca peynirin yüzeyindeki fiziksel stabiliteyi koruduğu ve duyuusal özellikleri olumsuz yönde etkilemediği bildirilmiştir.

Yüceer (2017) tarafından yürütülen bir yüksek lisans tezinde, kekik yağı içeren kitosan kaplamaların kaşar peynirindeki mikrobiyel gelişim üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda kitosan ve kekik yağı kombinasyonunun maya ve küf gelişimini anlamlı şekilde geciktirdiği ve kaplamalı peynirlerin raf ömrünün kontrol grubuna göre daha uzun olduğu ortaya konmuştur.

Özkan (2018) ise kitosan ve bazı uçucu yağların beyaz peynirin raf ömrüne etkilerini araştırmış ve özellikle uçucu yağ destekli kitosan filmlerinin mikrobiyolojik kaliteyi koruma açısından oldukça başarılı olduğunu raporlamıştır. Özellikle kekik ve biberiye yağı ilavesi ile zenginleştirilen kitosan filmler, beyaz peynirin mikrobiyal yükünü azaltmış ve raf ömrünü uzatmıştır.

Gammariello vd. (2020) tarafından Mozzarella peynirinde yapılan bir diğer çalışmada, kitosan içeren aktif kaplamaların toplam aerobik bakteri ve maya-küf gelişimini sınırladığı, duyuusal ve fiziksel kaliteyi koruduğu bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca, kitosan kaplamaların su kaybını önlediği ve ürün yüzeyinde daha parlak bir görünüm sağladığı belirtilmiştir.

Karakuş (2021) ise biberiye yağı içeren kitosan bazlı filmlerin tulum peyniri üzerindeki etkilerini incelemiş ve bu filmlerin peynirin mikrobiyolojik stabilitesini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Çalışmada, kitosan + biberiye yağı kombinasyonunun tulum peynirinde mikrobiyal gelişimi yavaşlattığı ve duyuusal olarak da panelistlerden yüksek beğeni puanları aldığı bildirilmiştir.

Bu araştırmaların ortak noktası, kitosan içeren yenilebilir filmlerin süt ürünlerinde, özellikle peynirlerde, mikrobiyolojik kaliteyi artırdığı ve raf ömrünü uzattığı yönündedir. Kitosan bazlı filmler, taşıyıcı sistem olarak uçucu yağlar ve diğer doğal koruyucularla desteklendiğinde sinerjik bir antimikrobiyal etki göstermekte ve gıdanın fiziksel özelliklerini de olumlu şekilde korumaktadır. Çizelge 2.6'da kitosan bazlı yenilebilir filmlerin peynirlerde kullanımı ve alınan sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 2. 5.Kitosan İçeren Filmlerde Alınan Sonuçlar

Çalışma	Uygulama	Sonuç
Fajardo vd. (2010)	Kitosan + Natamisin ile Saloio peyniri kaplama	Maya-küf gelişimi azaldı, nem kaybı önlendi
Kavas vd. (2018)	Kitosan bazlı film ile beyaz peynir kaplama	TAMB ve maya-küf sayıları azaldı, raf ömrü uzadı
Yüceer (2017)	Kitosan + Kekik yağı ile kaşar peyniri kaplama	Maya-küf gelişimi gecikti, duyuşsal kalite korundu
Özkan (2018)	Kitosan + Uçucu yağlar ile beyaz peynir kaplama	Mikrobiyolojik kalite arttı, raf ömrü uzadı
Gammariello vd. (2020)	Kitosan kaplama ile Mozzarella peyniri	Maya-küf gelişimi sınırlandı, fiziksel kalite korundu
Karakuş (2021)	Kitosan + Biberiye yağı ile tulum peyniri kaplama	Mikrobiyolojik kalite arttı, duyuşsal beğeni yüksek

2.2.8. Tez Çalışmasıyla İlişkilendirme

Bu tezde çeşil peynirine uygulanacak kitosan bazlı üç farklı film kaplaması ile hem endüstriyel hem de geleneksel üretim sistemlerine özel raf ömrü analizi yapılmıştır. Kitosan burada hem temel taşıyıcı ajan, hem de aktif bileşenlerle sinerji yaratan koruyucu sistem olarak konumlandırılmıştır.

2.3. Biberiye Yağı: Üretimi, Özellikleri ve Raf Ömrüne Etkisi

Biberiye yağı, bitkisel kökenli esansiyel yağlar arasında gıda muhafazasında öne çıkan doğal bileşenlerden biridir. Sahip olduğu antioksidan ve antimikrobiyal özellikler sayesinde, özellikle raf ömrünün uzatılması ve ürün kalitesinin korunması amacıyla gıda sektöründe değerlendirilmektedir. Bu bölümde biberiye bitkisinin özellikleri, yağının elde edilme yöntemleri ve gıdalarda sağladığı teknolojik katkılar ele alınmaktadır.

2.3.1. Biberiye Bitkisi ve Elde Edilişi

Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.), Akdeniz iklimine özgü, yoğun aroma ve tıbbi etkilere sahip bir bitkidir. Lamiaceae (eski adıyla *Labiatae*) familyasına mensup olan biberiye, yüksek antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahip bileşikler içermesi nedeniyle hem gıda hem de farmasötik endüstride önemli bir yere sahiptir (Burt, 2004; Celikel ve Koc, 2016). Biberiye bitkisi, özellikle yapraklarında zengin uçucu yağ ve fenolik bileşikler (karnosik asit, karnosol, rosmarinik asit gibi) bulundurur (Bozin vd., 2007; Dorman ve Deans, 2000).

Biberiye yağının elde edilmesinde genellikle hidrodistilasyon, su buharı distilasyonu ve süperkritik akışkan ekstraksiyonu (SFE) gibi yöntemler kullanılmaktadır (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014). Geleneksel yöntemler arasında yer alan hidrodistilasyon ve su buharı distilasyonu, uçucu yağların bitkisel materyalden buharlaşma ve yoğunlaştırma yoluyla ayrılmasını sağlar. Bu yöntemler pratik ve düşük maliyetli olmaları nedeniyle sıklıkla tercih edilmekte, ancak yüksek sıcaklık nedeniyle bazı uçucu bileşiklerin kaybına veya yapısal değişimine yol açabilmektedir (Burt, 2004).

Alternatif olarak süperkritik akışkan ekstraksiyonu, özellikle karbon dioksit (CO₂) kullanılarak gerçekleştirilen modern bir yöntemdir. Süperkritik CO₂ ekstraksiyonu, düşük sıcaklıkta ve yüksek seçicilikte gerçekleştiği için uçucu yağ bileşenlerinin daha verimli ve bozulmadan elde edilmesine olanak tanır (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014). Bu yöntem sayesinde, biberiye yağının biyoaktif bileşen profili korunur ve daha saf bir ürün elde edilir.

Biberiye yağının üretim süreci genellikle şu adımlarla ilerler: Bitkisel materyalin (biberiye yaprakları) toplanması ve uygun sıcaklıkta kurutulması ilk basamaktır. Kurutulan biberiye yaprakları, yağ ekstraksiyonuna uygun hale getirildikten sonra hidrodistilasyon, su buharı distilasyonu veya süperkritik CO₂ ekstraksiyonu ile uçucu yağ elde edilir. Ekstraksiyon sonrası yağ, filtrasyon ve ayırma işlemlerinden geçirilerek saflaştırılır (Bozin vd., 2007; Tongnuanchan ve Benjakul, 2014).

Biberiye yağının yüksek oranda 1,8-sineol, α -pinen, kamfen, karyofillen, borneol ve kafur gibi uçucu bileşenler içerdiği ve bu bileşenlerin gıdalarda antimikrobiyal ve oksidatif bozulmayı geciktirici etkiler sağladığı bildirilmiştir (Burt, 2004; Viuda- Martos vd., 2010).

Bu özellikleri sayesinde biberiye yağı, yenilebilir film uygulamalarında da sıklıkla kullanılan doğal koruyucu ajanlar arasında yer almaktadır.

2.3.2. Biberiye Yağının Kimyasal Yapısı

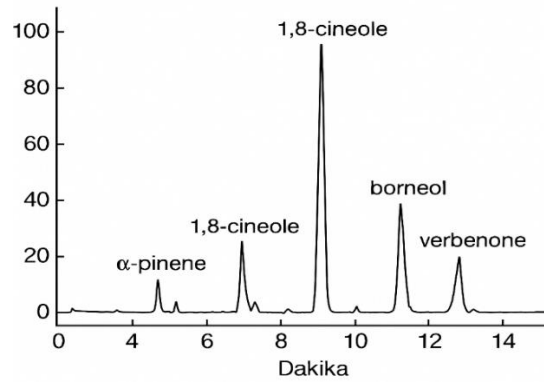
Biberiye yağının kimyasal yapısı, bitkinin yetiştiği bölge, iklim koşulları, hasat zamanı ve kullanılan ekstraksiyon yöntemine göre farklılık gösterebilir (Burt, 2004; Bozin vd., 2007). Ancak genel olarak biberiye yağında bulunan temel bileşenler, monoterpenler, seskiterpenler, oksijenli terpenler ve fenolik bileşiklerden oluşmaktadır.

Yapılan çalışmalara göre biberiye yağının en baskın bileşenleri arasında 1,8-sineol (okaliptol), α -pinen, kamfen, borneol, kafur ve karyofillen yer almaktadır (Viuda- Martos vd., 2010; Burt, 2004). Bu bileşenler biberiye yağının karakteristik aromasını oluşturmakta ve yağın antimikrobiyal aktivitesinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle 1,8-sineol ve α -pinen'in geniş spektrumlu antibakteriyel etki gösterdiği ve gıda patojenlerine karşı koruyucu özellik sağladığı bildirilmiştir (Dorman ve Deans, 2000).

Biberiye yağında ayrıca karnosik asit ve karnosol gibi güçlü antioksidanlar da bulunur. Bu bileşikler, yağın oksidatif stabilitesini sağlamasının yanı sıra, gıdalarda lipid oksidasyonunu geciktirerek raf ömrünü uzatma potansiyeline sahiptir (Celikel ve Koc, 2016). Çizelge 2.7'de (Burt, 2004) biberiye yağının ana bileşenleri ve etki mekanizması yer almaktadır.

Çizelge 2. 6.Biberiye Yağının Ana Bileşenleri

Bileşen	Oran (%)	Etki
1,8-Sineol (Okaliptol)	20-50	Antibakteriyel, aroma bileşeni
α -Pinen	10-30	Antibakteriyel, aroma bileşeni
Kamfen	5-15	Antimikrobiyal, tat ve aroma katkısı
Kafur	5-15	Antibakteriyel, güçlü koku
Borneol	2-7	Antibakteriyel ve aroma verici
Karyofillen	1-5	Antifungal, aroma bileşeni



Şekil 2. 3. Biberiye Yağının Temel Bileşenleri

(GC-MS Profili), (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014)

2.3.3. Antimikrobiyal ve Antioksidan Etki Mekanizması

Biberiye (*Rosmarinus officinalis L.*) yağı, hem antimikrobiyal hem de güçlü antioksidan özellikleri sayesinde gıda muhafazasında ve doğal koruyucu sistemlerde önemli bir yer edinmiştir. Biberiye yağı, içerdiği uçucu bileşenler ve fenolik bileşikler sayesinde gıda kaynaklı mikroorganizmalar üzerinde inhibitör etki göstermekte ve oksidatif bozulmayı yavaşlatmaktadır (Burt, 2004; Viuda-Martos vd., 2010).

Biberiye yağının antioksidan kapasitesi, özellikle karnosik asit, karnosol, rosmarinik asit ve carnosik diterpenler gibi fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Bu bileşikler serbest radikallerle reaksiyona girerek zincirleme oksidatif süreçleri durdurur ve böylece lipid oksidasyonunu yavaşlatır (Celikel ve Koc, 2016). Yapılan çalışmalar, biberiye yağının özellikle et ve süt ürünlerinde lipid peroksidasyonunu geciktirerek raf ömrünü uzattığını ve gıdanın duyuşal özelliklerini koruduğunu ortaya koymuştur (Burt, 2004; Viuda-Martos vd., 2010).

Biberiye yağı, sentetik antioksidanlar olan BHA (bütillenmiş hidroksianisol) ve BHT (bütillenmiş hidroksitoluen) ile karşılaştırıldığında, doğal bir alternatif olarak benzer ya da daha üstün performans gösterebilmektedir (Celikel ve Koc, 2016). Bu nedenle özellikle tüketicilerin doğal gıda koruyucularına olan eğilimi doğrultusunda biberiye yağı önemli bir tercih haline gelmiştir.

Tongnuanchan ve Benjakul (2014) tarafından yapılan çalışmada, biberiye yağının balık ürünlerinde uygulandığında lipid oksidasyonunu belirgin şekilde yavaşlattığı ve ürün kalitesini koruduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada, biberiye yağının antioksidan etkisinin uçucu yağ içerisindeki sinerjistik bileşiklerle güçlendiği de vurgulanmıştır.

Biberiye yağının antimikrobiyal etkisi, özellikle 1,8-sineol, α -pinen, kamfen, kafur ve borneol gibi uçucu bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Bu bileşikler, mikroorganizmaların hücre zarına zarar vererek geçirgenliğini artırmakta, hücre içi pH'ı bozmakta ve hücre ölümüne yol açmaktadır (Dorman ve Deans, 2000; Burt, 2004).

Yapılan araştırmalar, biberiye yağının *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus* gibi gıda patojenleri üzerinde inhibitör etki gösterdiğini ortaya koymuştur (Viuda-Martos vd., 2010). Ayrıca maya ve küf türlerine karşı da etkili olduğu belirtilmiştir (Bozin vd., 2007).

Bozin vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, biberiye yağının uçucu fraksiyonlarında yer alan α -pinen ve 1,8-sineol bileşenlerinin bakteriyostatik ve fungistatik özelliklere katkı sağladığı bildirilmiştir. Aynı zamanda, biberiye yağının Gram pozitif bakteriler üzerinde Gram negatiflere kıyasla daha güçlü bir antimikrobiyal etki gösterdiği de ifade edilmiştir (Dorman ve Deans, 2000).

Biberiye yağının antimikrobiyal etkinliği, gıdalarda doğrudan uygulamanın yanı sıra yenilebilir filmlerle birlikte kullanıldığında daha kontrollü ve uzun süreli koruma sağlayabilmektedir. Bu nedenle, biberiye yağı özellikle kitosan bazlı filmlerle sinerjik bir yapı oluşturarak gıdanın yüzeyinde antimikrobiyal etkiyi artırabilmektedir (Perdones vd., 2014).

Biberiye yağı, hem antioksidan hem de antimikrobiyal özellikleri sayesinde doğal gıda koruyucuları arasında önemli bir potansiyele sahiptir. Doğal yapısı, geniş spektrumlu antimikrobiyal etkisi ve lipid oksidasyonunu geciktirici özelliği ile gıda endüstrisinde alternatif bir koruyucu ajan olarak değerlendirilmektedir. Özellikle yenilebilir film uygulamalarında biberiye yağı kullanımı, raf ömrünü uzatma ve gıda güvenliğini artırma açısından etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Çizelge 2.8’de (Viuda-Martos vd., 2010; Celikel ve Koc, 2016) biberiye yağının bazı mikroorganizmalar üzerindeki inhibisyon etkisi yer almaktadır.

Çizelge 2. 7.Biberiye Yağının Bazı Mikroorganizmalara Etkisi

Mikroorganizma	İnhibisyon Etkisi (MIC değeri)
<i>E. coli</i>	0.5–1.0 µL/mL
<i>S. aureus</i>	0.25–0.75 µL/mL
<i>L. monocytogenes</i>	0.3–0.8 µL/mL
<i>P. fluorescens</i>	1.0 µL/mL

2.3.4. Gıda Endüstrisinde Kullanımı ve Raf Ömrüne Etkisi

Biberiye yağı, başta et ürünleri, süt ürünleri, balık, meyve ve sebzeler, fırıncılık ürünleri olmak üzere birçok gıda grubunda kullanılmaktadır. Yağın antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri sayesinde, raf ömrü boyunca mikrobiyal bozulma ve lipid oksidasyonu gibi kalite kayıplarını yavaşlattığı tespit edilmiştir (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014).

Özellikle et ve balık ürünlerinde lipid oksidasyonunu geciktirici etkisi ön plana çıkmaktadır. Biberiye yağının oksidatif stabiliteyi koruduğu ve renk değişimini yavaşlattığı birçok çalışmada gösterilmiştir (Viuda-Martos vd., 2010; Celikel ve Koc, 2016). Et ve balık gibi ürünlerde yağın doğrudan yüzeye uygulanması veya yenilebilir film içerisinde kullanılmasıyla mikrobiyal yükte azalma sağlanmakta ve ürünün duyusal kalitesi korunmaktadır.

Biberiye yağı süt ürünlerinde de raf ömrünü uzatma amacıyla kullanılmaktadır. Peynir yüzeyine doğrudan uygulanabildiği gibi, kitosan bazlı yenilebilir filmler içerisine dahil edilerek daha kontrollü ve uzun süreli bir antimikrobiyal etki sağlanabilmektedir (Perdones vd., 2014). Yapılan çalışmalar, biberiye yağı içeren kitosan filmler ile kaplanan peynirlerde maya ve küf gelişiminin geciktiğini ve mikrobiyolojik kalitenin korunduğunu ortaya koymuştur (Karakuş, 2021).

Meyve ve sebzelerde ise biberiye yağı, özellikle yüzey kaplamalarında kullanılmakta ve ağırlık kaybını azaltarak mantar gelişimini sınırlamaktadır. Doğal uçucu yağlar ile kaplanan taze ürünlerde biberiye yağının solunum hızını düşürdüğü ve bozulmayı geciktirdiği rapor edilmiştir (Cazón vd., 2017).

Fırıncılık ürünlerinde ise biberiye yağı, yüzey küf gelişimini engellemek ve aroma stabilitesini korumak amacıyla yenilebilir kaplamalar içerisinde kullanılabilmektedir. Aynı zamanda raf ömrü süresince ürünün duysal kalitesini olumsuz etkilemeden koruyucu etki sağladığı belirtilmiştir (Campos vd., 2011).

Biberiye yağı, gıdalarda mikrobiyal gelişimi yavaşlatarak ve oksidatif bozulmayı geciktirerek raf ömrünü uzatma potansiyeline sahiptir. Yapılan araştırmalar, biberiye yağı ile korunan gıdalarda toplam mezofilik aerob bakteri, maya ve küf sayısının azaldığını ve ürünlerin raf ömrünün uzadığını göstermektedir (Viuda-Martos vd., 2010; Karakuş, 2021).

Tongnuanchan ve Benjakul (2014) tarafından yapılan bir başka çalışmada, balık filetolarında biberiye yağı uygulamasının lipid oksidasyonunu önemli ölçüde yavaşlattığı ve raf ömrünü uzattığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada, esansiyel yağ içeren filmlerin kontrollü salınım sağlayarak uzun süreli koruma sağladığı vurgulanmıştır.

Et ve süt ürünleri dışında biberiye yağı, taze sebze ve meyvelerde ağırlık kaybı ve renk değişimini geciktirici etkileri ile de raf ömrü üzerine olumlu katkılar sağlamaktadır (Cazón vd., 2017).

Biberiye yağı, doğal yapısı ve geniş antimikrobiyal spektrumu sayesinde gıda sistemlerinde çok yönlü bir koruyucu ajan olarak kullanılmaktadır. Doğrudan yüzey uygulaması, yenilebilir film içerisinde enkapsülasyon ya da gıda içerisine karıştırma gibi farklı yöntemlerle gıdalara entegre edilebilen biberiye yağı, raf ömrünü uzatma ve kaliteyi koruma açısından oldukça etkili bir alternatiftir. Çizelge 2.9'da biberiye yağının yenilebilir film uygulamalarındaki örnekleri ve elde edilen sonuçlardan bahsedilmektedir.

Çizelge 2. 8.Biberiye Yağının Yenilebilir Filmlerde Uygulanma Örnekleri

Ürün	Uygulama Şekli	Elde Edilen Sonuç
Peynir (Tulum, Kaşar)	Kitosan + Biberiye yağı film kaplama	Raf ömrü %30–40 artmış, yüzey küfleri baskılanmış
Et ürünleri	Kitosan + Biberiye yağı film kaplama	TBARS değeri düşmüş, renk stabilitesi korunmuş
Taze meyve	Kitosan + Biberiye yağı film daldırma	Yüzey mikroflorası azalmış, su kaybı önlenmiş

2.3.5.Literatür ve Tez Tabanlı Uygulamalar

Karakuş (2021) tarafından yapılan tez çalışmasında, biberiye yağı içeren kitosan bazlı yenilebilir filmlerin tulum peyniri üzerindeki etkileri incelenmiş ve uygulanan filmlerin peynirin mikrobiyolojik kalitesini artırdığı, raf ömrünü uzattığı ve duyu özellikleri olumlu yönde etkilediği rapor edilmiştir. Özellikle biberiye yağı katkılı filmler, maya ve küf gelişimini geciktirmede başarılı bulunmuştur.

Cağrı vd. (2004) yenilebilir film ve kaplamaların antimikrobiyal özellikleri ve gıdalarda kullanım potansiyelini inceleyen kapsamlı bir çalışmada, kitosan gibi biyopolimerlerin doğal uçucu yağlarla kombinasyonunun gıda muhafazasında etkili olabileceğini vurgulamışlardır. Çalışma, yenilebilir film uygulamalarının mikrobiyal kontaminasyonu azaltmada ve raf ömrünü uzatmada önemli bir alternatif olduğunu ortaya koymuştur.

Zhou vd. (2007) ise kitosan bazlı yenilebilir film uygulamalarının taze meyve ve sebzelerde kullanımı üzerine yoğunlaşmış ve kitosanın antimikrobiyal etkisini artırmak için uçucu yağ katkılarının önemini vurgulamıştır. Çalışmada, kitosan + uçucu yağ kombinasyonlarının gıdanın yüzeyindeki mikrobiyal gelişimi sınırlandırdığı ve kalite kaybını geciktirdiği belirtilmiştir.

Özkan (2018) tarafından gerçekleştirilen tez çalışmasında ise beyaz peynir üzerinde kitosan ve farklı uçucu yağların etkileri araştırılmış ve özellikle kekik ve biberiye yağı ilavesiyle geliştirilen kitosan bazlı filmlerin raf ömrü boyunca mikrobiyolojik kaliteyi olumlu yönde

etkilediği bulunmuştur. Uçucu yağ katkısının antimikrobiyal etkinliği artırdığı ve peynirin yüzeyindeki bozulmayı geciktirdiği bildirilmiştir.

Yapılan bu tez ve literatür çalışmaları, yenilebilir film uygulamalarının özellikle süt ürünlerinde başarıyla kullanılabileceğini ve gıda güvenliği açısından önemli bir potansiyel taşıdığını göstermektedir. Çizelge 2.10'da biberiye yağının kullanıldığı çalışmalar ve alınan sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 2. 9.Biberiye Yağının Kullanıldığı Tezler

Araştırma / Tez	Materyal	Yöntem	Sonuçlar
Karakuş (2021)	Tulum peyniri	Kitosan + Biberiye yağı	Raf ömrü 14 gün artmış, duysal kalite bozulmamıştır.
Cagri vd. (2004)	Hindi eti	Biberiye yağı + Kitosan filmi	Lipid oksidasyonu inhibe edilmiştir.
Zhou vd. (2007)	Tavuk eti	Biberiye + Adaçayı yağı kaplama	TBARS değeri %60 azalmış, oksidatif stabilite sağlanmıştır.
Özkan (2018)	Beyaz peynir	Kitosan + Biberiye + Tarçın yağı	<i>L. monocytogenes</i> inhibisyonu yüksek bulunmuştur.
Bu tez çalışması (2025)	End. & Gel. Çeçil peyniri	Biberiye yağı içeren kitosan film	Geleneksel üretimde duysal skorlar daha yüksek, mikrobiyal gelişme daha az

2.3.6. Tez Çalışmasıyla İlişkilendirme

Bu tez çalışmasında kullanılan biberiye yağı, çeçil peynirinin yüzeyine uygulanan kitosan bazlı film yapısında yer almakta olup hem antimikrobiyal etki hem de oksidatif stabilite sağlamaya yönelik işlev göstermiştir. Özellikle geleneksel üretim hattında duysal açıdan daha fazla kabul edilebilirlik elde edilmiştir. Biberiye yağı, özellikle peynir yüzeylerinde yaygın olarak karşılaşılan *Penicillium spp.* ve yeşil küf oluşumunu baskılamada etkili bulunmuştur.

2.4. Kekik Yağı: Üretimi, Özellikleri ve Raf Ömrüne Etkisi

Kekik yağı, uçucu yağlar içerisinde gıda koruma alanında en çok araştırılan doğal bileşenlerden biridir. Antimikrobiyal ve antioksidan etkileri sayesinde, özellikle raf ömrünün uzatılması ve gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli bir potansiyele sahiptir. Bu bölümde kekik bitkisinin genel özellikleri, yağının elde edilme yöntemleri ve gıda ürünlerinde kullanımına yönelik katkıları ele alınacaktır.

2.4.1. Kekik Bitkisi ve Önemi

Kekik (*Origanum vulgare*), Akdeniz iklimine özgü, çok yıllık ve aromatik özellikte bir bitkidir ve *Lamiaceae* (ballıbabagiller) familyasına aittir. Kekik, tarih boyunca baharat, geleneksel ilaç ve doğal koruyucu olarak yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Özellikle yüksek uçucu yağ içeriği sayesinde, gıda muhafazasında doğal bir antimikrobiyal ve antioksidan ajan olarak dikkat çekmektedir (Burt, 2004; Viuda- Martos vd., 2010).

Kekik yağının başlıca bileşenleri olan karvakrol ve timol, geniş spektrumlu antimikrobiyal ve güçlü antioksidan özellikler göstermektedir (Burt, 2004; Dorman ve Deans, 2000). Bu iki bileşik, kekik yağının biyolojik aktivitesinin büyük kısmını oluşturmakta ve özellikle gıda bozulmalarına yol açan mikroorganizmalar üzerinde inhibitör etki göstermektedir.

Son yıllarda kekik uçucu yağına olan ilgi, gıda güvenliği açısından sentetik koruyuculara doğal bir alternatif arayışının artmasıyla birlikte daha da önem kazanmıştır. Kekik yağı, başta süt ve süt ürünleri olmak üzere et, balık, sebze ve fırıncılık ürünlerinde raf ömrünü uzatma amacıyla başarıyla uygulanmaktadır (Viuda- Martos vd., 2010). Kekik yağının esansiyel yağ formundaki kullanımı, gıda yüzeyinde veya yenilebilir filmler içerisinde uygulanarak, mikrobiyal kontaminasyonu sınırlandırmakta ve oksidatif reaksiyonları baskılayarak ürün kalitesini korumaktadır (Perdones vd., 2014). Özellikle yenilebilir film teknolojileri ile kekik yağı bir araya getirildiğinde, uçucu yağın kontrollü salınımı sağlanarak antimikrobiyal etkinlik uzun süre devam ettirilebilmektedir. Bu sayede kekik yağı, raf ömrünü uzatmak için çevre dostu, biyobozunur ve tüketici tarafından kabul edilebilir bir çözüm sunmaktadır (Campos vd., 2011).

2.4.2. Kekik Yağı Üretim Yöntemleri

Kekik yağı, gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Yağın kalitesi ve biyolojik etkinliği, seçilen ekstraksiyon yöntemine doğrudan bağlıdır. Kekik yağı elde etmek için başlıca kullanılan yöntemler arasında su buharı distilasyonu, hidrodistilasyon, süperkritik CO₂ ekstraksiyonu, solvent ekstraksiyonu ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yer almaktadır. Her yöntemin belirli avantajları ve sınırlamaları mevcuttur.

Su buharı distilasyonu, kekik yağı üretiminde en yaygın ve geleneksel yöntemlerden biridir. Bu yöntemde, kekik bitkisi su buharı ile temasa geçirilir ve uçucu yağ buharla birlikte sürüklenerek yoğunlaştırılır (Burt, 2004). Su buharı distilasyonu düşük maliyetli ve endüstride yaygın olarak kullanılan bir teknik olmasına rağmen, yüksek sıcaklık nedeniyle bazı uçucu bileşenlerin kaybına yol açabilir (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014). Ayrıca bu yöntem sırasında özellikle ısıya duyarlı fenolik bileşiklerde kısmi bozulmalar meydana gelebilir.

Hidrodistilasyon yöntemi, kekik bitkisinin doğrudan su içerisinde kaynatılmasıyla uçucu yağın elde edilmesini sağlar. Bu yöntem basit ekipman gerektirdiği ve maliyet açısından avantajlı olduğu için özellikle laboratuvar ölçekli çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedir (Viuda- Martos vd., 2010). Ancak, su buharı distilasyonunda olduğu gibi, yüksek sıcaklık ve uzun süreli kaynatma, kekik yağında yer alan karvakrol ve timol gibi biyoaktif bileşiklerin zarar görmesine neden olabilir (Burt, 2004). Bu da ekstrakte edilen yağın antimikrobiyal ve antioksidan kapasitesini olumsuz etkileyebilir.

Son yıllarda öne çıkan modern bir teknik olan süperkritik CO₂ ekstraksiyonu, özellikle kekik yağı üretiminde tercih edilmeye başlanmıştır. Bu yöntemde süperkritik koşullarda bulunan karbon dioksit çözücü olarak kullanılır ve işlem düşük sıcaklıkta gerçekleştirilir (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014). Bu sayede, uçucu bileşenler bozulmadan korunur ve yüksek saflıkta yağ elde edilir. Ayrıca, çevre dostu bir yöntem olup çözücü kalıntısı bırakmaz. Ancak süperkritik CO₂ ekstraksiyonu, yüksek ekipman maliyeti ve uzmanlık gerektiren karmaşık bir proses olması nedeniyle özellikle küçük işletmeler için dezavantajlıdır (Viuda- Martos vd., 2010).

Solvent ekstraksiyonu yöntemi, organik çözücüler (genellikle hekzan) kullanılarak kekik yağının daha yüksek verimle elde edilmesini sağlar (Burt, 2004). Yöntem, yağın yanı sıra polifenoller ve diğer biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda da etkilidir. Ancak, solvent kalıntısı riski nedeniyle özellikle gıda sektöründe bu yöntemin kullanımı oldukça sınırlıdır. Tüketici sağlığı açısından solvent kalıntıları önemli bir tehlike oluşturabileceğinden, bu yöntem daha çok kozmetik ve parfümeri sektörlerinde tercih edilmektedir (Viuda- Martos vd., 2010).

Mikrodalga destekli ekstraksiyon, yeni nesil bir yöntem olarak öne çıkmakta ve kekik yağı üretiminde süre ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Mikrodalga enerjisi, bitki hücre duvarlarının daha hızlı parçalanmasına ve uçucu yağların daha kısa sürede serbest kalmasına katkı sağlamaktadır (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014). Bu yöntem, geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla daha çevreci bir alternatiftir ve biyoaktif bileşen kaybı daha düşük seviyelerde gerçekleşir. Ancak yüksek ekipman maliyeti ve sanayide henüz sınırlı kullanımı önemli dezavantajlardır. Çizelge 2.11’de kekik yağının farklı üretim yöntemleri ve bu yöntemlerin avantajları ve dezavantajları gösterilmektedir.

Çizelge 2. 10.Kekik Yağının Farklı Üretim Yöntemleri

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar
Su Buharı Distilasyonu	Düşük maliyet, yaygın kullanım	Yüksek sıcaklık, uçucu bileşen kaybı
Hidrodistilasyon	Basit ve düşük maliyetli	Yüksek sıcaklık, kalite kaybı
Süperkritik CO ₂ Ekstraksiyonu	Yüksek saflık, düşük sıcaklık	Yüksek ekipman maliyeti
Solvent Ekstraksiyonu	Yüksek verim	Gıda uygulamalarında solvent kalıntısı riski
Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon	Kısa süre, enerji tasarrufu	Ekipman maliyeti yüksektir

2.4.3. Kekik Yağının Kimyasal Yapısı

Kekik (*Origanum vulgare*) yağı, biyolojik aktivitesi yüksek ve kompleks bir kimyasal yapıya sahip doğal bir uçucu yağdır. Kekik yağının antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerini belirleyen temel faktör, sahip olduğu aktif bileşenlerin türü ve oranıdır. Kekik yağının kimyasal bileşimi; bitkinin türü, yetiştiği bölge, iklim koşulları, hasat zamanı ve uygulanan ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Burt, 2004; Bozin vd., 2007; Viuda- Martos vd., 2010).

Kekik yağının başlıca aktif bileşenleri arasında karvakrol (Carvacrol) ve timol (Thymol) yer almaktadır. Yapılan çalışmalara göre, karvakrol ve timol kekik yağının biyolojik aktivitesinin yaklaşık %70-80'ini oluşturmakta ve kekik yağına güçlü antimikrobiyal ve antioksidan özellikler kazandırmaktadır (Burt, 2004; Dorman ve Deans, 2000). Bu iki fenolik bileşik, mikroorganizmaların hücre zarında yapısal bozulmalara neden olarak antimikrobiyal etki göstermekte, aynı zamanda serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif hasarı engellemektedir (Burt, 2004). Kekik yağı ayrıca p-simen, γ -terpinen, β -kariofilen ve linalool gibi uçucu bileşenler de içermektedir (Celikel ve Koc, 2016). Bu yardımcı bileşenler, kekik yağının genel aromatik profilini oluşturan ve sinerjik etkiler sağlayan unsurlar arasında yer almaktadır. Özellikle p-simen ve γ -terpinen, kekik yağının antimikrobiyal etkinliğini karvakrol ve timol ile birlikte desteklemektedir (Viuda- Martos vd., 2010). Yapılan bir çalışmada kekik yağının tipik kimyasal bileşenleri ve yaklaşık oranları Çizelge 2.12'deki gibi belirlenmiştir. (Burt, 2004; Bozin vd., 2007; Viuda- Martos vd., 2010)

Çizelge 2. 11. Kekik Yağının Kimyasal Bileşimi

Bileşen	Oran (%)
Karvakrol	30-80
Timol	3-15
p-Simen	5-15
γ -Terpinen	2-10
Linalool	1-5
β -Kariofilen	1-4

Bu oranlar kekik türüne ve ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Özellikle karvakrol oranı, kekik yağının antimikrobiyal gücünü doğrudan etkileyen en önemli parametrelerden biri olarak kabul edilmektedir (Dorman ve Deans, 2000). Biberiye yağı ile karşılaştırıldığında, kekik yağı yüksek karvakrol ve timol içeriği sayesinde daha güçlü antimikrobiyal ve antioksidan aktivite göstermektedir. Bu nedenle kekik yağı, gıda koruma sistemlerinde en çok tercih edilen uçucu yağlardan biri olmuştur (Viuda- Martos vd., 2010). Yapılan bazı çalışmalarda da kekik yağının özellikle Gram pozitif bakteriler (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*) üzerinde yüksek antimikrobiyal etki gösterdiği, ancak Gram negatif bakteriler üzerinde de etkinliğinin oldukça güçlü olduğu belirtilmiştir (Burt, 2004; Dorman ve Deans, 2000). Bu etki, kekik yağında yer alan lipofilik bileşenlerin bakteriyel zar yapısını bozma ve hücre içi madde kaybına yol açma yeteneği ile ilişkilendirilmektedir.

Sonuç olarak, kekik yağı kompleks bir yapıya sahip olup, özellikle karvakrol ve timol gibi fenolik bileşenler sayesinde geniş spektrumlu antimikrobiyal ve güçlü antioksidan özellikler sunmaktadır. Bu özellikler, kekik yağını hem gıda muhafazasında hem de yenilebilir film uygulamalarında etkin bir doğal koruyucu ajan haline getirmektedir.

2.4.4. Antimikrobiyal ve Antioksidan Etki Mekanizmaları

Kekik yağının antimikrobiyal etkisi, özellikle karvakrol ve timol gibi fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Bu bileşikler, mikroorganizmaların hücre zarlarında yapısal bozukluklara neden olarak bakterilerin yaşamsal fonksiyonlarını engellemektedir (Burt, 2004; Dorman ve Deans, 2000).

Kekik yağının antimikrobiyal etki mekanizması birkaç aşamada gerçekleşmektedir:

Hücre Zarına Bağlanma: Kekik yağı bileşenleri, bakteriyel hücre zarının fosfolipid tabakasına bağlanır ve zar bütünlüğünü bozar (Burt, 2004).

Hücre Zarının Geçirgenliğinin Artması: Karvakrol ve timol, hücre zarının geçirgenliğini artırarak hücre içindeki iyon dengesini bozar ve hücre dışına madde sızıntısına neden olur (Dorman ve Deans, 2000).

pH Dengesinin Bozulması: Hücre zarının bozulması sonucu, proton ve potasyum gibi iyonların hücre dışına sızması, hücre içi pH'nın hızla düşmesine yol açar ve bakteriyel metabolizma sekteye uğrar (Viuda-Martos vd., 2010).

Hücre İçi Enzimlerin İnhibisyonu: Kekik yağı bileşenleri, hücre içindeki enzim aktivitelerini baskılayarak DNA ve protein sentezini engeller ve hücre ölümüne yol açar (Burt, 2004).

Enerji Kaybı ve Hücre Ölümü: Hücre zarı bütünlüğünün kaybı ve enerji metabolizmasının çökmesi, bakterilerin çoğalmasını ve hayatta kalmasını önler (Dorman ve Deans, 2000).

Yapılan çalışmalarda kekik yağının özellikle *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* ve çeşitli maya-küf türleri üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Viuda-Martos vd., 2010; Bozin vd., 2007). Kekik yağı, Gram pozitif bakterilere karşı daha güçlü bir inhibitör etki göstermekte, ancak yüksek konsantrasyonlarda Gram negatif bakteriler üzerinde de etkili olabilmektedir.

Kekik yağının antioksidan özelliği, içerdiği karvakrol, timol ve γ -terpinen gibi fenolik bileşiklerin serbest radikal süpürücü kapasitelerinden kaynaklanmaktadır (Celikel ve Koc, 2016).

Antioksidan etki mekanizması temel olarak şu şekilde açıklanır:

- Serbest Radikal Yakalama: Kekik yağı bileşenleri, gıdalarda oluşan serbest radikallerle (özellikle lipid radikalleri) doğrudan reaksiyona girerek radikal zincir reaksiyonunu kırar (Viuda-Martos vd., 2010).
- Lipid Oksidasyonunun Geciktirilmesi: Kekik yağı, lipid peroksidasyonunu başlatan hidroperoksitleri stabilize eder ve yağların bozulmasını yavaşlatır (Burt, 2004).
- Metal Şelasyonu: Bazı çalışmalar, kekik yağının demir ve bakır gibi oksidasyonu hızlandıran metal iyonlarını bağlayarak katalitik etkilerini azalttığını göstermektedir (Celikel ve Koc, 2016).

- Serbest Oksijen Radikallerinin Nötralizasyonu: Kekik yağı, reaktif oksijen türlerini (ROS) nötralize ederek gıdalardaki oksidatif stresin azalmasına katkı sağlar (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014).

Kekik yağının antioksidan etkisi özellikle et, süt ve fırıncılık ürünlerinde lipid oksidasyonunu geciktirmede etkili bulunmuş ve gıdanın raf ömrünü uzattığı birçok çalışmada doğrulanmıştır (Viuda-Martos vd., 2010; Campos vd., 2011).

Kekik yağı, hem antimikrobiyal hem de antioksidan etkisini fenolik yapısından ve uçucu bileşenlerinden almaktadır. Mikroorganizmaların hücre zarını hedef alarak yapısal bozulmaya yol açmakta, serbest radikal zincir reaksiyonlarını kırarak oksidatif bozulmayı geciktirmektedir. Bu özellikleri sayesinde kekik yağı, yenilebilir film ve kaplama sistemlerinde doğal bir raf ömrü uzatıcı olarak etkili bir seçenek oluşturmaktadır.

2.4.5. Gıda Endüstrisinde Kullanımı ve Raf Ömrüne Etkisi

Kekik yağı, gıda endüstrisinde doğal bir koruyucu ajan olarak yaygın bir şekilde kullanılmakta ve özellikle raf ömrü uzatma açısından dikkat çekmektedir. Antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri sayesinde, gıdalarda mikrobiyal bozulmayı ve oksidatif reaksiyonları yavaşlatarak kalite kayıplarını geciktirmektedir (Burt, 2004; Viuda-Martos vd., 2010).

Kekik yağı, peynir ve diğer süt ürünlerinde yüzeysel bozulmaları ve mikrobiyal kontaminasyonu önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle kitosan bazlı yenilebilir filmler içerisine entegre edilen kekik yağı, peynirlerin yüzeyinde maya ve küf gelişimini sınırlandırmakta ve raf ömrünü uzatmaktadır (Perdones vd., 2014; Karakuş, 2021). Kavas ve Kesenkas (2018) tarafından beyaz peynir üzerinde yapılan bir çalışmada, kekik yağı içeren filmlerle kaplanan örneklerde maya ve küf sayısında anlamlı bir azalma gözlenmiş ve kontrol grubuna kıyasla raf ömrü yaklaşık 10-15 gün uzatılmıştır. Yüceer (2017) tarafından kaşar peynirinde yürütülen bir başka çalışmada, kekik yağı içeren kitosan kaplamaların mikrobiyal gelişimi geciktirdiği ve ürünlerin raf ömrünü 45 güne kadar uzattığı belirlenmiştir.

Taze ve işlenmiş et ürünlerinde kekik yağı, toplam mezofilik aerob bakteri ve lipid oksidasyonu üzerinde inhibe edici etki göstermektedir (Viuda-Martos vd., 2010). Kekik yağı ilavesi ile hazırlanan yenilebilir filmler, et ürünlerinde hem mikrobiyal kaliteyi hem de renk ve aroma stabilitesini koruyarak raf ömrünü önemli ölçüde artırmaktadır. Burt (2004) tarafından bildirildiğine göre, kekik yağı uygulanan tavuk ve sığır eti ürünlerinde toplam bakteri yükü azalmış ve kontrol gruplarına kıyasla raf ömrü 5-7 gün kadar uzamıştır. Ayrıca kekik yağı, et ürünlerinde oksidatif bozulmayı geciktirerek duyu kaliteyi koruma avantajı da sağlamaktadır.

Balık ve deniz ürünleri, lipid oksidasyonu ve mikrobiyal bozulmaya en hassas ürünler arasında yer alır. Kekik yağı, balık filetolarında ve işlenmiş deniz ürünlerinde mikrobiyal gelişimi sınırlamak ve raf ömrünü artırmak amacıyla başarıyla kullanılmaktadır (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014). Yapılan çalışmalarda, kekik yağı uygulanan balık filetolarında toplam mezofilik aerob bakteri ve psikrotrofik bakteri sayısında belirgin azalma sağlanmış ve raf ömrü ortalama 3-5 gün kadar uzatılmıştır (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014).

Kekik yağı, taze meyve ve sebzelerde özellikle yüzeysel mikrobiyal gelişimi engellemek ve ağırlık kaybını azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Kekik yağı içeren kitosan bazlı kaplamalar, solunum hızını düşürmekte ve meyve-sebze yüzeyindeki maya-küf gelişimini sınırlandırmaktadır (Cazón vd., 2017). Zhou vd. (2007) tarafından yürütülen bir çalışmada, kekik yağı içeren yenilebilir film uygulanan çilek ve domates örneklerinde mikrobiyal gelişimin yavaşladığı ve ürünlerin raf ömrünün 7-10 gün kadar uzadığı belirtilmiştir.

Fırıncılık ürünlerinde, özellikle yüzey küf gelişimini önlemek amacıyla kekik yağı kullanımı son yıllarda artmıştır. Kekik yağı içeren yenilebilir kaplamalar, kek ve ekmek gibi ürünlerde mikrobiyal gelişimi baskılamakta ve sentetik koruyucu ihtiyacını azaltmaktadır (Campos vd., 2011). Yapılan çalışmalarda, kekik yağı uygulanan kek ve ekmeklerin kontrol gruplarına göre raf ömrünün 3-5 gün uzadığı ve duyu kalitenin korunduğu rapor edilmiştir (Campos vd., 2011).

Kekik yağı, bazı meyve suları ve fermente içeceklerde doğal koruyucu olarak değerlendirilmektedir. Özellikle doğal fermentasyon süreçlerinde istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini sınırlandırarak ürün stabilitesini artırdığı belirtilmiştir (Burt,

2004). Ancak içeceklere doğrudan uygulandığında aroma yoğunluğu dikkatle dengelenmelidir.

Kekik yağı, gıda endüstrisinde hem mikrobiyal güvenliği sağlamak hem de raf ömrünü uzatmak amacıyla çok yönlü bir koruyucu olarak kullanılmaktadır. Gıda gruplarına bağlı olarak kekik yağı, yenilebilir film sistemleri veya doğrudan uygulama yoluyla hem mikrobiyal kaliteyi hem de oksidatif stabiliteyi artırmakta ve raf ömründe ortalama 3 ile 15 gün arasında değişen bir uzatma sağlamaktadır. Doğru konsantrasyon ve uygulama yöntemi seçildiğinde kekik yağı, sentetik katkı maddelerine sağlıklı ve tüketici dostu bir alternatif sunmaktadır. Çizelge 2.13’de kekik yağının bazı gıdalarda kullanımı ve mikrobiyal etkisi gösterilmektedir.

Çizelge 2. 12.Kekik Yağının Gıdalarda Kullanımı ve Etkileri

Gıda Grubu	Uygulama Şekli	Elde Edilen Etki
Beyaz Peynir	Kitosan filmle kaplama	Laktik asit bakterileri korunmuş, maya-küf gelişimi azalmıştır.
Kaşar Peyniri	Daldırma + kitosan + kekik yağı	Yüzeyde mikrobiyal üreme engellenmiş, duyuusal skorlar artmıştır.
Tulum Peyniri	Film kaplama	Raf ömrü 14 gün artmış, pH stabil kalmıştır.
Tavuk Eti	Kekik yağı + jelatin film	<i>Salmonella</i> ve <i>E. coli</i> gelişimi engellenmiştir.

2.4.6.Literatür ve Tez Tabanlı Uygulamalar

Yenilebilir film ve kaplama uygulamaları, özellikle süt ve süt ürünlerinde mikrobiyal kaliteyi artırmak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla son yıllarda yoğun şekilde araştırılmaktadır. Literatürde yapılan tez ve deneysel çalışmalarda, kitosan ve kekik yağı içeren yenilebilir filmlerin peynir ürünlerinde başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Bu uygulamalar, hem gıda güvenliği açısından önemli bir alternatif sunmakta hem de tüketici taleplerine uygun doğal koruma yöntemleri olarak öne çıkmaktadır.

Yüceer (2017), Karakuş (2021) ve Kavas ve Kesenkas (2018) tarafından yapılan çalışmalarda, farklı peynir türlerine uygulanan kekik yağı içeren yenilebilir filmlerin, mikrobiyal yükü azaltmada ve maya-küf gelişimini kontrol altında tutmada etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu uygulamalar sonucunda peynirlerin duysal özelliklerinin de korunarak tüketici beğenisinin yüksek seviyede devam ettirildiği rapor edilmiştir. Çizelge 2.14’de, kekik yağı kullanılarak yapılan çeşitli yenilebilir film uygulamalarına ilişkin peynir türleri ve elde edilen temel sonuçlar özetlenmiştir.

Çizelge 2. 13.Kekik Yağının Bulunduğu Bazı Tez Uygulamaları

Araştırma / Tez	Uygulama Alanı	Sonuçlar
Yüceer (2017)	Kaşar peyniri	Kekik yağı içeren kitosan filmle <i>L. monocytogenes</i> baskılanmıştır.
Karakuş (2021)	Tulum peyniri	Kitosan + kekik yağı film ile duysal kalite ve mikrobiyel denge sağlanmıştır.
Bu tez çalışması (2025)	Çeçil peyniri	Kekik yağı içeren film, geleneksel üretimde yüzey küfünü yaklaşık %90 oranında engellemiştir.
Kavas ve Kesenkas (2018)	Beyaz peynir	Kekik yağı ile kaplanan peynirler daha az maya içermiştir.
Arfat vd. (2015)	Jelatin bazlı sistemler	Kekik yağı, filmlerin antioksidan kapasitesini artırmıştır.

2.4.7. Tez Çalışmasıyla İlişkilendirme

Bu tezde kullanılan kekik yağı, kitosan taşıyıcılı film formunda çeçil peynirinin yüzeyine uygulanarak hem mikrobiyolojik kontrol hem de duysal stabilitenin sağlanması hedeflemiştir. Yapılan uygulamalarda:

- Kekik yağı içeren filmler, geleneksel çeçil peynirinde yüzey küf oluşumunu büyük ölçüde engellemiştir.

- Duyusal analizlerde özellikle aroma ve tat açısından panelistler tarafından olumlu değerlendirilmiştir.
- Mikrobiyal analizler, toplam maya-küf sayısının kekik yağı içeren örneklerde önemli ölçüde düşük olduğunu göstermiştir.

2.5. Çeçil Peyniri: Tarihçesi ve Üretimi

Çeçil peyniri, Türkiye'nin geleneksel peynir çeşitleri arasında önemli bir yere sahiptir. Kendine özgü yapısı ve üretim yöntemi ile hem yöresel mutfaklarda hem de endüstriyel ölçekte değerlendirilmektedir. Bu bölümde, çeçil peynirinin tarihçesi, üretim aşamaları ve geleneksel yöntemlerle elde edilişi ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2.5.1. Giriş ve Tarihçe

Çeçil peyniri (*çeçil*, *civil*, *tel* veya *örgü peyniri*), Türkiye'nin kuzeydoğusunda, özellikle Erzurum, Kars, Ardahan, Erzincan ve Ağrı yörelerinde yaygın olarak üretilen, tellendirme (fibrilleşme) işlemiyle karakterize edilen geleneksel bir peynir çeşididir.

Kökeni Orta Asya'ya dayanan bu peynir, göçebe kültürlerden günümüze taşınmıştır. Süt ürünlerinin tuzlama, kurutma, askıda bekletme gibi yöntemlerle dayanıklı hâle getirilmesi, Anadolu'da çeçil peynirini hem gıda güvenliği hem de geleneksel miras bakımından önemli kılmıştır (Çelik, 2010; Koca vd., 2013).

2.5.2. Coğrafi Üretim ve Kültürel Önemi

Çeçil peyniri, Türk Patent ve Marka Kurumu tarafından coğrafi işaret tescili almıştır. Tescil, Erzurum ve çevresinde geleneksel yöntemlerle üretilen "Erzurum Civil Peyniri" adıyla yapılmıştır. Ancak benzer üretim yöntemleriyle Kars, Ardahan, Ağrı, Bitlis gibi illerde de çeçil üretimi sürdürülmektedir (TPMK, 2019).

Kırsal bölgelerde geleneksel olarak üretilen çeçil peyniri, genellikle ev tüketimi ve yerel pazar için hazırlanmakta; endüstriyel üretimde ise pastörize süt, starter kültürler ve kontrol altında üretim prosedürleriyle geniş pazarlara sunulmaktadır.

2.5.3. Yapısal ve Duyusal Özellikler

Çeçil peyniri, kendine özgü ipliksi yapısı, yoğun tuzlu lezzeti, elastik dokusu ve lifli formu ile diğer peynir çeşitlerinden ayrılmaktadır. Bu peynir türü, özellikle tel tel ayrılabilen yapısı sayesinde hem görsel hem de tüketim sırasında farklı bir deneyim sunar.

Üretim şekline, kullanılan süt türüne ve kurutma koşullarına bağlı olarak çeçil peynirinin renk, doku, esneklik ve tat-aroma gibi duyusal parametrelerinde farklılıklar görülebilmektedir. Geleneksel yöntemle üretilen çeçil peynirlerinde daha doğal bir aroma, daha belirgin lif yapısı ve yüksek elastikiyet gözlenirken, endüstriyel üretimde bu özellikler daha standart ve homojen bir şekilde oluşmaktadır. Ayrıca, üretim süreci boyunca uygulanan sıcaklık, yoğurma ve tuzlama adımları da çeçil peynirinin duyusal ve yapısal kalitesini doğrudan etkilemektedir. Aşağıda çeçil peynirinin temel duyusal ve yapısal özelliklerine ilişkin başlıca kriterler Çizelge 2.15’de sunulmaktadır. Bu özellikler, peynirin tüketici beğenisini etkileyen önemli kalite parametreleri olarak kabul edilmektedir.

Çizelge 2. 14.Çeçil Peynirinin Yapısal ve Duyusal Özellikleri

Özellik	Açıklama
Görünüm	Lifli, tel tel ayrılan yapıda, açık sarı veya beyaz
Doku	Elastik, tellenmiş (lifli), hafif esnek
Tat ve aroma	Yoğun süt aromalı, hafif tuzlu
Yağ oranı	%15–25 (genellikle yarım yağlı)
Tuz oranı	%4–6 (tuzlu salamura ortamında bekletildiğinden)
Nem içeriği	%45–55

Bu özellikler, çeçil peynirini hem mikrobiyal gelişmeye hem de yüzey bozulmalarına karşı hassas hâle getirir. Özellikle yüksek nem ve tuz oranı, yüzey mikroflorasının hızla çoğalmasına neden olabilir (Atasever ve Şengül, 2006).

2.5.4. Geleneksel ve Endüstriyel Üretim Süreci

Peynir üretiminde uygulanan yöntemler, ürünün mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Çeçil peynirinin geleneksel ve endüstriyel yöntemlerle üretimi, kullanılan süt tipi, mayalama şartları, yoğurma ve kurutma süreçleri açısından farklılık göstermektedir. Geleneksel üretimde, çoğunlukla çiğ süt ve ev ortamında uygulanan yöntemler tercih edilmekte olup üretim sürecinin birçok aşaması el işçiliğine dayanmaktadır. Bu durum, ürünün yapısal ve duyuşal özelliklerine bölgesel bir karakter kazandırmakta ancak mikrobiyolojik riskleri de beraberinde getirebilmektedir.

Endüstriyel üretimde ise daha kontrollü koşullar sağlanmakta, pastörize süt kullanımı ile mikrobiyal güvenlik artırılmakta ve daha standart bir üretim süreci izlenmektedir. Üretim teknikleri arasındaki bu farklılıklar, çeçil peynirinin fiziksel ve duyuşal kalitesi ile raf ömrü üzerinde belirleyici olmaktadır. Bu çalışmada, geleneksel ve endüstriyel yöntemlerle üretilen çeçil peynirlerinin üretim aşamaları detaylı şekilde sunulmuş ve her iki yöntemin süreç akışı ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

2.5.5. Çeçil Peyniri Üretiminde Geleneksel Yöntem

Çeçil peynirinin geleneksel üretimi, Doğu Anadolu Bölgesi'nde uzun yıllardır sürdürülen ve kuşaktan kuşağa aktarılan bir peynir yapım yöntemidir. Bu yöntemde üretimin her aşaması el işçiliğine dayanmakta ve genellikle çiğ süt kullanılmaktadır. Geleneksel yöntem, çeçil peynirine özgü lifli yapı, elastik doku ve karakteristik lezzetin oluşmasında kritik bir rol oynamaktadır (Koca ve Metin, 2004).

Üretimde ilk adım, çiğ sütün süzülerek kaba partiküllerden arındırılmasıdır. Süzülen süt, büyük bir tencereye alınır ve genellikle 36-37 °C sıcaklığa kadar ısıtılır. Bu sıcaklık aralığı, mayalama işlemi için optimum koşulları sağlar. Bu aşamada şirden mayası, ev yapımı yoğurt ve limon suyu eklenerek pıhtılaşma başlatılır. Şirden mayası, süt proteinlerini pıhtılaştırmak için geleneksel olarak tercih edilen enzimatik bir maddedir ve süt içerisinde kimosin enzimi

aracılığıyla kazeinlerin yapısal değişimini başlatır (Türkmen, 2021). Yoğurt ve limon suyu eklenmesi ise laktik asit bakteri popülasyonunun gelişimini destekler ve asitliği dengeleyerek pıhtı oluşumunu hızlandırır.

Mayalama sonrası tencere, sıcaklığı koruyacak şekilde örtü ile sarılır ve yaklaşık 1 saat boyunca pıhtılaşma tamamlanana kadar bekletilir. Bu süre sonunda oluşan pıhtı, çırpıcı yardımıyla yavaşça kırılır ve karıştırılarak sıcaklık 45-48 °C'ye kadar yükseltilir. Sıcaklığın bu seviyeye getirilmesi, peynir pıhtısının daha esnek ve elastik bir yapı kazanmasını sağlar (Koca ve Metin, 2004; Ekinci ve Çağlar, 2004).

Pıhtı kırıldıktan sonra tül bir torbaya alınır ve serbest suyunu bırakması için üzerine ağırlık yerleştirilir. Bu aşamada peynirin ilk süzme işlemi gerçekleşir. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra, peynir tül torbadan çıkarılır ve kapalı bir kap içerisinde oda sıcaklığında yaklaşık 18-24 saat bekletilir. Bu dinlendirme aşaması, pıhtının uygun asitlik seviyesine ulaşması ve fermantasyon sürecinin ilerlemesi için kritik bir adımdır (Çelik, 2010; Demirci, 2019).

Dinlendirme sonrası asitlik dengelenmiş peynir küçük parçalara bölünür ve sıcak suda haşlanmaya hazır hale getirilir. Haşlama işlemi sırasında, tencerenin dibinde bulunan yaklaşık 80 °C sıcaklıktaki suya peynir parçaları yavaş yavaş eklenir. Sıcak su içinde peynir parçaları esnek bir yapıya dönüşür ve lifli yapı kazanmaya başlar (Koca ve Metin, 2004).

Haşlama sırasında peynir sıcak su içinde yoğrulur ve esnekliği sağlanana kadar işlenir. Yeterli elastikiyete ulaşıldığında peynir sıcak sudan çıkarılır ve dış ortamda yoğurma işlemi devam ettirilir. Bu aşamada yoğrulan peynir sürekli olarak çekilir ve uzatılır. Peynirin tel tel ayrılan lif yapısı, bu yoğurma ve çekme işlemleri sırasında gelişir (Koca ve Metin, 2004; Koca vd., 2013).

Çekme ve yoğurma işlemi birkaç kez tekrarlanarak peynirin elastikiyet kazanması sağlanır. Son aşamada peynir parçaları tekrar sıcak suya ve ardından soğuk suya alınarak elle telleme işlemi yapılır. Soğuk suya alınan peynir hem hızlı bir şekilde şekillenir hem de dış yapısı stabilize olur (Demirci, 2019).

Şekil verilen peynirler, geleneksel olarak soğuk, serin ve iyi hava akımı olan ortamlarda askılara asılarak kurutulur. Kurutma sırasında peynir yüzeyinde doğal bir kabuk oluşur ve su aktivitesi azalır. Bu aşama, çeçil peynirinin raf ömrünün uzamasına katkı sağlamaktadır (Ekinci ve Çağlar, 2004).

Kurutma sonrası peynirler kuru tuzlama yöntemi ile tuzlanır. Geleneksel olarak peynir yüzeyine el ile tuz serpilir ve peynir belirli bir süre dinlendirilir. Tuz, mikrobiyal gelişimi baskılayanın yanı sıra peynirin kendine özgü tuzlu tadının oluşmasını sağlar (Koca vd., 2013).

Geleneksel üretimde kurutma ve tuzlama koşulları, çoğunlukla üreticinin deneyimine bağlı olarak değişmekte, bu da ürünler arasında fiziksel ve duyuşal çeşitliliğe yol açmaktadır. Ayrıca çeçil peynirinin üretim koşullarına bağlı olarak mikrobiyolojik risk taşıyabileceği bildirilmiş ve bu nedenle hijyen koşullarına dikkat edilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır (Ekinci ve Çağlar, 2004; Koca vd., 2013).

2.5.6. Çeçil Peyniri Üretiminde Endüstriyel Yöntem

Geleneksel yöntemlerle uzun yıllardır üretilen çeçil peyniri, günümüzde artan talep ve gıda güvenliği gereklilikleri doğrultusunda endüstriyel koşullarda da üretilmektedir. Endüstriyel üretimde uygulanan süreçler, ürün güvenliğini artırmak, kaliteyi standardize etmek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla kontrollü bir şekilde yürütülmektedir (Koca ve Metin, 2004; Demirci, 2019). Endüstriyel üretim sürecinde kullanılan süt pastörize edilmekte ve üretim aşamaları hijyenik tesislerde modern ekipmanlarla gerçekleştirilmektedir.

Endüstriyel üretimde kullanılan süt, öncelikle kalite kontrollerinden geçirilerek alım yapılır. Yağ ve protein oranı belirlenen süt, yabancı maddelerden arındırılır ve pastörizasyon için hazırlanır. Süt, üretime alınmadan önce belirli bir sıcaklıkta ön ısıtma işlemine tabi tutulur ve pastörizasyon işlemi genellikle 72-75 °C'de 15-20 saniye uygulanır. Bu işlem, süt içerisinde bulunabilecek patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların elimine edilmesini sağlar (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2019).

Endüstriyel üretimde, geleneksel yöntemek ek olarak deodorizasyon işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem, sütte bulunabilecek istenmeyen kokuları ve tat bileşenlerini uzaklaştırmak

amacıyla gerçekleştirilir. Deodorizasyon, özellikle yüksek sıcaklıkta vakum altında yapılan bir prosestir ve çeçil peynirinde daha nötr bir tat ve aroma profili elde edilmesine katkı sağlamaktadır (Demirci, 2019).

Pastörize edilen süt, 32-35 °C sıcaklığa kadar soğutulur ve uygun miktarda starter kültür ve peynir mayası ilave edilerek mayalama işlemi başlatılır. Endüstriyel üretimde mayalama süresi daha kontrollü bir şekilde tutulmakta ve maya miktarı gramaj ile hassas olarak ayarlanmaktadır. Starter kültür kullanımı, asitlik gelişimini standartlaştırmakta ve mikrobiyolojik kaliteyi artırmaktadır (Koca ve Metin, 2004). Yaklaşık 30-40 dakika içinde pıhtı oluşur ve pıhtı özel kesici bıçaklarla homojen şekilde parçalanır. Pıhtı parçalama işlemi, pıhtı tanelerinin uygun büyüklüğe ulaşmasını sağlamak amacıyla titizlikle uygulanır.

Kırılan pıhtılar belirli sıcaklıkta (genellikle 50-55 °C) su veya peynir altı suyunda haşlanır. Haşlama sırasında sürekli karıştırma ve yoğurma işlemi yapılır. Bu aşama, çeçil peynirinin lifli yapısını kazandığı en kritik adımdır. Endüstriyel üretimde yoğurma ve çekme işlemi otomatik sistemlerle ve kapalı tanklarda yapılmakta, böylece ürünler arasında daha homojen bir yapı elde edilmektedir (Koca ve Metin, 2004; Koca vd., 2013). Yoğurma sonrası sıcaklık kontrolü sağlanarak peynir, elle şekillendirme işlemi yapılmaksızın otomatik form vericilerden geçirilir. Böylece çeçil peynirine özgü tel yapısı ve boyut standardı sağlanır.

Şekillendirilen peynirler, geleneksel yöntemle benzer şekilde soğuk suya alınarak hızlı bir şekilde soğutulur. Bu aşama, peynirin dış yapısını stabilize etmek için uygulanır. Ardından kuru tuzlama veya salamura yöntemiyle tuzlama işlemi gerçekleştirilir. Endüstriyel üretimde genellikle kısa süreli salamura tercih edilmekte, böylece tuz dağılımı daha kontrollü sağlanmaktadır (Demirci, 2019). Tuzlanan peynirler, havalandırılmalı odalarda veya özel kurutma kabinlerinde belirli sıcaklık ve nem şartlarında kurutulmaktadır. Bu ortamlar, çeçil peynirinin istenen sertlik ve su aktivitesi seviyesine ulaşması için optimize edilmiştir. Endüstriyel kurutma, sürecin daha hızlı ve kontrollü bir şekilde tamamlanmasını sağlamaktadır (Koca vd., 2013).

Kurutma işlemi sonrası peynirler genellikle vakum veya modifiye atmosfer koşullarında paketlenir. Endüstriyel ambalajlama sayesinde ürünlerin raf ömrü artırılmakta ve mikrobiyal riskler minimize edilmektedir. Depolama koşulları, genellikle 4 °C'nin altında kontrollü

sıcaklıklarda sağlanır ve bu, ürün kalitesini korumaya yardımcı olur (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2019).

Endüstriyel çeçil peyniri üretimi, geleneksel yöntemle göre daha kontrollü, hijyenik ve standart bir süreç sunmaktadır. Sütün pastörizasyonu, starter kültür kullanımı, otomatik yoğurma ve kurutma sistemleri sayesinde ürünler arasında kalite homojenliği sağlanmakta ve mikrobiyal güvenlik önemli ölçüde artırılmaktadır. Bununla birlikte, geleneksel çeçil peynirine özgü doğal lezzet ve elastik yapı, endüstriyel ürünlerde bir miktar farklılık gösterebilmektedir.

2.5.7. Karşılaştırmalı Üretim Özellikleri

Geleneksel ve endüstriyel yöntemlerle üretilen çeçil peynirleri, uygulanan işlemler, kullanılan süt tipi, mayalama koşulları, yoğurma yöntemleri ve kurutma aşamaları açısından önemli farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar, üretilen peynirlerin mikrobiyolojik, fiziksel ve duyuşsal özelliklerine doğrudan yansımaktadır. Geleneksel üretim, çiğ süt ve el işçiliği ile daha özgün bir yapıya sahip ürünler sunarken; endüstriyel üretimde kontrollü sıcaklık, hijyenik ortam ve otomasyon sistemleri ile daha standart ve güvenli ürünler elde edilmektedir.

Üretim teknikleri arasındaki bu farklar, özellikle raf ömrü, tuz dağılımı, pıhtı kalitesi ve yoğurma işleminin etkinliği üzerinde belirgin sonuçlar doğurmaktadır. Ayrıca, mikrobiyolojik güvenlik açısından da endüstriyel üretim daha avantajlı bir profil çizerken; geleneksel ürünler duyuşsal açıdan daha zengin bir karakter sunmaktadır (Koca ve Metin, 2004; Demirci, 2019). Çizelge 2.16'da geleneksel ve endüstriyel çeçil peyniri üretim yöntemlerinin ayırt edici özellikleri karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

Çizelge 2. 15.Geleneksel ve Endüstriyel Üretimde Temel Farklar

Kriter	Geleneksel Üretim	Endüstriyel Üretim
Süt	Çiğ, karışık tür (inek/koyun/keçi)	Pastörize inek sütü
Starter kültür	Genellikle kullanılmaz (doğal flora)	Tanımlı ticari kültürler
Haşlama yöntemi	El yardımıyla, sıcak su içerisinde	Otomatik, sıcaklık kontrollü sistemler
Şekillendirme	El ile tel haline getirme ve örgü	Mekanik kalıplar
Tuzlama	Salamura veya elle tuz sürme	Standart tuz banyosu
Ambalaj	Çuvalla, teneke veya açıkta kurutma	Vakumlu veya modifiye atmosfer
Dayanıklılık	Kısa raf ömrü, duyuşal olarak zengin	Uzun raf ömrü, standart kalite kontrolü

2.5.8.Literatürde Çeçil Peyniri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Çeçil peyniri, özellikle Doğu Anadolu Bölgesi'nde geleneksel olarak üretilen ve Türkiye'nin önemli kültürel süt ürünlerinden biri olarak literatürde sıkça incelenen bir peynir çeşididir. Peynirin geleneksel üretim yöntemlerinin korunması, mikrobiyolojik yapısının değerlendirilmesi, kimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi, son yıllarda araştırmacılar tarafından yoğun olarak ele alınmıştır. Üretim sürecinde kullanılan yöntemler ve kullanılan sütün tipi, çeçil peynirinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır

(Koca ve Metin, 2004). Ekinci ve Çağlar (2004) tarafından Erzurum ve çevresinde üretilen çeçil peynirlerinin mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi değerlendirilmiş ve geleneksel yöntemle üretilen örneklerde yüksek mikrobiyal yük saptanmıştır. Çalışmada çeçil peynirinin protein ve kalsiyum bakımından zengin bir süt ürünü olduğu, ancak hijyen koşullarına dikkat edilmediğinde sağlık riski taşıyabileceği vurgulanmıştır. Bostan ve Tayar

(2012) ise çeçil peynirinin raf ömrü boyunca mikrobiyolojik kalite değişimini incelemiş ve özellikle toplam mezofilik bakteri sayısında depolama süresi boyunca artış gözlemlendiğini belirtmiştir. Bu çalışmada, geleneksel yöntemle üretilen peynirlerde mikrobiyal kalite değişiminin, üretim ortamına ve uygulanan tuzlama yöntemi gibi faktörlere bağlı olarak farklılık gösterdiği ortaya konmuştur. Çelik (2010), çeçil peynirinin geleneksel üretim yöntemlerinin korunmasının kültürel değerler açısından önemli olduğunu vurgulamış ve bu peynirin özellikle yerel mutfaklarda nesilden nesile aktarılan bir üretim kültürüne sahip olduğunu belirtmiştir. Geleneksel yöntemle üretilen çeçil peynirinin karakteristik tuzlu lezzeti, lifli yapısı ve yoğun aroması bu üretim tarzını farklılaştıran temel unsurlar arasında yer almaktadır.

Koca ve Metin (2004) ile Koca vd. (2013) tarafından yapılan çalışmalarda, geleneksel ve endüstriyel üretim teknikleri karşılaştırılmış ve üretim yöntemlerine bağlı olarak peynirlerin fiziksel ve duysal özelliklerinde farklılıklar olduğu ortaya konmuştur. Endüstriyel üretim tekniklerinin ürün güvenliğini artırdığı ancak geleneksel ürünlerde duysal açıdan daha zengin lezzet ve yapı geliştiği vurgulanmıştır. Demirci (2019) tarafından yapılan bir yüksek lisans tezinde, geleneksel yöntemle üretilen çeçil peynirlerinde uygulanan kitosan bazlı yenilebilir film kaplamalarının ürün kalitesi üzerine etkileri araştırılmış ve bu filmlerin mikrobiyal gelişimi sınırlayarak raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir. Yüceer (2017) ve Karakuş (2021) tarafından yürütülen diğer araştırmalar ise kekik yağı içeren kitosan kaplamaların, farklı peynir çeşitleri üzerinde benzer olumlu etkiler sağladığını ve çeçil peyniri gibi lifli yapıya sahip peynirlerde mikrobiyal güvenliğini artırmada potansiyel bir yöntem olabileceğini desteklemiştir.

Sonuç olarak, çeçil peyniri üzerine yapılan literatür çalışmaları, hem geleneksel üretimin korunmasına hem de gıda güvenliği açısından iyileştirici uygulamalara odaklanmıştır. Mikrobiyolojik riskleri azaltmak amacıyla yenilebilir film ve doğal koruyucuların kullanıldığı yeni teknolojiler, çeçil peyniri üretiminde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Literatürdeki bu gelişmeler, geleneksel ve modern uygulamaların bir araya getirilerek çeçil peynirinin kalite ve raf ömrünün iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır.

2.5.9. Tez Çalışmasıyla İlişkilendirme

Bu tez kapsamında, hem endüstriyel hem de geleneksel yöntemle üretilmiş çeçil peynirleri, üç farklı yenilebilir filmle kaplanarak analiz edilmiştir. Özellikle kekik ve biberiye yağı içeren kitosan filmlerin; mikrobiyal gelişmeyi yavaşlattığı, duyuşal kabul edilebilirliği artırdığı, nem ve pH stabilitesini koruduğı gözlemlenmiştir. Bu çalışma, çeçil peynirinin korunmasına yönelik yapılan ilk kapsamlı yenilebilir film uygulamalarından biri olma özelliğı taşımaktadır.

2.5.10. Çeçil Peyniri ve Diğer Peynirlerle İlgili Yapılan Yenilebilir Film Çalışmaları

Yenilebilir film ve kaplama teknolojileri, süt ve süt ürünlerinde özellikle mikrobiyal bozulmayı geciktirmek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla sıkça tercih edilen bir yöntem hâline gelmiştir. Peynir çeşitleri, yüksek nem içerikleri ve zengin besin yapıları nedeniyle mikrobiyal kontaminasyona oldukça yatkın gıdalardır. Bu nedenle, peynirlerde yenilebilir film uygulamaları üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda hızla artmıştır (Campos vd., 2011; Han, 2014).

Çeçil peyniri özelinde yapılan çalışmalar ise oldukça sınırlıdır. Demirci (2019) tarafından yapılan çalışmada, geleneksel yöntemle üretilmiş çeçil peynirlerinde kitosan bazlı yenilebilir film kaplama uygulamalarının mikrobiyal kalite ve raf ömrü üzerine olumlu etkileri gözlemlenmiştir. Çalışmada, özellikle maya ve küf gelişiminin geciktiğı, duyuşal kalitenin ise kaplama sayesinde korunabildiğı rapor edilmiştir.

Beyaz peynir üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar, yenilebilir filmlerin mikrobiyal gelişimi sınırlandırmada ve ürün kalitesini muhafaza etmede başarılı olduğunu göstermektedir. Kavas ve Kesenkas (2018) tarafından beyaz peynir üzerine yapılan bir çalışmada, kekik yağı içeren kitosan bazlı kaplamaların, kontrol örneklerine kıyasla toplam mezofilik aerob bakteri ve maya-küf gelişimini anlamlı düzeyde azalttığı belirtilmiştir. Yüceer (2017) ise kaşar peynirine uygulanan kekik yağı ve kitosan kaplamaların mikrobiyal kaliteyi olumlu yönde etkilediğini ve raf ömrünü yaklaşık 15-20 gün uzattığını ifade etmiştir. Karakuş (2021) tarafından tulum peyniri üzerinde yürütölen çalışmada, kekik yağı ve kitosan kombinasyonu ile hazırlanan yenilebilir filmlerin peynirin mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerini iyileştirdiğı rapor edilmiştir. Bu çalışma, yenilebilir film uygulamalarının sadece raf ömrü

üzerinde değil, aynı zamanda ürünün tüketici beğenisi açısından da olumlu katkılar sağladığını ortaya koymuştur. Arfat vd. (2015), yenilebilir film uygulamalarında uçucu yağ katkılarının peynirlerdeki mikrobiyal gelişimi sınırlandırmada etkili olduğunu ve duyuşal özelliklerde belirgin iyileşme sağladığını belirtmiştir. Bu çalışmada, esansiyel yağların film matrisine dahil edilmesiyle birlikte antimikrobiyal ve antioksidan etkilerin güçlendiği vurgulanmıştır. Özkan (2018) tarafından yürütölen başka bir çalışmada ise beyaz peynir üzerine kitosan ve çeşitli uçucu yağlar (biberiye, kekik) uygulanmış ve özellikle kekik yağı katkısının mikrobiyal kaliteyi artırmada daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Özkan (2018), kitosan ve uçucu yağ kombinasyonlarının peynirin raf ömrünü uzatma potansiyelini desteklediğini ve tüketici açısından duyuşal kabul edilebilirliğin korunduğunu bildirmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalar, yenilebilir film uygulamalarının farklı peynir türlerinde benzer şekilde olumlu etkiler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ancak çeçil peyniri üzerinde yürütölen yenilebilir film araştırmaları oldukça sınırlıdır. Bu durum, çeçil peyniri için yenilebilir film uygulamalarının daha detaylı ve sistematik şekilde araştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Çeçil peynirinin kendine özgü lifli yapısı ve üretim yöntemi, diğör peynir çeşitlerinden farklı bir film etkileşimi yaratabileceğinden, çeçil peyniri özelinde yapılacak çalışmalara bilimsel literatürde ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu tez çalışması ile çeçil peyniri üzerinde yenilebilir film uygulamalarının mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve duyuşal kalite üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde araştırılarak literatürdeki bu eksikliğin giderilmesine katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Çizelge 2.17’de farklı peynir türlerinde uygulanan yenilebilir film uygulamaları ve elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.

Çizelge 2. 16.Yenilebilir Film Uygulamaları ile Peynirlerde Elde Edilen Sonuçlar

Araştırma	Peynir Türü	Film Bileşimi	Etki
Fajardo vd. (2010)	Saloio	Kitosan + Natamisin	Küf oluşumu engellenmiş, nem kaybı azalmıştır
Yüceer (2017)	Kaşar	Kitosan + Kekik yağı	<i>L. monocytogenes</i> yükünde azalma, raf ömrü artışı
Kavas ve Kesenkas (2018)	Beyaz peynir	Kitosan + Nane yağı	Toplam mezofil bakteri sayısında düşüş, duyuusal kabul iyileşti
Karakuş (2021)	Tulum peyniri	Kitosan + Biberiye yağı	Maya-küf gelişimi yavaşladı, pH stabil kaldı
Özkan (2018)	Beyaz peynir	Kitosan + Kekik/Biberiye yağı	<i>Salmonella</i> ve <i>E. coli</i> inhibe edildi
Gammariello vd. (2020)	Mozzarella	Kitosan + Jelatin + Kekik yağı	Oksidatif bozulma azaldı, yüzey stabilitesi sağlandı

2.5.11. Çeçil Peyniri Üzerine Yapılmış Yenilebilir Film Uygulamaları

Çeçil peyniri üzerine yapılan yenilebilir film uygulamaları, literatürde oldukça sınırlı sayıda yer almakta ve bu alandaki çalışmalar son yıllarda ivme kazanmaya başlamıştır. Çeçil peyniri, sahip olduğu yüksek nem içeriği ve lifli yapısı nedeniyle mikrobiyal kontaminasyona oldukça açıktır. Bu durum, özellikle geleneksel yöntemle üretilen çeçil peynirlerinde raf ömrünün kısa olmasına ve kalite kayıplarının hızla gelişmesine yol açmaktadır (Demirci, 2019).

Demirci (2019) tarafından yürütülen bir tez çalışmasında, geleneksel yöntemle üretilmiş çeçil peynirlerine kitosan kaplama uygulanmış ve bu kaplamanın özellikle maya ve küf gelişimini geciktirdiği, duyuşal özelliklerin ise depolama süresi boyunca korunduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca kitosan kaplamanın toplam mezofil bakteri sayısını da önemli ölçüde düşürdüğü rapor edilmiştir. Yüceer (2017) ve Karakuş (2021) tarafından yapılan diğer çalışmalarda da kitosan ve kekik yağı kombinasyonunun benzer etkilere sahip olduğu ve çeçil peyniri gibi lifli peynirlerde mikrobiyolojik stabilite sağladığı bildirilmiştir. Bu çalışmalar, özellikle kekik yağı içeren filmlerin antimikrobiyal etkinliğinin yüksek olduğunu ve peynirin raf ömrünü uzatmada etkili bir yöntem olabileceğini desteklemektedir.

Yapılan yenilebilir film uygulamalarında genellikle daldırma yöntemi kullanılmış ve kaplama sonrası ürünler belirli sıcaklık ve sürelerde depolanarak fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Uygulama sonrası gerçekleştirilen duyuşal değerlendirmelerde ise yenilebilir film kaplamalarının peynirin görünüş, tat, koku ve tekstür özelliklerini koruduğu ve tüketici beğenisini olumlu yönde etkilediği ortaya konmuştur. Ancak çeçil peyniri üzerine yapılan yenilebilir film uygulamalarının literatürdeki sayısı oldukça sınırlıdır ve mevcut çalışmalar çoğunlukla bölgesel olarak yürütülen yüksek lisans tezleriyle sınırlı kalmıştır. Bu durum, çeçil peynirinde yenilebilir film uygulamalarının genişletilmesi, farklı bitkisel ekstraktların denenmesi ve endüstriyel üretim koşullarında da uygulanabilirliğinin araştırılması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca çeçil peynirine özgü lifli yapının yenilebilir film etkileşiminde nasıl bir rol oynadığı konusu da detaylı araştırılması gereken bir alandır.

Bu tez çalışması da çeçil peynirine uygulanan kitosan ve uçucu yağ katkılı yenilebilir film uygulamalarının kalite parametreleri üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde inceleyerek literatürdeki mevcut boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

2.6. Sonuç ve Değerlendirme

Gıda güvenliği ve raf ömrünün uzatılması, günümüzde peynir gibi hızlı bozulabilen gıdalarda en çok üzerinde durulan konular arasında yer almaktadır. Yenilebilir film ve kaplama uygulamaları, özellikle son yıllarda çevre dostu ve fonksiyonel çözümler sunması nedeniyle süt ürünlerinde yaygın bir şekilde araştırılmaktadır. Ancak bu alandaki çalışmalar

genellikle beyaz peynir, kaşar ve benzeri peynir türlerine odaklanmış; çeçil peyniri gibi lifli ve özgün yapıya sahip ürünler literatürde sınırlı yer bulmuştur.

Çeçil peyniri, üretim sürecinde yoğurma ve çekme adımlarıyla karakterize edilen yapısı nedeniyle diğer peynir türlerinden ayrılmaktadır. Bu durum, yenilebilir film uygulamalarında çeçil peynirine özel bir değerlendirme yapılmasını gerektirmektedir. Literatürde yer alan sınırlı sayıda çalışma, kitosan ve uçucu yağ bazlı filmlerin peynirlerde mikrobiyal gelişimi yavaşlattığını ve raf ömrünü uzattığını göstermektedir. Ancak bu bulgular çeçil peyniri için yeterince detaylandırılmamış, üretim yöntemleri (geleneksel ve endüstriyel) dikkate alınarak karşılaştırmalı bir analiz sunulmamıştır.

Bu tez çalışması, çeçil peynirinin korunmasında kullanılabilecek doğal ve yenilikçi bir yöntem olarak kitosan ve uçucu yağ bazlı yenilebilir film uygulamalarının potansiyelini ortaya koymayı hedeflemektedir. Üretim yöntemine bağlı olarak film uygulamasının etkilerinin farklılık gösterebileceği öngörülerek geleneksel ve endüstriyel üretim teknikleri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Yapılan uygulamalarla, doğal katkı maddeleri kullanılarak raf ömrü uzatılabilecek, mikrobiyal kalite iyileştirilebilecek ve tüketici kabulü açısından uygun ürünler elde edilmesi mümkün olabilecektir.

Yapılan literatür değerlendirmeleri sonucunda, çeçil peyniri üzerine yenilebilir film uygulamalarıyla ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu anlaşılmıştır. Bu tez çalışması, hem çeçil peynirine özgü bir uygulama alanı açması hem de kitosan ve uçucu yağ kombinasyonlarının etkinliğini ortaya koyması açısından literatüre katkı sağlayacak niteliktedir.

3. MATERİYAL VE METOD

Bu bölümde araştırmada kullanılan hammaddeler, kimyasallar, ekipmanlar ve uygulanan yöntemler detaylı olarak açıklanmıştır. Çalışmanın tekrarlanabilirliği için materyal ve metotlar sistematik bir biçimde sunulmuştur.

3.1. Materyal

Bu çalışmada Dalgıçlar Çiftliği (EREN Gıda San.ve Tic.Ltd.Şti.)’nden geleneksel üretim için kullanılan çiğ süt ve endüstriyel üretim çeçil peyniri temin edilmiştir. Geleneksel yöntemle üretilen çeçil peyniri için kullanılan peynir mayası (Evde Şirden Peynir Mayası) MAYSA Gıda San. ve Tic. A.Ş.’ den temin edilmiştir. Geleneksel yöntem çeçil peynirinde ev yapımı yoğurt ve asitliğin ayarlanması için limon kullanılmıştır.

Yenilebilir film üretimi için ilk aşamada aktardan açık halde temin edilen Chia Tohumu ve TİENS İç ve Dış Tic. Ltd. Şti. tarafından üretilen Kitosan kullanılmıştır. Film üretiminde kullanılan Kekik yağı ve Biberiye yağı KIRINTI markasına (Kırıntı Baharat Hay.Tar.Kozm. Gıda Temizlik Mlz. İnş.Elektrik Turizm San. Tic. Ltd.Şti) aittir. Film üretiminde plastifiyan (esnekleştirici) olarak kullanılan bitkisel gliserin VANCE markadır ve Mutlukal Gıda San.Tic. A.Ş’ den temin edilmiştir. Film hazırlama sürecinde ve analiz sürecinde kullanılan asetik asit ve sodyum hidroksit (NaOH) TEKKİM Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasından temin edilmiştir.

3.2. Metod

Bu bölümde deneysel çalışmalarda kullanılan yöntemler ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Uygulanan analiz basamakları ve üretim süreçleri, çalışmanın amacına uygun şekilde sistematik olarak sunulmuştur.

3.2.1. Yenilebilir Film Üretimi (1.Aşama)

Çeçil peynirinin kaplanması için en uygun filmlerin belirlenmesi amacıyla ilk aşamada 8 farklı grupta yenilebilir film üretilmiştir. Bu kombinasyonlar Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3. 1.Yenilebilir Film Grupları

	Materyal	Grup
1	Chia tohumu	A grubu
2	Kitosan	C grubu
3	Chia tohumu + Biberiye yağı	A1 grubu
4	Kitosan + Biberiye yağı	C1 grubu
5	Chia tohumu + Kekik yağı	A2 grubu
6	Kitosan + Kekik yağı	C2 grubu
7	Chia tohumu + Kitosan + Biberiye yağı	AC1 grubu
8	Chia tohumu + Kitosan + Kekik yağı	AC2 grubu

3.2.1.1. Chia Tohumu ile Yenilebilir Film Üretimi

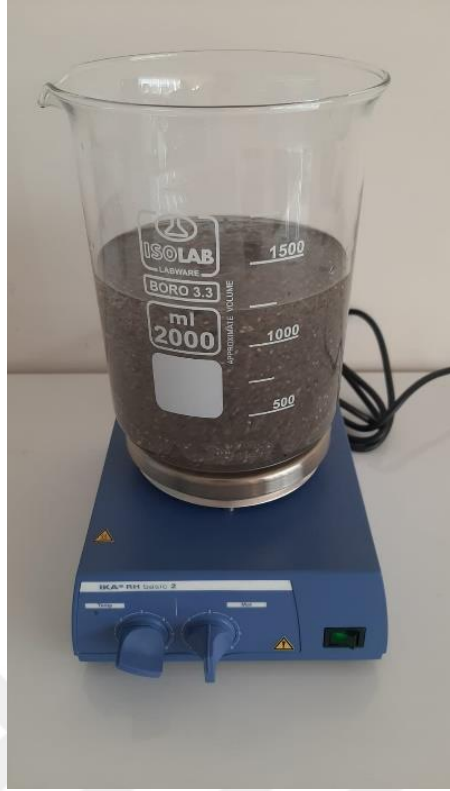
Chia tohumundan yenilebilir film üretilirken Çelik (2020) tarafından önerilen yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. 30 g chia tohumu beher içinde tartılmış (Şekil 3.1) ve üzerine 1:20 oranında distile su ilave edilmiştir. pH, 0.2 M NaOH çözeltisi ile 8'e ayarlanmıştır (Şekil 3.2). 80 °C' de manyetik karıştırıcı ile 2 saat boyunca hidratlama işlemi (Şekil 3.3) gerçekleştirilmiştir. İşlem sonunda çözelti kurutma tepsisine olabildiğince ince bir şekilde dökülmüştür (Şekil 3.4). 65 °C' ye ayarlanmış etüvde 20 saat kurumaya bırakılmıştır. Kurutma süresi sonunda ince bir elek yardımıyla çekirdekleri ayrılmıştır (Şekil 3.5). Elek altında kalan kurutulmuş chia tohumu musilajı tartılmıştır. İşlem sonunda elde edilen 0.5 g kuru musilaj üzerine film oluşturmak için 500 ml (%1 w/V) distile su ilave edilmiştir. Karışım 25°C' de 2 saat boyunca mekanik olarak karıştırılmıştır (Şekil 3.6). Daha sonra çözeltinin pH değeri 0.1 M NaOH ile 9'a ayarlanmıştır. Çözelti içerisine plastikleştirici olarak çözeltinin %1'i oranında (5 ml) gliserol (bitkisel gliserin) ilave edilmiştir. Çözelti 80 °C' de manyetik karıştırıcıda 30 dk boyunca karıştırılmıştır. 5 farklı kombinasyon için 500 ml çözelti 100'er ml olacak şekilde ayrılmıştır. Saf chia tohumu için 100 ml çözeltiden mikrobiyolojik analizler için 10 ml ayrılmış geriye kalan çözelti eşit miktarda 4 petri kapına dökülmüştür. 35°C' de etüvde 3-4 gün kurumaya alınmıştır.



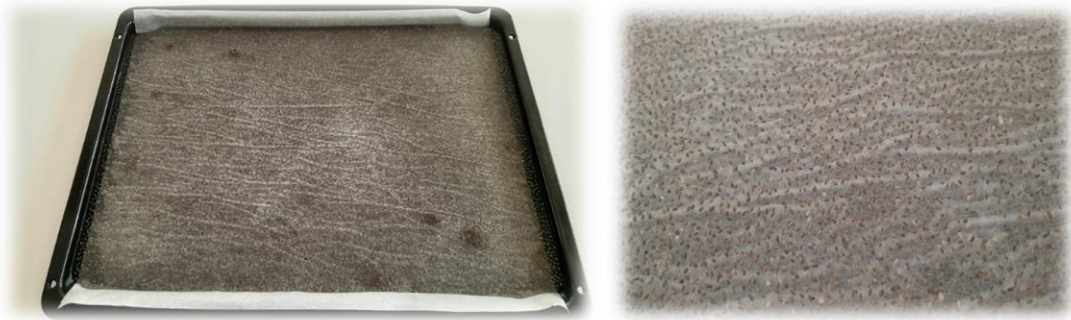
Şekil 3. 1.Chia tohumunun tartılması



Şekil 3. 2.NaOH ile asitliğin ayarlanması



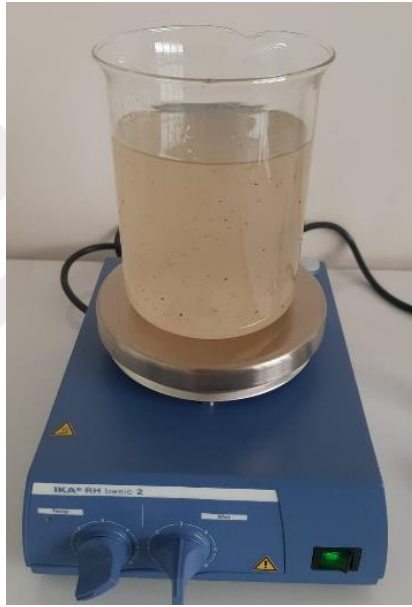
Şekil 3. 3.Hidratlama işlemi



Şekil 3. 4.Kurutmaya hazır çözelti



Şekil 3. 5.Kurutulmuş chia tohumu musilajı

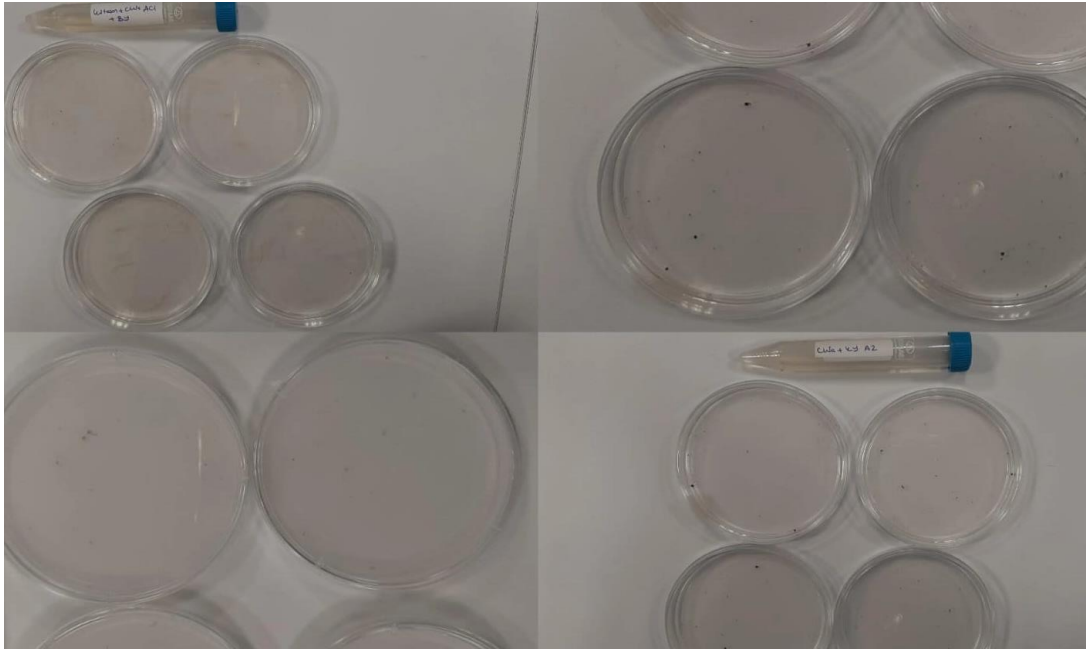


Şekil 3. 6.Chia film çözeltisi

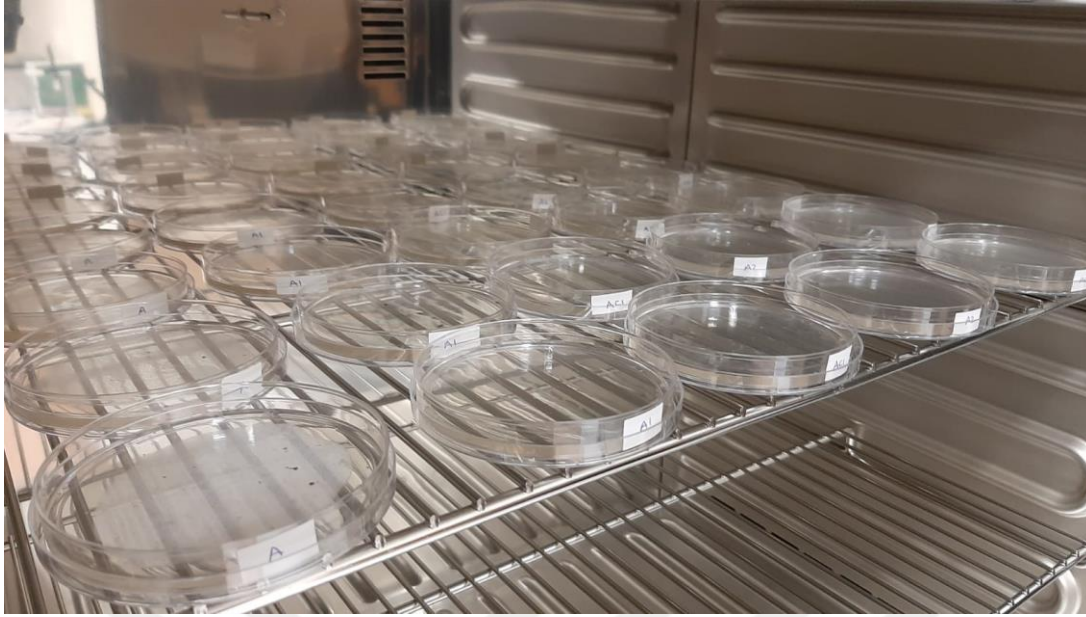
3.2.1.2. Chia Tohumu ve Uçucu Yağların (Biberiye yağı,Kekik yağı) Kombinasyonu

Chia Tohumu ve Biberiye Yağı Kombinasyonu için; Chia tohumu çözeltisinden 100 ml ayrılarak, içerisine %2 oranında (200 μ l) biberiye yağı ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım, manyetik karıştırıcı üzerinde 40 °C sıcaklıkta 15 dakika süreyle homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra hazırlanan film çözeltisinden mikrobiyolojik analizler için 10 ml örnek ayrılmıştır. Geriye kalan çözelti, eşit miktarlarda dört adet petri kabına dökülerek film formasyonu için hazırlanmıştır. Petri kapları, 35 °C sıcaklıktaki etüvde 3-4 gün süreyle kurutmaya bırakılmıştır.

Chia Tohumu ve Kekik Yağı Kombinasyonu için; Chia tohumu çözeltisinden 100 ml alınarak, içerisine %2 oranında (200 µl) kekik yağı ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım, manyetik karıştırıcı üzerinde 40 °C sıcaklıkta 15 dakika boyunca homojen şekilde karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra, hazırlanan film çözeltisinden mikrobiyolojik analizler amacıyla 10 ml örnek ayrılmıştır. Kalan çözelti eşit miktarlarda dört petri kabına dağıtılmış (Şekil 3.7) ve petri kapları 35 °C sıcaklıktaki etüvde 3-4 gün süreyle kurutmaya bırakılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3. 7.Chia tohumu ile hazırlanan yenilebilir filmler



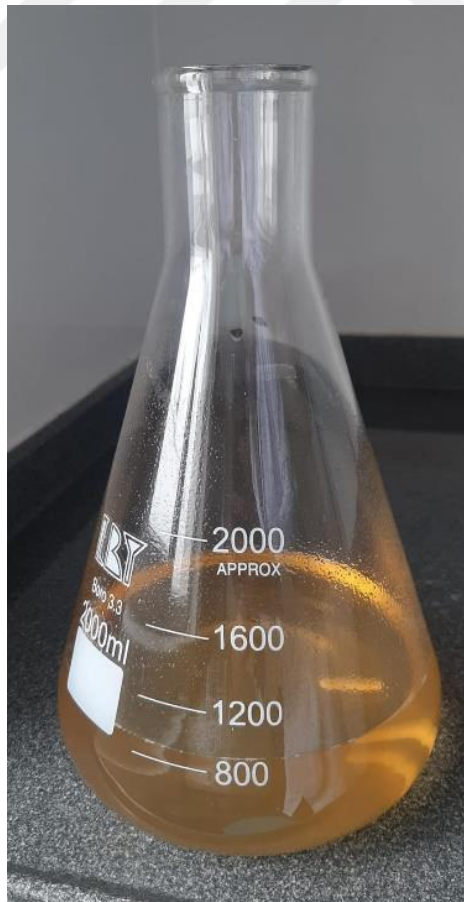
Şekil 3. 8.Etüvde kurumaya bırakılan filmler

3.2.1.3. Kitosan ile Yenilebilir Film Üretimi

Yenilebilir film üretiminde Akat (2023) tarafından önerilen yöntem temel alınmıştır. Bu kapsamda, 10 g kitosan (Şekil 3.9) tartılarak %1'lik asetik asit çözeltisi içerisinde yavaş yavaş çözündürülmüştür. Çözme işlemi, manyetik karıştırıcı kullanılarak kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan kitosan çözeltisine (Şekil 3.10), plastikleştirici madde olarak bitkisel kökenli gliserol (0.06 ml/100 ml) ilave edilmiştir. Çözelti, oda sıcaklığında manyetik karıştırıcı üzerinde bir saat süreyle karıştırılarak homojen hâle getirilmiştir. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra, hazırlanan film çözeltisinden mikrobiyolojik analizler için 10 ml örnek ayrılmış, kalan çözelti ise eşit hacimlerde dört adet petri kabına dökülmüştür. Film oluşumu için petri kapları 35 °C sıcaklıktaki etüvde 3-4 gün süreyle kurutmaya bırakılmıştır.



Şekil 3. 9.Kitosan

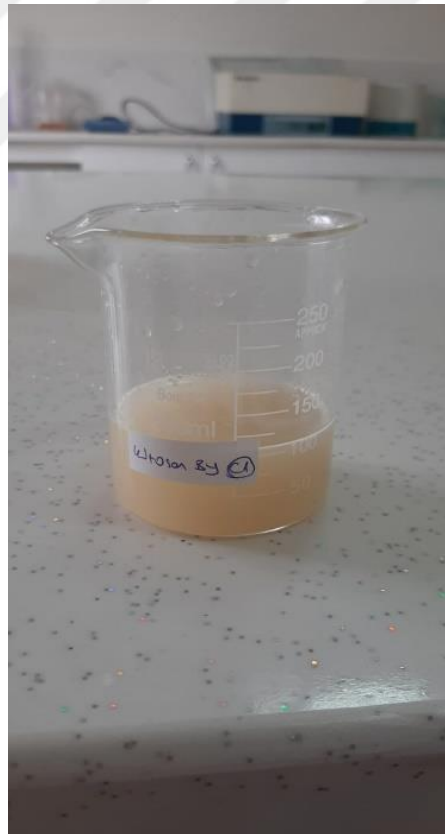


Şekil 3. 10.Kitosan film çözeltisi

3.2.1.4. Kitosan ve Uçucu Yağların Kombinasyonu

Kitosan ve Biberiye Yağı Kombinasyonu için; Hazırlanan kitosan çözeltisinden ayrılan 100 ml içerisine %2 oranında (200 µl) biberiye yağı ilave edilmiş manyetik karıştırıcıda 40 °C’ de 15 dk karıştırılmıştır (Şekil 3.11). İşlem sonunda 100 ml çözeltiden mikrobiyolojik analizler için 10 ml ayrılmış geriye kalan çözelti eşit miktarda 4 petri kapına dökülmüştür. 35°C’ de etüvde 3-4 gün kurumaya alınmıştır.

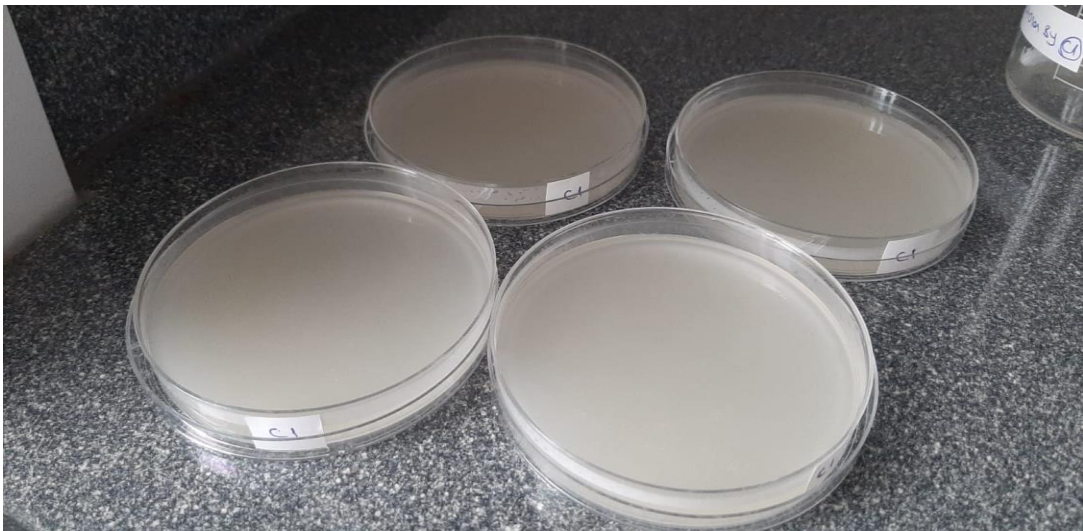
Kitosan ve Kekik Yağı Kombinasyonu için; Hazırlanan kitosan çözeltisinden ayrılan 100 ml içerisine %2 oranında (200 µl) kekik yağı ilave edilmiş manyetik karıştırıcıda 40 °C’ de 15 dk karıştırılmıştır (Şekil 3.12). İşlem sonunda 100 ml çözeltiden mikrobiyolojik analizler için 10 ml ayrılmış geriye kalan çözelti eşit miktarda 4 petri kapına dökülmüştür. 35°C’ de etüvde 3-4 gün kurumaya alınmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3. 11.Kitosan+biberiye yağı çözeltisi



Şekil 3. 12.Kitosan+kekik yağı çözeltisi

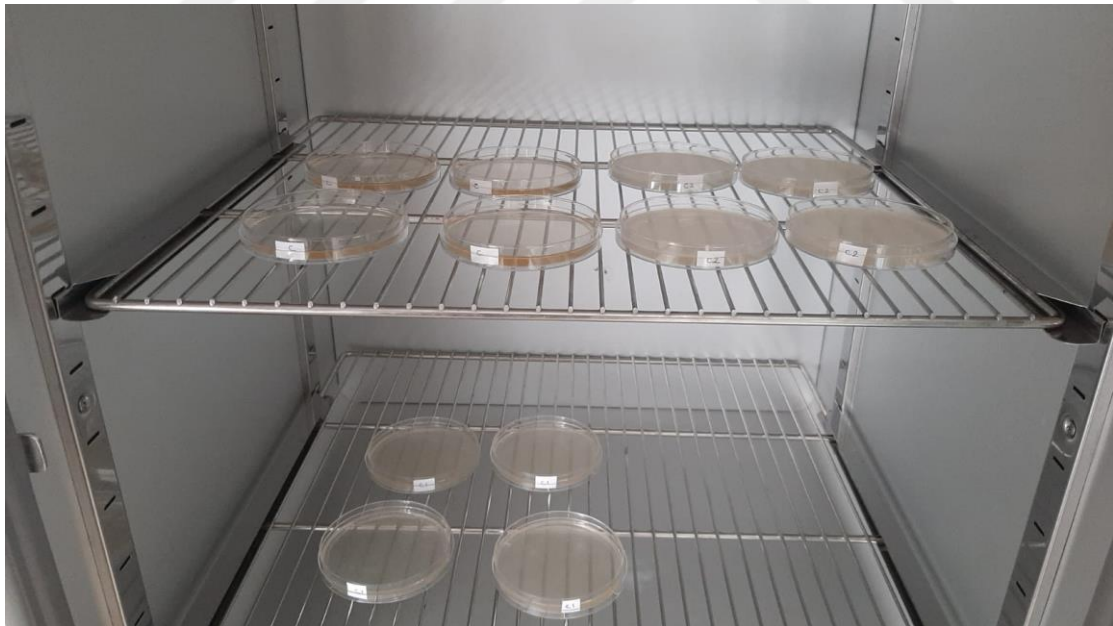


Şekil 3. 13.Kitosan+uçucu yağ filmleri

3.2.1.5. Kitosan, Chia Tohumu ve Uçucu Yağların Kombinasyonu

Kitosan, Chia Tohumu ve Biberiye Yağı Kombinasyonu için; Hazırlanan kitosan çözeltisinden ayrılan 50 ml ve chia tohumu çözeltisinden ayrılan 50 ml karıştırılmış, içerisine %2 oranında (200 µl) biberiye yağı ilave edilmiş manyetik karıştırıcıda 40 °C' de 15 dk karıştırılmıştır. İşlem sonunda 100 ml çözeltiden mikrobiyolojik analizler için 10 ml ayrılmış geriye kalan çözelti eşit miktarda 4 petri kapına dökülmüştür. 35°C' de etüvde 3-4 gün kurumaya alınmıştır.

Kitosan, Chia Tohumu ve Kekik Yağı Kombinasyonu için; Hazırlanan kitosan çözeltisinden ayrılan 50 ml ve chia tohumu çözeltisinden ayrılan 50 ml karıştırılmış, içerisine %2 oranında (200 µl) kekik yağı ilave edilmiş manyetik karıştırıcıda 40 °C' de 15 dk karıştırılmıştır. İşlem sonunda 100 ml çözeltiden mikrobiyolojik analizler için 10 ml ayrılmış geriye kalan çözelti eşit miktarda 4 petri kapına dökülmüştür. 35°C' de etüvde 3-4 gün kurumaya alınmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3. 14.Kurumaya bırakılan yenilebilir filmler

3.2.2.Çeçil Peyniri Üretimi

Bu kısımda araştırmada kullanılan çeçil peynirinin üretim aşamaları detaylandırılmıştır. Çalışmada hem endüstriyel hem de geleneksel yöntemle üretilen çeçil peynirleri değerlendirilmiştir.

3.2.1.1. Geleneksel Yöntemle Çeçil Peyniri Üretimi

Çeçil peyniri üretimi, Türkiye'nin farklı bölgelerinde ham madde seçimi, üretim teknikleri ve olgunlaştırma yöntemleri bakımından yöresel farklılıklar göstermektedir. Erzurum, Kars, Ardahan ve Ağrı gibi illerde geleneksel olarak üretilen bu peynirin temel karakteristikleri benzer olmakla birlikte, bazı üretim detayları yöreden yöreye değişebilmektedir. Örneğin, Erzurum ve Ardahan bölgelerinde çeçil peyniri üretiminde sıklıkla inek sütü kullanılırken, Kars ve Ağrı gibi bölgelerde mevsime bağlı olarak koyun ve keçi sütü karışımları tercih edilmektedir (Koca ve Metin, 2004; Çelik, 2010). Ayrıca, Erzurum yöresinde haşlama işlemi genellikle daha uzun süre ve yüksek sıcaklıkta yapılmakta, haşlanan telemeler elde tel tel ayrılacak şekilde şekillendirilmektedir. Oysa Kars ve Ardahan yöresinde haşlama sonrası daha kısa örgüleme süreleri ve daha küçük boyutlarda tel peynirler üretilmektedir (Ekinci ve Çağlar, 2004; Koca vd., 2013).

Tuzlama aşamasında da bölgesel farklılıklar göze çarpmaktadır. Erzurum ve Ağrı'da peynir doğrudan tuzlanıp kurutulurken, Kars ve Ardahan yörelerinde salamura içerisinde daha uzun süre bekletilmektedir (Bostan ve Tayar, 2012). Bu uygulamalar, peynirin nem içeriği, tuz oranı ve dolayısıyla mikrobiyal dayanıklılığı üzerinde farklı etkiler yaratmaktadır.

Bu çalışmada uygulanan geleneksel üretim yöntemi, Erzurum yöresinde yaygın olan üretim prosedürlerine benzer şekilde ev ortamında uygulanmış, her aşama görsellerle desteklenmiştir. Böylece hem yerel üretim tekniklerine sadık kalınmış hem de bölgesel peynir üretim geleneklerinin korunmasına katkı sağlanmıştır. Üretim süreçlerinin her bir aşaması, bu çalışmada bizzat uygulanmış ve görseller ile desteklenmiştir.

Çiğ süt, öncelikle süzülerek uygun bir tencereye alınmış ve 36-37 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Çiğ sütün bu sıcaklık aralığına ısıtılması, peynir mayalama işlemi için ideal koşulları sağlamaktadır. Bu sıcaklık, özellikle peynir mayasında bulunan kimosin enziminin optimum

aktivite gösterdiği ortamı oluşturarak düzgün ve elastik bir pıhtı yapısının oluşmasına katkı sağlar. Düşük sıcaklıklarda pıhtılaşma gecikir ve zayıf yapılı bir pıhtı oluşurken, yüksek sıcaklıklarda ise pıhtının daha kırılğan bir yapı geliştirme riski artmaktadır. Ayrıca, 36-37 °C sıcaklık aralığı, laktik asit bakterilerinin metabolik olarak en aktif olduğu ortamdır. Bu bakteriler, hızlı bir şekilde asit üretimini başlatarak istenilen pH seviyesine ulaşılmasına yardımcı olur. Bu durum, peynirin yapısal kalitesini olumlu yönde etkilerken, aynı zamanda bozulmaya yol açabilecek zararlı mikroorganizmaların gelişimini baskılayıcı bir ortam oluşturur.

Çiğ süt, 36-37 °C'ye ısıtıldıktan sonra, her 10 kg süt için yaklaşık 2-3 ml su ile seyreltilmiş şirden mayası, yaklaşık 200-250 g ev yapımı yoğurt ve yaklaşık 10-15 ml taze limon suyu ilave edilmiştir. Sıcaklık kaybını önlemek ve uygun mayalama koşullarını sağlamak amacıyla tencerenin etrafı kalın bir örtü ile sarılmıştır. Karışım homojen şekilde karıştırılarak pıhtılaşma süreci başlatılmıştır.

Yoğurt ve limon suyu ilavesi, geleneksel peynir üretiminde sıkça başvurulmuş doğal asitlik düzenleyiciler ve bakteri kaynakları olarak kullanılmaktadır. Ev yapımı yoğurt, laktik asit bakterileri açısından zengin bir kaynak olup süt ortamına doğal starter kültür sağlayarak hızlı asit üretimi ve pıhtı oluşumu için uygun koşullar hazırlar. Bu bakteriler, süt içerisindeki laktozu laktik aside dönüştürerek ortam pH'ını düşürür ve mayanın pıhtılaştırma etkinliğini destekler. Ayrıca, limon suyu, içerdiği sitrik asit sayesinde ortamın asitliğini doğrudan artırarak pıhtılaşmayı hızlandırıcı bir rol üstlenir. Bu katkı, özellikle geleneksel üretimde maya miktarının sınırlı olduğu durumlarda pıhtı kalitesini iyileştirmeye yardımcı olur. Limon ve yoğurt ilavesi sayesinde pıhtı daha stabil bir yapı kazanırken, süt ortamında zararlı mikroorganizmaların gelişimi de sınırlandırılmış olur.

Mayalama işlemi yaklaşık 1 saat içerisinde tamamlanmıştır. Mayalanma sonunda oluşan pıhtı, bir çırpıcı yardımıyla küçük parçalar hâline getirilerek kırılmıştır. Ardından, pıhtı, sıcaklık 45-48 °C'ye ulaşıncaya kadar sürekli karıştırılmıştır. Bu aşamada pıhtı parçaları tekrar bir araya gelmeye başlamış ve daha sıkı bir yapı kazanmıştır. Sıcaklık 48 °C'ye ulaştığında, pıhtı tül bir torbaya alınarak süzölmeye bırakılmıştır. Pıhtının suyunu tamamen bırakması amacıyla üzerine ağırlık yerleştirilmiş ve bu şekilde yaklaşık 1-2 saat bekletilmiştir. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra pıhtı tül torbadan çıkarılarak kapalı bir kap içerisine alınmış ve oda sıcaklığında (20-25 °C) yaklaşık 18-24 saat dinlendirilmiştir.

Oda sıcaklığında gerçekleştirilen bu bekletme aşamasının temel amacı, pıhtı içerisindeki asitliğin kontrollü bir şekilde artırılmasıdır. Bu süreçte laktik asit bakterileri, süt içerisindeki laktozu laktik aside dönüştürmeye devam ederek ortam pH'ını düşürür. pH seviyesindeki bu düşüş, peynirin elastik ve tellenebilir bir yapı kazanmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca asitliğin istenilen seviyeye ulaşması, haşlama aşamasında pıhtının uygun plastiklik ve esneklik göstermesi açısından kritik öneme sahiptir. Yeterli asit gelişimi sağlanmadığında, haşlama esnasında pıhtı dağılabilir ya da istenilen tel yapısı oluşmayabilir. Dinlendirme süresi sonunda uygun asitlik seviyesine ulaşan pıhtı, küçük parçalar hâlinde doğranmıştır. Haşlama işlemi için, bir tencerenin tabanına az miktarda su eklenmiş ve su sıcaklığı yaklaşık 80 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Doğranmış peynir parçaları, yavaş yavaş sıcak suya eklenerek haşlama işlemine tabi tutulmuştur. Haşlama sırasında peynir elastik bir yapı kazanmış ve şekil almaya uygun hâle gelmiştir. Peynirler, ilk olarak sıcak su içerisinde daha sonra ise tezgâh üzerinde yoğurularak işlenmiştir. Bu aşamada yoğurma ve çekme (uzatma) işlemleri uygulanarak peynirin telli yapısı oluşturulmuştur. Yoğurma ve çekme işlemleri tamamlandıktan sonra peynirler son kez sıcak suya daldırılmış ve ardından hızlı bir şekilde soğuk suya alınarak elle telleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem, çeçil peynirine özgü lifli ve tel tel ayrılan yapının oluşmasını sağlamıştır. Bu aşamada uygulanan sıcak su haşlaması ve yoğurma işlemi, peynirin elastikiyetini artırmakta ve karakteristik lifli yapısının gelişmesine katkı sağlamaktadır. Haşlama sıcaklığının yaklaşık 80 °C olması, hem tekstürel kaliteyi geliştirmiş hem de olası yüzey mikroorganizmalarının eliminasyonuna destek sağlamıştır.

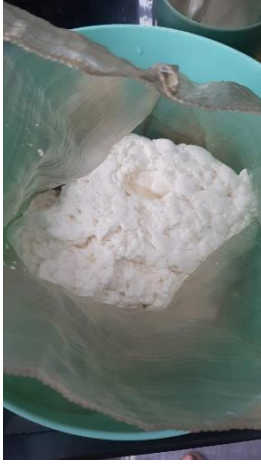
Telleme işlemi tamamlanan peynirler, şekillendirildikten sonra kuru tuz uygulanarak yüzeyden tuzlama işlemine tabi tutulmuştur. Peynirlerin tüm yüzeyleri homojen şekilde tuzlanmış ve ürünün dayanıklılığını artırmak, su aktivitesini düşürerek mikrobiyal gelişimi yavaşlatmak amacıyla bu işlem gerçekleştirilmiştir. Tuzlama işlemi sonrasında peynirler, kurutma amacıyla alt kısmı süzgeçli olan kapalı bir kap içerisine yerleştirilmiş ve 4 °C'de muhafaza edilmiştir. Bu ortamda peynirler yaklaşık 24-48 saat süreyle bekletilmiştir. Kurutma işlemi sırasında süzgeç sistemi, peynirlerden çıkan serbest suyun ürünle yeniden temas etmesini önlemiş ve kontrollü bir şekilde su kaybı sağlanmıştır. Bu yöntem, peynirin yüzeyinde yavaş ve kontrollü bir kuruma oluşturarak ürün kalitesinin korunmasına katkı sağlamış, aşırı nem kaybı ve yapısal bozulmaların önüne geçilmiştir. Kurutma süreci tamamlanan peynirler, yenilebilir film uygulamaları ve analizler öncesinde kapalı kaplarda uygun koşullarda depolanmıştır. Çizelge 3.2'de geleneksel üretim aşamaları görülmektedir.

Çizelge 3. 2.Geleneksel Üretim Aşamaları

Adım	Şekil No	Proses Basamağı	Açıklama
1	 Şekil 3. 15.Çiğ süt	Çiğ Sütün Süzülmesi ve Tencereye Alınması	Süzülen çiğ süt paslanmaz tencereye alındı
2	 Şekil 3. 16.Isıtma	Sütün 36 – 37 °C'ye Isıtılması	Termometre ile kontrol edilen süt, mayalama için ideal sıcaklığa getirildi.
3	 Şekil 3. 17.Şirden mayası	Şirden Mayasının Seyreltilip Eklenmesi	Her 10 kg süte $\approx$ 2–3 ml şirden mayası, az suyla seyreltilerek ilave edildi.

Çizelge 3.2 (devamı)			
4	 Şekil 3. 18.Yoğurt ilavesi	Yoğurt İlavesi	≈ 200–250 g ev yoğurdu doğal starter olarak süte karıştırıldı.
5	 Şekil 3. 19.Limon suyu	Limon Suyunun Eklenmesi	≈ 10–15 ml taze limon suyu pH'ı ayarlamak için eklendi.
6	 Şekil 3. 20.Mayalama	Mayalanma İçin İzolasyon	Tencere, ısı kaybını önlemek amacıyla kalın örtüyle sarıldı (≈ 1-2 h).

Çizelge 3.2 (devamı)			
7	 Şekil 3. 21.Pıhtı oluşumu	Pıhtı Oluşumu	1 saat sonunda sarımsı whey ayrıldı; pıhtı kesime hazır.
8	 Şekil 3. 22.Pıhtı kırma	Pıhtının Kırılması	Tel çırpıcıyla pıhtı 1–2 cm parçalar hâline getirildi.
9	 Şekil 3. 23.Pıhtı toplama	45–48 °C'ye Isıtarak Pıhtıyı Toplama	Karıştırarak ısıtılan pıhtı kompakt blok oluşturdu.

Çizelge 3.2 (devamı)			
10	 Şekil 3. 24.Süzme	Tül Torbaya Alma	Pıhtı torbaya alındı, serbest whey uzaklaştırıldı.
11	 Şekil 3. 25.Baskılama	Ağırlık Altında Presleme	≈ 5-10 kg baskı ile 1–2 saat nem azaltıldı.
12	 Şekil 3. 26.Dinlendirme	18–24 h Dinlendirme	Blok pıhtı kapalı kapta oda sıcaklığında asidifiye edildi.

Çizelge 3.2 (devamı)			
13	 Şekil 3. 27.Doğrama	Pıhtının Doğranması	Peynir haşlamaya uygun dikdörtgen parçalara kesildi.
14	 Şekil 3. 28.Haşlama suyu	Haşlama Suyu (80 °C) Hazırlığı	Paslanmaz tencerede sıcak banyo oluşturuldu.
15	 Şekil 3. 29.Haşlama	Parçaların 80 °C Suda Haşlanması	Peynir parçaları sıcak banyoya alındı.

Çizelge 3.2 (devamı)			
16	 Şekil 3. 30.Suda yoğurma	Sıcak Suda Yoğurma ve Çekme	Tahta spatulayla hamur elastik hâle getirildi.
17	 Şekil 3. 31.Yoğurma	Tezgâhta Yoğurma	Hamur topu dışarı alınarak homojenleştirildi.
18	 Şekil 3. 32.Çekme	Elle Çekme ve Uzatma (Telleme)	Hamur katlanıp uzatılarak ilk lifler oluşturuldu.

Çizelge 3.2 (devamı)			
19	 Şekil 3. 33.Suda çekme	Şeritlerin Tekrar 80 °C Suda Çekilmesi	Çekme döngüsü 2–3 kez tekrarlanarak lif pekiştirildi.
20	 Şekil 3. 34.Telleme	Soğuk Suda Şoklama ve Nihai Telleme	Lifli şeritler soğuk suda sabitlenip ince teller hâline ayrıldı.
21	 Şekil 3. 35.Tuzlama	Kuru Tuzlama ve 4 °C’de Kurutma	Tel hâline gelen çeçil peynirine yüzeyden %2 (m/m) kuru tuz serpildi; süzgeçli kaptaki teller 24 – 48 h, 4 °C’de dinlendirilerek nihai rutubet dengelendi.



Şekil 3. 36. Geleneksel Üretim Çeçil Peyniri

3.2.2.2. Endüstriyel Yöntemle Çeçil Peyniri Üretimi

Çeçil peynirinin endüstriyel ölçekte üretimi, geleneksel uygulamalarda elde edilen kendine özgü lifli yapı ve karakteristik aromayı korurken hijyen, ürün standardizasyonu ve raf ömrü açısından daha sıkı kontrol sağlamayı hedefler. Bu amaçla hammadde süt, pastörizasyondan üretim hattı sonu paketlemeye kadar kapalı-devre ekipmanlarda işlenmekte; sıcaklık, pH, tuz konsantrasyonu ve nem gibi kritik kontrol noktaları sürekli izlenerek tekrarlanabilir ürün kalitesi güvence altına alınmaktadır.

Çiğ süt, ilk olarak 6 °C'nin altında depolama tankına alınmakta ve en fazla 24 saat içerisinde işleme aktarılmaktadır. Sütte bulunan sülfürlü uçucuların giderilmesi amacıyla 55–60 °C'de vakum altında kısa süreli bir deodorizasyon uygulanır. Deodorizasyonu takiben süt, yüksek sıcaklık–kısa süre (72 ± 1 °C, 15 s) pastörizasyona tabi tutularak (Şekil 3.37) patojenik flora elimine edilir ve starter kültür gelişimine uygun bir ortam hazırlanır.

Pastörize süt, separatörden (Şekil 3.38) geçirilerek yağsız kısım ve krema fazlarına ayrılır; geri dozaj ile yağ oranı % 3,5 düzeyine standardize edilir. Sonrasında süt, hızlı soğutma eşanjöründe 35–36 °C'ye düşürülerek kapalı boru hattı aracılığıyla mayalama tankına (Şekil 3.39) aktarılır. Tankta önce termofilik/mezofilik karışık starter ($\approx 0,5$ U L⁻¹) dozlanmakta, ardından sulandırılmış şirden mayası 30–35 mL 100 L⁻¹ oranında ilave edilmektedir.

Enzimatik koagülasyon yaklaşık 30 dakikada tamamlanmakta, oluşan pıhtı 1,5–2 cm boyutlu küpler hâlinde kesilmektedir.

Kesilen pıhtı, yavaş karıştırma altında 38–40 °C'ye kadar ısıtılarak taneciklerin büzüşmesi ve peyniraltı suyunun uzaklaştırılması sağlanır. pH 6,10–6,30 aralığına ulaştığında teleme dibe çöktürülür, serbest whey tahliye edilir ve laktoz fazlası uzaklaştırılır. (Şekil 3.40) Kısmen süzölmüş teleme, 78–82 °C su banyosunda 3–5 dakika haşlanmakta (Şekil 3.42) aynı kazan içerisinde 45–48 °C'ye soğutulan kütle karıştırıcı paletlerle yoğrularak elastik hamur topu elde edilmektedir (Şekil 3.43)

Elde edilen hamur, çekme-uzatma (telleme) işlemine tabi tutularak kazein zincirleri paralel doğrultuda hizalanır ve lifli yapı oluşturulur. Tel hâline getirilen peynir demetleri 30–40 cm uzunlukta kesilmekte, ardından 8–9 °Bé yoğunluğundaki 12 °C salamura havuzunda tuz difüzyonu sağlanmaktadır. Salamura sonrası teller 8–10 °C'de, % 80 bağıl nemde 6–8 saat kurutulmakta; bu aşama yüzey nemini düşürerek ürünün raf ömrünü uzatmaktadır (Şekil 3.44-3.48)

Kurutulan peynirler telleme makinasında şeritler halinde kesilir (Şekil 3.49). 250 g veya 500 g'lık porsiyonlara ayrılarak vakum altında ya da % 50 CO₂ + % 50 N₂ içeren modifiye atmosfer koşullarında paketlenir (Şekil 3.50, 3.51). Nihai ürünler, 4 ± 1 °C'de depolanarak 90 güne kadar mikrobiyolojik ve duyusal stabilite korunur. Böylelikle geleneksel lifli doku korunurken, endüstriyel ölçekte standardize, güvenli ve uzun raf ömürlü çeçil peyniri elde edilmektedir.



Şekil 3. 37.Pastörizasyon Tankı



Şekil 3. 38.Seperatör



Şekil 3. 39.Mayalama tankı



Şekil 3. 40.Bekleme tankı



Şekil 3. 41.Kesme



Şekil 3. 42.Haşlama ve Yoğurma Makinası



Şekil 3. 43.Yoğurma ve çekme



Şekil 3. 44.Kesme



Şekil 3. 45.Soğutma



Şekil 3. 46.Tuz banyosu



Şekil 3. 47.Kesme, Soğutma ve Tuzlama Makinası



Şekil 3. 48.Kurutma



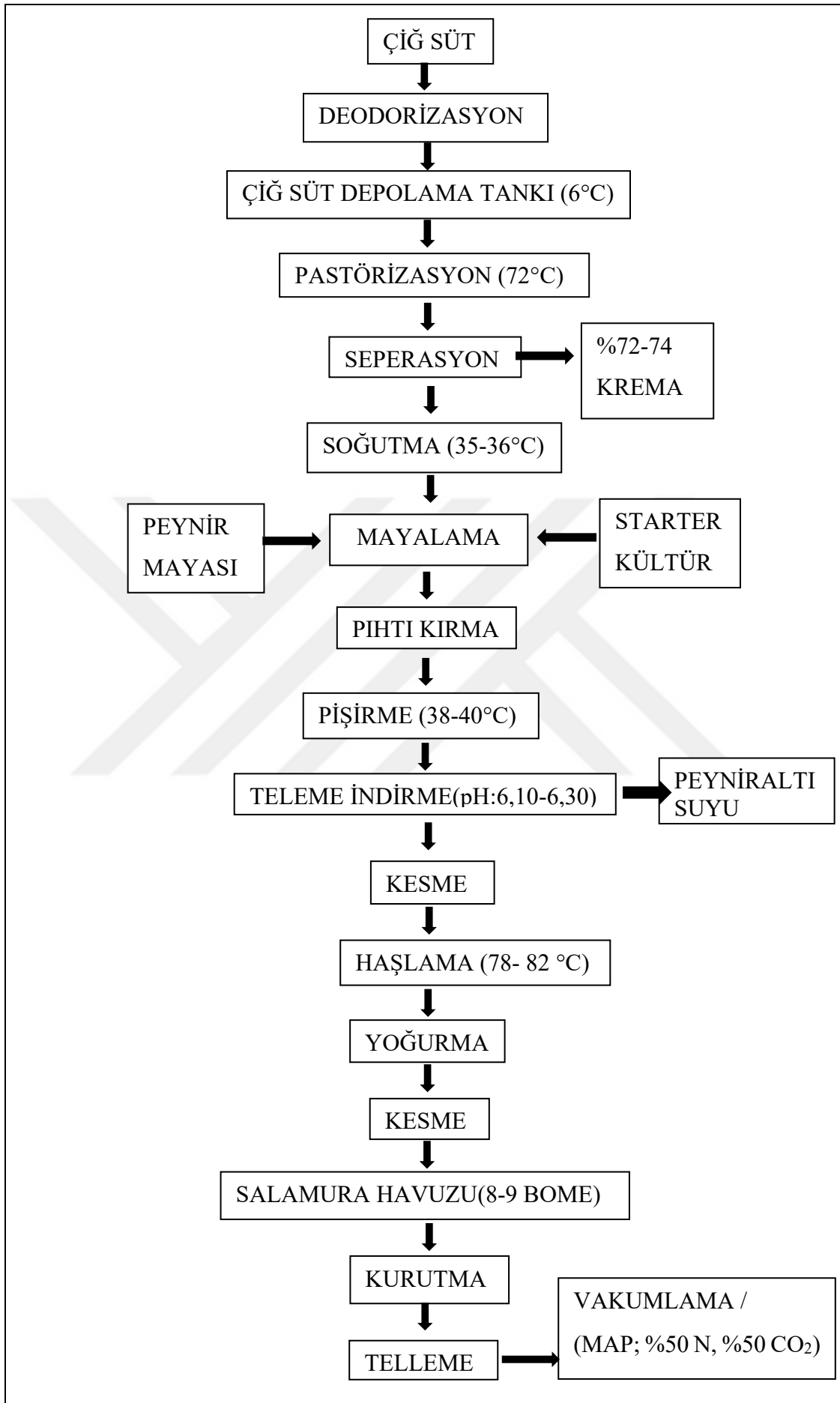
Şekil 3. 49.Telleme makinası



Şekil 3. 50.Endüstriyel Üretim Çeçil Peyniri



Şekil 3. 51.Paketleme (Vakumlama-MAP)



Şekil 3. 52.Endüstriyel Üretim Akış Şeması

3.2.3. Çeçil Peynirlerinin Yenilebilir Filmle Kaplanması

Bu çalışmanın başlangıcında, yenilebilir film formülasyonları geliştirilirken farklı içerik kombinasyonları değerlendirilmiştir. İlk olarak chia tohum jeli, chia + kekik yağı, chia + biberiye yağı, kitosan + chia + kekik yağı, kitosan + chia + biberiye yağı, kitosan, kitosan+ kekik yağı, kitosan+ biberiye yağı içeren yenilebilir film grupları hazırlanmış ve ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Ancak, yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda bu gruplardan chia tohumu içerenlerin kitosan içeren yenilebilir filmlere göre peynir yüzeyindeki koruyucu etkinliklerinin yeterli düzeyde olamayacağı ve istenilen mikrobiyolojik kaliteyi sağlayamayacağı mikrobiyolojik analizlerle belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmaya, mikrobiyolojik olarak daha uygun bulunan kitosan, kitosan + kekik yağı ve kitosan + biberiye yağı içeren film kombinasyonları ile devam edilmiştir.

3.2.3.1. Çeçil Peynirlerinin Kaplanması için Yenilebilir Film Çözeltilerinin Hazırlanması

Yenilebilir film hazırlanmasında, kitosan çözeltisinin hazırlanma yöntemi olarak Akat (2023) tarafından önerilen prosedür esas alınmıştır. Bu kapsamda, 10 g kitosan (Şekil 3.53) tartılarak %1 konsantrasyonda hazırlanacak şekilde çözeltide kullanılmıştır. Çözündürme işlemi için %1'lik asetik asit çözeltisi tercih edilmiş ve kitosan, manyetik karıştırıcı yardımıyla çözeltinin içerisine yavaş yavaş eklenerek tamamen çözülmesi sağlanmıştır (Şekil 3.54). Elde edilen kitosan çözeltisine, plastikleştirici olarak bitkisel kaynaklı gliserol ilave edilmiştir. Gliserol oranı, hazırlanan çözelti hacmine göre 0.06 mL / 100 mL olacak şekilde belirlenmiştir. Gliserol ilavesinin ardından karışım, oda sıcaklığında manyetik karıştırıcı üzerinde bir saat süreyle homojen bir yapı elde edilene kadar karıştırılmıştır. Hazırlanan bu film baz çözeltisi, yenilebilir film kaplama uygulamalarında kullanılmıştır.



Şekil 3. 53.Kitosan



Şekil 3. 54.Kitosan film çözeltisinin hazırlanması

Kitosan ve biberiye yağı kombinasyonunun hazırlanmasında, önceden hazırlanan kitosan çözeltisi esas alınmıştır. Bu çözelti içerisine biberiye yağı %2 oranında, yani her 100 mL çözeltiye 200 μ L biberiye yağı olacak şekilde eklenmiştir. Yağın çözelti içerisinde homojen bir şekilde dağılmasını sağlamak amacıyla karışım manyetik karıştırıcı üzerinde 40 °C sıcaklıkta 15 dakika boyunca karıştırılmıştır. Bu işlem sonucunda kitosan ve biberiye yağı bazlı yenilebilir film kaplama çözeltisi elde edilmiştir (Şekil 3.56).

Benzer şekilde, kitosan ve kekik yağı kombinasyonunun hazırlanmasında da başlangıçta hazırlanan kitosan çözeltisine %2 oranında (200 μ L) kekik yağı ilave edilmiştir. Kekik yağı içeren karışım, manyetik karıştırıcı yardımıyla 40 °C sıcaklıkta 15 dakika süreyle karıştırılarak homojen bir yapı elde edilmiştir. Böylece kitosan ve kekik yağı içeren yenilebilir film kaplama çözeltisi hazırlanmıştır (Şekil 3.55).



Şekil 3. 55.Kitosan+kekik yağı çözeltisi



Şekil 3. 56. Kitosan+biberiye yağı çözeltisi

3.2.3.2.Çeçil Peynirlerinin Yenilebilir Filmle Kaplanması

Deneysel çalışmanın temelini, geleneksel yöntemle ev ortamında üretilen çeçil peynirleri ve endüstriyel yöntemle üretilmiş çeçil peynirleri olmak üzere iki farklı üretim yöntemi oluşturmuştur. Her iki peynir grubu için kitosan, kitosan + kekik yağı ve kitosan + biberiye yağı içeren yenilebilir filmler hazırlanmış ve kaplama işlemleri daldırma (immersion) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.57). Her üretim yöntemi için kaplanmamış, herhangi bir yenilebilir film uygulanmamış kontrol grupları da oluşturulmuştur. Böylece geleneksel ve endüstriyel üretim için toplam dörder grup oluşturulmuş ve her grup şu şekilde tanımlanmıştır: endüstriyel kontrol grubu, endüstriyel kitosan kaplı grup, endüstriyel kitosan + kekik yağı kaplı grup ve endüstriyel kitosan + biberiye yağı kaplı grup; geleneksel kontrol grubu, geleneksel kitosan kaplı grup, geleneksel kitosan + kekik yağı kaplı grup ve geleneksel kitosan + biberiye yağı kaplı grup.



Şekil 3. 57.Daldırma yöntemi ile kaplama



Şekil 3. 58.Yenilebilir filmle kaplanmış geleneksel çeçil peyniri



Şekil 3. 59.Endüstriyel çeçil peyniri kaplama



Şekil 3. 60. Yenilebilir filmle kaplanmış endüstriyel çeçil peynirleri



Şekil 3. 61. Yenilebilir filmle kaplanmış peynirlerin kurutulması

Kaplama işlemi sonrasında tüm peynir örnekleri uygun soğuk depo koşullarında saklanmış ve analizler belirlenen depolama sürelerinde yürütülmüştür. İncelemeler, depolamanın 1. günü, 15. günü, 30. günü ve 45. günü olmak üzere dört farklı zaman noktasında gerçekleştirilmiştir. Her bir zaman noktasında mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyu analizi yapılmış ve yenilebilir film uygulamalarının çeçil peynirinin raf ömrü ve kalite parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

4. YAPILAN ANALİZLER VE KULLANILAN YÖNTEMLER

Bu bölümde araştırmada kullanılan analiz yöntemleri ve uygulama basamakları detaylı olarak açıklanmıştır. Yapılan analizler, hem yenilebilir filmler hem de peynir örnekleri üzerinde gerçekleştirilerek sonuçların bilimsel açıdan güvenilirliği sağlanmıştır.

4.1. Yenilebilir filmlerde Antimikrobiyal Aktivite Analizleri

Gıda kaynaklı patojenlerin tespiti, özellikle süt ve süt ürünleri gibi mikrobiyal bozulmaya yatkın ürünlerde hem halk sağlığının korunması hem de ürün kalitesinin sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, *Salmonella spp.* ve *Bacillus subtilis*, gıda mikrobiyolojisinde önemli mikroorganizmalardır.

Bu tez çalışmasında, kaplama işlemine geçilmeden önce chia, chia+kekik yağı, chia+biberiye yağı, kitosan, kitosan+kekik yağı, kitosan+biberiye yağı, chia+kitosan+kekik yağı ve chia+kitosan+biberiye yağı olmak üzere toplam sekiz farklı film örneği hazırlanmış ve her birinin antimikrobiyal etkinliği değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme kapsamında, film çözeltilerinin *Salmonella spp.* ve *Bacillus subtilis* üzerindeki inhibe edici potansiyeli de analiz edilmiştir.

Bu analizlerin temel amacı, yenilebilir film materyallerinin koruyucu etkinliğini kaplama uygulamasına geçilmeden önce belirlemek ve hangi kombinasyonların mikrobiyolojik açıdan daha etkili olduğunu ortaya koymaktır. Böylece, yalnızca antimikrobiyal etkisi kanıtlanmış film kombinasyonları daha sonraki peynir kaplama deneylerinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Bu kapsamda gerçekleştirilen analizler, literatürde yer alan standart protokoller doğrultusunda yürütülmüştür.

4.1.1. *Salmonella spp.* Varlığının Belirlenmesi

Salmonella spp.'nin tespiti için ISO 6579-1:2017 standardına uygun olarak bir ön zenginleştirme ve seçici zenginleştirme protokolü uygulanmıştır. Analiz kapsamında öncelikle 25 g peynir örneği, 225 ml steril Buffered Peptone Water (BPW; Merck) ile karıştırılmış ve bu karışım 37°C'de 18-24 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Ardından ön zenginleştirme kültüründen 0,1 ml Rappaport-Vassiliadis Soya (RVS) Broth (Merck)

içeren tüplere ve 1 ml de Tetrathionate Broth (Merck) içeren tüplere aktararak, sırasıyla 42°C'de 24 saat (RVS) ve 37°C'de 24 saat (Tetrathionate) inkübe edilmiştir. Seçici zenginleştirme adımını takiben, Xylose Lysine Deoxycholate Agar (XLD, Merck) ve Brilliant Green Agar (BGA, Merck) plaklarına yayma yapılmış ve bu plaklar 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından tipik Salmonella kolonileri (XLD'de siyah merkezli pembe-kırmızı koloniler; BGA'da kırmızı/pembe kenarlı koloniler) seçilerek doğrulama testlerine (ureaz, triple sugar iron agar vb.) tabi tutulmuştur (ISO 6579-1:2017).

4.1.2. *Bacillus subtilis* Sayımı

Bacillus subtilis sayımı için Tryptic Soy Agar (TSA; Merck) ve uygun dilüsyon teknikleri kullanılmıştır. Steril koşullarda hazırlanan 10^{-1} ila 10^{-7} arası dilüsyonlardan her biri için 1 ml örnek alınarak steril petri kaplarına aktarılmıştır. Üzerine 45°C'ye kadar soğutulmuş TSA dökülerek dökme plak yöntemi uygulanmıştır. Besiyerinin katılaşmasından sonra plaklar 30°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Ardından morfolojik olarak tipik *Bacillus subtilis* kolonileri sayılmıştır. Şüpheli kolonilerden Gram boyama, katalaz testi ve spor boyama testleri ile doğrulama yapılmıştır (Claus ve Berkeley, 1986).

4.2. Yenilebilir Filmle Kaplanan Çeçil Peynirlerine Yapılan Analizler

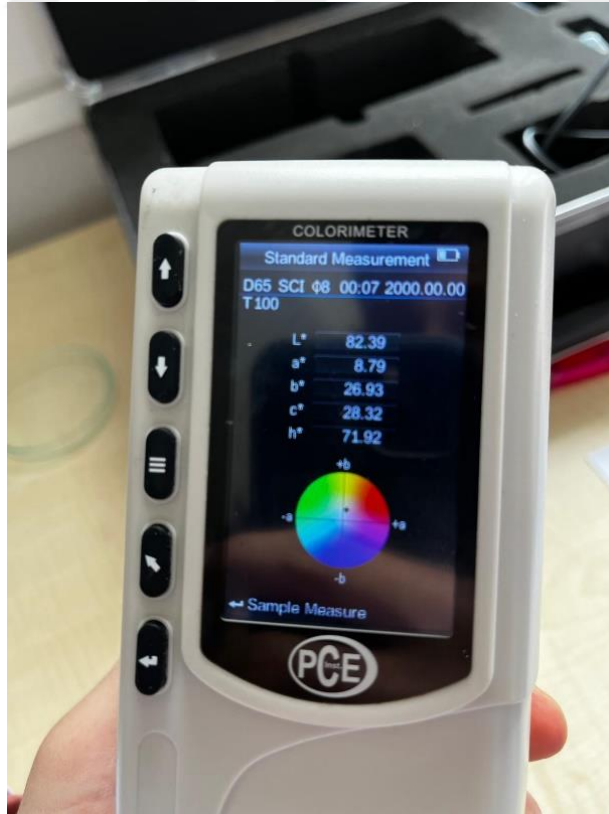
Geleneksel ve endüstriyel yöntemle üretilen çeçil peynirlerinin kitosan, kitosan + kekik yağı ve kitosan + biberiye yağı içeren yenilebilir film uygulamaları sonrası belirlenen depolama süresince kalite değişimleri izlenmiştir. Bu kapsamda tüm örnekler kontrollü sıcaklıkta (+4 °C) muhafaza edilerek, depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, duyuşal ve tekstürel analizler gerçekleştirilmiştir. Her analiz için ayrı numuneler alınmış ve analizler 3 paralel olarak yapılmıştır. Çalışmada renk, pH, asitlik, su aktivitesi, kuru madde, tekstür, mikrobiyolojik kalite ve duyuşal değerlendirmeler gibi temel kalite parametreleri incelenmiştir. Yapılan bu analizler ile yenilebilir film uygulamalarının çeçil peynirinin raf ömrü ve kalite özellikleri üzerindeki etkileri detaylı olarak değerlendirilmiştir.

4.2.1.Çeçil Peynirlerinde Fiziksel Analizler

Bu bölümde, çeçil peynir örneklerinin depolama süresince gerçekleşen fiziksel değişimlerini belirlemek amacıyla yapılan analizler açıklanmıştır. Fiziksel analizler kapsamında renk, su aktivitesi ve tekstürel özellikler değerlendirilmiştir. Bu analizler sayesinde yenilebilir film uygulamalarının çeçil peynirinin görünüş, yapısal bütünlük ve su aktivitesi gibi kalite parametreleri üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir.

4.2.1.1. Renk Analizi

Çeçil peynir örneklerinin renk ölçümleri, CIE L^* , a^* , b^* renk sistemine göre gerçekleştirilmiştir. Renk analizinde PCE marka renk ölçüm cihazı (Şekil 4.1) kullanılmıştır. Ölçüm öncesinde cihaz, standart beyaz ve siyah kalibrasyon plakaları ile kalibre edilmiştir. Her bir örnekten üç farklı noktadan ölçüm alınmış ve her noktada üçer tekrar yapılmıştır. Ölçülen değerlerin ortalaması alınarak L^* (açıklık-karanlık indeksi), a^* (kırmızılık-yeşillik indeksi) ve b^* (sarılık-mavilik indeksi) parametreleri belirlenmiştir.



Şekil 4. 1.Renk tayin cihazı

Burada L^* , a^* ve b^* değerleri, 1. gün ölçülen başlangıç renk değerlerini; L^* , a^* ve b^* değerleri ise ilgili depolama günündeki renk ölçüm sonuçlarını ifade etmektedir. Renk analizleri, depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde yapılmış ve peynir örneklerinin renk değişimleri depolama süresince izlenmiştir.

4.2.1.2. Su Aktivitesi (a_w) Analizi

il peynir örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerleri, Lab Swift Novasina marka su aktivitesi ölçüm cihazı (şekil 4.2) kullanılarak belirlenmiştir. Cihaz, her analiz öncesinde üretici talimatlarına uygun olarak kalibrasyon çözeltisi ile kalibre edilmiştir. Su aktivitesi ölçümünde, peynir örneklerinden yaklaşık 5 g alınmış ve cihazın örnek haznesine yerleştirilmiştir. lm sırasında cihaz, örneğin dengeye ulaşmasını sağlamak amacıyla otomatik stabilizasyon modunda çalıştırılmıştır. Her numuneden üç tekrar yapılmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Su aktivitesi analizleri, depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan lmler, il peynirlerinin raf ömrü boyunca su aktivitesinde meydana gelen değişimleri takip etmek amacıyla yapılmıştır.



şekil 4. 2. Su aktivitesi tayin cihazı

4.2.2. Çeçil Peynirlerinde Kimyasal Analizler

Çeçil peynir örneklerinde depolama süresince meydana gelen kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla pH, asitlik, kuru madde ve mineral analizleri gerçekleştirilmiştir. Kimyasal analizler, peynirin iç yapısında meydana gelen asitlik dengesi, pH stabilitesi, su ve kuru madde oranı ile mineral içeriğinde oluşabilecek değişimlerin detaylı şekilde izlenmesine olanak sağlamaktadır. Yapılan bu analizler, yenilebilir film uygulamalarının peynirin kimyasal kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Tüm analizler depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde üç tekerrürlü olarak uygulanmıştır.

4.2.2.1. pH Analizi

Çeçil peynir örneklerinin pH değerleri, HI 83141 model pH metre cihazı (Şekil 4.3) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçüm öncesinde cihaz, üretici talimatlarına uygun şekilde pH 4.00 ve pH 7.00 standart tampon çözeltileri ile kalibre edilmiştir. Her bir örnekten yaklaşık 10 g alınarak 100 mL distile su içerisinde homojen bir karışım elde edilene kadar blender yardımıyla parçalanmış ve karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekten pH elektrodu yardımıyla doğrudan ölçüm alınmıştır. Her örnek için üç tekrar yapılmış ve ortalama değerler değerlendirilmiştir. pH analizleri, peynir örneklerinin depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerindeki kimyasal değişimlerini takip etmek amacıyla yapılmıştır.



Şekil 4. 3.pH metre

4.2.2.2. Asitlik Analizi

Çeçil peynir örneklerinin titrasyon asitliği, ilgili literatürde belirtilen yöntem doğrultusunda belirlenmiştir (Kurt vd., 2012). Analiz için öncelikle homojenize edilen peynir örneklerinden 10'ar gram tartılmış ve bir havanda ezilmiştir. Üzerine 40 °C sıcaklıkta saf sudan 100 mL eklenerek karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan karışım filtre kâğıdından süzülerek berrak bir süzüntü elde edilmiştir. Süzüntüden 25 mL alınmış ve üzerine %1'lik fenolftalein çözeltisinden 2–3 damla eklenmiştir. Örnekler, 0.1 N NaOH çözeltisi ile açık pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan NaOH miktarına göre titrasyon asitliği % laktik asit cinsinden hesaplanmıştır. Asitlik analizleri, peynir örneklerinin depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde gerçekleştirilmiştir.

4.2.2.3. Kuru Madde Analizi

Çeçil peynir örneklerinin kuru madde miktarları, RADWAG MA 50.R marka ve model hızlı nem analiz cihazı (Şekil 4.4) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçüm sırasında cihazın nem tayini modu tercih edilmiştir. Her bir örnekten yaklaşık 4 gram numune tartılarak cihazın numune haznesine yerleştirilmiştir. Cihaz, otomatik olarak numune içerisindeki nem oranını tespit etmiş ve sonuçlar doğrudan kuru madde yüzdesi (% K.M.) cinsinden alınmıştır. Bu analizlerde her numune için tek ölçüm yapılmıştır. Kuru madde analizleri, çeçil peynir örneklerinin depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde gerçekleştirilmiştir.

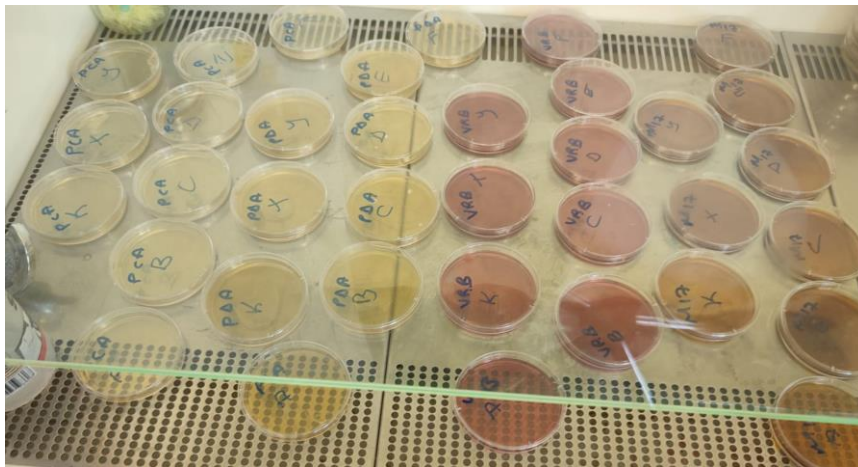


Şekil 4. 4.Nem tayin cihazı

4.2.3. Çeçil Peynirlerinde Mikrobiyolojik Analizler

Çeçil peynir örneklerinde depolama süresince mikrobiyolojik kaliteyi ve raf ömrünü değerlendirmek amacıyla mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Bu kapsamda toplam aerobik mezofilik bakteri, maya-küf, koliform bakteri ve laktik asit bakterileri sayımları gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu analizler, yenilebilir film kaplamalarının mikrobiyolojik kontrol üzerindeki etkilerini ve farklı üretim yöntemleriyle elde edilen peynirlerde mikrobiyal gelişim hızını belirlemek amacıyla uygulanmıştır. Mikrobiyolojik analizler depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde yapılmış, her analiz üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Analiz sonuçları logaritmik kolonide oluşan birim (log kob/g) cinsinden değerlendirilmiştir.

Mikrobiyolojik analizler öncesinde peynir örneklerinin hazırlanmasında ilk olarak %0.85 NaCl içeren dilüsyon sıvıları hazırlanmış ve 121 °C'de 15 dakika otoklavlanarak steril edilmiştir. Her bir steril kavanoza 99 mL dilüsyon sıvısı eklenmiş ve peynir örneklerinden 11'er gram steril şartlarda tartılarak bu kavanozlara aktarılmıştır. Numuneler, Stomacher torbalarına alınarak Stomacher cihazında 1 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Bu işlem sonucunda 10^{-1} 'lik ilk dilüsyonlar hazırlanmıştır. Diğer dilüsyonlar, steril pipetler kullanılarak hazırlanmış; her aşamada bir önceki dilüsyondan 1 mL alınarak içerisinde 9 mL steril dilüsyon sıvısı bulunan tüplere aktarılmış ve bu şekilde 10^{-7} seviyesine kadar seri dilüsyonlar oluşturulmuştur (Özdemir ve Sert, 2001).



Şekil 4. 5. Mikrobiyolojik analizler

4.2.3.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı

Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayımlarında Plate Count Agar (PCA) (Merck) besiyeri kullanılmıştır. Analizlerde dökme kültür yöntemi uygulanmıştır. Uygun dilüsyonlardan her biri için 1 mL örnek çift petri kutusuna aktarılmış ve üzerine yaklaşık 45 °C'ye soğutulmuş PCA besiyerinden 15 mL ilave edilmiştir. Örnek ve besiyerinin homojen bir şekilde karışması sağlandıktan sonra, ortamın katılaşması beklenmiştir. Katılaştıran plaklar 30–32 °C sıcaklıkta 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda gelişen koloniler sayılmış ve elde edilen sonuçlar, ilgili dilüsyon faktörü dikkate alınarak log kob/g cinsinden hesaplanmıştır (Özdemir ve Sert, 2001).

4.2.3.2. Maya-Küf Sayımı

Maya ve küf sayımlarının belirlenmesinde Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) Agar (Lab 217, Lancashire, United Kingdom) besiyeri kullanılmıştır. Uygun şekilde hazırlanan örneklerden uygun dilüsyonlar alınarak yüzeye yayma yöntemi uygulanmıştır. İnokülasyon yapılan petri kutuları, 25 ± 1 °C sıcaklıkta 5 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda gelişen maya ve küf kolonileri sayılmış ve sonuçlar log kob/g birimiyle ifade edilmiştir (ISO 21527-1, 2008).

4.2.3.3. Koliform Grubu Bakteri Sayımı

Çeçil peynir örneklerinde koliform grubu bakteri sayımında Violet Red Bile Agar (VRBA) (Merck) besiyeri kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan her birinden 1 mL alınarak çift petri kutusuna aktarılmış ve üzerine yaklaşık 45 °C'ye kadar soğutulmuş VRBA besiyerinden 13–15 mL eklenmiştir. Örnekler besiyeri ile homojen şekilde karıştırıldıktan sonra plaklar ters çevrilerek 35 ± 2 °C sıcaklıkta 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda çapı 0.5 mm'den büyük olan pembe veya kırmızı renkteki koloniler koliform bakteri olarak kabul edilerek sayılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ilgili dilüsyon katsayıları dikkate alınarak log kob/g birimi ile ifade edilmiştir (Özdemir ve Sert, 2001).

4.2.3.4. Laktik Asit Bakteri Sayımı

Çeçil peynir örneklerinde laktik asit bakterisi sayımı için de Man, Rogosa, Sharpe Agar (MRS Agar) (Merck) besiyeri kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan alınan örnekler besiyerine ekildikten sonra petriler, anaerobik ortam sağlanarak 35 °C sıcaklıkta 36 saat inkübasyona bırakılmıştır. İlk inkübasyonun tamamlanmasının ardından, plaklar aerobik koşullarda tekrar 35 °C’de 36 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda, katalaz negatif ve gram pozitif morfolojiye sahip tipik koloniler sayılmıştır. Elde edilen sonuçlar, log kob/g birimiyle değerlendirilmiştir (Smith ve Alford, 1984).

4.2.4. Çeçil Peynirlerinde Duyusal Analizler

Çeçil peynir örneklerinde yenilebilir film kaplama sonrası duyusal özelliklerde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amacıyla duyusal analizler yapılmıştır. Değerlendirmelerde peynir örneklerinin renk ve görünüş, tekstür (yapı), koku, tat-aroma, tuzluluk ve genel beğeni kriterleri dikkate alınmıştır. Analizler, önceden eğitim almamış, rastgele seçilen 10 farklı panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Her analiz gününde farklı 10 panelist değerlendirmeye katılmıştır. Duyusal analizler depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde uygulanmıştır. Panelistler, 9 puanlık hedonic skala kullanarak değerlendirme yapmış ve skalada 1 puan “aşırı kötü”, 9 puan ise “mükemmel” olarak tanımlanmıştır. Ayrıca duyusal analiz kapsamında panelistlere "Piyasada böyle bir ürün olsa satın alma olasılığınız nedir?" sorusu yöneltilmiş ve bu soru 3 puanlık bir skala ile değerlendirilmiştir. Skalaya göre 1 puan "kesinlikle alırdım", 2 puan "belki alırdım" ve 3 puan "kesinlikle almazdım" olarak yorumlanmıştır. Elde edilen duyusal veriler ortalama puanlar üzerinden değerlendirilmiştir.

4.2.5. Çeçil Peynirlerinde Tekstür Analizi

Çeçil peynir örneklerinin tekstürel özellikleri, doku profil analizörü (Texture Analyzer) cihazı kullanılarak değerlendirilmiştir. Ölçümler sırasında cihazda standart P/5 çapında silindirik prob tercih edilmiştir. Her bir numuneden yaklaşık 2 cm uzunluğunda ve 1 cm çapında örnekler hazırlanmıştır. Analiz esnasında örnekler 1 mm/s hızla iki aşamalı basınç uygulanmış ve maksimum kuvvet (N) ile örneğin sıkışma mesafesi kaydedilmiştir. Yapılan ölçümlerle çeçil peynirinin sertlik (N) parametresi belirlenmiştir. Her numuneden üç tekrar alınmış ve ortalama değerler değerlendirmeye alınmıştır. Tekstürel analizler, depolamanın

1. ve 15. günlerinde gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları, çeçil peynirinin yapısal dayanıklılığındaki değişimi belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

4.2.6. İstatiksel Analizler

Tüm analizler en az iki tekerrürle gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma (SD) değerleri şeklinde sunulmuştur. Örnek grupları arasındaki fizikokimyasal, mikrobiyolojik, duyuşal ve tekstürel farklılıkları değerlendirmek amacıyla tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) uygulanmıştır. Depolama süresinin etkisinin belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Anlamlılık düzeyi $p \leq 0.05$ olarak kabul edilmiş, farklılık gösteren gruplar Duncan testi ile ayrıştırmıştır (Anonymous, 1999)

5. ARAŞTIRMA VERİLERİ VE TARTIŞMA

Bu bölümde elde edilen araştırma bulguları sunulmuş ve mevcut literatürle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Bulguların bilimsel açıdan yorumlanmasıyla çalışmanın amacına uygun sonuçlara ulaşılmıştır.

5.1. Yenilebilir Filmlerde Antimikrobiyal Aktivite Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada üretilen sekiz farklı yenilebilir film örneği, *Salmonella spp.* ve *Bacillus subtilis* bakterilerine karşı antimikrobiyal etkileri yönünden in vitro ortamda test edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 5.1’de görülmektedir.

Çizelge 5.1. Yenilebilir filmlerde antimikrobiyal aktivite analiz değerleri

Yenilebilir Film	<i>Salmonella spp.</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
Chia	-	-
Kitosan	23 mm	21 mm
Chia + Biberiye yağı	-	-
Chia + Kekik yağı	-	-
Kitosan + Biberiye yağı	16 mm	-
Kitosan + Kekik yağı	32 mm	33 mm
Chia + Kitosan + Biberiye yağı	20 mm	16 mm
Chia + Kitosan + Kekik yağı	22 mm	23 mm

Antimikrobiyal aktivite, oluşan inhibisyon zonlarının çapı (mm) üzerinden değerlendirilmiştir. Yalnızca kitosan içeren film örneği her iki mikroorganizma üzerinde belirgin inhibisyon göstermiş; *Salmonella* için 23 mm ve *B. subtilis* için 21 mm’lik zon çapı ölçülmüştür. Bu sonuç, kitosanın antimikrobiyal özelliklerinin tek başına da oldukça etkin olduğunu göstermektedir. Kitosanın pozitif yüklü yapısı sayesinde, mikrobiyal hücre zarının negatif yüklü bileşenleriyle elektrostatik etkileşime girerek hücre geçirgenliğini bozması, bu etkiyi açıklamaktadır (Coma, 2008; Kong vd., 2010).

En yüksek antimikrobiyal etki, kitosan + kekik yağı kombinasyonu ile elde edilmiştir. Bu kombinasyon, *Salmonella* karşısında 32 mm, *B. subtilis* karşısında ise 33 mm'lik inhibisyon zonları oluşturmuştur. Kekik yağı, karvakrol ve timol gibi fenolik bileşenler içermesi sayesinde hücre zarında bozulmalara neden olarak antimikrobiyal etkinliği artırmakta, kitosanla birlikte sinerjistik etki göstermektedir (Burt, 2004; Tavassoli-Kafrani vd., 2016). Kitosan + biberiye yağı kombinasyonu ise sadece *Salmonella* üzerinde 16 mm'lik inhibisyon göstermiş; *B. subtilis*'e karşı ise herhangi bir etki gözlenmemiştir. Bu durum, biberiye yağının antimikrobiyal etkinliğinin kekik yağına kıyasla daha sınırlı olabileceğini göstermektedir. Literatürde de biberiye yağının antimikrobiyal etkisinin hedef mikroorganizmaya ve kullanılan konsantrasyona bağlı olarak değişebildiği bildirilmiştir (Santoyo vd., 2005).

Chia içeren film grupları (chia, chia + kekik yağı, chia + biberiye yağı), her iki bakteriye karşı da inhibisyon oluşturamamıştır. Bu sonuç, chia tohumundan elde edilen polisakkarit bazlı yapıların antimikrobiyal aktivite açısından yetersiz olduğunu ve tek başına ya da kekik/biberiye yağı ile kombine edildiğinde etkinlik göstermediğini ortaya koymaktadır. Chia + kitosan kombinasyonları ise orta düzeyde etkinlik göstermiştir. Özellikle chia + kitosan + kekik yağı formülasyonu, *Salmonella* ve *B. subtilis* için sırasıyla 22 mm ve 23 mm'lik inhibisyon zonları oluşturmuştur. Bu değerler, sinerjistik etkinin chia'nın varlığına rağmen sürdürülebildiğini ve kitosan ile kekik yağı kombinasyonunun etkili olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, antimikrobiyal etkinlik bakımından en etkili formülasyonlar sırasıyla kitosan + kekik yağı, kitosan, ve chia + kitosan + kekik yağı olmuştur. Diğer taraftan, chia içeren ve esansiyel yağ katkılı ancak kitosan içermeyen gruplar etkisiz kalmıştır. Bu veriler ışığında, çalışmanın ilerleyen aşamalarında sadece antimikrobiyal etkinliği gösterilmiş olan kitosan, kitosan + kekik yağı ve kitosan + biberiye yağı formülasyonlarının kullanılmasına karar verilmiştir.

5.2. Çeçil Peynirlerinin Fiziksel Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yenilebilir filmle kaplanan çeçil peynirlerine su aktivitesi ve renk analizleri uygulanmıştır. Elde edilen veriler, peynirlerin raf ömrü ve görsel kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirmek amacıyla yorumlanmıştır.

5.2.1. Su Aktivitesi Analizlerinin Değerlendirilmesi

Su aktivitesi (a_w), bir gıdanın mikrobiyal stabilitesi ve raf ömrü açısından en kritik parametrelerden biridir. Çalışmada geleneksel ve endüstriyel üretim teknikleriyle elde edilen çeçil peyniri örneklerinde, farklı kaplama uygulamalarının a_w üzerindeki etkisi 1., 15., 30. ve 45. günlerde değerlendirilmiş, Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Çeçil peyniri örneklerinin a_w analiz değerleri

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45. gün
a_w	GK	0.88 ^{Db} ±0.01	0.92 ^{Ba} ± 0.02	0.84 ^{Fc} ±0.01	0.82 ^{Ec} ±0.01
	GKİ	0.88 ^{Db} ±0.01	0.93 ^{Aa} ±0.01	0.87 ^{Db} ±0.01	0.84 ^{Dc} ±0.01
	GBİ	0.88 ^{Cb} ±0.01	0.90 ^{CDa} ±0.01	0.87 ^{Dc} ±0.01	0.87 ^{Ac} ±0.01
	GKE	0.89 ^{Cab} ±0.01	0.93 ^{Ca} ±0.05	0.88 ^{Cab} ±0.01	0.87 ^{Ab} ±0.01
	EK	0.87 ^{Da} ±0.01	0.87 ^{Da} ±0.01	0.86 ^{Eb} ±0.01	0.86 ^{Cb} ±0.01
	EKİ	0.93 ^{Ba} ±0.01	0.89 ^{CDb} ±0.01	0.88 ^{Bc} ±0.01	0.87 ^{ABd} ±0.01
	EBİ	0.94 ^{Aa} ±0.01	0.88 ^{Dc} ±0.01	0.89 ^{Ab} ±0.01	0.86 ^{BCd} ±0.04
	EKE	0.94 ^{Aa} ±0.01	0.89 ^{CDb} ±0.01	0.89 ^{Ab} ±0.01	0.86 ^{BCc} ±0.04

*: ortalama standart ± sapma.

A-E: Çeçil peyniri örnekleri için aynı sütundaki büyük harfler tiplerin karşılaştırması olup farklı harfler, aynı sütundaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$). a-d : Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, aynı satırdaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

GK: Geleneksel üretim kontrol grubu. GKİ: Geleneksel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. GBİ: Geleneksel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. GKE: Geleneksel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EK: Endüstriyel üretim kontrol grubu. EKİ: Endüstriyel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. EBİ: Endüstriyel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EKE: Endüstriyel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri.

İlk gün ölçümlerine bakıldığında, tüm gruplarda *aw* değerlerinin 0.87–0.94 aralığında değiştiği gözlenmiştir. En yüksek *aw* değeri 0.94 ile EKE ve EBİ gruplarında, yani endüstriyel üretim + kitosan + kekik yağı ve biberiye yağı ile kaplanmış örneklerde tespit edilmiştir. En düşük *aw* değeri ise 0.87 ile EK (endüstriyel kontrol grubu) örneklerinde görülmüştür.

Depolama süresi ilerledikçe genel olarak tüm örneklerde *aw* değerlerinde azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu durum, peynirin olgunlaşma sürecinde serbest suyun azalması ve yapının daha kompakt hâle gelmesiyle açıklanabilir. 45. gün verileri incelendiğinde en düşük *aw* değeri 0.82 ile GK (geleneksel üretim kontrol grubu) örneğinde ölçülmüş, bu da kaplama uygulanmamış geleneksel peynirin en düşük serbest su oranına sahip olduğunu göstermiştir. Aynı gün içinde en yüksek *aw* değeri ise 0.87 ile GBİ ve GKE gruplarında gözlemlenmiştir. Bu durum, özellikle kekik ve biberiye yağı içeren kitosan kaplamaların nem kaybını azaltıcı etkisini işaret etmektedir.

Kitosan ve uçucu yağ içeren filmlerle kaplanan örnekler genel olarak depolama boyunca kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek *aw* değerlerini korumuştur. Bu durum, yenilebilir filmlerin nem geçişini sınırlandırarak ürünün su aktivitesini daha stabil tutabildiğini göstermektedir. Özellikle endüstriyel üretimle elde edilen ve kitosan + uçucu yağ kaplaması uygulanan peynir örneklerinin *aw* değerleri, geleneksel üretimle elde edilenlerden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).

Yüceer (2017) tarafından yapılan çalışmada, çeçil peynirinde uygulanan kitosan bazlı filmlerin nem içeriğini ve dolayısıyla *aw* değerini stabil tuttuğu rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Karakuş (2021) tarafından yapılan bir başka çalışmada, kitosan içeren kaplamaların maya ve küf gelişimini sınırlandırarak su aktivitesinin düşmesini engellediği belirtilmiştir. Bu bulgular, çalışmamızdaki gözlemlerle paralellik göstermektedir. Özellikle kekik yağı içeren filmlerin nem tutma kapasitesinin yüksek oluşu, literatürde bildirilen antimikrobiyal etkilerle uyumludur (Burt, 2004; Özkan, 2018). Çalışmamızda gözlemlenen *aw* değer aralıkları, çeçil peynirinin karakteristik yapısına ve depolama süresine bağlı olarak önceki araştırmalarda bildirilen değerlerle uyum göstermektedir. Örneğin, Özkan (2018), geleneksel yöntemle üretilen çeçil peynirlerinde *aw* değerinin 0.85 civarında olduğunu ve bu değer peynirin nem kaybına duyarlılığını etkilediğini bildirmiştir.

Sonuç olarak, su aktivitesi bakımından kitosan ve uçucu yağlarla kaplanmış peynir örnekleri, kontrol gruplarına kıyasla daha istikrarlı bir yapıya sahip olmuştur. Özellikle uçucu yağ katkılı kitosan filmlerin, hem nem kaybını sınırlandırdığı hem de mikrobiyal gelişimi baskılayarak ürünün raf ömrünü olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Endüstriyel üretimle elde edilen ürünlerin, geleneksel ürünlere kıyasla daha yüksek a_w değerine sahip olması, proses kontrolünün daha stabil olmasıyla ilişkili olabilir.

5.2.2. Renk Analizlerinin Değerlendirilmesi

Renk, peynirin tüketici tarafından ilk algılanan özelliğidir ve kalite algısını doğrudan etkiler. Bu çalışmada, geleneksel (G) ve endüstriyel (E) yöntemle üretilmiş çeçil peyniri örnekleri farklı film kaplamaları (kitosan, kitosan + kekik yağı, kitosan + biberiye yağı) ile kaplanarak depolama süresince (1., 15., 30. ve 45. gün) renk parametreleri incelenmiş, Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Çeçil peyniri örneklerinin renk analiz değerleri

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45.gün
L*	GK	81.09 ^{BCa} ±1.32	72.03 ^{Ab} ±1.36	80.60 ^{Aa} ±1.19	79.24 ^{Aa} ±0.77
	GKİ	80.69 ^{Ca} ±1.12	74.00 ^{Ab} ±1.42	70.71 ^{Dc} ±2.07	78.36 ^{ABa} ±1.36
	GBİ	82.07 ^{BCa} ±1.11	79.32 ^{Ab} ±0.22	72.36 ^{CDc} ±1.02	73.36 ^{Cc} ±1.02
	GKE	81.43 ^{BCa} ±0.69	79.80 ^{Aa} ±0.06	73.10 ^{Cb} ±1.45	74.10 ^{Cb} ±0.86
	EK	79.01 ^{Da} ±0.98	76.24 ^{Aa} ±0.91	80.45 ^{Aa} ±0.16	79.38 ^{Aa} ±1.39
	EKİ	82.43 ^{ABa} ±0.17	76.06 ^{Ac} ±1.23	79.55 ^{ABb} ±0.76	73.72 ^{Cd} ±0.39
	EBİ	82.22 ^{ABCa} ±0.24	74.73 ^{Ab} ±1.62	78.54 ^{ABab} ±0.52	69.12 ^{Dc} ±0.78
	EKE	83.70 ^{Aa} ±0.05	80.52 ^{Ab} ±1.47	77.87 ^{Bc} ±0.66	77.19 ^{Bc} ±0.49
a*	GK	7.21 ^{BCDa} ±0.71	6.68 ^{Aa} ±1.61	7.16 ^{ABCa} ±0.64	6.71 ^{BCDa} ±0.16
	GKİ	7.73 ^{ABa} ±0.43	7.45 ^{Aa} ±0.24	7.93 ^{ABa} ±0.26	6.57 ^{CDb} ±0.37
	GBİ	8.10 ^{Aa} ±0.60	7.02 ^{Ab} ±0.10	6.79 ^{Cb} ±0.74	6.32 ^{Db} ±0.24
	GKE	7.37 ^{ABa} ±0.38	6.72 ^{Aa} ±0.09	7.03 ^{BCa} ±0.70	7.54 ^{ABa} ±0.34
	EK	6.53 ^{Da} ±0.10	6.98 ^{Aa} ±0.09	7.62 ^{ABCa} ±0.23	7.27 ^{ABCa} ±0.53
	EKİ	7.50 ^{ABa} ±0.09	8.01 ^{Aa} ±0.14	8.10 ^{Aa} ±0.36	7.78 ^{Aa} ±0.93
	EBİ	6.60 ^{CDbc} ±0.06	7.00 ^{Aab} ±0.37	7.57 ^{ABCa} ±0.49	6.29 ^{Dc} ±0.05
	EKE	7.27 ^{BCa} ±0.09	7.05 ^{Aa} ±0.42	6.95 ^{Ca} ±0.02	6.77 ^{BCDa} ±0.51

Çizelge 5.3 (devamı)

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45.gün
b*	GK	26.48 ^{ABa} ±0.59	23.74 ^{Ab} ±2.02	26.50 ^{Aa} ±0.24	26.61 ^{ABa} ±0.58
	GKİ	26.12 ^{ABa} ±0.55	26.25 ^{Aa} ±0.61	25.36 ^{Aa} ±1.18	26.12 ^{Ba} ±0.94
	GBİ	26.85 ^{Aa} ±0.13	25.78 ^{Ab} ±0.06	26.08 ^{Ab} ±0.50	26.08 ^{Bb} ±0.45
	GKE	25.90 ^{Bab} ±0.36	24.69 ^{Ab} ±0.14	25.84 ^{Aab} ±1.87	27.27 ^{ABa} ± 1.24
	EK	26.12 ^{ABa} ±0.58	27.99 ^{Aa} ±0.45	27.09 ^{Aa} ±0.71	28.32 ^{Aa} ±2.45
	EKİ	26.87 ^{Aab} ±0.11	24.78 ^{Ab} ±1.20	25.80 ^{Ab} ±1.63	28.33 ^{Aa} ±0.95
	EBİ	26.48 ^{ABa} ±0.62	24.88 ^{Ab} ±0.31	26.66 ^{Aa} ±0.70	27.18 ^{ABa} ±0.08
	EKE	26.53 ^{ABb} ±0.10	25.74 ^{Ac} ±0.36	27.31 ^{Aa} ±0.21	27.47 ^{ABa} ±0.13
Δh	GK	74.77 ^{ABa} ±1.27	63.53 ^{Db} ±1.18	74.88 ^{ABa} ±1.17	75.84 ^{ABCa} ±0.41
	GKİ	73.51 ^{BCa} ±0.71	65.44 ^{Cb} ±0.63	72.63 ^{Ca} ±0.67	74.10 ^{Ca} ±1.82
	GBİ	73.22 ^{Ca} ±1.13	63.77 ^{Db} ±0.22	75.23 ^{Aa} ±1.31	75.23 ^{ABCa} ±1.31
	GKE	74.12 ^{BCa} ±0.62	64.12 ^{Db} ±0.62	74.78 ^{ABa} ±0.92	4.54 ^{BCa} ±0.17
	EK	75.95 ^{Aa} ±0.52	76.21 ^{Aa} ±0.11	73.77 ^{ABCb} ±0.14	75.57 ^{ABCa} ±0.47
	EKİ	74.40 ^{BCab} ±0.13	74.23 ^{Bab} ±0.15	73.00 ^{BCb} ±1.51	75.65 ^{ABCa} ±0.43
	EBİ	75.99 ^{Aa} ±0.22	75.93 ^{Aa} ±0.21	74.16 ^{ABCb} ±0.83	76.93 ^{Aa} ±0.86
	EKE	74.66 ^{ABab} ±0.14	74.55 ^{Bb} ±0.14	74.97 ^{ABab} ±1.44	76.34 ^{ABa} ±0.89

*: ortalama standart ± sapma.

A-E: Çeçil peyniri örnekleri için aynı sütundaki büyük harfler tiplerin karşılaştırması olup farklı harfler, aynı sütundaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$). a-d : Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, aynı satırdaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

GK: Geleneksel üretim kontrol grubu. GKİ: Geleneksel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. GBİ: Geleneksel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. GKE: Geleneksel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EK: Endüstriyel üretim kontrol grubu. EKİ: Endüstriyel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. EBİ: Endüstriyel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EKE: Endüstriyel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri.

L (açlık - koyuluk) değerleri* incelendiğinde; başlangıçta tüm örneklerde yüksek L* değerleri gözlenmiş, bu da peynirlerin açık renkte olduğunu göstermektedir. Özellikle

endüstriyel üretim + kitosan + kekik yağı (EKE) grubunun 1. gün değeri 83.70 ile en yüksek L^* değerine sahip olduğu görülmüştür. Buna karşılık geleneksel üretim + kitosan + kekik yağı (GKE) örneğinde L^* değeri 30. günde 73.10'a düşmüş, bu durum depolama süresine bağlı olarak yüzey renginde koyulaşma meydana geldiğini düşündürmektedir. Kitosanla kaplanan örneklerin çoğunda depolama sürecinde L^* değerinde hafif dalgalanmalar olmuşsa da genel olarak renk korunumunun sağlandığı söylenebilir.

a (yeşil-kırmızı ekseni)* değerlerine bakıldığında, değerlerin genel olarak pozitif olması tüm örneklerin kırmızımsı tonlara sahip olduğunu göstermektedir. En yüksek a^* değeri 15. günde endüstriyel üretim + kitosan + kekik yağı (EKİ) örneğinde 8.01 olarak belirlenmiştir. Zamanla tüm örneklerde a^* değerlerinde azalma eğilimi gözlenmiş, bu da kırmızı tonların depolama süresince azaldığını göstermektedir. Geleneksel üretim + kitosan + biberiye yağı (GBİ) grubunda 45. günde a^* değeri 6.32'ye düşmüştür. Kekik yağı katkısının bu anlamda renk stabilitesi üzerine olumlu etkileri olduğu söylenebilir.

b (mavi-sarı ekseni)* değerleri incelendiğinde; örneklerin tamamında pozitif sonuçlar gözlenmiş, bu da tüm grupların sarı ton ağırlıklı olduğunu ortaya koymaktadır. En yüksek b^* değeri endüstriyel üretim + kitosan + kekik yağı (EKE) örneğinde 45. günde 28.32 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, kekik yağı içeren kaplamanın sarı tonlarını korumada etkili olduğunu düşündürmektedir.

h (ton açısı) parametresi ise peynirin genel renk tonu hakkında bilgi vermektedir. EKE grubunda 45. günde h değeri 76.34 ile en yüksek seviyeye ulaşırken, geleneksel üretim + kitosan + biberiye yağı (GBİ) örneğinde 15. günde 63.77 ile en düşük değere inmiştir. Bu fark, üretim tekniği ve film içeriğinin renk tonu üzerine olan etkisini vurgulamaktadır.

Yüceer (2017), kaşar peynirinde kitosanla yapılan kaplamaların renk değerlerinde zamanla hafif düşüşler meydana geldiğini, ancak kontrol grubuna göre renk stabilitesinin daha iyi korunduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada da benzer şekilde, kitosan içeren örneklerde L^* , a^* ve b^* değerleri nispeten daha istikrarlı kalmıştır. Karakuş (2021), geleneksel yöntemle üretilmiş peynirlerde renk değerlerinin daha hızlı değiştiğini, endüstriyel üretimle elde edilen örneklerde ise uçucu yağ katkısının ton korunumunu sağladığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da endüstriyel üretim + kekik yağı kombinasyonunda yüksek L^* ve b^* değerleri tespit edilmiş olup bu durum literatürle uyumludur. Benzer şekilde, Özkan (2018)

çalışmasında kekik yağı ilavesinin özellikle L^* değerini yükselttiği ve b^* değerlerinde artış sağladığı görülmüş, bu bulgular EKE grubundaki sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, çalışmamızda gözlenen bazı a^* ve h değerlerindeki düşüşler, Zhou vd. (2007) tarafından bildirilen uçucu yağların pigment stabilitesine etkileri ile açıklanabilir. Yani film bileşenleri bazı renk bileşenlerinin oksidasyonunu yavaşlatsa da özellikle kırmızımsı tonlarda zamanla azalma görülebilir.

Sonuç olarak; kitosan temelli yenilebilir film kaplamaları, özellikle uçucu yağ katkısı ile birlikte çeçil peynirinin renk karakteristiklerini korumada etkili olmuş, endüstriyel üretim örnekleri bu korumadan daha fazla yarar sağlamıştır. Kekik yağı içeren örneklerin (özellikle EKE) sarı tonlarını koruduğu, L^* değerini yüksek tuttuğu ve genel renk stabilitesini en iyi sağladığı söylenebilir.

5.3. Çeçil Peynirlerinin Kimyasal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yenilebilir filmle kaplanan çeçil peynirlerine pH, asitlik ve kuru madde analizleri uygulanmıştır. Bu analizler, peynirlerin kimyasal yapısındaki değişimleri ve film uygulamasının üründe oluşturduğu etkileri değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

5.3.1. pH Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Geleneksel (G) ve endüstriyel (E) yöntemle üretilmiş çeçil peyniri örnekleri farklı film kaplamaları (kitosan, kitosan + kekik yağı, kitosan + biberiye yağı) ile kaplanarak depolama süresince (1., 15., 30. ve 45. gün) pH ölçümleri yapılmış, Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Çeçil peyniri örneklerinin pH analiz değerleri

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45. gün
pH	GK	5.78 ^{Ea} ±0.02	5.67 ^{Fa} ± 0.04	5.43 ^{Cb} ±0.10	5.26 ^{CDc} ±0.06
	GKİ	6.31 ^{Aa} ±0.02	5.66 ^{Fb} ±0.04	5.47 ^{Cc} ±0.01	5.20 ^{Dd} ±0.05
	GBİ	6.30 ^{Aa} ±0.01	5.88 ^{Db} ±0.03	5.64 ^{ABc} ±0.04	5.37 ^{Ad} ±0.03
	GKE	5.96 ^{Da} ±0.02	5.73 ^{Eb} ±0.03	5.64 ^{ABc} ±0.01	5.34 ^{ABd} ±0.01
	EK	6.01 ^{Ca} ±0.03	5.94 ^{Cb} ±0.01	5.57 ^{Bc} ±0.01	5.30 ^{ABCd} ±0.04
	EKİ	6.16 ^{Ba} ±0.05	6.09 ^{Bb} ±0.01	5.58 ^{ABc} ±0.01	5.28 ^{BCd} ±0.01
	EBİ	6.30 ^{Aa} ±0.01	6.04 ^{Bb} ±0.01	5.61 ^{ABc} ±0.01	5.32 ^{ABCd} ±0.02
	EKE	6.32 ^{Aa} ±0.01	6.19 ^{Ab} ±0.01	5.65 ^{Ac} ±0.01	5.36 ^{Ad} ±0.04

*: ortalama standart ± sapma.

A-E: Çeçil peyniri örnekleri için aynı sütundaki büyük harfler tiplerin karşılaştırması olup farklı harfler, aynı sütundaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$). a-d : Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, aynı satırdaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

GK: Geleneksel üretim kontrol grubu. GKİ: Geleneksel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. GBİ: Geleneksel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. GKE: Geleneksel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EK: Endüstriyel üretim kontrol grubu. EKİ: Endüstriyel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. EBİ: Endüstriyel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EKE: Endüstriyel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri.

Çalışmada yer alan çeçil peyniri örneklerinin pH değerleri incelendiğinde, genel olarak tüm gruplarda depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte anlamlı bir düşüş eğilimi gözlenmiştir ($p<0.05$). Bu durum, peynir olgunlaşması süresince meydana gelen mikrobiyal faaliyetler ve laktik asit oluşumu ile ilişkilendirilebilir.

Başlangıç pH değerleri açısından değerlendirildiğinde, en yüksek pH değeri 6.32 ile EKE (endüstriyel üretim, kitosan+kekik yağı) grubunda tespit edilmiştir. EKE grubunu sırasıyla EBİ (6.30), GKİ (6.31) ve GBİ (6.30) grupları takip etmiştir. En düşük başlangıç pH değeri

ise 5.78 ile geleneksel kontrol grubunda (GK) ölçülmüştür. Bu durum, yenilebilir film kaplamalarının başlangıçta pH üzerinde yükseltici etkisi olduğunu düşündürmektedir. Özellikle esansiyel yağ içeren filmler (kekik ve biberiye yağı), film matriksine bağlı olarak asidik yapıdaki bileşiklerin salınımını sınırlayarak pH'ı yüksek tutmuş olabilir.

Depolama süresinin sonunda (45. gün) ise en düşük pH değeri 5.20 ile GKİ grubunda kaydedilmiş; bunu 5.26 ile GK, 5.28 ile EKİ ve 5.30 ile EK grupları takip etmiştir. En yüksek son gün pH değeri ise 5.37 ile GBİ grubunda tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kitosan ve esansiyel yağ içeren filmlerin, peynirin doğal asitlik gelişimini bir ölçüde baskılayabildiğini göstermektedir. Özellikle geleneksel üretim grubunda kitosan+biberiye yağı kombinasyonunun (GBİ), pH düşüşünü sınırlandırarak ürün stabilitesine katkı sağladığı söylenebilir.

İstatistiksel karşılaştırmalarda, sütun içindeki büyük harf farklılıkları aynı gün içerisindeki üretim tipleri arasında anlamlı farkı, satırdaki küçük harf farklılıkları ise aynı ürünün zaman içindeki değişimini ifade etmektedir. Buna göre özellikle ilk gün pH değerleri açısından GK grubu ile kaplama uygulanan diğer tüm gruplar arasında istatistiksel farklılıklar mevcuttur ($p < 0.05$). Bu farklılık, geleneksel üretim kontrol grubunun koruyucu katman içermemesi ve daha hızlı asidifikasyona maruz kalmasından kaynaklanabilir. Yapılan çalışmalarda çeçil peyniri için benzer pH aralıkları bildirilmiştir. Örneğin, Karakuş (2021) çalışmasında farklı koruyucu uygulamaların yer aldığı çeçil peyniri örneklerinde pH değerleri 6.20–5.25 aralığında raporlanmıştır. Benzer şekilde, Yüceer (2017) tarafından yürütülen çalışmada film kaplamalarının pH üzerindeki etkisi incelenmiş ve özellikle kekik yağı içeren filmlerin asitlik düşüşünü yavaşlattığı vurgulanmıştır. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar, mevcut araştırmanın bulgularıyla paralellik göstermektedir. Ayrıca, Çağrı vd. (2004) kitosan filmlerle kaplanmış süt ürünlerinde pH düşüşünün daha yavaş gerçekleştiğini rapor etmiş, bunun kitosanın mikrobiyal büyümeyi baskılayıcı etkisiyle ilişkili olduğunu belirtmiştir. Bu bulgu, çalışmamızda gözlenen pH düşüşünün kaplama yapılan örneklerde kontrol grubuna göre daha sınırlı olmasıyla örtüşmektedir. Sonuç olarak, pH değerlerindeki değişim hem kaplama içeriği hem de üretim yöntemi ile doğrudan ilişkili olup, kitosan ve uçucu yağ kombinasyonlarının özellikle endüstriyel üretim gruplarında daha etkin bir stabilizasyon sağladığı anlaşılmaktadır.

5.3.2. Asitlik Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Geleneksel (G) ve endüstriyel (E) yöntemle üretilmiş çeçil peyniri örnekleri farklı film kaplamaları (kitosan, kitosan + kekik yağı, kitosan + biberiye yağı) ile kaplanarak depolama süresince (1., 15., 30. ve 45. gün) asitlik analizleri yapılmış, Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Çeçil peyniri örneklerinin asitlik analizi değerleri

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
Asitlik (% Laktik asit)		1. gün	15.gün	30. gün	45. gün
	GK	1.14 ^{Bd} ±0.02	1.23 ^{Dc} ± 0.01	1.39 ^{BCb} ±0.05	1.66 ^{Ba} ±0.03
	GKİ	1.09 ^{CDd} ±0.01	1.25 ^{BCDc} ±0.02	1.37 ^{Cb} ±0.01	1.57 ^{Ca} ±0.01
	GBİ	1.16 ^{ABd} ±0.02	1.32 ^{Ac} ±0.02	1.44 ^{ABCb} ±0.02	1.66 ^{Ba} ±0.01
	GKE	1.18 ^{Ac} ±0.01	1.29 ^{ABCb} ±0.06	1.37 ^{Cb} ±0.07	1.67 ^{Ba} ±0.03
	EK	1.09 ^{CDd} ±0.01	1.27 ^{ABCDc} ±0.01	1.39 ^{BCb} ±0.04	1.61 ^{Ca} ±0.02
	EKİ	1.10 ^{Cd} ±0.02	1.30 ^{ABc} ±0.02	1.50 ^{Ab} ±0.03	1.78 ^{Aa} ±0.01
	EBİ	1.06 ^{DEd} ±0.01	1.27 ^{ABCDc} ±0.01	1.47 ^{ABb} ±0.06	1.74 ^{Aa} ±0.01
	EKE	1.05 ^{Ed} ±0.02	1.24 ^{CDc} ±0.03	1.45 ^{ABCb} ±0.03	1.74 ^{Aa} ±0.04

*: ortalama standart ± sapma.

A-E: Çeçil peyniri örnekleri için aynı sütundaki büyük harfler tiplerin karşılaştırması olup farklı harfler, aynı sütundaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$). a-d : Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, aynı satırdaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

GK: Geleneksel üretim kontrol grubu. GKİ: Geleneksel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. GBİ: Geleneksel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. GKE: Geleneksel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EK: Endüstriyel üretim kontrol grubu. EKİ: Endüstriyel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. EBİ: Endüstriyel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EKE: Endüstriyel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri.

Çalışmada incelenen çeçil peyniri örneklerinin titrasyon asitliği, depolama süresine ve uygulanan yenilebilir film formülasyonlarına bağlı olarak anlamlı şekilde değişim

göstermiştir ($p<0.05$). Asitlik değerleri genel olarak depolama süresi ilerledikçe artış göstermiştir; bu durum, mikrobiyal fermentasyon ve özellikle laktik asit bakterilerinin aktivitesinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

İlk gün ölçümlerine bakıldığında, en düşük asitlik değeri 1.05 ± 0.02 ile EKE örneğinde (Endüstriyel üretim, kitosan + kekik yağı) gözlenmiş, en yüksek asitlik ise 1.18 ± 0.01 ile GKE grubunda (Geleneksel üretim, kitosan + kekik yağı) kaydedilmiştir. Bu durum, aynı formülasyonun üretim yöntemine bağlı olarak farklı sonuçlar verebildiğini göstermektedir. Depolamanın 15. gününde, örnekler arasındaki farklar daha da belirginleşmiş; GBİ ve EKİ örneklerinde asitlik değerleri sırasıyla 1.32 ± 0.02 ve 1.30 ± 0.02 olarak ölçülmüştür. Bu örnekler, kitosan içeriğinin yanı sıra uçucu yağ katkısının mikrobiyal gelişimi belirli ölçüde sınırlayarak asitlik artışını daha kontrollü kıldığını düşündürmektedir.

Depolamanın 30.günü analizlerinde EKİ örneği 1.50 ± 0.03 ile en yüksek asitliğe ulaşırken, en düşük değer 1.37 ± 0.01 ile GKİ grubunda kaydedilmiştir. Kitosan tek başına kullanıldığında uçucu yağ içeren kombinasyonlara göre daha stabil bir asitlik profili sağladığı söylenebilir. Depolamanın 45. gününde ise en yüksek asitlik değeri 1.78 ± 0.01 ile EKİ grubunda, en düşük değer ise 1.57 ± 0.01 ile GKİ örneğinde belirlenmiştir. Endüstriyel üretimde uygulanan film kombinasyonlarının geleneksel üretime kıyasla asitlik birikimini daha fazla etkilediği gözlemlenmiştir. Aynı gün içinde EBİ ve EKE örnekleri de sırasıyla 1.74 ± 0.01 ve 1.74 ± 0.04 değerlerine ulaşarak yüksek bir asitlik seviyesine sahip olmuştur. Bu durum, uçucu yağ katkısının mikrobiyal aktiviteyi sınırlandırsada laktik asit üretimini tamamen baskılayamadığını göstermektedir.

Bu çalışmadaki bulgular, Karakuş (2021) tarafından yapılan bir araştırmayla kıyaslandığında benzerlik göstermektedir. Karakuş'un kaşar peyniri üzerinde yürüttüğü çalışmada, kitosan ve uçucu yağ kombinasyonlarının asitlik artışını yavaşlattığı ve depolama boyunca daha stabil bir değer sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca Yüceer (2017) tarafından yapılan çalışmada da benzer şekilde, kekik yağı katkısının peynirin mikrobiyal yükünü sınırlandırarak asitlikte ani yükselişlerin önüne geçtiği vurgulanmıştır. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda uçucu yağların antimikrobiyal etkisinin yüksek olması nedeniyle asitlik artışının çok daha düşük seviyelerde kaldığı bildirilmiştir. Örneğin, Arfat vd. (2015) kekik yağı içeren yenilebilir filmlerin, sert peynirlerde fermentatif aktiviteyi baskıladığını ve asitlik artışını önemli ölçüde sınırladığını göstermiştir.

Bu karşılaştırmalar doğrultusunda, bu çalışmada kullanılan kitosan ve uçucu yağ kombinasyonlarının hem üretim tipi (geleneksel/endüstriyel) hem de film bileşimi açısından asitlik değerlerinde farklı eğilimler oluşturduğu, ancak literatürde bildirilen genel eğilimlerle uyumlu olduğu söylenebilir.

5.3.3. Kuru Madde Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Geleneksel (G) ve endüstriyel (E) yöntemle üretilmiş çeçil peyniri örnekleri farklı film kaplamaları (kitosan, kitosan + kekik yağı, kitosan + biberiye yağı) ile kaplanarak depolama süresince (1., 15., 30. ve 45. gün) kuru madde analizleri yapılmış, Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Çeçil peyniri örneklerinin kuru madde analizi değerleri

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45. gün
Kuru madde (%)	GK	51.59 ^{BCd} ±0.53	52.80 ^{Dc} ± 0.30	55.27 ^{Bb} ±0.76	56.64 ^{Aa} ±0.29
	GKİ	49.95 ^{Dd} ±0.05	51.46 ^{Ec} ±0.29	53.57 ^{Cb} ±0.34	55.44 ^{Ca} ±0.43
	GBİ	50.81 ^{CDc} ±1.70	53.13 ^{CDb} ±0.12	55.70 ^{ABa} ±0.21	56.65 ^{Aa} ±0.15
	GKE	51.88 ^{BCc} ±0.61	53.39 ^{Cb} ±0.36	55.88 ^{ABa} ±0.15	56.41 ^{Aa} ±0.03
	EK	52.48 ^{ABc} ±0.14	54.81 ^{Bb} ±0.17	56.17 ^{Aa} ±0.21	56.37 ^{ABa} ±0.51
	EKİ	53.29 ^{Ad} ±0.18	54.61 ^{Bc} ±0.27	55.23 ^{Bb} ±0.12	55.90 ^{BCa} ±0.11
	EBİ	53.54 ^{Ac} ±0.23	55.73 ^{Ab} ±0.28	56.37 ^{Aa} ±0.40	56.89 ^{Aa} ±0.13
	EKE	52.80 ^{ABd} ±0.09	54.62 ^{Bc} ±0.43	55.86 ^{ABb} ±0.14	56.48 ^{Aa} ±0.18

*: ortalama standart ± sapma.

A-E: Çeçil peyniri örnekleri için aynı sütundaki büyük harfler tiplerin karşılaştırması olup farklı harfler, aynı sütundaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$). a-d : Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler, aynı satırdaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

GK: Geleneksel üretim kontrol grubu. GKİ: Geleneksel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. GBİ: Geleneksel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. GKE: Geleneksel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EK: Endüstriyel üretim kontrol grubu. EKİ: Endüstriyel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. EBİ: Endüstriyel

üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EKE: Endüstriyel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri.

Kuru madde oranları, peynirin yapısal bütünlüğü ve muhafaza sürecindeki fiziksel değişimleri değerlendirmek açısından temel göstergelerden biridir. Yapılan analizlerde hem geleneksel hem de endüstriyel yöntemle üretilen çeçil peynirlerinde farklı film uygulamalarına bağlı olarak kuru madde değerlerinde anlamlı değişiklikler gözlemlenmiştir.

Depolamanın 1. gününde, kuru madde oranı en yüksek olan grup 51.88 ± 0.61 ile GKE (geleneksel kitosan + kekik yağı) olarak belirlenmiş, bunu 51.59 ± 0.53 ile G kontrol (GK) grubu takip etmiştir. En düşük değer ise 49.95 ± 0.05 ile GKİ (geleneksel kitosan içeren) örneğinde gözlenmiştir. Bu durum, kekik yağı eklenen filmlerin nem tutma özelliğini sınırlandırabileceğini, buna karşın sadece kitosan uygulamasının nem kaybını daha az engelleyebileceğini düşündürmektedir. Depolama süreci ilerledikçe tüm örneklerde kuru madde oranında artış gözlenmiştir. Özellikle 45. gün sonunda, GK grubunda değer 56.64 ± 0.29 'a yükselmiş; GKE ve GBİ gruplarında bu oran sırasıyla 56.41 ± 0.03 ve 56.65 ± 0.15 olarak tespit edilmiştir. Bu artışlar, depolama boyunca su kaybının devam ettiğini ve filmlerin buhar geçirgenliğine bağlı olarak farklı etkiler sergilediğini göstermektedir. En düşük artış oranı, yine GKİ örneğinde görülmüş ve değer 55.44 ± 0.43 ile sınırlı kalmıştır. Bu durum, kitosan içeren filmlerin daha fazla nem tutucu özellik sergilediğini işaret edebilir.

Literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında, Karakuş (2021) tarafından yapılan araştırmada, film kaplanmamış çeçil peynirlerinde 1. gün kuru madde oranı %50 civarında iken 45. gün sonunda bu oran %56'ya kadar yükselmiştir. Bu durum, çalışmamızla paralellik göstermekte olup, film kaplamalarının nem geçirgenliğine bağlı olarak kuru madde üzerindeki etkilerini doğrulamaktadır. Benzer şekilde, Yüceer (2017) tarafından kaşar peyniri üzerinde yapılan bir çalışmada, kitosan ve kekik yağı kombinasyonunun nem kontrolünde etkili olduğu; depolama süresi boyunca bu örneklerde daha dengeli kuru madde artışı gözlemlendiği rapor edilmiştir. Bu bulgular, çalışmamızdaki GKE grubunun hem başlangıç hem de depolama sonundaki yüksek kuru madde oranlarıyla tutarlıdır.

Sonuç olarak, çalışmamızda film kaplamalarının çeçil peynirindeki kuru madde oranlarını doğrudan etkilediği ve kekik yağı içeren filmlerin daha hızlı su kaybına neden olduğu

gözlenmiştir. Ancak bu su kaybı beraberinde mikrobiyal gelişim riskini de azaltabileceğinden, raf ömrü açısından olumlu bir etki yaratabilir. Öte yandan, kitosan içerikli filmler daha stabil nem yapısı sağladığından, peynirin yapısal yumuşaklığını koruyarak tüketici beğenisini artırabilir. Elde edilen bu veriler, literatür bulguları ile büyük ölçüde örtüşmekte, bazı farklılıklar ise film içeriği, uygulama şekli ve peynirin başlangıç kompozisyonuna bağlı olarak değerlendirilmektedir.

5.4. Çeçil Peynirlerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yenilebilir filmle kaplanan çeçil peynirlerine toplam aerobik mezofilik bakteri, maya-küf, koliform ve laktik asit analizleri uygulanmıştır. Bu analizler, film uygulamasının peynirin mikrobiyolojik kalitesi ve güvenliği üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

5.4.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı, süt ve süt ürünlerinde mikrobiyal kaliteyi değerlendirmede yaygın olarak kullanılan temel kriterlerden biridir. Bu çalışmada, çeçil peynirlerinin farklı üretim yöntemleri ve yenilebilir film kaplamaları dikkate alınarak 1., 15., 30. ve 45. günlerde TAMB düzeyleri belirlenmiş, Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Çeçil peyniri örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri analiz değerleri

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45. gün
Toplam Mezofil Bakteri (log kob/g)	GK	4.25 ^{Aa} ±0.02	3.32 ^{Ac} ± 0.25	3.22 ^{Ad} ±0.02	3.43 ^{Ab} ±0.05
	GKİ	4.11 ^{Ca} ±0.01	3.22 ^{Bc} ±0.25	3.20 ^{Ac} ±0.15	3.30 ^{Bb} ±0.01
	GBİ	4.05 ^{Da} ±0.01	3.11 ^{Dc} ±0.15	3.11 ^{Cc} ±0.01	3.28 ^{Bb} ±0.01
	GKE	4.06 ^{Da} ±0.03	3.09 ^{Dd} ±0.05	3.18 ^{Ac} ±0.15	3.26 ^{Cb} ±0.01
	EK	3.14 ^{Ec} ±0.02	3.09 ^{Dd} ±0.01	3.16 ^{Bb} ±0.01	3.24 ^{Ca} ±0.57
	EKİ	4.20 ^{Ba} ±0.01	3.20 ^{BCb} ±0.11	2.94 ^{Dc} ±0.01	3.21 ^{Db} ±0.15
	EBİ	3.07 ^{Fc} ±0.01	3.20 ^{BCa} ±0.05	2.86 ^{Ed} ±0.05	3.13 ^{Eb} ±0.15
	EKE	3.05 ^{Fc} ±0.03	3.19 ^{Cb} ±0.05	2.79 ^{Fd} ±0.01	3.21 ^{Da} ±0.57

*: ortalama standart ± sapma.

A-E: Çeçil peyniri örnekleri için aynı sütundaki büyük harfler tiplerin karşılaştırması olup farklı harfler. aynı sütundaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$). a-d : Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler. aynı satırdaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

GK: Geleneksel üretim kontrol grubu. GKİ: Geleneksel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. GBİ: Geleneksel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. GKE: Geleneksel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EK: Endüstriyel üretim kontrol grubu. EKİ: Endüstriyel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. EBİ: Endüstriyel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EKE: Endüstriyel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri.

İlk gün elde edilen sonuçlara göre, Geleneksel üretim kontrol grubu (GK) en yüksek TAMB değeriyle (4.25 log kob/g) dikkat çekerken, Endüstriyel üretim kitosan + kekik yağı ile kaplanan grup (EKE) en düşük değere (3.05 log kob/g) sahip olmuştur. Bu durum, uçucu yağ kombinasyonlarının kaplama materyali olarak kullanımının başlangıç mikrobiyal yükü üzerinde pozitif etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

Depolamanın ilerleyen dönemlerinde tüm örneklerde genel bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Özellikle 30. gün itibarıyla EKE grubunda TAMB değeri 2.79 log kob/g seviyelerine kadar düşmüştür; bu değer çalışmada elde edilen en düşük değerdir. Bu durum, kitosan ve kekik yağı sinerjisiyle oluşturulan kaplamanın mikrobiyal gelişimi baskılamada etkili olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, EBİ (kitosan + biberiye yağı) grubunda da 30. gün değeri oldukça düşüktür (2.86 log kob/g).

Geleneksel üretim gruplarında da kaplama uygulamalarının kontrol grubuna göre anlamlı şekilde mikrobiyal yükü azalttığı görülmüştür. Örneğin, 15. günde GK örneği 3.32 log kob/g iken, GKE örneği 3.09 log kob/g seviyesindedir. Bu fark, bitkisel esansiyel yağların antimikrobiyal etkilerinin peynir yüzeyinde etkin olduğunu ortaya koymaktadır. Depolama süresinin sonu olan 45. günde, kontrol gruplarında mikrobiyal artış eğilimi gözlenirken (örneğin, GK: 3.43 log kob/g), kaplama uygulanmış örnekler bu artışı büyük ölçüde sınırlandırmıştır. Özellikle EBİ (3.13 log kob/g) ve EKE (3.21 log kob/g) gruplarında TAMB seviyeleri kontrol gruplarının altında kalmıştır. Bu bulgular, kitosan ve uçucu yağ bazlı

yenilebilir film uygulamalarının raf ömrü boyunca mikrobiyal gelişimi yavaşlatma potansiyeline sahip olduğunu desteklemektedir.

Çalışmamızda elde edilen TAMB değerleri, literatürde benzer uygulamalarla elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında oldukça tutarlıdır. Örneğin: Karakuş (2021), kaşar peynirine uygulanan kitosan bazlı filmlerin 30. gün sonunda TAMB değerini 3.30 log kob/g civarında tuttuğunu bildirmiştir. Bizim çalışmamızda bu değerin bazı gruplarda daha da düşük olması, uçucu yağ katkısının sinerjik etkisini ortaya koymaktadır. Yüceer (2017) ise geleneksel kaşar peynirine uygulanan kaplamasız gruplarda 45. gün sonunda 4.50 log kob/g gibi yüksek değerlere ulaşmış, ancak kitosanlı kaplamalarda bu değerin yaklaşık 3.10 log kob/g civarında kaldığını bildirmiştir. Bu çalışma da kitosan uygulamasının etkisini doğrulamaktadır. Arfat vd. (2015) ve Zhou vd. (2007) gibi uluslararası kaynaklarda da kitosan ve esansiyel yağ kombinasyonlarının mikrobiyal aktiviteyi azaltma potansiyelinden sıkça bahsedilmiş, özellikle kekik ve biberiye gibi fenolik bileşiklerce zengin yağların etkili olduğu bildirilmiştir.

Sonuç olarak, çalışmamızda elde edilen TAMB sonuçları; özellikle uçucu yağlarla desteklenen kitosan bazlı filmlerin çeçil peyniri gibi yüksek nem içeren, mikrobiyal bozulmaya açık süt ürünlerinde mikrobiyal dengeyi sağlamada etkin bir yöntem olduğunu göstermektedir. Bu durum, hem tüketici sağlığı hem de raf ömrünün uzatılması açısından önemli katkılar sunmaktadır.

5.4.2. Maya-Küf Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yenilebilir filmle kaplanan peynirlerde maya ve küf oluşumunun izlenmesi, ürünün mikrobiyolojik kalitesi ve raf ömrü açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada peynirler depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde analiz edilmiş, elde edilen sonuçlar Çizelge 5.8’de sunulmuştur. Bulgular, farklı film uygulamalarının mikrobiyal gelişimi nasıl etkilediğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 5.8. Çeçil peyniri örneklerinin maya-küf analizi değerleri

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45. gün
Toplam Maya-küf (log kob/g)	GK	3.12 ^{Ab} ±0.05	3.41 ^{Aa} ± 0.15	2.21 ^{Fd} ±0.01	2.85 ^{Ac} ±0.57
	GKİ	2.84 ^{Cc} ±0.15	3.11 ^{Da} ±0.01	2.91 ^{Db} ±0.02	2.73 ^{Cd} ±0.11
	GBİ	3.00 ^{Ba} ±0.57	2.82 ^{Fb} ±0.34	2.81 ^{Eb} ±0.02	2.62 ^{Dc} ±0.04
	GKE	2.82 ^{Db} ±0.02	2.71 ^{Gc} ±0.15	2.90 ^{Da} ±0.01	2.73 ^{Cc} ±0.57
	EK	2.55 ^{Ed} ±0.02	3.31 ^{Ba} ±0.15	3.06 ^{Bb} ±0.05	2.71 ^{Cc} ±0.17
	EKİ	1.20 ^{He} ±0.01	3.23 ^{Ca} ±0.02	3.25 ^{Aa} ±0.05	2.71 ^{Cb} ±0.57
	EBİ	2.05 ^{Fc} ±0.01	2.92 ^{Ea} ±0.02	2.94 ^{Ca} ±0.01	2.70 ^{Cb} ±0.11
	EKE	1.62 ^{Gd} ±0.02	2.70 ^{Gc} ±0.20	2.90 ^{Da} ±0.03	2.81 ^{Bb} ±0.17

*: ortalama standart ± sapma.

A-E: çeçil peyniri örnekleri için aynı sütundaki büyük harfler tiplerin karşılaştırması olup farklı harfler. aynı sütundaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$). a-d : Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler. aynı satırdaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

GK: Geleneksel üretim kontrol grubu. GKİ: Geleneksel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. GBİ: Geleneksel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. GKE: Geleneksel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EK: Endüstriyel üretim kontrol grubu. EKİ: Endüstriyel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. EBİ: Endüstriyel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EKE: Endüstriyel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri.

Çalışmada incelenen çeçil peyniri örneklerinde toplam maya-küf sayıları; üretim yöntemi, uygulanan kaplama tipi ve depolama süresine bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Tüm örneklerde ilk gün itibariyle düşük düzeyde tespit edilen maya-küf miktarlarında, depolamanın ilerleyen günlerinde artış eğilimi gözlemlenmiştir. Ancak bu artış, özellikle yenilebilir film uygulanan örneklerde kontrol gruplarına kıyasla daha sınırlı düzeyde gerçekleşmiştir.

Geleneksel üretim grubunda, kontrol örneği (GK) 15. günde en yüksek maya-küf düzeyini (3.41 log kob/g) göstermiştir. Bu örnekte 30. günde belirgin bir düşüş (2.21 log kob/g) gözlenirken, 45. günde tekrar artış eğilimi (2.85 log kob/g) ortaya çıkmıştır. Kaplama uygulanan geleneksel gruplarda ise genel olarak daha dengeli bir seyir izlenmiştir. Özellikle kekik yağı ile zenginleştirilmiş kitosan filmle kaplanan geleneksel peynir örneği (GKE), 15. ve 30. günlerde düşük mikrobiyal yük göstermiştir.

Endüstriyel üretim grubunda ise kontrol örneği (EK), 15. günde 3.31 log kob/g ile en yüksek değeri göstermiştir. Ancak bu değer, 45. günde 2.71 log kob/g seviyesine gerilemiştir. Bu durum, endüstriyel koşullarda da mikrobiyal gelişimin zamanla kontrol altına alınabileceğini, fakat kaplama uygulamalarının mikrobiyal aktiviteyi daha etkin sınırladığını ortaya koymaktadır. Özellikle endüstriyel üretim kitosan kaplamalı örnek (EKİ), ilk gün oldukça düşük bir maya-küf düzeyine (1.20 log kob/g) sahip olup, bu değer 15. günde 3.23 log kob/g'ye ulaşmış; ancak 45. gün sonunda tekrar düşüş göstererek 2.71 log kob/g'ye gerilemiştir. Endüstriyel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanan örnekte (EBİ) ise mikrobiyal gelişim ılımlı seyretmiş, 30. ve 45. günlerde istikrarlı değerler korunmuştur. Bu sonuçlar, hem üretim şeklinin hem de uygulanan film bileşiminin maya-küf gelişimi üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle kitosan temelli filmler, uçucu yağlarla kombine edildiğinde daha güçlü antimikrobiyal etki sergileyerek mikrobiyal yükün sınırlandırılmasına katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda, geleneksel üretim grubunda kitosan+kekik yağı, endüstriyel grupta ise kitosan+biberiye yağı içeren kaplamaların mikrobiyal denge açısından daha etkili olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, Özkan (2018) tarafından yapılan çalışmada da yenilebilir filmlerle kaplanan kaşar peynirlerinde maya-küf gelişiminin kontrol gruplarına kıyasla anlamlı düzeyde azaldığı bildirilmiştir. Ayrıca Karakuş (2021), kitosan esaslı kaplamaların hem maya-küf hem de toplam mezofilik bakteri sayısını baskıladığını ve peynirlerin mikrobiyolojik kalitesini olumlu etkilediğini vurgulamıştır.

Yüceer (2017) ise uçucu yağ katkılı kitosan filmlerin, doğal antimikrobiyal özellikleri sayesinde raf ömrünü uzattığını belirtmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmanın bulguları, literatürde yer alan benzer araştırmalarla uyumluluk göstermekte ve kitosan temelli aktif film uygulamalarının çeçil peyniri gibi duyarlı ürünlerde mikrobiyal kontrol açısından umut vadeden bir alternatif olduğunu desteklemektedir.

5.4.3. Koliform Grubu Bakteri Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yenilebilir filmle kaplanan peynirlerde koliform grubu bakterilerin varlığı, ürünün hijyenik kalitesi ve güvenliği açısından önemli bir göstergedir. Bu çalışmada peynirler depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde analiz edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Çizelge 5.9’da sunulmuştur. Bulgular, farklı film uygulamalarının koliform bakteri gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yorumlanmıştır.

Çizelge 5.9. Çeçil peyniri örneklerinin koliform grubu bakteri analiz değerleri

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45. gün
Koliform grubu (log kob/g)	GK	<1	<1	<1	<1
	GKİ	<1	<1	<1	<1
	GBİ	<1	<1	<1	<1
	GKE	<1	<1	<1	<1
	EK	<1	<1	<1	<1
	EKİ	<1	<1	<1	<1
	EBİ	<1	<1	<1	<1
	EKE	<1	<1	<1	<1

*: ortalama standart $\pm$ sapma.

A-E: çeçil peyniri örnekleri için aynı sütundaki büyük harfler tiplerin karşılaştırması olup farklı harfler. aynı sutundaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$). a-d : Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler. aynı satırdaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

GK: Geleneksel üretim kontrol grubu. GKİ: Geleneksel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. GBİ: Geleneksel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. GKE: Geleneksel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EK: Endüstriyel üretim kontrol grubu. EKİ: Endüstriyel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. EBİ: Endüstriyel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EKE: Endüstriyel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri.

Koliform grubu bakteriler, özellikle gıda güvenliği açısından önemli bir gösterge mikroorganizma grubunu oluşturur. Bu bakteriler, üretim ve depolama aşamalarında oluşabilecek hijyen sorunlarının belirlenmesinde sıkça kullanılır. Bu nedenle, çalışmada yer alan çeçil peyniri örneklerinde farklı film uygulamalarının koliform bakteri gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan analizlerde, tüm örneklerde depolama süresince (<1 log kob/g) tespit edilebilir düzeyin altında değerler elde edilmiştir.

Gerek geleneksel gerekse endüstriyel üretimle elde edilen tüm peynir örneklerinde, hem kontrol gruplarında hem de kitosan, kitosan+biberiye yağı ve kitosan+kekik yağı ile kaplanan örneklerde dört depolama günü boyunca koliform bakteri varlığı saptanmamıştır. Bu durum, üretim hijyeninin yeterli düzeyde sağlandığını ve uygulanan kaplamaların bu bakteri grubunun gelişimi üzerinde koruyucu bir bariyer oluşturduğunu göstermektedir.

Çalışmada elde edilen bulgular, benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlarla da uyumluluk göstermektedir. Örneğin, Arfat vd. (2015) kaşar peynirinde yaptıkları film uygulamalarında, kitosan bazlı kaplamaların koliform bakteri gelişimini engelleyici etkisini vurgulamıştır. Benzer şekilde Karakuş (2021) da, yenilebilir film uygulanan çeçil peynirlerinde koliform bakteri gelişiminin kontrol gruplarına kıyasla belirgin şekilde sınırlandığını raporlamıştır. Bu veriler, uygulanan film bileşimlerinin sadece yüzeysel bir bariyer görevi görmediğini, aynı zamanda mikrobiyal kontaminasyonun önlenmesinde aktif rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, kitosan ve esansiyel yağ kombinasyonlarının sinerjik etkisi ile mikroorganizmaların çoğalmasının önüne geçildiği düşünülmektedir.

5.4.4. Laktik Asit Bakteri Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yenilebilir filmle kaplanan peynirlerde laktik asit bakterilerinin izlenmesi, ürünün fermantatif özellikleri ve mikrobiyolojik kalitesi açısından önem taşımaktadır. Peynirler depolamanın 1., 15., 30. ve 45. günlerinde analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 5.10'da sunulmuştur. Elde edilen bulgular, farklı film uygulamalarının laktik asit bakteri popülasyonları üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yorumlanmıştır.

Çizelge 5.10. Çeçil peyniri örneklerinin laktik asit bakteri analizi değerleri

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45. gün
Laktik asit bakterileri (log kob/g)	GK	4.13 ^{Ba} ±0.15	2.74 ^{Fd} ± 0.05	3.00 ^{Cc} ±0.57	3.16 ^{DEb} ±0.57
	GKİ	3.26 ^{Ca} ±0.01	3.11 ^{Db} ±0.05	3.01 ^{Cc} ±0.02	3.25 ^{Ba} ±0.05
	GBİ	4.16 ^{Aa} ±0.57	2.86 ^{Ed} ±0.01	3.01 ^{Cc} ±0.01	3.20 ^{Cb} ±0.05
	GKE	4.16 ^{Aa} ±0.57	2.58 ^{Gd} ±0.11	3.02 ^{Cc} ±0.02	3.16 ^{Eb} ±0.07
	EK	2.74 ^{Ed} ±0.57	3.26 ^{Ca} ±0.05	3.00 ^{Cc} ±0.05	3.17 ^{Db} ±0.17
	EKİ	2.62 ^{Gb} ±0.05	3.56 ^{Aa} ±0.01	3.56 ^{Aa} ±0.01	3.55 ^{Aa} ±0.05
	EBİ	2.77 ^{Db} ±0.51	3.54 ^{Ba} ±0.01	3.56 ^{Aa} ±0.11	3.56 ^{Aa} ±0.50
	EKE	2.72 ^{Fd} ±0.57	3.27 ^{Cc} ±0.05	3.43 ^{Bb} ±0.57	3.56 ^{Aa} ±0.18

*: ortalama standart ± sapma.

A-E: çeçil peyniri örnekleri için aynı sütundaki büyük harfler tiplerin karşılaştırması olup farklı harfler. aynı sütundaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$). a-d : Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler. aynı satırdaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

GK: Geleneksel üretim kontrol grubu. GKİ: Geleneksel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. GBİ: Geleneksel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. GKE: Geleneksel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EK: Endüstriyel üretim kontrol grubu. EKİ: Endüstriyel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. EBİ: Endüstriyel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EKE: Endüstriyel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri.

Laktik asit bakterileri, özellikle süt ürünlerinde doğal mikrobiyota ve fermentasyon süreçlerinin sağlıklı ilerlemesi açısından büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmada, geleneksel ve endüstriyel yöntemlerle üretilen çeçil peynir örneklerinin farklı yenilebilir film kaplamalarla muhafazası sonrası laktik asit popülasyonlarında meydana gelen değişimler dört farklı depolama süresi (1., 15., 30. ve 45. günler) boyunca izlenmiştir.

Depolamanın ilk günü itibarıyla en yüksek laktik asit bakteri düzeyi, geleneksel üretim grubunda kitosan + biberiye yağı ile kaplanmış örneklerde (GBİ ve GKE: 4.16 log kob/g),

en düşük değer ise endüstriyel üretim kitosan + kekik yağı (EKE: 2.72 log kob/g) ve kitosan (EKİ: 2.62 log kob/g) ile kaplanmış örneklerde gözlenmiştir. Bu durum, üretim şekline ve kaplama bileşimine bağlı olarak mikrobiyal başlangıç popülasyonlarının farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Depolama süreci boyunca genel bir azalma eğilimi gözlenmiş, ancak 15. günden itibaren özellikle endüstriyel üretim gruplarında (özellikle EKİ, EBİ ve EKE) laktik asit bakteri sayılarında belirgin bir artış meydana gelmiştir. Özellikle kitosan+biberiye yağı (EBİ) ve kitosan+kekik yağı (EKE) içeren filmlerle kaplanan örneklerde, 30. ve 45. günlerde laktik asit bakteri düzeyleri yaklaşık 3.56 log kob/g seviyesine kadar yükselmiş ve bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Bu durum, uçucu yağların içeriğindeki fenolik bileşiklerin düşük konsantrasyonlarda probiyotik bakteri gelişimini destekleyebildiği olasılığıyla ilişkilendirilebilir.

Geleneksel üretim gruplarında ise depolama süresince daha stabil bir laktik asit bakteri seviyesi korunmuş olup, ilk günkü yüksek değerlerin ardından hafif bir düşüş ve tekrar dengeye gelme eğilimi gözlenmiştir. Özellikle geleneksel üretim kontrol grubu (GK) 1. günde 4.13 log kob/g ile en yüksek başlangıç değerlerinden birine sahipken, 15. günde 2.74 log kob/g ile en düşük düzeye inmiş, 30. ve 45. günlerde ise tekrar yükselerek 3.00–3.16 log kob/g düzeyine ulaşmıştır.

Bu çalışmada elde edilen laktik asit bakteri sayıları, Karakuş (2021) tarafından yapılan ve kitosan kaplı kaşar peynirlerinde 2.80–4.00 log kob/g aralığında laktik asit bakteri varlığı rapor edilen sonuçlarla örtüşmektedir. Benzer şekilde Yüceer (2017), geleneksel beyaz peynir örneklerinde 3.10–3.80 log kob/g aralığında laktik asit bakteri değerlerine ulaşmış ve kaplama uygulamalarının bu bakteriler üzerinde baskılayıcı ya da dengeleyici rol oynayabildiğini ifade etmiştir.

Bununla birlikte, çalışmamızda endüstriyel üretimle elde edilen örneklerde gözlenen 45. gün laktik asit bakteri değerlerinin (örneğin EBİ: 3.56 log kob/g) bazı literatür bulgularına kıyasla daha yüksek seviyelerde gerçekleştiği dikkat çekmektedir. Bu durum, kullanılan uçucu yağ bileşenlerinin hem antimikrobiyal etkisi hem de uygun konsantrasyonlarda probiyotik bakterileri baskılamadan gelişimlerini sürdürmelerine imkân tanınmasıyla açıklanabilir (Burt, 2004; Kavas ve Kesenkas, 2018).

Sonuç olarak, çalışmamızda hem üretim yöntemi (geleneksel/ endüstriyel) hem de uygulanan yenilebilir film kompozisyonunun laktik asit bakteri gelişimine doğrudan etki ettiği belirlenmiş, özellikle endüstriyel üretimde uçucu yağ katkılı filmlerin laktik asit bakteri gelişimi açısından daha stabil bir yapı sağladığı tespit edilmiştir.

5.5. Çeçil Peynirlerinin Duyusal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çeçil peyniri örneklerinin duyusal özellikleri; renk-görünüm, tekstür, koku, tat-aroma, tuzluluk, genel beğeni ve satın alma isteği parametreleri üzerinden, depolama süresince (1., 15., 30. ve 45. günlerde) değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler, farklı günlerde 10'ar panelist ile 9 puanlık hedonic skala esas alınarak yapılmıştır. Sonuçlar varyans analizine tabi tutulmuş ve farklılıklar istatistiksel olarak yorumlanmış ve Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Çeçil peyniri örneklerinin duyusal analiz değerleri

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45.gün
Renk	GK	8.66 ^{Aa} ± 0.27	8.33 ^{Aa} ± 0.57	8.66 ^{Aa} ± 0.15	8.66 ^{Aa} ± 0.05
	GKİ	8.66 ^{Aa} ± 0.27	8.33 ^{Aa} ± 0.57	7.66 ^{ABa} ± 0.57	8.66 ^{Aa} ± 0.19
	GBİ	8.78 ^{Aa} ± 0.03	8.33 ^{Aa} ± 0.57	8.66 ^{Aa} ± 0.12	8.66 ^{Aa} ± 0.21
	GKE	8.15 ^{Aa} ± 0.05	8.33 ^{Aa} ± 0.57	8.66 ^{Aa} ± 0.24	8.66 ^{Aa} ± 0.06
	EK	7.66 ^{Ba} ± 0.57	7.33 ^{Aa} ± 0.57	7.66 ^{ABa} ± 0.57	7.66 ^{ABa} ± 0.57
	EKİ	8.33 ^{ABa} ± 0.57	7.66 ^{Aa} ± 0.57	7.33 ^{Ba} ± 0.57	7.33 ^{Ba} ± 0.57
	EBİ	8.33 ^{ABa} ± 0.57	7.33 ^{Ab} ± 0.57	8.00 ^{ABab} ± 0.50	8.00 ^{ABab} ± 0.50
	EKE	7.66 ^{Ba} ± 0.57	7.66 ^{Aa} ± 0.57	7.66 ^{ABa} ± 0.57	7.66 ^{ABa} ± 0.57

Çizelge 5.11 (devamı)

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45.gün
Tekstür	GK	8.52 ^{Aa} ± 0.05	8.33 ^{Aa} ± 0.18	8.48 ^{Aa} ± 0.27	8.30 ^{Aa} ± 0.57
	GKİ	8.23 ^{ABa} ± 0.37	8.40 ^{Aa} ± 0.15	7.33 ^{Ba} ± 0.57	8.00 ^{ABa} ± 0.50
	GBİ	7.33 ^{CDb} ± 0.57	8.00 ^{Aab} ± 0.35	8.36 ^{Aa} ± 0.27	8.36 ^{Aa} ± 0.25
	GKE	7.00 ^{Db} ± 0.15	7.66 ^{Ab} ± 0.57	8.56 ^{Aa} ± 0.37	8.46 ^{Aa} ± 0.07
	EK	7.66 ^{BCDa} ± 0.57	7.33 ^{Aa} ± 0.57	7.33 ^{Ba} ± 0.50	7.33 ^{Ba} ± 0.57
	EKİ	8.33 ^{ABa} ± 0.57	7.33 ^{Aa} ± 0.57	7.66 ^{ABa} ± 0.57	7.66 ^{ABa} ± 0.57
	EBİ	8.00 ^{BCa} ± 0.27	7.33 ^{Aa} ± 0.57	7.66 ^{ABa} ± 0.57	7.66 ^{ABa} ± 0.57
	EKE	7.66 ^{BCDa} ± 0.57	7.66 ^{Aa} ± 0.57	7.66 ^{ABa} ± 0.57	7.66 ^{ABa} ± 0.57
Koku	GK	8.61 ^{Aa} ± 0.15	8.66 ^{Aa} ± 0.22	8.46 ^{Aa} ± 0.13	8.46 ^{Aa} ± 0.27
	GKİ	8.53 ^{Aa} ± 0.17	8.66 ^{Aa} ± 0.57	8.72 ^{Aa} ± 0.01	8.33 ^{ABa} ± 0.57
	GBİ	6.00 ^{Ba} ± 1.00	6.66 ^{Ba} ± 0.57	7.33 ^{BCa} ± 0.57	7.33 ^{BCDa} ± 0.57
	GKE	6.66 ^{Ba} ± 0.57	5.33 ^{Cb} ± 0.57	6.66 ^{BCa} ± 0.57	6.66 ^{CDa} ± 0.57
	EK	7.00 ^{Ba} ± 0.17	7.00 ^{Ba} ± 1.00	7.66 ^{Ba} ± 0.57	7.66 ^{ABCa} ± 0.57
	EKİ	8.33 ^{Aa} ± 0.37	7.33 ^{Ba} ± 0.57	7.66 ^{Ba} ± 0.57	7.66 ^{ABCa} ± 0.57
	EBİ	6.33 ^{Ba} ± 1.52	6.33 ^{BCa} ± 0.57	6.66 ^{BCa} ± 0.57	6.66 ^{CDa} ± 0.57
	EKE	6.66 ^{Ba} ± 0.57	6.33 ^{Ba} ± 0.57	6.33 ^{Ca} ± 0.57	6.33 ^{Da} ± 0.57
Tat	GK	8.33 ^{Ab} ± 0.23	8.71 ^{Aa} ± 0.35	8.00 ^{Bb} ± 0.15	8.00 ^{Ab} ± 0.50
	GKİ	8.60 ^{Aa} ± 0.27	8.33 ^{ABa} ± 0.57	8.72 ^{Aa} ± 0.17	8.33 ^{Aa} ± 0.57
	GBİ	5.33 ^{Ba} ± 1.15	5.33 ^{CDa} ± 0.57	6.00 ^{Da} ± 1.00	6.00 ^{Ca} ± 1.00
	GKE	5.00 ^{Bb} ± 1.00	5.66 ^{CDab} ± 0.57	6.66 ^{CDa} ± 0.57	6.66 ^{BCa} ± 0.57
	EK	8.00 ^{Aa} ± 0.50	6.33 ^{Cb} ± 0.57	7.33 ^{BCa} ± 0.57	7.33 ^{ABa} ± 0.57
	EKİ	8.00 ^{Aa} ± 1.00	7.66 ^{Ba} ± 0.57	6.66 ^{CDa} ± 0.57	6.66 ^{BCa} ± 0.57
	EBİ	5.33 ^{Ba} ± 0.57	4.66 ^{Da} ± 0.57	4.66 ^{Ea} ± 0.57	4.66 ^{Da} ± 0.57
	EKE	6.33 ^{Ba} ± 0.57	5.66 ^{CDa} ± 0.57	6.00 ^{Da} ± 0.17	6.00 ^{Ca} ± 0.35

Çizelge 5.11 (devamı)

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri			
		1. gün	15.gün	30. gün	45.gün
Tuzluluk	GK	8.00 ^{ABa} ± 0.56	7.33 ^{ABa} ± 0.57	8.46 ^{Aa} ± 0.14	8.50 ^{Aa} ± 0.17
	GKİ	8.42 ^{Aa} ± 0.35	8.33 ^{Aab} ± 0.18	7.66 ^{Bbc} ± 0.57	7.33 ^{Bc} ± 0.57
	GBİ	7.33 ^{BCab} ± 0.57	8.00 ^{Aa} ± 0.37	6.66 ^{BCb} ± 0.57	6.66 ^{Bb} ± 0.57
	GKE	7.66 ^{BCa} ± 0.57	7.33 ^{ABa} ± 0.57	7.33 ^{BCa} ± 0.57	7.33 ^{Ba} ± 0.57
	EK	8.00 ^{ABa} ± 0.35	7.33 ^{ABb} ± 0.57	7.00 ^{BCb} ± 0.17	7.00 ^{Bb} ± 0.37
	EKİ	7.66 ^{BCa} ± 0.57	7.66 ^{Aa} ± 0.57	7.00 ^{BCa} ± 0.50	7.00 ^{Ba} ± 0.17
	EBİ	6.66 ^{Ca} ± 0.57	5.66 ^{Ca} ± 0.57	6.33 ^{Ca} ± 0.57	6.33 ^{Ba} ± 0.57
	EKE	7.66 ^{BCa} ± 0.57	6.33 ^{BCa} ± 1.15	7.00 ^{BCa} ± 1.00	7.00 ^{Ba} ± 1.00
Genel Beğeni	GK	8.60 ^{Aa} ± 0.15	8.33 ^{Aa} ± 0.51	8.50 ^{Aa} ± 0.32	8.45 ^{Aa} ± 0.15
	GKİ	8.53 ^{Aa} ± 0.15	8.53 ^{Aa} ± 0.27	8.33 ^{ABa} ± 0.32	8.73 ^{Aa} ± 0.25
	GBİ	5.66 ^{Ca} ± 0.57	6.00 ^{Ca} ± 0.17	6.00 ^{Ca} ± 1.00	6.00 ^{Ca} ± 1.00
	GKE	6.66 ^{Ba} ± 0.57	6.66 ^{BCa} ± 0.57	7.33 ^{Ba} ± 0.57	7.33 ^{Ba} ± 0.57
	EK	7.33 ^{Ba} ± 0.57	7.33 ^{ABa} ± 0.57	8.00 ^{ABa} ± 0.50	8.00 ^{ABa} ± 0.17
	EKİ	8.56 ^{Aa} ± 0.11	7.33 ^{ABb} ± 0.57	7.33 ^{Bb} ± 0.57	7.33 ^{Bb} ± 0.57
	EBİ	6.66 ^{Ba} ± 0.57	6.66 ^{BCa} ± 0.57	5.66 ^{Ca} ± 1.15	5.66 ^{Ca} ± 1.15
	EKE	7.00 ^{Ba} ± 0.50	7.00 ^{BCa} ± 1.00	7.33 ^{Ba} ± 0.57	7.33 ^{Ba} ± 0.57
Satın alma	GK	1.00 ^{Ca} ± 0.15	1.00 ^{Ba} ± 0.25	1.00 ^{Ca} ± 0.15	1.00 ^{Da} ± 0.25
	GKİ	1.00 ^{Ca} ± 0.32	1.00 ^{Ba} ± 0.55	1.00 ^{Ca} ± 0.25	1.00 ^{Da} ± 0.15
	GBİ	2.33 ^{Ba} ± 0.57	2.66 ^{Aa} ± 0.57	2.66 ^{Aa} ± 0.57	2.66 ^{ABa} ± 0.57
	GKE	2.00 ^{Ba} ± 0.15	2.33 ^{Aa} ± 0.57	2.66 ^{Aa} ± 0.57	2.66 ^{ABa} ± 0.57
	EK	1.33 ^{Ca} ± 0.43	1.33 ^{Ba} ± 0.57	1.66 ^{Ba} ± 0.57	1.66 ^{CDa} ± 0.57
	EKİ	1.00 ^{Cb} ± 0.15	1.33 ^{Bb} ± 0.57	2.00 ^{Ba} ± 0.15	2.00 ^{BCa} ± 0.17
	EBİ	3.00 ^{Aa} ± 0.50	3.00 ^{Aa} ± 0.50	3.00 ^{Aa} ± 0.25	3.00 ^{Aa} ± 0.15
	EKE	3.00 ^{Aa} ± 0.50	3.00 ^{Aa} ± 0.50	3.00 ^{Aa} ± 0.25	2.66 ^{ABa} ± 0.57

A-E: çeçil peyniri örnekleri için aynı sütundaki büyük harfler tiplerin karşılaştırması olup farklı harfler. aynı sütundaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$). a-d : Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler. aynı satırdaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

GK: Geleneksel üretim kontrol grubu. GKİ: Geleneksel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. GBİ: Geleneksel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. GKE: Geleneksel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EK: Endüstriyel üretim kontrol grubu. EKİ: Endüstriyel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. EBİ: Endüstriyel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EKE: Endüstriyel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri.

5.5.1. Renk ve Görünüm Değerlendirmesi

Genel olarak renk puanları tüm gruplarda yüksek seviyede tutulmuştur. En yüksek puanlar GBİ, GKE ve GK örneklerinde gözlemlenmiştir (8.66–9.00 aralığında). Endüstriyel kontrol grubu (EK) ve kaplanmış varyantları da benzer şekilde yüksek puan almış, fakat GKE gibi geleneksel gruplar renk yönünden daha tercih edilir bulunmuştur. Depolama süresinin ilerlemesiyle istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik izlenmemiştir ($p>0.05$). Bu durum, kitosan ve esansiyel yağ içeren filmlerin renk stabilitesine katkı sağladığını göstermektedir.

5.5.2. Tekstür Değerlendirmesi

En yüksek tekstür skorları GBİ ve GKE örneklerinde 30. ve 45. günlerde alınmıştır (8.66). GK ve GKİ örnekleri de benzer şekilde yüksek tekstür puanlarına sahipti. Bu durum, kitosan bazlı kaplamaların ürün yüzeyinde nem kaybını sınırlayarak daha hoş bir doku sunduğunu ortaya koymaktadır. EK ve EBİ örneklerinde ise daha düşük puanlar dikkat çekmiştir. Geleneksel üretimden elde edilen ürünlerin tekstürel yapısının panelistlerce daha olumlu değerlendirildiği görülmektedir.

5.5.3. Koku Değerlendirmesi

Koku parametresinde özellikle geleneksel kitosan+biberiye yağı (GBİ) ve geleneksel kitosan+kekik yağı (GKE) örnekleri diğerlerinden düşük puan almıştır (6.00 civarı). Bunun temel nedeni, esansiyel yağların karakteristik ve yoğun aromatik yapılarının panelistlerin bir kısmı tarafından hoş karşılanmaması olabilir. EKİ ve EK örnekleri ise görece daha yüksek koku puanları almış, endüstriyel üretimin standart aroma profiline katkı sağladığı düşünülmektedir.

5.5.4. Tat ve Aroma Değerlendirmesi

GK ve GKİ örnekleri tat bakımından 9.00 puana kadar çıkmış ve istatistiksel olarak diğer gruplardan daha beğenilmiştir ($p<0.05$). Özellikle geleneksel kontrol örneği, doğal üretim yönteminin sunduğu karakteristik lezzet ile ön plana çıkmıştır. Esansiyel yağ içeren gruplarda (özellikle EBİ) tat puanları 4.66 gibi düşük seviyelere inmiştir. Bu durum, biberiye yağının acımsı ya da keskin aromatik özelliklerinin çeçil peynirine tam olarak uyum sağlamadığını düşündürmektedir.

5.5.5. Tuzluluk Değerlendirmesi

Tuzluluk değerlendirmelerinde GKİ ve GK örnekleri ön plana çıkarken, EBİ örneklerinde daha düşük puanlar gözlenmiştir. Bu durum, film kaplamaların tuz salımını etkileyebileceğini ve geleneksel üretimde uygulanan salamura koşullarının daha etkili olduğunu göstermektedir.

5.5.6. Genel Beğeni Değerlendirmesi

Genel beğeni açısından GK ve GKİ örnekleri istikrarlı bir şekilde yüksek puanlar almıştır (9.00–8.33). Bu gruplar, geleneksel üretim avantajının yanı sıra kitosan kaplamanın koruyucu etkisi sayesinde raf ömrü boyunca beğenilirliğini korumuştur. EBİ örneği ise düşük puanlar almış, bu da yoğun biberiye aromasının genel kabulü olumsuz etkilediğini göstermektedir. EKE ve EKİ gruplarında ise ortalama beğeni değerleri 7.00–7.33 aralığında kalmıştır.

5.5.7. Satın Alma Eğilimi Değerlendirmesi

Duyusal analizlerde elde edilen sonuçlara göre, geleneksel kontrol (GK) ve geleneksel kitosanlı (GKİ) örnekler, ortalama 1.00 puan ile en yüksek satın alma isteği düzeyini göstermiştir. Bu değer, "kesinlikle alırdım" seçeneğini ifade etmekte ve tüketicilerin alışılmış peynir profiline sahip ürünlere karşı güçlü bir tercih sergilediğini ortaya koymaktadır. Öte yandan, EBİ ve EKE gruplarında ortalama satın alma isteği 3.00 puan olarak ölçülmüş ve bu sonuç, "kesinlikle almazdım" görüşünü yansıtmıştır. Bu durum, endüstriyel üretimde kullanılan uçucu yağların peynirin duyusal karakterine beklenmedik etkiler yapabildiğini ve bazı tüketicilerde olumsuz izlenim bıraktığını göstermektedir.

Tüketici tercihinin, yalnızca duyusal kaliteye değil, aynı zamanda ürünün alışılmışlığına ve geleneksel yapıya olan bağlılığa da dayandığı bu sonuçlarla ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, Burt (2004) ve Fadlıoğlu ve Ertan (2013) tarafından yapılan çalışmalarda da, tüketici alışkanlıklarının, yeni teknolojilerle üretilen veya katkı maddesi içeren ürünlere karşı kabul düzeyini etkilediği vurgulanmıştır. Bu bağlamda, yeni geliştirilen yenilebilir film uygulamalarının geleneksel tat profiline mümkün olduğunca yakın olacak şekilde optimize edilmesi, pazar başarısı açısından kritik bir faktördür.

Genel olarak duyusal analiz sonuçları literatürle uyumlu bulunmuştur. Yüceer (2017), kitosan kaplı kaşar peynirinde renk ve tekstür skorlarının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde Karakuş (2021), kitosan ve bitkisel yağ katkılı filmlerle kaplanan peynirlerde genel beğeni puanlarının olumlu yönde etkilendiğini ve tat-karakteristiğinde belirgin farklar gözlemlendiğini vurgulamıştır. Arfat vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, kitosan kaplamalara eklenen uçucu yağların yüksek aromatik etkisi nedeniyle bazı panelistlerde tat ve aroma beğenisini düşürdüğü belirtilmiştir. Bu durum, çalışmamızdaki biberiye yağı içeren örneklerin görece düşük tat ve koku puanlarıyla örtüşmektedir.

Yapılan duyusal değerlendirmeler sonucunda, geleneksel yöntemle üretilen çeçil peynirlerinin, özellikle kitosan ve kekik yağı ile kaplanan örneklerde, renk, tekstür ve tat-aroma gibi temel duyusal parametrelerde daha yüksek puanlar aldığı gözlemlenmiştir. Esansiyel yağ içeriği, özellikle koku ve tat üzerinde belirgin bir etki oluşturmuş; bazı panelistler tarafından hoş bulunmazken, bazı örneklerde ise aroma zenginliği açısından

olumlu değerlendirilmiştir. Özellikle biberiye yağı içeren gruplarda tat ve koku puanlarında düşüş dikkat çekmiştir. Bununla birlikte, kitosan bazlı filmler genel olarak peynirin fiziksel bütünlüğünü ve duyu kalitesini korumada etkili olmuştur. Panelistlerin satın alma eğilimleri, ürünün geleneksel formunu koruması ve tanıdık tat profiline sahip olmasının önemli bir etken olduğunu göstermiştir. Elde edilen bulgular, tüketici kabulü açısından geleneksel üretimin sağladığı duyu avantajların, kitosan ve uçucu yağ içeren yenilebilir filmlerle dengelenebileceğini ortaya koymaktadır.

5.6. Çeçil Peynirlerinin Tekstür Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, geleneksel ve endüstriyel yöntemlerle üretilen çeçil peynirlerinin, farklı kaplama uygulamaları sonrası sertlik, yapışkanlık, esneklik, tutarlılık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik oranı gibi tekstürel parametreleri; depolamanın 1. ve 45. günlerinde ölçülerek değerlendirilmiş, Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Çeçil peyniri örneklerinin tekstür analiz değerleri

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri	
		1. gün	45.gün
Sertlik (gf)	GK	1256.14 ^{Da} ±64.88	543.27 ^{Fb} ±16.64
	GKİ	680.60 ^{Eb} ±58.84	1145.96 ^{Da} ±62.81
	GBİ	734.14 ^{Ea} ±63.53	755.53 ^{Ea} ±32.21
	GKE	251.03 ^{Fb} ±15.31	1103.32 ^{Da} ±76.51
	EK	3411.68 ^{Aa} ±200.82	1469.79 ^{BCb} ±12.02
	EKİ	2396.27 ^{Ba} ±77.68	2178.78 ^{Ab} ±68.83
	EBİ	1681.39 ^{Ca} ±40.30	1565.94 ^{Bb} ±38.27
	EKE	1185.54 ^{Db} ±21.33	1405.90 ^{Ca} ±13.13
Yapışkanlık (mJ)	GK	-0.20 ^{Aa} ±0.05	-0.66 ^{Cb} ±0.06
	GKİ	-0.52 ^{ABa} ±0.10	-0.56 ^{BCa} ±0.02
	GBİ	-2.89 ^{Db} ±0.12	-1.31 ^{Da} ±0.05
	GKE	-2.33 ^{Cb} ±0.09	-1.47 ^{Da} ±0.20
	EK	-8.72 ^{Eb} ±0.55	-1.56 ^{Da} ±0.21
	EKİ	-0.15 ^{Aa} ±0.01	-0.21 ^{ABa} ±0.04
	EBİ	-0.29 ^{Ab} ±0.07	-0.10 ^{Aa} ±0.04
	EKE	-0.78 ^{Ba} ±0.07	-1.27 ^{Db} ±0.10

Çizelge 5.12 (devamı)

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri	
		1. gün	45. Gün
Esneklik (mm)	GK	0.99 ^{Ca} ±0.05	0.97 ^{ABa} ±0.03
	GKİ	0.87 ^{Cb} ±0.01	1.01 ^{Aa} ±0.02
	GBİ	0.88 ^{Cb} ±0.03	0.96 ^{ABCa} ±0.03
	GKE	4.57 ^{Aa} ±0.74	1.05 ^{Ab} ±0.05
	EK	0.83 ^{Cb} ±0.04	0.95 ^{ABCa} ±0.01
	EKİ	4.39 ^{Aa} ±0.39	0.88 ^{BCb} ±0.01
	EBİ	0.99 ^{Ca} ±0.02	0.98 ^{ABa} ±0.03
	EKE	2.60 ^{Ba} ±0.22	0.85 ^{Cb} ±0.02
Tutarlılık (N)	GK	0.73 ^{Da} ±0.02	0.76 ^{BCa} ±0.02
	GKİ	0.74 ^{CDb} ±0.02	0.82 ^{ABa} ±0.01
	GBİ	0.76 ^{CDb} ±0.01	0.85 ^{Aa} ±0.01
	GKE	0.78 ^{BCa} ±0.02	0.78 ^{BCa} ±0.01
	EK	0.79 ^{Ba} ±0.01	0.78 ^{BCa} ±0.01
	EKİ	0.84 ^{Aa} ±0.01	0.79 ^{BCb} ±0.03
	EBİ	0.74 ^{Db} ±0.01	0.79 ^{BCa} ±0.03
	EKE	0.73 ^{Da} ±0.02	0.72 ^{Ca} ±0.03
Sakızımsılık (N)	GK	1052.82 ^{Da} ±45.84	428.97 ^{Eb} ±12.87
	GKİ	500.26 ^{Eb} ±27.98	595.14 ^{Da} ±40.93
	GBİ	1401.94 ^{Ca} ±147.07	631.05 ^{Db} ±23.47
	GKE	345.04 ^{Eb} ±16.93	791.37 ^{Ca} ±10.39
	EK	2790.34 ^{Aa} ±207.14	1177.59 ^{Bb} ±9.86
	EKİ	1927.28 ^{Ba} ±34.16	1461.04 ^{Ab} ±29.35
	EBİ	1279.77 ^{CDa} ±80.54	758.65 ^{Cb} ±37.77
	EKE	1142.79 ^{CDb} ±21.04	1420.52 ^{Aa} ±53.00

Çizelge 5.12 (devamı)

Özellik	Örnekler	Depolama Günleri	
		1. gün	45. Gün
Çiğnenebilirlik (mJ)	GK	1330.24 ^{Ca} ±124.10	416.96 ^{Fb} ±5.59
	GKİ	466.75 ^{Db} ±10.29	1246.50 ^{CDa} ±125.66
	GBİ	1412.71 ^{Ca} ±75.04	798.02 ^{Eb} ±12.63
	GKE	1854.55 ^{Ba} ±25.45	808.82 ^{Eb} ±30.01
	EK	3695.65 ^{Aa} ±229.11	1140.50 ^{Db} ±29.43
	EKİ	3851.00 ^{Aa} ±68.57	1619.71 ^{Bb} ±29.57
	EBİ	1367.44 ^{Ca} ±38.37	1323.69 ^{Ca} ±32.41
	EKE	1543.39 ^{Cb} ±17.38	1813.42 ^{Aa} ±25.22
Esneklik oranı	GK	0.52 ^{BCa} ±0.02	0.48 ^{Db} ±0.01
	GKİ	0.48 ^{CDb} ±0.03	0.57 ^{Aa} ±0.01
	GBİ	0.46 ^{DEa} ±0.01	0.46 ^{DEa} ±0.03
	GKE	0.44 ^{Eb} ±0.02	0.46 ^{Ea} ±0.03
	EK	0.51 ^{BCa} ±0.01	0.48 ^{Db} ±0.03
	EKİ	0.56 ^{Aa} ±0.01	0.48 ^{DEb} ±0.02
	EBİ	0.52 ^{Ba} ±0.02	0.53 ^{Ba} ±0.03
	EKE	0.46 ^{DEb} ±0.03	0.51 ^{Ca} ±0.07

*: ortalama standart ± sapma.

A-E: çeçil peyniri örnekleri için aynı sütundaki büyük harfler tiplerin karşılaştırması olup farklı harfler. aynı sütundaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$). a-d : Aynı satırdaki küçük harfler ise depolama sürelerinin karşılaştırılması olup farklı harfler. aynı satırdaki örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

GK: Geleneksel üretim kontrol grubu. GKİ: Geleneksel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. GBİ: Geleneksel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. GKE: Geleneksel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EK: Endüstriyel üretim kontrol grubu. EKİ: Endüstriyel üretim kitosan ile kaplanmış çeçil peyniri. EBİ: Endüstriyel üretim kitosan+biberiye yağı ile kaplanmış çeçil peyniri. EKE: Endüstriyel üretim kitosan+kekik yağı ile kaplanmış çeçil peyniri.

Sertlik değerleri incelendiğinde, 1. gün en yüksek değerin EK (3695.65 gf) numunesinde, en düşük değerin ise GKE (251.03 gf) rneğinde olduğu görülmektedir. Bu durum, endüstriyel üretimde kontrol grubunun, geleneksel üretime göre daha sert bir yapı gösterdiğini ortaya koymaktadır. 45. gün sonuçları değerlendirildiğinde ise, EKİ grubunda (1619.71 gf) en yüksek, GK rneğinde ise (543.27 gf) en düşük sertlik değeri tespit edilmiştir. Bu bulgular, kitosan kaplamanın peynirin yapısal bütünlüğünü koruyarak sertliğin daha az azalmasına katkı sunduğunu göstermektedir.

Yapışkanlık değerlerinde, 1. gün en düşük değer EK (-8.72) grubunda saptanmış olup, diğer örneklere göre daha yapışkan bir yapı göstermiştir. 45. günde tüm örneklerde yapışkanlık değeri daha pozitif yöne kaymış ve EKİ, EBİ ve EKE gruplarında bu değer oldukça düşük kalmıştır. Bu durum, kaplama materyallerinin olası nem migrasyonunu dengeleyerek yapışkanlık üzerinde düzenleyici etkisi olduğunu düşündürmektedir.

Esneklik açısından değerlendirildiğinde, 1. gün GKE (4.57 mm) ve EKİ (4.39 mm) grupları ne çıkarken; 45. gün değerlerinde tüm örneklerde belirgin bir azalma tespit edilmiştir. Özellikle, GKİ grubunda artış gözlemlenmesi (1.01 mm), kitosan kaplamanın elastik özellikleri koruyabildiğini işaret etmektedir.

Tutarlılık değerleri, genel olarak 1. ve 45. gün arasında belirgin fark göstermemekle birlikte, EKİ grubunda düşüş eğilimi izlenmiştir. Bu durum, endüstriyel üretimle birlikte kitosan kaplamanın başlangıçta doku stabilitesi sağladığını ancak zamanla bir miktar gevşeme meydana gelebildiğini göstermektedir.

Sakızımsılık ve çiğnenebilirlik parametreleri, peynirin ağızda ne kadar süre dayanıklı kaldığını ve çiğneme sırasında gösterdiği direnç seviyesini ortaya koymaktadır. 1. gün en yüksek sakızımsılık değeri EK (2790.34 N) iken; iğnenebilirlikte de yine EKİ (3851.00 N) ne çıkmaktadır. 45. gün ölçümlerinde iğnenebilirlikte EKE (1813.42 N) grubu dikkat çekmektedir.

Esneklik oranı yönünden 1. günde en yüksek değer EKİ (0.56) iken, 45. günde bu değerin tüm gruplarda düşüş gösterdiği ve bazı gruplarda (rneğin GBİ, GKE) bu oranların oldukça düşük kaldığı belirlenmiştir. Bu durum, kaplama materyalinin zamanla elastik özelliklerdeki azalmayı tam olarak önleyemediğini gösterebilir.

Bu çalışmada elde edilen tekstürel bulgular, literatürde benzer kaplama uygulamalarının peynirin fiziksel yapısı üzerindeki etkileriyle paralellik göstermektedir. Örneğin, Karakuş (2021) tarafından kaşar peyniri üzerinde yapılan çalışmada, kitosan kaplamanın sertliği koruyucu etkisi ve esneklik kaybını geciktirici özelliği vurgulanmıştır. Benzer şekilde, Kavas ve Kesenkas (2018) çeçil peyniri üzerinde yaptıkları çalışmada, kitosan bazlı kaplamaların çığnenebilirliği olumlu etkilediğini ve raf ömrü boyunca yapısal stabilite sağladığını ifade etmiştir. Yüceer (2017), geleneksel ve endüstriyel peynirlerin tekstürel farklılıklarını vurgulayarak, endüstriyel üretimlerde daha sert ve tutarlı yapılar elde edildiğini bildirmiştir. Bu çalışma da bu sonucu doğrular nitelikte olup, EK ve EKİ gruplarının genellikle daha yüksek sertlik ve çığnenebilirlik değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak, kitosan ve esansiyel yağ içeren yenilebilir filmlerin, özellikle endüstriyel çeçil peynirlerinde, depolama sürecindeki tekstürel özellikleri olumlu yönde etkilediği; geleneksel ürünlerde ise bu etkinin daha sınırlı kaldığı anlaşılmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Süt ürünlerinin raf ömrünü uzatma, mikrobiyal stabilitesini koruma ve duyu kalitesini sürdürebilir hâle getirme çabaları, günümüzde hem akademik literatürde hem de endüstriyel uygulamalarda büyük öneme sahiptir. Bu bağlamda, gıda ile birlikte tüketilebilen, çevreye duyarlı, biyobozunur ve fonksiyonel özelliklere sahip yenilebilir film ve kaplama uygulamaları, geleneksel gıda ürünleri için de umut verici koruma sistemleri arasında yer almaktadır.

Bu tez çalışmasında, geleneksel ve endüstriyel yöntemlerle üretilmiş çeşil peynirlerinin kitosan ve uçucu yağlarla (kekik yağı ve biberiye yağı) hazırlanan yenilebilir filmlerle kaplanarak raf ömrü boyunca gösterdiği fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu değişimleri ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir. Çalışmanın özgün yönlerinden biri, ticari olarak geleneksel ve endüstriyel üretim farklarının kalite üzerine etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi ve yenilebilir film uygulamasının her iki üretim tipi üzerindeki etkisinin ayrı ayrı analiz edilmesidir.

Araştırmanın ilk aşamasında, sekiz farklı bileşen kombinasyonu ile yenilebilir filmler hazırlanmış ve bu filmlerin *Salmonella spp.* ve *Bacillus subtilis*'e karşı antimikrobiyal etkileri incelenmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, yalnızca kitosan bazlı filmler (kitosan, kitosan + kekik yağı, kitosan + biberiye yağı) anlamlı düzeyde antimikrobiyal aktivite göstermiş; chia tohumu içeren film varyantlarının etkisiz olduğu tespit edilmiştir. Böylece sonraki uygulamalarda yalnızca kitosan bazlı aktif film örnekleri kullanılarak raf ömrü çalışmaları yürütülmüştür.

Geleneksel üretim tekniğiyle elde edilen çeşil peyniri, lifli ve düzensiz yapısı, daha yüksek tuzluluk oranı ve yerel üretim karakteri nedeniyle hem fizikokimyasal hem de duyu olarak endüstriyel üretimle elde edilen çeşil peynirinden ayrılmaktadır. Endüstriyel yöntemle elde edilen örnekler ise daha standart tekstür, daha düzenli tuz dağılımı ve genellikle homojen bir yapı sunmuştur. Bu farklar, koruyucu film uygulamalarının etkinliğini belirleyen temel faktörlerden biri olmuştur.

Fiziksel analizler kapsamında elde edilen su aktivitesi verileri, yenilebilir film uygulamasının özellikle ilk 30 günlük depolama süresinde *a_w* değerlerinde belirgin bir düşüşe neden olduğunu ortaya koymuştur. Kitosan + kekik yağı uygulanan gruplarda su aktivitesinin en düşük değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Bu durum, mikrobiyal gelişimin kontrol altına alınmasında oldukça etkili bir parametre olmuştur.

Kuru madde oranları, geleneksel örneklerde başlangıçtan itibaren daha yüksek ölçülmüş; bu durum peynirin üretim tekniğine bağlı olarak farklı oranda nem kaybına uğradığını göstermiştir. Yenilebilir film kaplamalarının kuru madde oranını muhafaza etmede olumlu etkisi, özellikle endüstriyel örneklerde gözlemlenmiştir.

pH ve titrasyon asitliği ölçümlerinde, kitosan bazlı filmlerle kaplanmış örneklerde, zamanla mikrobiyal faaliyet sonucu meydana gelen pH düşüşünün daha yavaş gerçekleştiği tespit edilmiştir. Asitlik değerleri incelendiğinde ise, kontrol gruplarında daha yüksek asitlik birikimi gözlenmiş, bu da filmlerin fermentatif aktiviteyi sınırlandırabildiğini göstermiştir.

Mikrobiyolojik analizlerde, toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB), maya-küf, koliform ve laktik asit bakteri sayımlarında filmle kaplanan örneklerin tümünde mikrobiyal gelişimin kontrol altına alındığı belirlenmiştir. Özellikle kitosan + biberiye yağı içeren film uygulaması, 45 günlük depolama sonunda TAMB düzeyini log 4.00 kob/g'ın altında tutarak raf ömrü açısından güçlü bir bariyer etkisi göstermiştir. Koliform sayımlarında da film uygulamaları sayesinde mikrobiyolojik sınırların altında değerler elde edilmiştir.

Tekstür analizleri, geleneksel üretimle elde edilen peynir örneklerinin daha sert yapıda olduğunu ve depolama süresince sertliğin arttığını ortaya koymuştur. Filmle kaplanan gruplarda ise yapısal stabilitenin daha iyi korunduğu ve sertlik artışının geciktirildiği tespit edilmiştir. Endüstriyel örneklerde film uygulamalarının tekstürel değişimi azaltarak tüketici kabulünü artırdığı düşünülmektedir.

Duyusal analizler, çalışmanın en dikkat çekici bulgularından biridir. Her analiz döneminde farklı 10 kişilik panel grubu tarafından yapılan değerlendirmeler sonucunda, geleneksel kontrol (GK) ve geleneksel kitosanlı (GKİ) örneklerin tat-aroma ve tuzluluk parametrelerinde daha yüksek skorlar aldığı gözlemlenmiştir. Kitosan + kekik yağı içeren film uygulamasının ise genel beğeni açısından dengeli sonuçlar sunduğu belirlenmiştir. Film

kaplamaları peynirin yüzey yapısını koruyarak görünüş ve tekstür gibi duyuşal parametrelerde olumlu etkiler oluşturmuştur.

Satın alma işteği değerlendirmesinde, 1 puanın "kesinlikle alırdım" olarak ifade edildiği ölçekte, geleneksel örnekler daha yüksek tüketici ilgisiyle değerlendirilmiş; buna karşın endüstriyel biberiye (EBİ) ve endüstriyel kekik (EKE) grupları ortalama 3.00 puan ile "kesinlikle almazdım" düzeyinde kalmıştır. Bu bulgular, geleneksel tat profiline duyulan bağlılığın tüketici tercihinde belirleyici bir unsur olduğunu ve uçucu yağ içeren bazı film uygulamalarının duyuşal kabulü sınırlayabildiğini göstermektedir.

Kitosan'ın bilinen antimikrobiyal etkisi, bu çalışmada doğrudan gözlemlenmiştir. Hücre zar yapısına bağlanma, geçirgenlik bozukluğu oluşturma ve hücre içi işlevleri bozarak ölüm meydana getirme gibi mekanizmalar, çalışmada test edilen mikroorganizmalarda önemli azalmalar ile sonuçlanmıştır. Bu yönüyle kitosan, sadece taşıyıcı bir film materyali değil, aynı zamanda aktif bir koruyucu bileşen olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın özęün katkılarında biri, eil peyniri gibi geleneksel bir ürün üzerinde bu denli kapsamlı bir yenilebilir film uygulamasının ilk defa bu kadar detaylı şekilde yürütölmesidir. Hem geleneksel hem de endüstriyel üretimin kalite kriterlerine ayrı ayrı odaklanılmış ve film uygulamalarının her üretim biçimi için farklı etkileri belirlenmiştir. Bu yönüyle çalışma, hem yerel üreticilere hem de endüstriyel firmalara ürün stabilitesi konusunda yeni bir perspektif sunmaktadır.

6.1. ÖNERİLER

Araştırma sonuçlarından hareketle, benzer konularda yapılacak çalışmalara ve sektörel uygulamalara yönelik aşağıdaki önerilerde bulunulabilir.

- Kitosan ve uçucu yağ bazlı filmlerin, peynir dışındaki süt ürünlerinde (yoğurt, lor, çökelek) de benzer uygulamalarla değerlendirilmesi önerilir.
- Çalışmada kullanılan biberiye ve kekik yağlarının yanı sıra farklı bitkisel ekstraktlar ve nanoformulasyonlarla zenginleştirilmiş filmler geliştirilebilir.

- Yenilebilir film formülasyonunda kullanılan uçucu yağların farklı oranlarda ilavesinin mikrobiyolojik ve duyuşal açıdan etkileri değerdendirilebilir.
- Tüketici eğilimlerini belirlemek amacıyla daha geniş örneklem gruplarıyla duyuşal analizler ve pazar araştırmaları yapılabilir.
- Endüstriyel düzeyde uygulamaların validasyonu için pilot ölçekli üretim ve raf ömrü çalışmaları yapılabilir.
- Film uygulaması sonrası ürün etiketleme, yasal düzenlemeler ve gıda güvenliği riskleri üzerine çalışmalar yapılabilir.

Bu tez çalışması, hem geleneksel hem de endüstriyel üretim koşullarında üretilen çeçil peynirinin yenilebilir film uygulamalarıyla nasıl iyileştirilebileceğini kapsamlı bir şekilde ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, biyopolimer ve esansiyel yağ temelli film uygulamalarının, peynirin raf ömrünü uzatmada, mikrobiyolojik stabilitesini korumada ve tüketici kabulünü artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Doğal ve sürdürülebilir koruma yöntemlerinin gıda endüstrisinde uygulanabilirliğini destekleyen bu bulgular, aynı zamanda geleneksel ürünlerin modern koruma teknikleriyle uyumlu hâle getirilebileceğine dair önemli bir kanıt sunmaktadır. Bu yönüyle çalışma, hem akademik literatüre katkı sunmakta hem de gıda endüstrisine çevre dostu, yenilikçi çözümler önermektedir.

KAYNAKLAR

- Akat, Z. (2023). *Kitosan/ayva çekirdeği müsilağı ile üretilmiş nanokompozit filmlerin karakterizasyonu ve antimikrobiyal aktivitesi* (Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Aranaz, I., Mengibar, M., Harris, R., Paños, I., Miralles, B., Acosta, N., ... and Heras, Á. (2009). Functional characterization of chitin and chitosan. *Current Chemical Biology*, 3(2), 203–230.
- Arfat, Y. A., Benjakul, S. and Vongkamjan, K. (2015). Development and characterization of gelatin-based active nanocomposite films incorporated with essential oils. *Food Hydrocolloids*, 52, 220–229.
- Arfat, Y. A., Benjakul, S., Vongkamjan, K., Sumpavapol, P. and Yarnpakdee, S. (2014). Active biodegradable films based on fish gelatin and basil leaf essential oil and their application in packaging of freshly prepared chicken meat. *Food Hydrocolloids*, 41, 265–273.
- Atasever, M. ve Şengül, M. (2006). Erzurum’da üretilen civil peynirlerin bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 20(3), 173–178.
- Bostan, K. ve Tayar, M. (2012). Çeçil peynirinde raf ömrü boyunca mikrobiyolojik kalite değişimi. *Gıda*, 37(2), 95–101.
- Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15(3), 237–248.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Simin, N. and Anackov, G. (2007). Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(5), 1822–1828.
- Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253.
- Cagri, A., Ustunol, Z. and Ryser, E. T. (2004). Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection*, 67(4), 833–848.
- Campos, C. A., Gerschenson, L. N. and Flores, S. K. (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food and Bioprocess Technology*, 4(6), 849–875.
- Cazón, P., Velazquez, G., Ramírez, J. A. and Vázquez, M. (2017). Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocolloids*, 68, 136–148.
- Celikel, N. and Koc, N. (2016). Antimicrobial and antioxidant activities of essential oils and extracts from herbs used in Turkish cuisine. *Medicinal Chemistry*, 6(5), 326–334.

- Claus, D. and Berkeley, R. C. W. (1986). Genus *Bacillus* Cohn 1872. In *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* (Vol. 2, pp. 1105–1139). Williams and Wilkins.
- Coma, V. (2008). Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. *Meat Science*, 78(1–2), 90–103.
- Çelik, S. (2010). Civil peyniri üretiminde geleneksel yöntemlerin korunması. *Türk Mutfak Kültürü Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 55–62.
- Çelik, İ. (2020). *Transglutaminazın Chia Musilaj Bazlı Yenilebilir Filmle Kaplı Tavuk Nuggetları Üzerine Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demirci, A. (2019). *Geleneksel yöntemle üretilmiş çeşil peynirinin depolama sürecinde kalite değişimleri* (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demirci, A. (2019). *Geleneksel yöntemle üretilmiş çeşil peynirinde kitosan kaplama uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dorman, H. J. D. and Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88(2), 308–316.
- Dutta, P. K., Tripathi, S., Mehrotra, G. K. and Dutta, J. (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114(4), 1173–1182.
- Ekinci, R. ve Çağlar, A. (2004). Erzurum civil peynirlerinin mikrobiyolojik ve bazı kimyasal özellikleri. *Gıda*, 29(1), 43–47.
- Elsabee, M. Z. and Abdou, E. S. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering: C*, 33(4), 1819–1841.
- Eswaranandam, S., Hettiarachchy, N. S. and Meullenet, J. (2006). Effect of malic and lactic acid incorporated soy protein coatings on the chemical, microbiological and sensory attributes of whole apples. *Journal of Food Science*, 71(9), S307–S311.
- Fajardo, P., Martins, J. T., Fuciños, C., Pastrana, L., Teixeira, J. A. and Vicente, A. A. (2010). Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the shelf life of “Saloio” cheese. *Journal of Food Engineering*, 101(4), 349–356.
- Gammariello, D., Conte, A. and Del Nobile, M. A. (2020). Effect of active coatings on microbiological, sensory and physicochemical properties of mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1351–1361.
- Han, J. H. (2014). Edible Films and Coatings: A Review. In J. H. Han (Ed.), *Innovations in Food Packaging* (2nd ed., pp. 213–255). Elsevier.
- ISO 21527-1. (2008). *Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95*. International Organization for Standardization.

- ISO 6579-1:2017. *Microbiology of the food chain – Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella – Part 1: Detection of Salmonella spp.* International Organization for Standardization.
- Karakuş, K. (2021). *Biberiye yağı içeren kitosan filminin tulum peynirinde mikrobiyolojik ve duyuşsal etkileri* (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karakuş, K. (2021). *Kitosan ve biberiye yağı içeren yenilebilir filmin tulum peyniri üzerine etkileri* (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karakuş, K. (2021). *Kitosan ve kekik yağı içeren yenilebilir filmin tulum peyniri üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kavas, G. ve Kesenkas, H. (2018). Kekik yağı içeren yenilebilir filmin beyaz peynirin mikrobiyel kalitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 43(2), 345–352.
- Kavas, G., Kesenkas, H. ve Kavas, N. (2018). Antimikrobiyal etkinliği olan kitosan bazlı yenilebilir filmin beyaz peynirin raf ömrüne etkisi. *Gıda*, 43(1), 1–8.
- Koca, N. ve Metin, M. (2004). Civil peynirinin teknolojisi ve başlıca kalite kriterleri. *Süt Teknolojisi Dergisi*, 18(3), 27–32.
- Koca, N. vd. (2013). Erzurum civil peynirinin geleneksel üretim tekniklerinin incelenmesi. *Gıda*, 38(4), 215–222.
- Kong, M., Chen, X. G., Xing, K. and Park, H. J. (2010). Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: A state of the art review. *International Journal of Food Microbiology*, 144(1), 51–63.
- Kurt, A., Çakmakçı, S. ve Durmuş, S. (2012). *Süt ve süt ürünlerinde analiz yöntemleri*. Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Özdemir, S. ve Sert, S. (2001). *Gıdalarda Mikrobiyolojik Analiz Yöntemleri*. Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Özkan, M. (2018). *Kitosan ve bazı uçucu yağların beyaz peynirin raf ömrü üzerine etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Perdones, Á., Vargas, M., Atarés, L. and Chiralt, A. (2014). Physical, antioxidant and antimicrobial properties of chitosan–cinnamon leaf oil films as affected by oleic acid. *Food Hydrocolloids*, 36, 256–264.
- Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science*, 31(7), 603–632.
- Santoyo, S., Cavero, S., Jaime, L., Ibáñez, E., Señoráns, F. J. and Reglero, G. (2005). Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil obtained via supercritical fluid extraction. *Journal of Food Protection*, 68(4), 790–795.

- Smith, J. L. and Alford, J. A. (1984). Measurement of lactic acid bacteria in foods. *Journal of Food Protection*, 47(9), 687–690.
- Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H. and Masoudpour-Behabadi, M. (2016). Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate Polymers*, 137, 360–374.
- Tharanathan, R. N. (2003). Biodegradable films and composite coatings: Past, present and future. *Trends in Food Science and Technology*, 14(3), 71–78.
- Tongnuanchan, P. and Benjakul, S. (2014). Essential oils: Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of Food Science*, 79(7), R1231–R1249
- Türk Patent ve Marka Kurumu (TPMK). (2019). *Coğrafi İşaret: Erzurum Civil Peyniri*.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J. and Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Antibacterial activity of essential oils used in food preservation: A review. *Food Control*, 21(1), 1–11.
- Yadav, D. N., Jain, D. and Balasubramaniam, V. M. (2021). Shelf life extension of paneer using edible coatings incorporated with essential oils. *LWT - Food Science and Technology*, 137, 110426.
- Yüceer, M. (2017). *Kekik yağı içeren kitosan kaplamanın kaşar peynirinin mikrobiyel kalitesi üzerine etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Esra EFDAL

Bilimsel Faaliyetler (Yayınlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

Efdal, E., Seyrekoğlu, F., “ *The Effect of The Freeze Drying Method on Quality of Product* ”, 4. Uluslararası Dicle Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi, 18-19 Nisan 2023, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır (Sözlü Sunum)